



Atelier régional pour l'épidémiosurveillance et du contrôle de la fièvre du Nil Occidental en Afrique du Nord

R. Lancelot

CIRAD
UMR "Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes"
Montpellier - France

16-20 mai 2011

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée ("passive")
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

3 Plan d'action

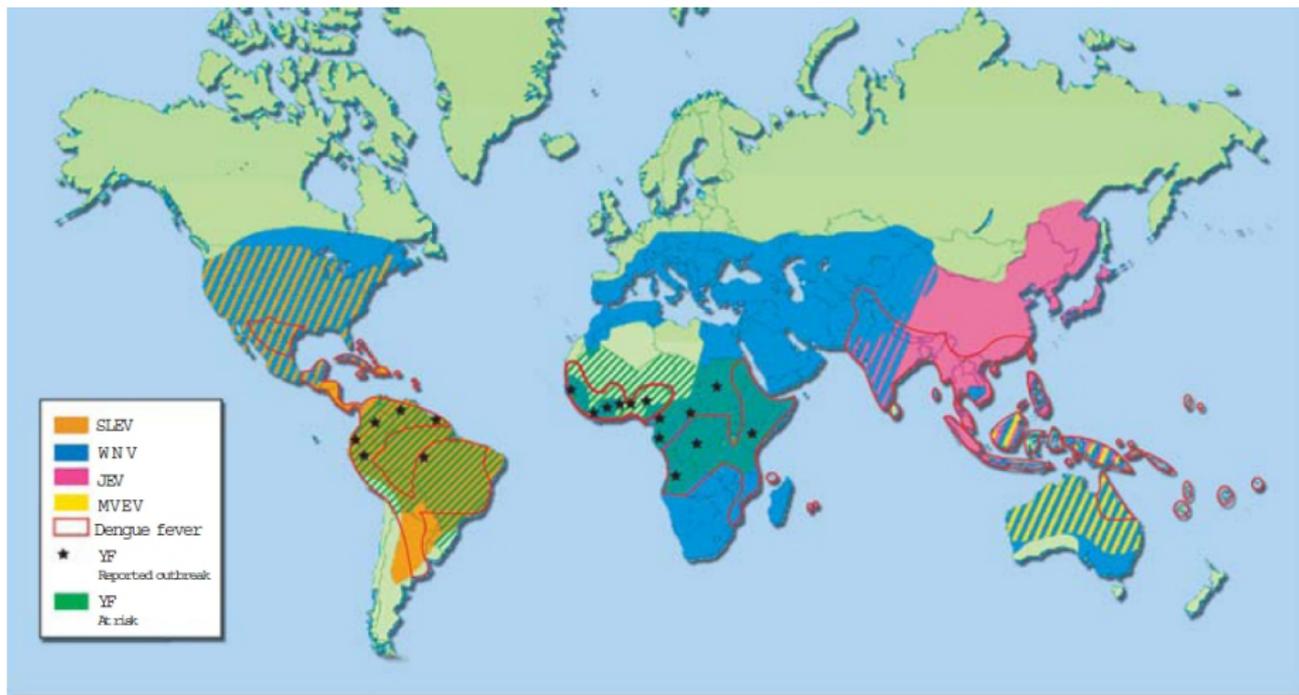
4 Méthodes de contrôle

- Vaccins et vaccination contre la WN
- Lutte anti-vectorielle

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

Distribution mondiale des *Flavivirus* du séro groupe de l'encéphalite japonaise (2005)



Hazell & Rogers 2005. MLO Med Lab Obs, 37 : 16-8, 20

Arbovirus avec un pathosystème virus - moustiques - oiseaux

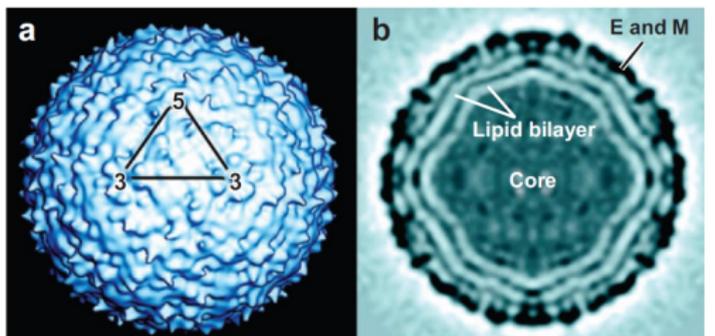
Surtout dans les genres *Flavivirus* (Flaviviridae) et *Alphavirus* (Togaviridae) :

Virus	Genre	Famille
Encéphalite japonaise	<i>Flavivirus</i>	Flaviviridae
Encéphalite de St Louis		
Usutu		
Vallée de Murray		
West Nile		
Encéphalite équine de l'Ouest	<i>Alphavirus</i>	Togaviridae
Encéphalite équine de l'Est		
Encéphalite équine du Vénézuela		
Sindbis		

Beaucoup d'autres virus peu connus (écologie, pouvoir pathogène) : émergences possibles lors de changements environnementaux.

Les acteurs du pathosystème

- Agent pathogène : virus West Nile (WN), Famille des Flaviviridae, séroroupe de l'encéphalite japonaise.



(a, b) Virus WN. (a) Surface. (b) Section. (c) Génome ARN+ simple brin, environ 11 kb avec une région 5' non codante, une région codante (3 protéines structurales et 7 protéines non structurales) et une région 3' non codante.

Kramer et al. 2008. Annu. Rev. Entomol., 53 : 61-81

Les acteurs du pathosystème

- Agent pathogène : virus West Nile (WN), Famille des Flaviviridae, séro groupe de l'encéphalite japonaise.
- Vecteurs invertébrés : moustiques, principalement du genre *Culex*



Culex pipiens (Diptera : Ceratopogonidae), un des moustiques vecteurs du WNV (©Ferré, EID-Méditerranée)

Les acteurs du pathosystème

- Agent pathogène : virus West Nile (WN), Famille des Flaviviridae, séro groupe de l'encéphalite japonaise.
- Vecteurs invertébrés : moustiques, principalement du genre *Culex*
- Hôtes vertébrés : oiseaux (équidés, homme, autres mammifères, batraciens, reptiles species)

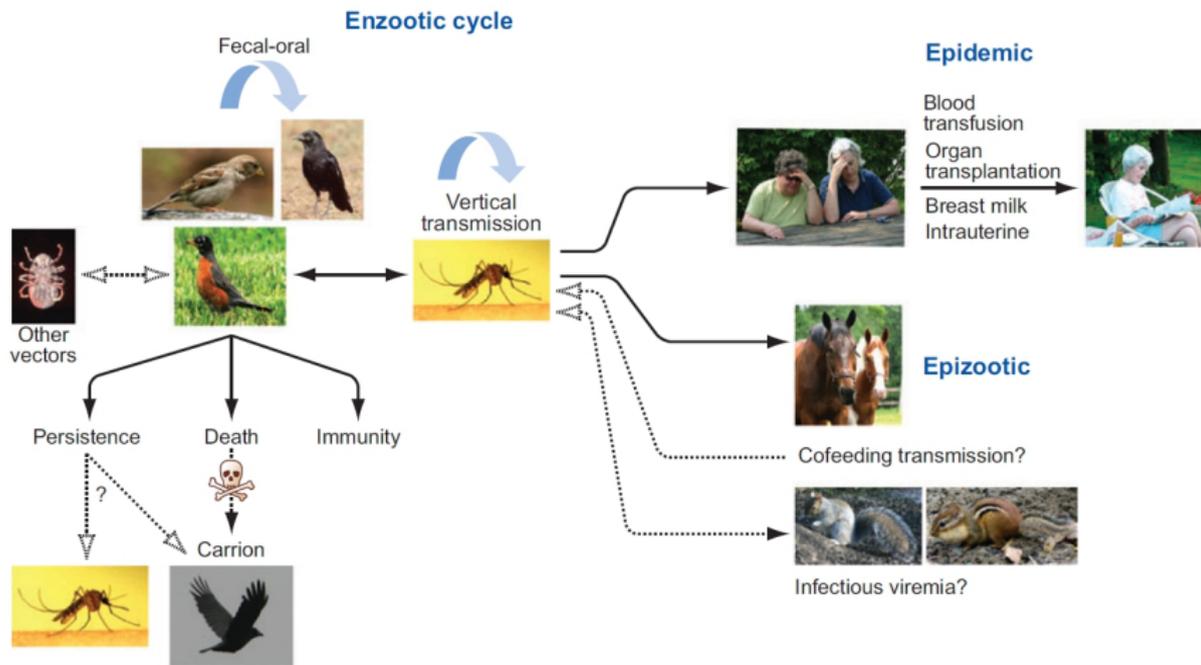


La cigogne blanche *Ciconia ciconia*, un des nombreux hôtes aviaires du WNV

Processus épidémiologiques

- Cycle enzootique primaire entre moustiques et oiseaux sauvages
- Vecteurs autres que moustiques (phlébotomes, tiques...) : rôle vraisemblablement mineur.
- Autres voies de transmission :
 - ▶ Transmission orale / oro-fécale d'oiseau à oiseau
 - ▶ Amplification possible chez des hôtes non aviaires (batraciens, reptiles...)
 - ▶ Transmission verticale chez des moustiques.
- Chevaux et hommes
 - ▶ Hôtes accidentels
 - ▶ Virémie insuffisante pour infecter des moustiques (mais poulains?)
 - ▶ Transmission inter-humaine : *in utero*, allaitement, transfusion sanguine, dons d'organe

Cycle de transmission du WNV



Kramer et al. 2008. Annu. Rev. Entomol., 61-81

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

Le processus d'émergence

Emergence

- 1 **Introduction** de vecteur et / ou de pathogène
 - ▶ Vecteur d'abord, pathogène ensuite : *Aedes albopictus* en Italie (commerce des pneus usagés), puis virus de chikungunya (introduction par un voyageur revenant d'Inde)
 - ▶ Vecteur déjà présent, et introduction de pathogène : virus de la FCO en Belgique ⇒ épizootie en Europe de l'Ouest et du Nord avec des culicoïdes endémiques.

Emergence

- 1 **Introduction** de vecteur et / ou de pathogène
 - ▶ Vecteur d'abord, pathogène ensuite : *Aedes albopictus* en Italie (commerce des pneus usagés), puis virus de chikungunya (introduction par un voyageur revenant d'Inde)
 - ▶ Vecteur déjà présent, et introduction de pathogène : virus de la FCO en Belgique \Rightarrow épizootie en Europe de l'Ouest et du Nord avec des culicoïdes endémiques.
- 2 **Installation** du pathogène dans la population d'hôtes : il faut que le **taux de reproduction de base** de l'infection $R_0 \geq 1$. Dans le cas d'un pathogène transmis par des moustiques, R_0 est le nb de cas secondaires causés par la population de moustiques s'étant nourrie sur un hôte infecté introduit dans une population entièrement naïve vis-à-vis de ce pathogène.

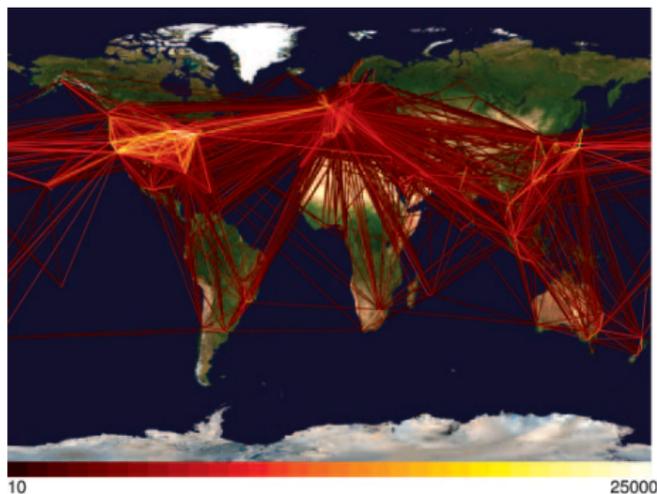
Emergence

- 1 **Introduction** de vecteur et / ou de pathogène
 - ▶ Vecteur d'abord, pathogène ensuite : *Aedes albopictus* en Italie (commerce des pneus usagés), puis virus de chikungunya (introduction par un voyageur revenant d'Inde)
 - ▶ Vecteur déjà présent, et introduction de pathogène : virus de la FCO en Belgique \Rightarrow épizootie en Europe de l'Ouest et du Nord avec des culicoïdes endémiques.
- 2 **Installation** du pathogène dans la population d'hôtes : il faut que le **taux de reproduction de base** de l'infection $R_0 \geq 1$. Dans le cas d'un pathogène transmis par des moustiques, R_0 est le nb de cas secondaires causés par la population de moustiques s'étant nourrie sur un hôte infecté introduit dans une population entièrement naïve vis-à-vis de ce pathogène.
- 3 **Diffusion** du vecteur ou du pathogène : par les mouvements des hôtes infectés ou la dispersion des vecteurs infectés.

Introduction

VWN : vecteurs potentiels dans tous les écosystèmes favorables aux moustiques (espèces en cause?) \Rightarrow problème = risque d'introduction du VWN, ou de nouvelles souches, ou de virus "proches".

- Commerce et voyages internationaux : avions, bateaux, camions....



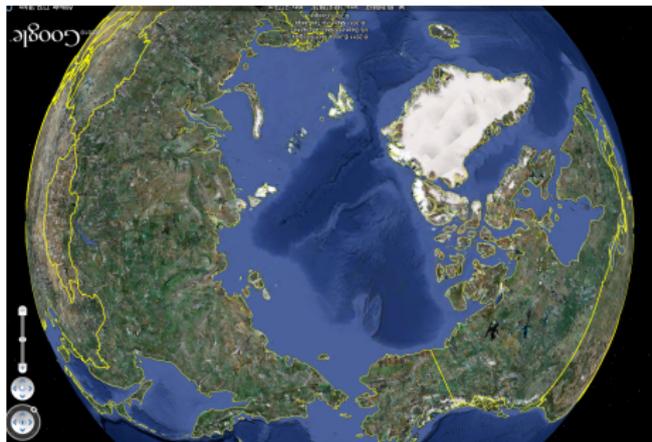
Trafic aérien entre les 500 plus grands aéroports mondiaux.

Hufnagel et al 2004. PNAS, 101 : 15124-29

Introduction

VWN : vecteurs potentiels dans tous les écosystèmes favorables aux moustiques (espèces en cause?) \Rightarrow problème = risque d'introduction du VWN, ou de nouvelles souches, ou de virus "proches".

- Commerce et voyages internationaux : avions, bateaux, camions. . . .
- Migrations d'oiseaux : régions polaires importantes pour la nidification des espèces paléarctiques.

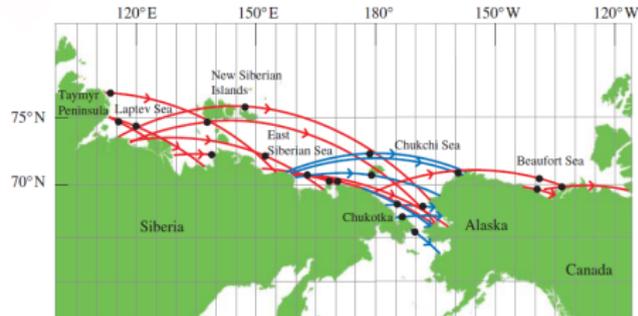


Vue stéréographique de l'Océan arctique

Introduction

VWN : vecteurs potentiels dans tous les écosystèmes favorables aux moustiques (espèces en cause ?) \Rightarrow problème = risque d'introduction du VWN, ou de nouvelles souches, ou de virus "proches".

- Commerce et voyages internationaux : avions, bateaux, camions. . . .
- Migrations d'oiseaux : régions polaires importantes pour la nidification des espèces paléarctiques.
- Des mouvements intenses se produisent après la nidification \Rightarrow échanges possibles de pathogènes.



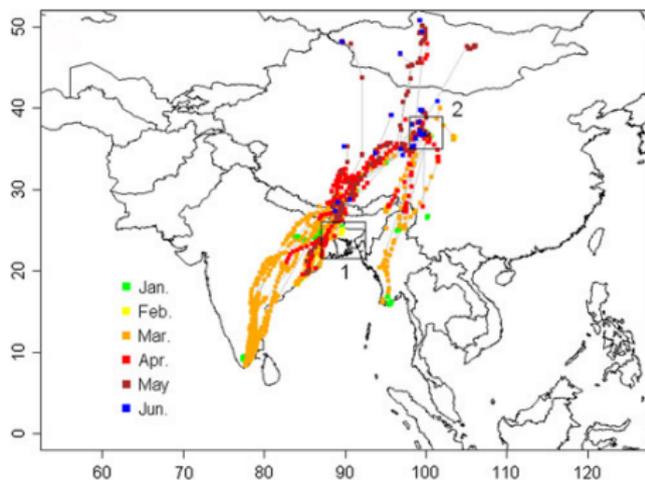
Migrations d'oiseau post-reproduction sur les rives de l'Océan arctique.

Alerstam et al 2007. Proc. R. Soc. B, 274 : 2523-2530.

Introduction

VWN : vecteurs potentiels dans tous les écosystèmes favorables aux moustiques (espèces en cause?) \Rightarrow problème = risque d'introduction du VWN, ou de nouvelles souches, ou de virus "proches".

- Commerce et voyages internationaux : avions, bateaux, camions. . . .
- Migrations d'oiseaux : régions polaires importantes pour la nidification des espèces paléarctiques.
- Des mouvements intenses se produisent après la nidification \Rightarrow échanges possibles de pathogènes.
- Migrations \rightarrow dissémination de pathogènes à longue distance : fréquence rare, mais important pour le risque d'introduction.



Migrations d'oiseau et foyers d'HPAI en Chine (lac Qinghai), en Inde et au Bangladesh.

Gilbert et al. 2011. Ecohealth, doi 10.1007/s10393-010-0672-8

Installation

Processus complexe : présence simultanée de :

- **Hôtes réceptifs au virus** (oiseaux, . . .),
- **Vecteurs compétents** : moustiques capables de s'infecter lors d'un repas sanguin, puis de transmettre le virus à un hôte indemne lors d'un repas sanguin ultérieur,
- **Contact possible** entre hôtes réceptifs et vecteurs compétents.

Installation

Processus complexe : présence simultanée de :

- **Hôtes réceptifs au virus** (oiseaux, . . .),
- **Vecteurs compétents** : moustiques capables de s'infecter lors d'un repas sanguin, puis de transmettre le virus à un hôte indemne lors d'un repas sanguin ultérieur,
- **Contact possible** entre hôtes réceptifs et vecteurs compétents.

Le **taux de reproduction de base** R_0 résume ce processus. Quand seuls **une** espèce d'oiseau et **une** espèce de moustique sont impliqués, et leurs populations sont stables, son expression est assez simple. . .

Installation

Processus complexe : présence simultanée de :

- **Hôtes réceptifs au virus** (oiseaux, . . .),
- **Vecteurs compétents** : moustiques capables de s'infecter lors d'un repas sanguin, puis de transmettre le virus à un hôte indemne lors d'un repas sanguin ultérieur,
- **Contact possible** entre hôtes réceptifs et vecteurs compétents.

Le **taux de reproduction de base** R_0 résume ce processus. Quand seuls **une** espèce d'oiseau et **une** espèce de moustique sont impliqués, et leurs populations sont stables, son expression est assez simple. . .

$$R_0 = \frac{m b c a^2 e^{-\mu T}}{\mu r}$$

- m rapport moustiques / oiseaux,
- b, c proba de transmission du moustique à l'oiseau et de l'oiseau au moustique,
- a taux de piqûres du moustique sur l'oiseau,
- μ proba de mortalité quotidienne du moustique,
- T période d'incubation du virus dans le moustique,
- r proba de guérison de l'oiseau après infection.

Installation (suite)

Quand $R_0 \geq 1$, le nb de cas secondaires à l'intro d'un oiseau infecté dans une pop réceptive croît exponentiellement et le virus peut s'installer dans cette pop. Il est crucial de comprendre quels coeffs du modèle peuvent augmenter R_0 .

$$R_0 = \frac{m b c a^2 e^{-\mu \tau}}{\mu r}$$

Installation (suite)

Quand $R_0 \geq 1$, le nb de cas secondaires à l'intro d'un oiseau infecté dans une pop réceptive croît exponentiellement et le virus peut s'installer dans cette pop. Il est crucial de comprendre quels coeffs du modèle peuvent augmenter R_0 .

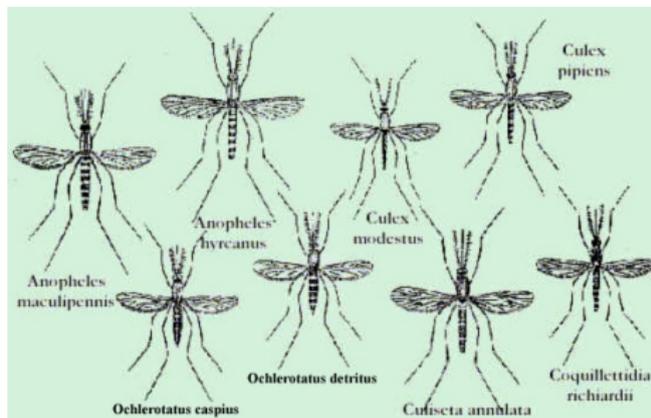
$$R_0 = \frac{m b c a^2 e^{-\mu T}}{\mu r}$$

- Avec des conditions écologiques et un pathosystème donnés et stables, la mortalité du moustique (μ), la période d'incubation du virus dans le moustique (T) et la proba de guérison de l'oiseau après l'infection (r) varient peu.
- Le rapport moustiques / oiseaux (m), et le taux de piqûres sur l'oiseau (a) sont le plus susceptibles de varier :
 - ▶ **Augmentation de m** :
 - ★ En milieu rural : pullulation de moustiques consécutive à des fortes pluies, inondations. . .
 - ★ En environnement urbain favorable aux moustiques : égoûts à ciel ouvert ou éventrés, eaux sales stagnantes. . .
 - ▶ **Augmentation de a** : changement de comportement d'un moustique qui devient plus ornithophile au cours de la saison.

Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques



Moustiques du littoral méditerranéen français
(EID-Méditerranée)

Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux



Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux
- **Plusieurs modes de transmission possibles :**



Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux
- Plusieurs modes de transmission possibles :
 - ▶ **Moustiques** \Rightarrow **oiseaux**



Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux
- Plusieurs modes de transmission possibles :
 - ▶ Moustiques \rightleftharpoons oiseaux
 - ▶ Oiseaux \rightleftharpoons oiseaux (oro-fécale, prédation, charognards)



Autour des palombes et sa proie

Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux
- Plusieurs modes de transmission possibles :
 - ▶ Moustiques \rightleftharpoons oiseaux
 - ▶ Oiseaux \rightleftharpoons oiseaux (oro-fécale, prédation, charognards)
 - ▶ **Moustiques \rightleftharpoons moustiques : co-repas**



Pathosystèmes complexes

Transmission du virus WN dans la nature :

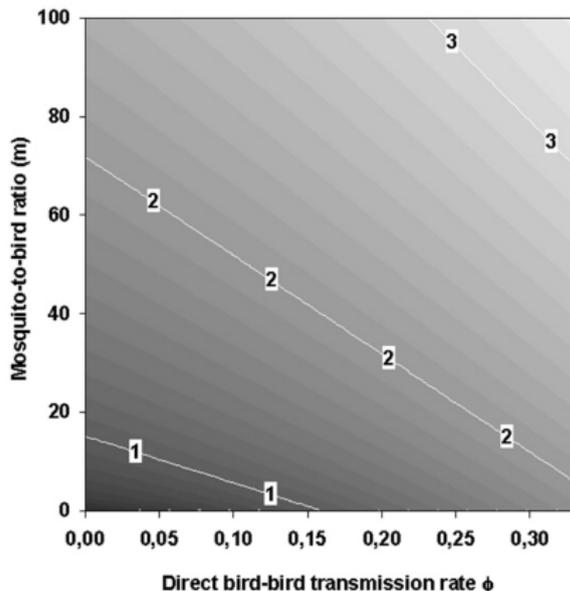
- Plusieurs espèces de moustiques
- Plusieurs espèces d'oiseaux
- Plusieurs modes de transmission possibles :
 - ▶ Moustiques \rightleftharpoons oiseaux
 - ▶ Oiseaux \rightleftharpoons oiseaux (oro-fécale, prédation, charognards)
 - ▶ Moustiques \rightleftharpoons moustiques : co-repas
 - ▶ **Autres hôtes vertébrés : reptiles, batraciens \Rightarrow autres voies possibles**



R_0 dans ces pathosystèmes complexes

L'expression de R_0 est alors beaucoup plus complexe. C'est un domaine très actif de recherche en mathématiques appliquées et en épidémiologie.

- Rôle de la transmission orale, incriminée chez certaines espèces d'oiseaux (Corvidae. . .).

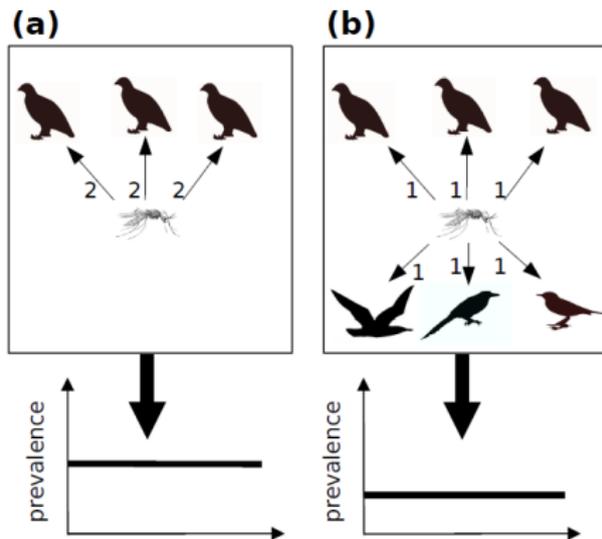


Hartemink et al 2007. Importance of bird-to-bird transmission for the establishment of West Nile virus. Vector Borne Zoonotic Dis., 7 : 575-584.

R_0 dans ces pathosystèmes complexes

L'expression de R_0 est alors beaucoup plus complexe. C'est un domaine très actif de recherche en mathématiques appliquées et en épidémiologie.

- Rôle de la transmission orale, incriminée chez certaines espèces d'oiseaux (Corvidae...).
- Effet de "dilution"

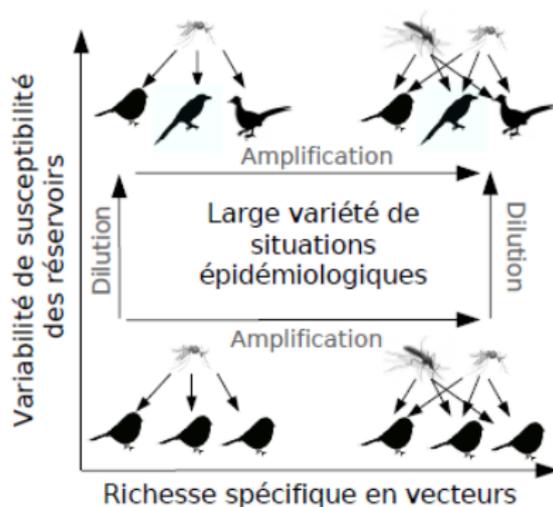


Roche 2008. Complexité des écosystèmes, dynamique de la diversité biologique et maladies infectieuses. Une introduction à l'épidémiologie des communautés. Thèse Univ. Montpellier, 223 p.

R_0 dans ces pathosystèmes complexes

L'expression de R_0 est alors beaucoup plus complexe. C'est un domaine très actif de recherche en mathématiques appliquées et en épidémiologie.

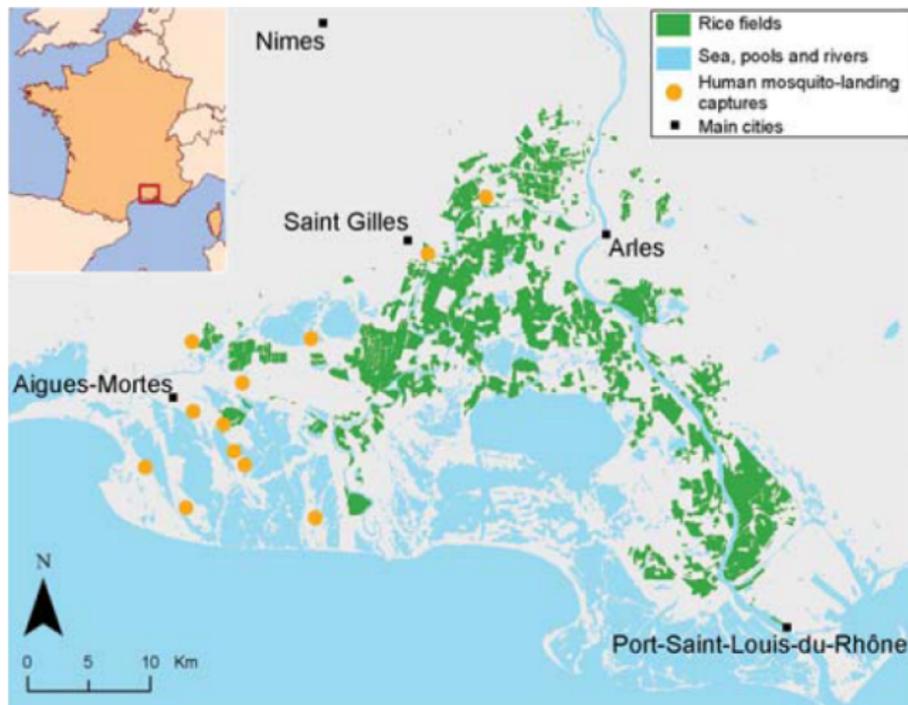
- Rôle de la transmission orale, incriminée chez certaines espèces d'oiseaux (Corvidae...).
- Effet de "dilution"
- Effets antagonistes de la richesse spécifique



Roche 2008. Complexité des écosystèmes, dynamique de la diversité biologique et maladies infectieuses. Une introduction à l'*épidémiologie des communautés*. Thèse Univ. Montpellier, 223 p.

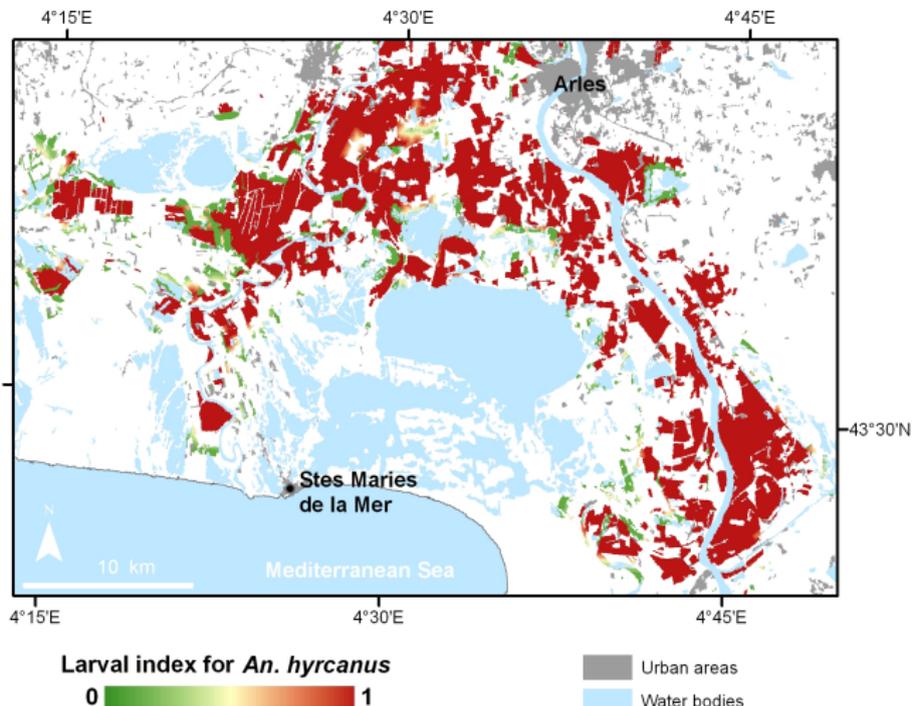
Conditions environnementales associées à des épidémies de WN

WN rural : zones humides et cultures irriguées



Ponçon et al 2007. Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. *Emerg. Infect. Dis.*, 13 : 1810-1815.

WN rural : zones humides et cultures irriguées

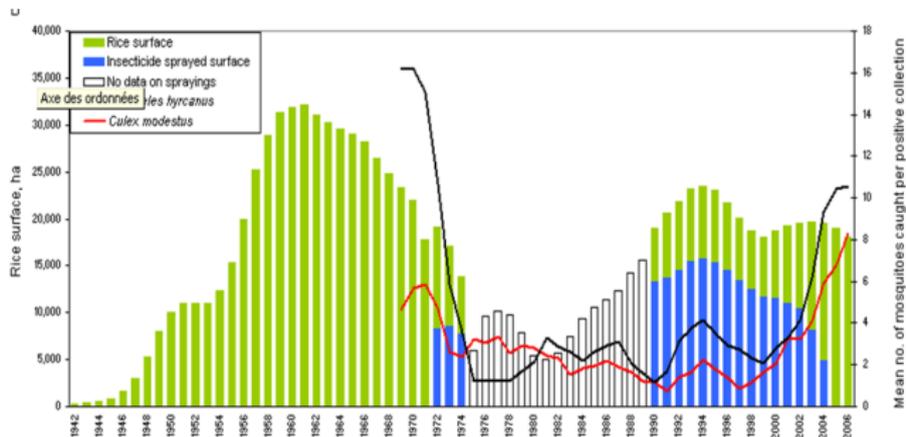


Lambin et al 2010. Pathogenic landscapes : interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *Int. J. Health Geogr.*, 9 : 54.

WN rural : zones humides et cultures irriguées

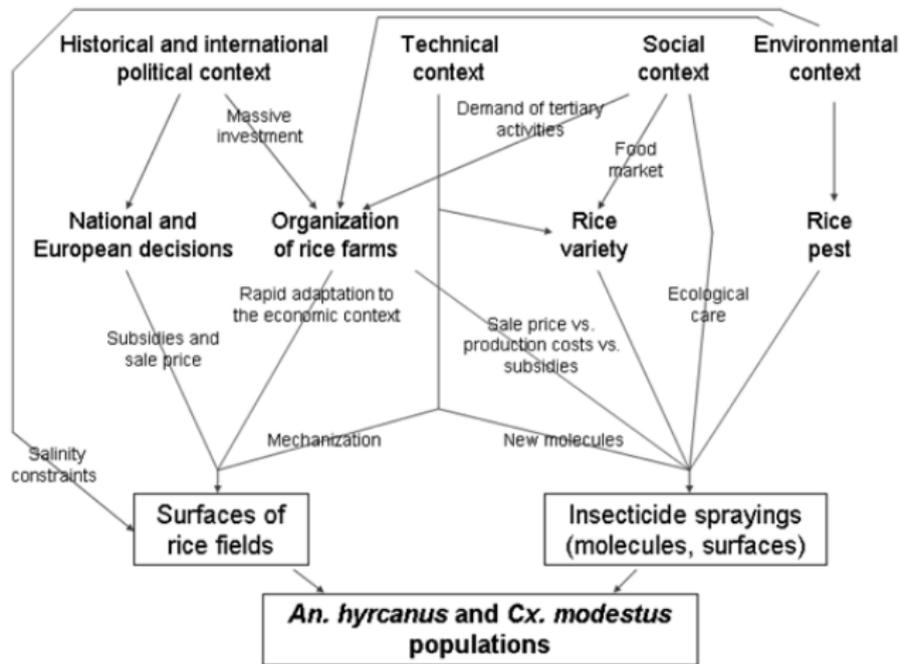
Agronomic practices

- Insecticide spraying against a rice pest (striped rice borer): kills the rice pest and mosquitoes



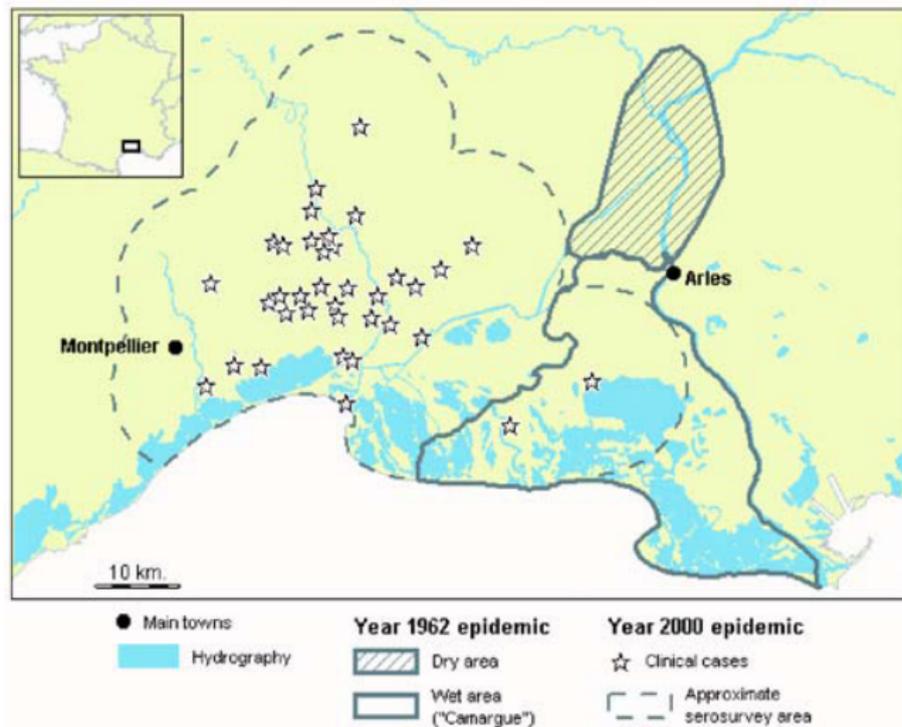
Ponçon et al 2007. Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. *Emerg. Infect. Dis.*, 13 : 1810-1815.

WN rural : zones humides et cultures irriguées



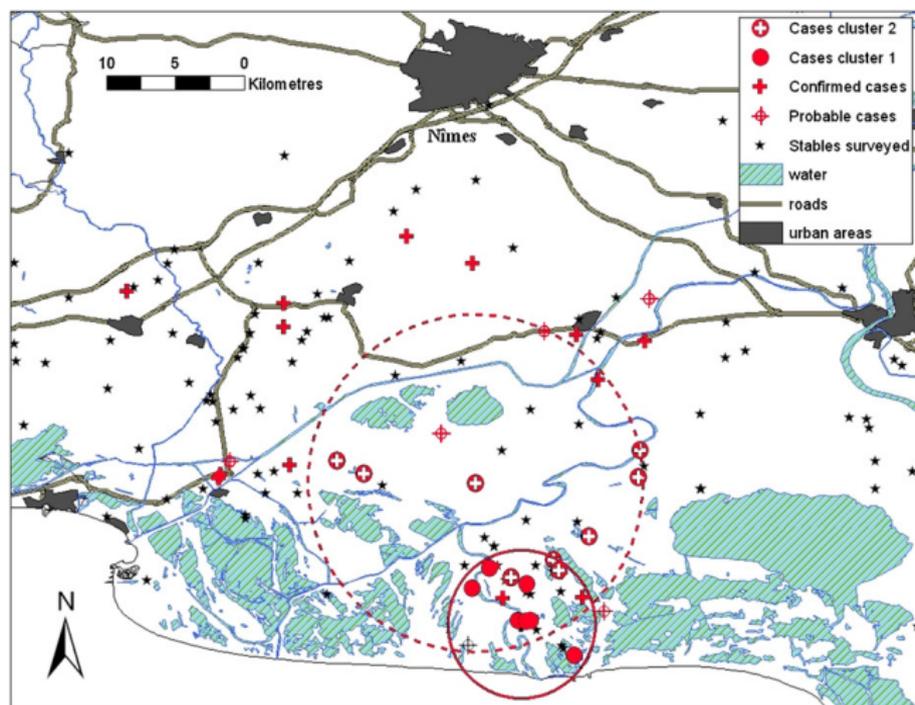
Ponçon et al 2007. Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. *Emerg. Infect. Dis.*, 13 : 1810-1815.

WN rural : zones humides et cultures irriguées



Ponçon et al 2007. Effects of local anthropogenic changes on potential malaria vector *Anopheles hyrcanus* and West Nile virus vector *Culex modestus*, Camargue, France. *Emerg. Infect. Dis.*, 13 : 1810-1815.

WN rural : zones humides et cultures irriguées



Leblond et al 2007. Remote sensing based identification of environmental risk factors associated with West Nile disease in horses in Camargue, France. *Prev. Vet. Med.*, 79 : 20-31.

WN urbain : insalubrité et urbanisation anarchique

“Source de prolifération des moustiques : plus de 300 caves inondées inaccessibles...” Journal El Watan (Algérie), édition du 30/07/2008



WN urbain : insalubrité et urbanisation anarchique

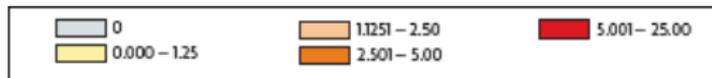
Bucarest, 1996 : des centaines d'encéphalites humaines et 17 morts causés par le VWN, dans un environnement urbain dégradé : caves inondées, égoûts non fonctionnels et élevages urbains de volailles. Prolifération de moustiques : 96% des captures = *Culex pipiens pipiens*



Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

1999

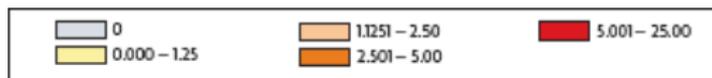


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2000

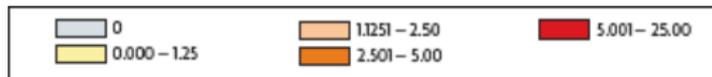


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2001

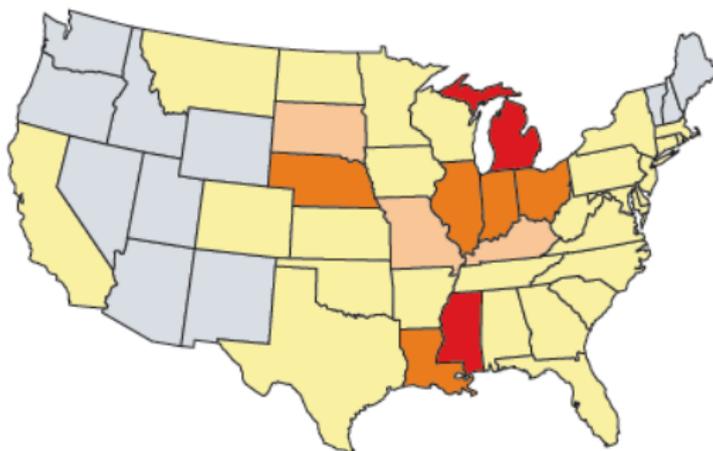


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2002

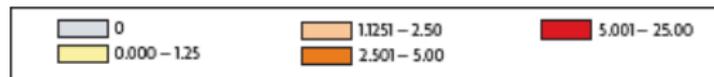
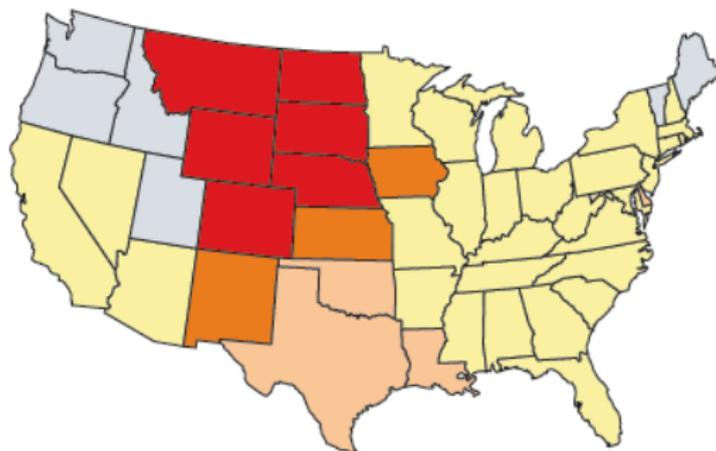


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2003

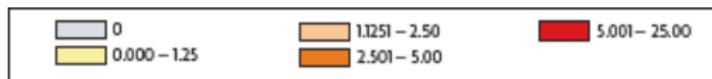


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

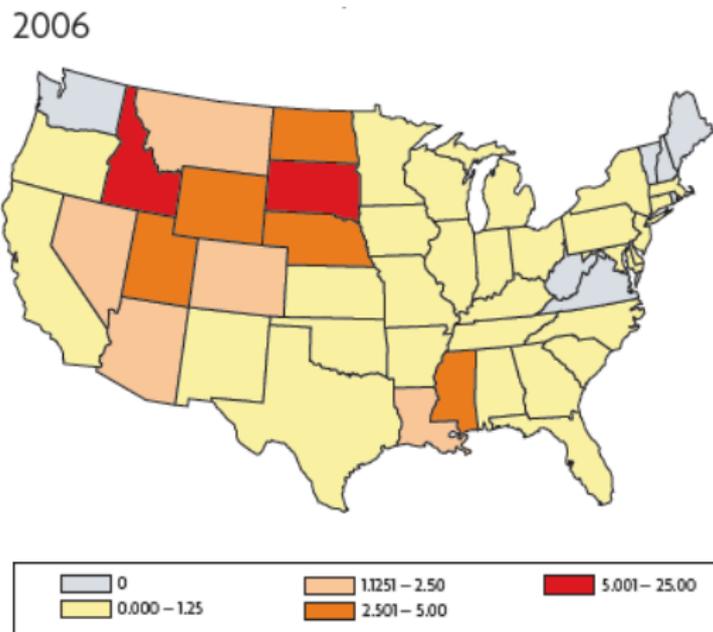
2004



Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

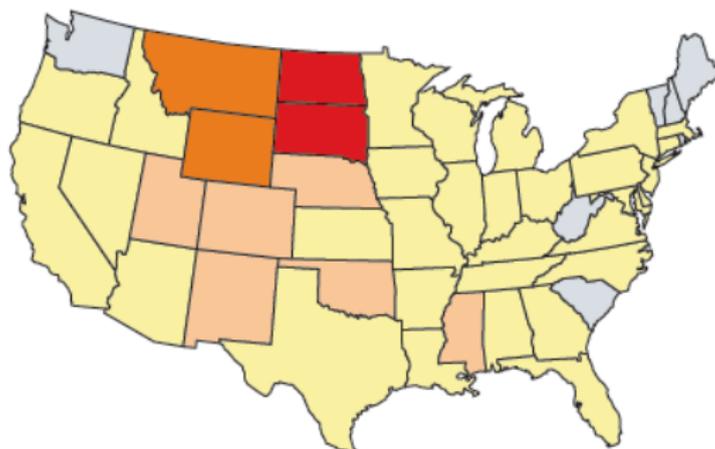


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2007

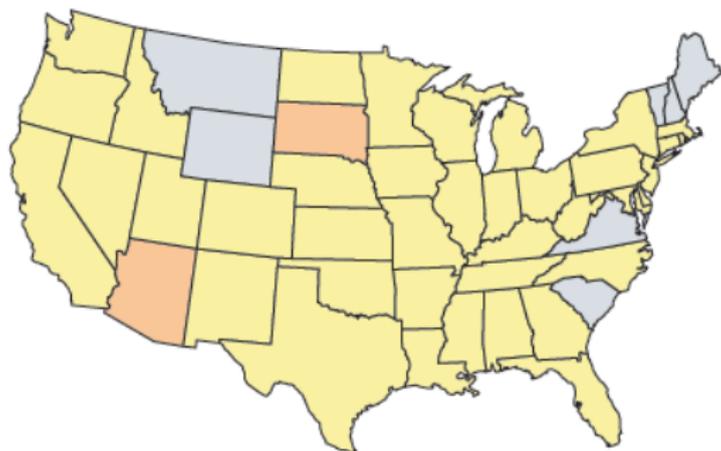


Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

Nouveau virus et émergence de nouveaux pathosystèmes

Taux d'incidence humaine du VWN / 100.000 hab. aux USA de 1999 à 2008

2008



Randolph & Rogers 2010. The arrival, establishment and spread of exotic diseases : patterns and predictions. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8 : 361-371.

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée ("passive")
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

3 Plan d'action

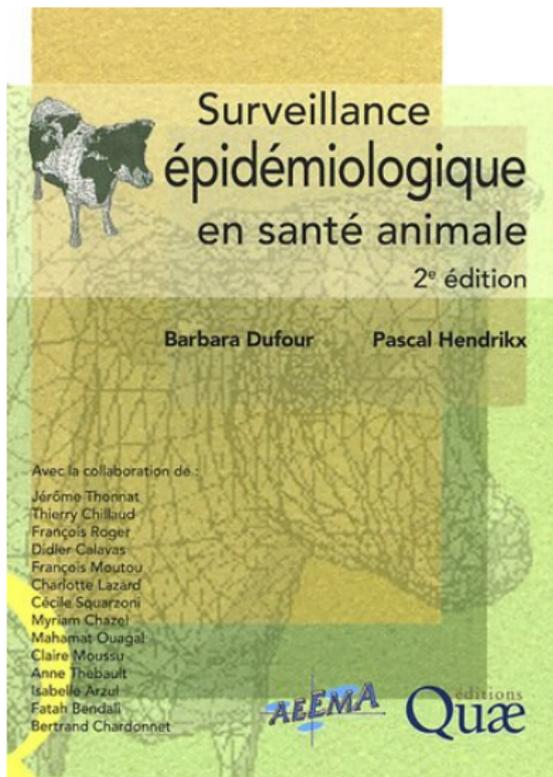
4 Méthodes de contrôle

- Vaccins et vaccination contre la WN
- Lutte anti-vectorielle

Un ouvrage de base. . .

Pour se procurer l'ouvrage en ligne sur le site de la maison d'édition QUAÉ

<http://www.quae.com/livre/?GCOI=27380100606630>



2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée (“passive”)
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

Problématique

1 Vigilance

Problématique

1 Vigilance

- ▶ Détecter rapidement l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus...).

Problématique

1 Vigilance

- ▶ **Détecter rapidement** l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus. . .).

2 Surveillance

Problématique

1 Vigilance

- ▶ **Détecter rapidement** l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus. . .).

2 Surveillance

- ▶ **Décrire la situation actuelle de WN dans le pays.**

Problématique

1 Vigilance

- ▶ **Détecter rapidement** l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus. . .).

2 Surveillance

- ▶ **Décrire** la situation actuelle de WN dans le pays.
- ▶ **Évaluer la progression d'une épizootie / épidémie.**

Problématique

1 Vigilance

- ▶ **Détecter rapidement** l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus. . .).

2 Surveillance

- ▶ **Décrire** la situation actuelle de WN dans le pays.
- ▶ **Évaluer** la progression d'une épizootie / épidémie.

Problématique

1 Vigilance

- ▶ **Détecter rapidement** l'introduction ou l'émergence de WN dans le pays, notamment de nouvelles souches ou virus épidémiologiquement apparentés (Flavivirus, Alphavirus. . .).

2 Surveillance

- ▶ **Décrire** la situation actuelle de WN dans le pays.
- ▶ **Evaluer** la progression d'une épizootie / épidémie.

Dans tous les cas

Nécessité d'un partage **rapide** de l'information sanitaire aux niveaux régional et international.

Définitions : vigilance et surveillance

Méthodes d'*observation en continu* permettant de :

Vigilance

... détecter **rapidement** l'introduction d'agents pathogènes nouveaux ou exotiques dans une population définie. . .

Définitions : vigilance et surveillance

Méthodes d'*observation en continu* permettant de :

Vigilance

... détecter **rapidement** l'introduction d'agents pathogènes nouveaux ou exotiques dans une population définie. ...

Surveillance

... d'étudier l'évolution d'une maladie dans l'espace et dans le temps dans une population définie ...

en vue d'adopter des *mesures de prévention et de contrôle*.

Définitions : vigilance et surveillance

Méthodes d'*observation en continu* permettant de :

Vigilance

... détecter **rapidement** l'introduction d'agents pathogènes nouveaux ou exotiques dans une population définie. ...

Surveillance

... d'étudier l'évolution d'une maladie dans l'espace et dans le temps dans une population définie ...

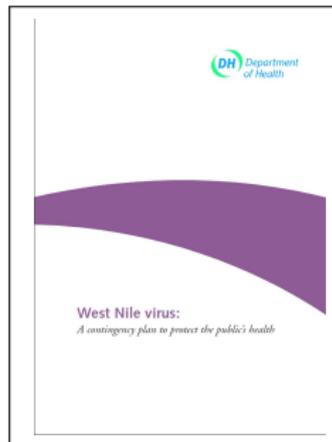
en vue d'adopter des *mesures de prévention et de contrôle*.

⇒ garantir que les dispositions adéquates sont prises en anticipation d'une épizootie / épidémie de WN.

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.

Différents pays ont élaboré des plans de contingence

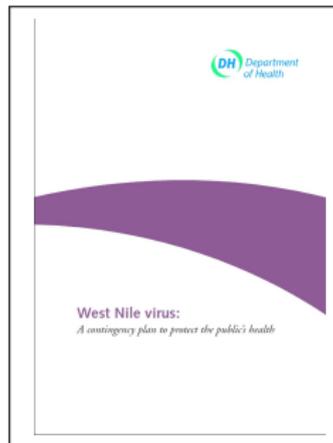


http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.
- *Classer ces situations par ordre de probabilité / priorité,*

Différents pays ont élaboré des plans de contingence

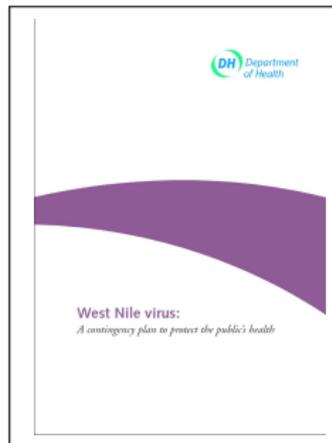


http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.
- *Classer* ces situations par ordre de probabilité / priorité,
- *Développer* des plans appropriés (objectifs, moyens et procédures) pour prévenir les infections et réagir en cas d'occurrence de ces situations,

Différents pays ont élaboré des plans de contingence

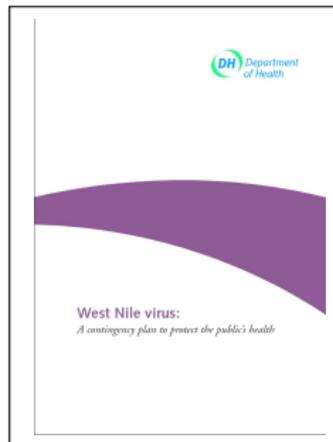


http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.
- *Classer* ces situations par ordre de probabilité / priorité,
- *Développer* des plans appropriés (objectifs, moyens et procédures) pour prévenir les infections et réagir en cas d'occurrence de ces situations,
- *Garantir* que les mesures ont été prises et sont opérationnelles.

Différents pays ont élaboré des plans de contingence

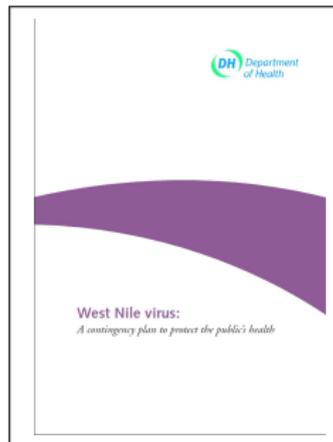


http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.
- *Classer* ces situations par ordre de probabilité / priorité,
- *Développer* des plans appropriés (objectifs, moyens et procédures) pour prévenir les infections et réagir en cas d'occurrence de ces situations,
- *Garantir* que les mesures ont été prises et sont opérationnelles.

Différents pays ont élaboré des plans de contingence



http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Plan de prévention et de contingence

- *Analyser* les situations potentielles d'urgence et leurs impacts économiques et de santé publique.
- *Classer* ces situations par ordre de probabilité / priorité,
- *Développer* des plans appropriés (objectifs, moyens et procédures) pour prévenir les infections et réagir en cas d'occurrence de ces situations,
- *Garantir* que les mesures ont été prises et sont opérationnelles.

Différents pays ont élaboré des plans de contingence



http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1199451960942

Conditions d'efficacité

Ces plans de prévention et de contingence doivent être adaptés aux contextes locaux épidémiologique et de santé publique : pas de plan "universel".

Réseau de vigilance et de surveillance

Définition

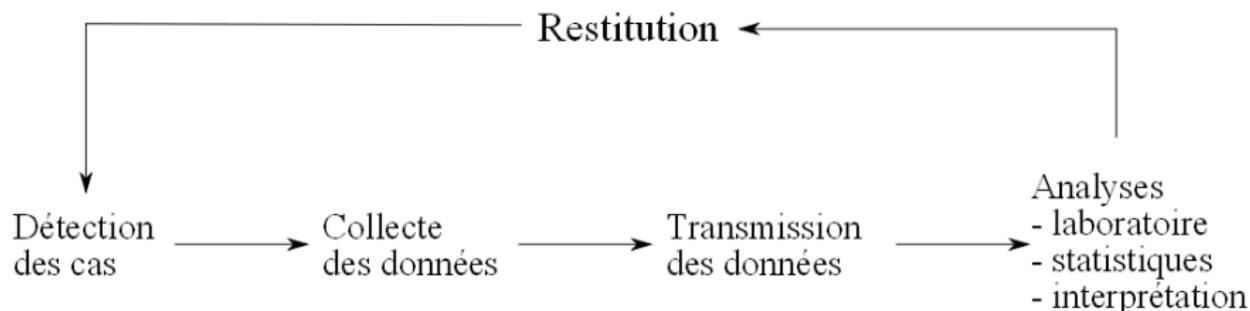
Ensemble des personnes ou organismes structurés pour assurer la surveillance ou la vigilance sur un territoire donné d'une ou plusieurs entités pathologiques (Dufour & Hendrikx, 2007).

Réseau de vigilance et de surveillance

Définition

Ensemble des personnes ou organismes structurés pour assurer la surveillance ou la vigilance sur un territoire donné d'une ou plusieurs entités pathologiques (Dufour & Hendrikx, 2007).

Rubriques d'activités d'un réseau de surveillance



2 Les outils disponibles

- Généralités
- **Surveillance ciblée ("passive")**
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)

Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ **Changements du comportement**



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ Changements du comportement
 - ▶ **Décubitus et hyperesthésie**



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ Changements du comportement
 - ▶ Décubitus et hyperesthésie
- Avec ou sans mortalité aviaire anormalement forte (avifaune sauvage)



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ Changements du comportement
 - ▶ Décubitus et hyperesthésie
- Avec ou sans mortalité aviaire anormalement forte (avifaune sauvage)
- Pendant une période de prolifération de moustiques



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ Changements du comportement
 - ▶ Décubitus et hyperesthésie
- Avec ou sans mortalité aviaire anormalement forte (avifaune sauvage)
- Pendant une période de prolifération de moustiques
 - ▶ Dans une zone humide et/ou à proximité d'une réserve naturelle (avifaune)



Les signes d'appel de WN

- Cas cliniques d'encéphalite (chevaux, ânes)
 - ▶ Tremblements, fasciculations
 - ▶ Changements du comportement
 - ▶ Décubitus et hyperesthésie
- Avec ou sans mortalité aviaire anormalement forte (avifaune sauvage)
- Pendant une période de prolifération de moustiques
 - ▶ Dans une zone humide et/ou à proximité d'une réserve naturelle (avifaune)
 - ▶ **Ou dans un environnement urbain dégradé (mais New York...)**



2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée (“passive”)
- **Surveillance syndromique**
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

Définition

- Utilisation d'un **ensemble de données d'origines différentes** permettant de suivre l'évolution d'un groupe syndromique (e.g., encéphalite humaine).
- **Objectif** : mise en évidence rapide d'une menace pour la santé publique, avant que tous les éléments ne soient rassemblés (diagnostic de laboratoire).
- **Contrainte** : résultats disponibles rapidement, en complément d'autres sources informations pour la mise en place par les décideurs de mesures de protection de la santé publique.
- **Mise en œuvre** : enregistrement et analyse quotidiens des données \Rightarrow sources d'informations adaptées et standardisées.
- Exemple pour West Nile et virus épidémiologiquement apparentés :
 - ▶ Fréquence des encéphalites humaines : **lien avec la santé publique humaine à établir**
 - ▶ Fréquence des encéphalites équine
 - ▶ Mortalité des oiseaux sauvages
 - ▶ Poulailleurs sentinelles
 - ▶ Monitoring des populations de moustiques
 - ▶ ...

Méningo-encéphalomyélites équine

Maladie	Agent pathogène	Transmission
Méningo-encéphalomyélite équine de l'Est	Alphavirus	Moustiques
Méningo-encéphalomyélite équine de l'Ouest	Alphavirus	Moustiques
Méningo-encéphalomyélite équine du Vénézuéla	Alphavirus	Moustiques
West Nile	Flavivirus	Moustiques
Rage	Lyssavirus	Morsure d'un animal enragé
Rhinopneumonie	Herpes virus type 1	Directe
Maladie de Borna	Mononegavirales	Directe
Maladie d'Aujeszky	Herpesvirus porcin 1	Directe (rarissime)

Causes d'encéphalites humaines

Meningitis	Encephalitis/ Meningo- encephalitis
Viral (aseptic meningitis)	Viral
Enteroviruses	Herpes simplex virus
Tick-borne encephalitis virus and other arboviruses ¹	Variola-zoster virus
Mumps virus	Epstein-Barr virus
Herpesviruses	Mumps virus
Human immunodeficiency virus	Measles virus
Influenzaviruses	Enteroviruses
Parainfluenza virus	West Nile virus
Measles virus	Tick-borne encephalitis virus
Rotavirus	Other arboviruses ¹
Lymphocytic choriomeningitis virus	Human immunodeficiency virus
	Rabies virus
Bacterial (septic meningitis)	Bacterial
<i>Haemophilus influenzae</i> b	<i>Listeria monocytogenes</i>
<i>Neisseria meningitidis</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	<i>Mycoplasma pneumoniae</i>
<i>Staphylococcus</i> spp.	<i>Borrelia</i> spp.
<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Rickettsia</i> spp.
<i>Leptospira</i> spp.	
<i>Treponema pallidum</i>	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	
<i>Borrelia</i> spp.	
Fungal	Fungal
<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>
Parasitic	Parasitic
<i>Acanthamoeba</i> spp.	<i>Acanthamoeba</i> spp.
<i>Toxoplasma gondii</i>	<i>Naegleria</i> spp.

Donoso Mantke et al. 2008. Euro Surveill., 13 : pii=8017.

Surveillance des encéphalites humaines

- Différentes études en cours en Europe pour clarifier le rôle des Flavivirus dans les encéphalites humaines (FR, GE, NL, UK).
- Différents travaux ont montré que l'importance du WNV dans les encéphalites humaines était sous-estimée dans les pays où WNV est endémique (exemple : Madagascar).
- Afrique du Nord :
 - ▶ Se rapprocher des réseaux de surveillance de la rage humaine pour mettre en œuvre la recherche d'arbovirus responsables d'encéphalites (e.g., *Phlebovirus*, *Flavivirus* . . .)
 - ▶ Renforcer la surveillance des encéphalites dans les régions et pendant les périodes à haut risque : zones humides à fortes densités d'oiseaux sauvages, pendant les périodes d'activité des moustiques.

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée (“passive”)
- Surveillance syndromique
- **Surveillance entomologique**
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

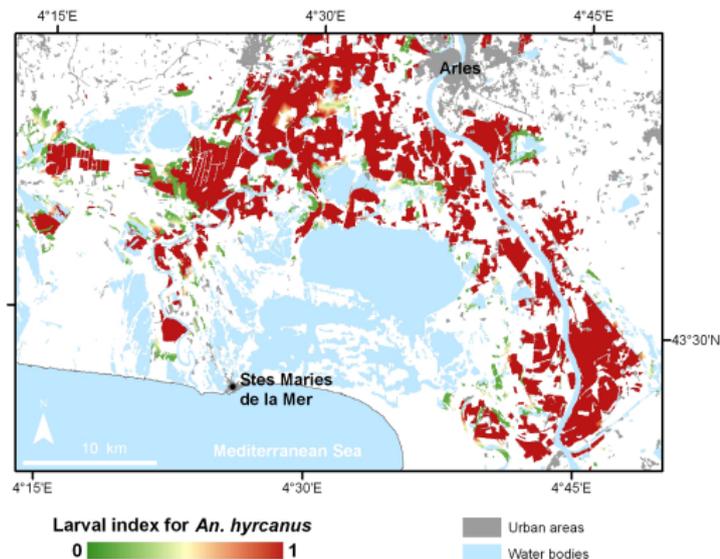
Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.



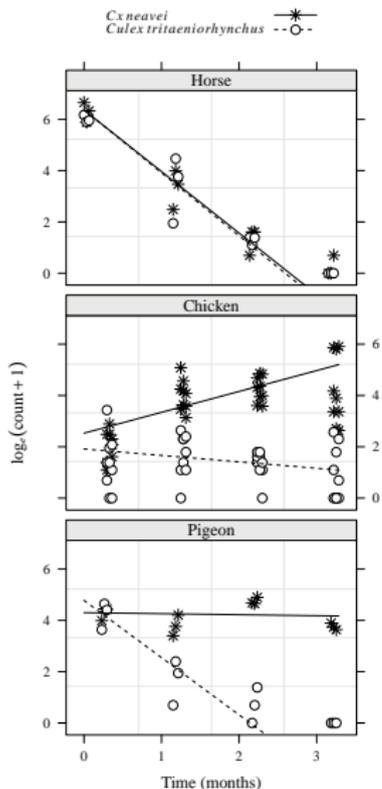
Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.
- 2 SIG et base de données relationnelle pour stocker et gérer les données.



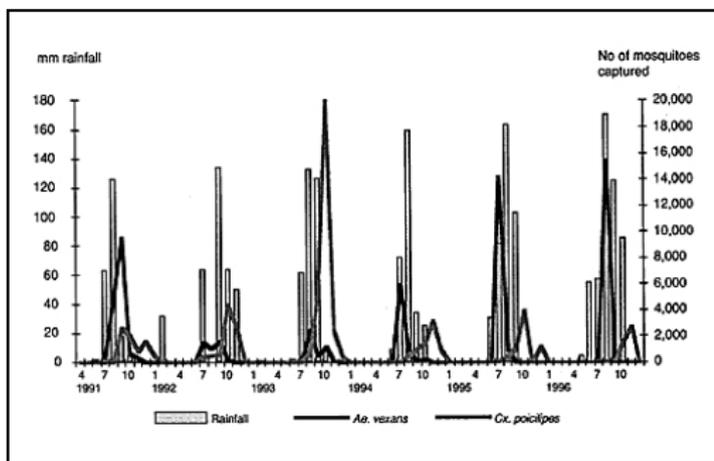
Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.
- 2 SIG et base de données relationnelle pour stocker et gérer les données.
- 3 **Compétences en analyses de données et modélisation.**



Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.
- 2 SIG et base de données relationnelle pour stocker et gérer les données.
- 3 Compétences en analyses de données et modélisation.
- 4 **Pérennité : séries chronologiques longues pour estimer les tendances et repérer les phénomènes anormaux.**



Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.
- 2 SIG et base de données relationnelle pour stocker et gérer les données.
- 3 Compétences en analyses de données et modélisation.
- 4 Pérennité : séries chronologiques longues pour estimer les tendances et repérer les phénomènes anormaux.
- 5 **Adaptation aux conditions agro-écologiques**



Composantes d'un réseau entomologique

- 1 Échantillonnage des stades larvaires et adultes.
- 2 SIG et base de données relationnelle pour stocker et gérer les données.
- 3 Compétences en analyses de données et modélisation.
- 4 Pérennité : séries chronologiques longues pour estimer les tendances et repérer les phénomènes anormaux.
- 5 Adaptation aux conditions agro-écologiques
- 6 **Limitation par le budget et ressources humaines disponibles.**



Mise en œuvre du réseau entomologique

- Couverture géographique et fréquence de captures suffisantes pour détecter un taux d'infection bas.
 - ▶ Pièges fixes : séries chronologiques pour repérer les évolutions temporelles et spatiales.
 - ▶ Pièges mobiles : réponse à des événements épidémiologiques (foyers de WN) ou écologiques (sécheresse, inondation...)
- Utiliser différents pièges selon les vecteurs ciblés :
 - ▶ CDC lumineux appâtés au CO₂ : espèces mammophiles.
 - ▶ Appâtés avec des oiseaux (pigeons) pour capturer des espèces ornithophiles.
 - ▶ Pièges à femelles gravides bien adaptés à certains vecteurs (*Cx. pipiens*, *Cx. quinquefasciatus*, ...)
- Positionner les pièges selon des facteurs d'abondance des moustiques :
 - ▶ Diversité et taille de l'habitat.
 - ▶ Disponibilité des ressources (hôtes, gîtes de ponte et de repos...)
 - ▶ Proximité des populations humaines ou équines.
 - ▶ Capacité de vol des espèces cibles.

Stratégie d'analyse

- ① Identification des espèces de moustiques, recherche de virus et calcul du taux d'infection par espèce.
 - ① Vérifier la disponibilité du labo : la rapidité des résultats est essentielle.
 - ② Analyser en priorité les *Culex* pour fournir les premières indices de transmission.
 - ③ Quand le WNV est détecté chez les *Culex*, tester les autres espèces en choisissant en priorité celles susceptibles d'être vectrices.
- ② Analyse des données : les variations spatiales et temporelles d'abondance et de taux d'infection sont plus intéressants que la seule présence.
- ③ Développement d'un plan d'action avec description des actions prises en fonction de l'intensité de l'activité des vecteurs et du WNV.

Exemple de plan d'action

État de New York (USA)

- Cartographie des gîtes larvaires en utilisant des images satellites couplées à des enquêtes de terrain.
- Échantillonnage sur les gîtes pour établir l'abondance des larves à l'aide d'un outil standardisé.
- Identification des vecteurs potentiels avec un piège lumineux appâté au CO₂, des pièges à femelles gravides ou des pièges à oviposition.
- Cartographie de la distribution des espèces de vecteurs en utilisant la géomatique (analyse d'images, SIG)
- Envoi des espèces potentiellement vectrices au laboratoire de virologie pour recherche de virus (priorité aux *Culex*).

Avantages et inconvénients de la surveillance entomologique

Avantages

- Preuve la plus précoce de transmission virale
- Informations sur vecteurs potentiels.
- Estimation de l'abondance des vecteurs.
- Estimation du taux d'infection des populations de vecteurs.
- Estimation de la capacité vectorielle et du R_0 .
- Guide pour mesures de contrôle et évaluation de ces mesures.

Inconvénients

- Travail énorme et très coûteux !
- Équipements de laboratoire entomologique et virologique de haut niveau, à biosécurité élevée.
- Fortes expertises entomologique et virologique nécessaires.
- Risque accru d'infection pour les collecteurs \Rightarrow mesures de biosécurité indispensables (vêtements, répulsifs. . .).

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée (“passive”)
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- **Animaux sentinelles**
- Tests de diagnostic

Poulaillers sentinelles (1/3)

Objectif d'**alerte précoce** : détection d'une circulation virale **avant** les premiers cas équins et humains.

- Principe :

- ▶ Exposer des oiseaux au risque d'infection : zone humide où les moustiques sont abondants, riche en oiseaux sauvages.
- ▶ Prélèvements sanguins réguliers pour mise en évidence de séroconversions.

- Mise en œuvre :

- ▶ 10-50 poulets placé dans des abris ouverts aux moustiques.
- ▶ Prélèvements tous les 15 j (7 - 30 j) et tests sérologiques (ELISA) + frottis cloacaux (RT-PCR).
- ▶ Remplacer les poulets morts ou séropositifs pour conserver la puissance statistique.



Poulaillers sentinelles (2/3)

Calcul de la taille de l'échantillon : une épreuve = un animal testé (e.g., ELISA) pour un risque de première espèce α (risque de conclure à l'absence de l'infection si elle est présente) et une incidence sérologique p :

- 1 épreuve : $P(X = 0) = 1 - p$
- n épreuves : $P(X = 0 | n \text{ épreuves}) = (1 - p)^n$
- Proba. d'avoir au moins un positif : $P(X \geq 1 | n \text{ épreuves}) = 1 - (1 - p)^n$
- On veut : $P(X \geq 1) = 1 - \alpha$
- D'où :

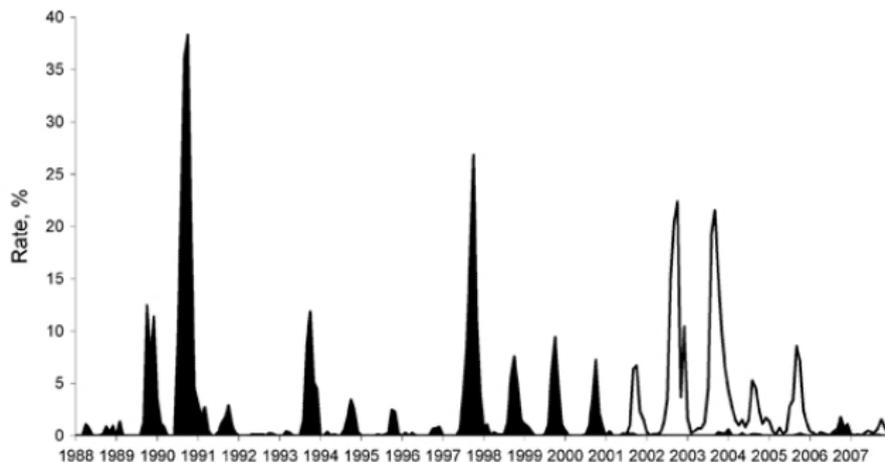
$$n = \frac{\log(\alpha)}{\log(1 - p)}$$

Exemple de calcul :

p	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
n	299	149	99	74	59	49	42	36	32	29

Poulaillers sentinelles (3/3)

Exemple de résultat : surveillance de l'encéphalite de St Louis et de West Nile aux États-Unis :



Ottendorfer CL, Ambrose JH, White GS, Unnasch TR & Stark LM 2009. Isolation of genotype V St. Louis encephalitis virus in Florida. *Emerg. Infect. Dis.*, 15 : 604-606.

Chevaux sentinelles ?

Non !

- Nécessiterait une enquête sérologique préalable pour identifier des animaux négatifs : difficile en zone d'endémie ou d'épidémie récente.
- Coût élevé : prélèvements individuels, déplacements, main d'œuvre. . .
- Surtout : **alerte beaucoup trop tardive**, avec des séroconversion contemporaine des premiers cas cliniques chez les équidés et chez l'homme.

⇒ sans intérêt pour la surveillance

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée (“passive”)
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

Tests utilisés

- Voir exposé sur le diagnostic.

Tests utilisés

- Voir exposé sur le diagnostic.
- “Epitope-blocking” ELISA utilisé avec succès pour la surveillance sérologique de WN aux Caraïbes

Tests utilisés

- Voir exposé sur le diagnostic.
- “Epitope-blocking” ELISA utilisé avec succès pour la surveillance sérologique de WN aux Caraïbes
 - ▶ mammifères (chevaux)

JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY, June 2003, p. 2676–2679
0095-1137/03/\$08.00+0 DOI: 10.1128/JCM.41.6.2676-2679.2003
Copyright © 2003, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Vol. 41, No. 6

Epitope-Blocking Enzyme-Linked Immunosorbent Assays for Detection of West Nile Virus Antibodies in Domestic Mammals

Bradley J. Blitvich,¹ Richard A. Bowen,² Nicole L. Marlenee,¹ Roy A. Hall,³
Michel L. Bunning,^{4,5} and Barry J. Beaty^{1*}

Tests utilisés

- Voir exposé sur le diagnostic.
- “Epitope-blocking” ELISA utilisé avec succès pour la surveillance sérologique de WN aux Caraïbes
 - ▶ mammifères (chevaux)
 - ▶ oiseaux sauvages et domestiques

JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY, Mar. 2003, p. 1041–1047
0095-1137/03/508-0010 DOI: 10.1128/JCM.41.3.1041-1047.2003
Copyright © 2003, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Vol. 41, No. 3

Epitope-Blocking Enzyme-Linked Immunosorbent Assays for the Detection of Serum Antibodies to West Nile Virus in Multiple Avian Species

Bradley J. Blitvich,¹ Nicole L. Marlenee,¹ Roy A. Hall,² Charles H. Calisher,¹
Richard A. Bowen,³ John T. Roehrig,⁴ Nicholas Komar,⁴ Stanley A. Langevin,⁴
and Barry J. Beaty^{1*}

Tests utilisés

- Voir exposé sur le diagnostic.
- “Epitope-blocking” ELISA utilisé avec succès pour la surveillance sérologique de WN aux Caraïbes
 - ▶ mammifères (chevaux)
 - ▶ oiseaux sauvages et domestiques
- RT-PCR, virologie : indispensable pour identifier précisément le ou les virus circulant, et donc détecter une introduction ou une émergence, mais...

“In central and south Florida, 5 partner agencies targeted a subset ($n = 15$) of sentinel chicken sites with recent confirmed arbovirus transmission activity for cloacal swab collection from 95 chickens. During the weekly scheduled bleeding of the flocks, 1,338 cloacal swabs were collected in viral culturettes [...]; 529 swabs were [...] processed for molecular detection assays and virus isolation in Vero cells [...]. Viral RNA was extracted from cloacal swabs and first-passage cell cultures and amplified with real-time reverse transcription-PCR (RT-PCR) TaqMan assays for WNV and SLEV [...]. Two SLEV strains [...] were detected by RT-PCR and cultured in Vero cells.”

Ottendorfer et al. 2009. Isolation of genotype V St. Louis encephalitis virus in Florida. *Emerg Infect Dis*, 15 : 604-606

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée ("passive")
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

3 Plan d'action

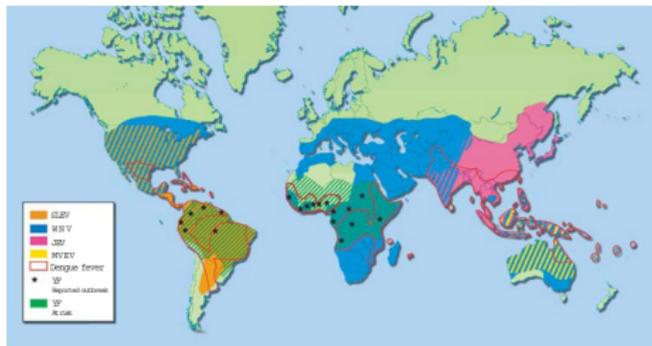
4 Méthodes de contrôle

- Vaccins et vaccination contre la WN
- Lutte anti-vectorielle

Principe général

WNV est un Flavivirus parmi lesquels on trouve d'autres arbovirus dont **l'épidémiologie est proche** (moustiques - oiseaux), et qui sont des zoonoses :

- Usutu (Europe centrale, Italie, Espagne, Maroc...)
- Encéphalite japonaise (Asie)
- Encéphalite de Saint-Louis (USA)
- Encéphalite de la Vallée de Murray (Australie, Papouasie Nouvelle-Guinée)

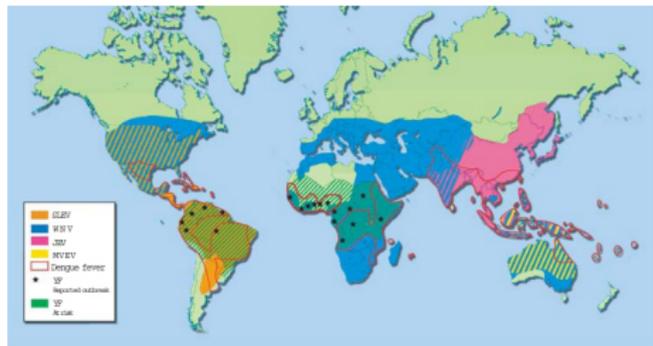


L'introduction d'un de ces virus en Europe, en Afrique ou dans le bassin méditerranéen pourrait provoquer une épidémie analogue à celle causée par le WNV dans le Nouveau Monde, à la faveur des migrations d'oiseaux ⇒ **organiser la surveillance de terrain et le diagnostic pour repérer précocement l'émergence du WNV ou d'un virus épidémiologiquement proche.**

Principe général

WNV est un Flavivirus parmi lesquels on trouve d'autres arbovirus dont **l'épidémiologie est proche** (moustiques - oiseaux), et qui sont des zoonoses :

- Usutu (Europe centrale, Italie, Espagne, Maroc...)
- Encéphalite japonaise (Asie)
- Encéphalite de Saint-Louis (USA)
- Encéphalite de la Vallée de Murray (Australie, Papouasie Nouvelle-Guinée)



L'introduction d'un de ces virus en Europe, en Afrique ou dans le bassin méditerranéen pourrait provoquer une épidémie analogue à celle causée par le WNV dans le Nouveau Monde, à la faveur des migrations d'oiseaux ⇒ **organiser la surveillance de terrain et le diagnostic pour repérer précocement l'émergence du WNV ou d'un virus épidémiologiquement proche.**

Analyses de risque

Objectifs : mettre en place un système d'information collaboratif, sur une base de volontariat, pour :

- ① Documenter la mobilité aviaire (commerce, migrations) afin d'identifier :
 - ▶ L'origine géographique des risques
 - ▶ Les voies et mode d'introduction
 - ▶ Les périodes à risque
- ② Rassembler les données d'épidémiologie moléculaire (labos nationaux et internationaux, GENE BANK, publications. . .)
- ③ Confronter les informations pour cerner le **risque d'introduction** de VWN et mieux cibler la vigilance nationale, et améliorer le contrôle et la concertation internationale.

Ex. : fièvre de la Vallée du Rift dans l'Océan Indien

Mouvements animaux - Mozilla Firefox

Echier Edition Affichage Historique Marque-pages Outils ?

Mouvements animaux

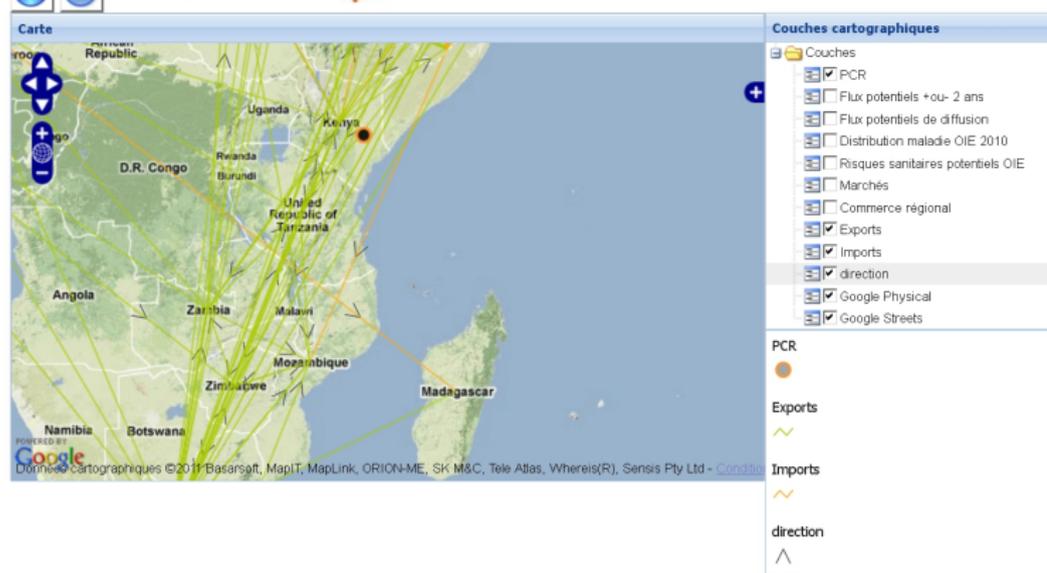
http://cmaee-sig.cirad.fr/filter.php?pathogene=4

Les plus visités Gmail Biodiv CIRAD Climate change Emac3-LaTeK FAO Geo Livestock R Recherche Stats Vecteurs Perso ECHert/ezSite-Eng... Widget - urchase - locat... Scientific Advice: ECD...

Mouvements animaux 2006

PPR
 PPCC
 Newcastle
 FVR

1991 1997 1998 2000 2006 2007 2008 2010



Ex. : fièvre de la Vallée du Rift dans l'Océan Indien

Mouvements animaux - Mozilla Firefox

Éditer Édition Affichage Historique Marque-pages Outils 2

Mouvements animaux

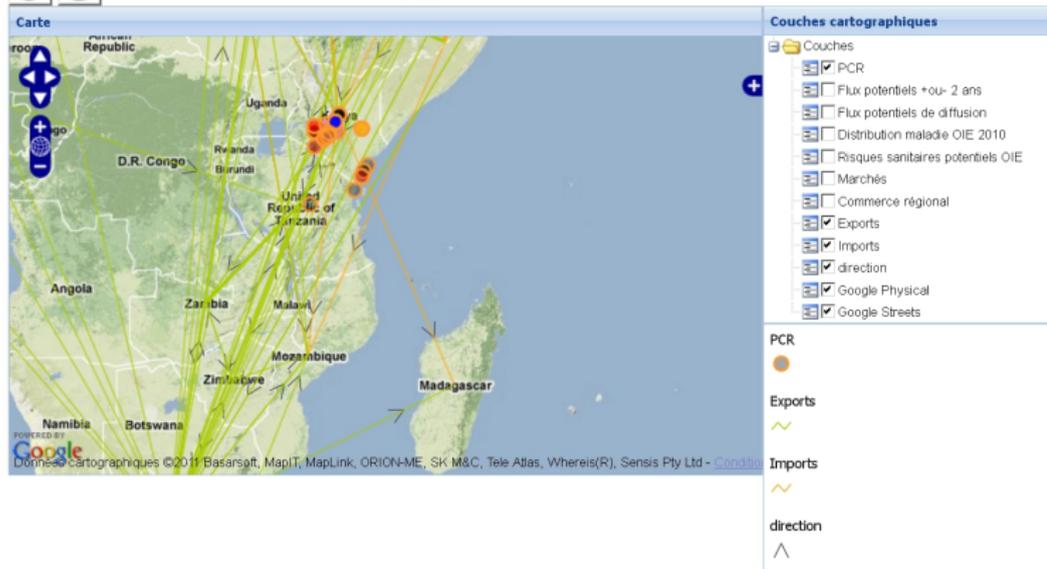
http://cmaee-sig.cirad.fr/Filter.php?pathogene=4

Les plus visités Gmail Biodiv CIRAD Climate change Emacs-LaTeX FAO Geo Livestock R Recherche Stats Vecteurs Perso EDENext / azSite - Eng... Widget - uraca - locat... Scientific Advice: ECD...

Mouvements animaux 2007

PPR
 PPCC
 Newcastle
 FVR

1991 1997 1998 2000 2006 **2007** 2008 2010



Ex. : fièvre de la Vallée du Rift dans l'Océan Indien

Mouvements animaux - Mozilla Firefox

Éditer Édition Affichage Historique Marque-pages Outils 2

Mouvements animaux

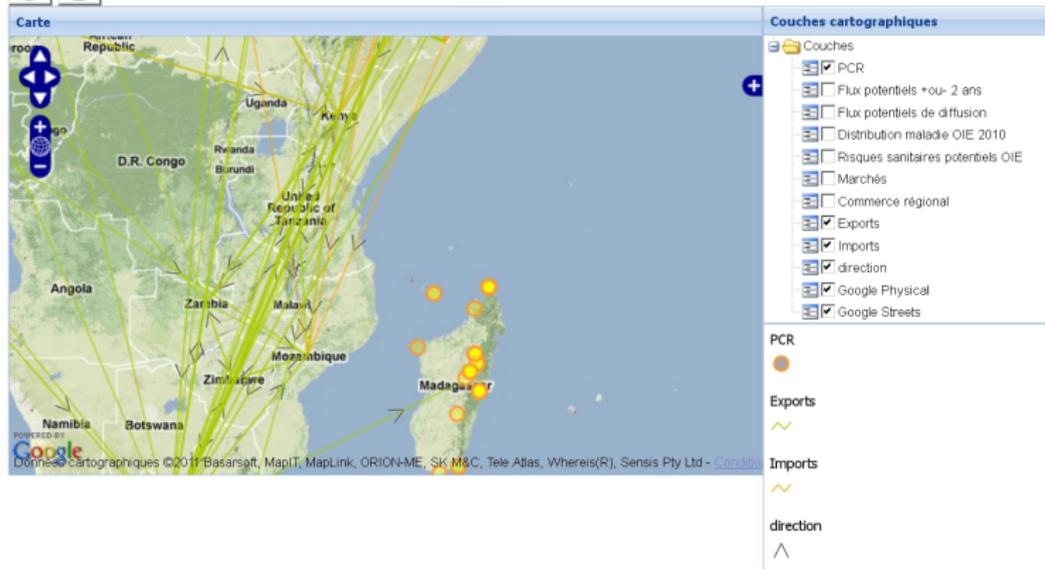
http://cmaee-sig.cirad.fr/Filter.php?pathogene=4

Les plus visités Gmail Biodiv CIRAD Climate change Emacs-LaTeX FAO Geo Livestock R Recherche Stats Vecteurs Perso EDENext/azSite - Eng... Widget - uraca - locat... Scientific Advice: ECD...

Mouvements animaux 2008

PPR
 PPCC
 Newcastle
 FVR

1991 1997 1998 2000 2006 2007 **2008** 2010



Préparer la vigilance / surveillance

- ① Périodes et zones à risque de transmission
 - ▶ Cartographie des zones urbaines et rurales où les *Culex* sont particulièrement abondants (difficile!).
 - ▶ Cartographie des périodes et zones de concentration des migrants en provenance de zones infectées : Afrique subsaharienne, Europe centrale. . .
 - ▶ Cartographie des zones à forte densité humaine et équine
- ② Choisir les outils de vigilance / surveillance selon les moyens disponibles
 - ▶ Surveillance entomologique
 - ▶ Poulaiers sentinelles
 - ▶ Surveillance ciblée des encéphalites équines
- ③ Importance de la communication
 - ▶ Avec la santé publique humaine
 - ▶ Avec les acteurs du réseau
 - ▶ Avec les partenaires régionaux et internationaux

1 Bases scientifiques

- Le pathosystème : virus - vecteurs - hôtes
- Conditions environnementales de l'émergence

2 Les outils disponibles

- Généralités
- Surveillance ciblée ("passive")
- Surveillance syndromique
- Surveillance entomologique
- Animaux sentinelles
- Tests de diagnostic

3 Plan d'action

4 Méthodes de contrôle

- Vaccins et vaccination contre la WN
- Lutte anti-vectorielle

- 4 Méthodes de contrôle
 - Vaccins et vaccination contre la WN
 - Lutte anti-vectorielle

Vaccins disponibles

● Equidés

Nom commercial	Société	Type de vaccin
Duvaxyn WNV ®	Fort Dodge Animal Health ¹	Inactivé
West Nile-Innovator ®	Fort Dodge Animal Health ¹	Plasmide ADN recombinant
Recombitek ®	Merial ²	Recombinant canarypox
PreveNile ®	Intervet ³	Virus chimérique fièvre jaune - WN

¹ <http://www.fortdodgelivestock.com/> (maintenant Pfizer)

² <http://www.merial.com/>

³ <http://www.intervetusa.com/>, retiré du marché

● Homme

- ▶ Pas de vaccin à usage humain actuellement disponible.
- ▶ Essais cliniques phase I et phase II effectués (Sanofi-Pasteur) : Biedenbender et al. (2011), J. Infect. Dis., 203 : 75-84.

Vaccination des équidés

1 Objectif : protection individuelle des chevaux

- ▶ Aucun effet sur la diffusion du virus \Rightarrow mesure de prévention individuelle **sans aucun effet collectif**.
- ▶ Complique la surveillance sérologique chez les chevaux

2 Modalités pratiques

- ▶ Élément du plan de contingence, à préparer en “temps de paix”
 - ★ **Définition des zones à risque** et des populations d'équidés exposées au risque d'infection par le WNV
 - ★ **Choix raisonné du vaccin**, autorisation d'importation et d'utilisation
 - ★ **Informer les éleveurs** et préconiser l'utilisation du vaccin dans les zones à risque.
- ▶ UE : autorisation d'utilisation du Duvaxyn WNV [®]
 - ★ **Très coûteux** (plusieurs dizaine d'Euros / cheval)
 - ★ 2 injections de primo-vaccination + rappel annuel
- ▶ Maroc : vaccin recombinant Recombitek (10 USD / dose) utilisé en 2010.
Vaccin inactivé en production par Biopharma

Vaccination des équidés : vaccins utilisés et effectifs vaccinés

Pays	Vaccin utilisé	Laboratoire	Doses / an
Autriche	Duvaxyn WNV ®	Fort Dodge	≈ 100
Hongrie	Duvaxyn WNV ®	Fort Dodge	2.000
Israël	Duvaxyn WNV ®	Fort Dodge	7.500
Maroc	Recombitek ®	Merial	(2010) 5.000

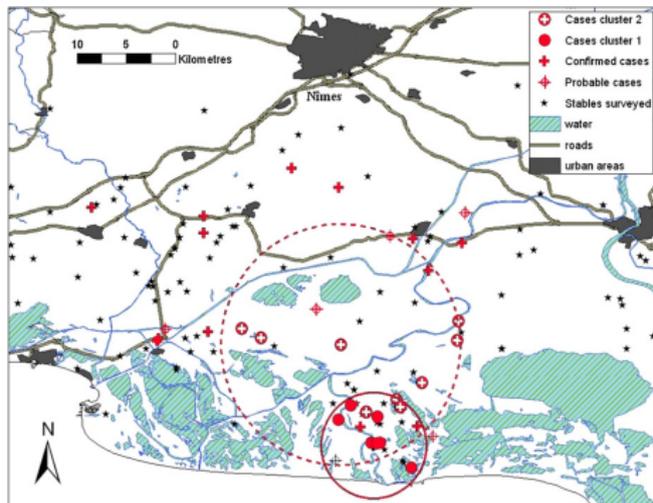
- 4 Méthodes de contrôle
 - Vaccins et vaccination contre la WN
 - Lutte anti-vectorielle

Problématique

- Objectif : réduction du contact équidés-moustiques, et du contact homme-moustique \Rightarrow prévention de l'infection animale et humaine (et réduction des nuisances directes occasionnées par les moustiques)
- Stratégies de contrôle des populations de moustiques dépendent de l'écologie et du comportement des espèces cibles \Rightarrow pas de stratégie unique.

Généralités

- Contrôle difficile car foyers rarement concentrés dans une zone précise : milieu rural ou péri-urbain, avec transmission maximale dans des zones humides (souvent des parcs naturels) ⇒ pas d'utilisation massive d'insecticides chimiques.



Leblond et al. 2007. *Prev. Vet. Med.*, 79 : 20-31.

Généralités

- Contrôle difficile car foyers rarement concentrés dans une zone précise : milieu rural ou péri-urbain, avec transmission maximale dans des zones humides (souvent des parcs naturels) \Rightarrow pas d'utilisation massive d'insecticides chimiques.
- Foyers urbains : l'utilisation d'insecticides en aérosol ("fogging") donne des résultats variables pour les *Culex* (e.g., *Cx pipiens*).



Quartier de Volgograd (URSS) siège d'une épidémie de WN en 1996 (©P. Reiter, IP)

Moyens de lutte disponibles : traitements aduictides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements adulectides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements aducltides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ **Organo-phosphorés : malathion, naled**



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements aduIticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ **Pyréthrines et pyréthroides : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine...**



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements aduaticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ Pyréthrinés et pyréthroïdes : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine. . .
 - ▶ **Pipéronyle butoxide (PBO) : synergise action des pyréthroïdes et pyréthrinés**



Fogging. . .

Moyens de lutte disponibles : traitements aduaticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ Pyréthrines et pyréthroïdes : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine. . .
 - ▶ Pipéronyle butoxide (PBO) : synergise action des pyréthroïdes et pyréthrines
- Inconvénients



Fogging. . .

Moyens de lutte disponibles : traitements aduIticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ Pyréthrinés et pyréthroïdes : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine...
 - ▶ Pipéronyle butoxide (PBO) : synergise action des pyréthroïdes et pyréthrinés
- Inconvénients
 - ▶ Répétitions fréquentes (adultes)



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements aduIticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ Pyréthrinés et pyréthroïdes : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine...
 - ▶ Pipéronyle butoxide (PBO) : synergise action des pyréthroïdes et pyréthrinés
- Inconvénients
 - ▶ Répétitions fréquentes (adultes)
 - ▶ **Coût**



Fogging...

Moyens de lutte disponibles : traitements aduIticides

- Epanrages ULV le soir ou tôt le matin (activité des moustiques)
- Produits utilisables
 - ▶ Organo-phosphorés : malathion, naled
 - ▶ Pyréthrinés et pyréthroïdes : d-phénothrine, resméthrine, perméthrine...
 - ▶ Pipéronyle butoxide (PBO) : synergise action des pyréthroïdes et pyréthrinés
- Inconvénients
 - ▶ Répétitions fréquentes (adultes)
 - ▶ Coût
 - ▶ Peu sélectifs ⇒ toxicité possible pour autres insectes et arthropodes, mollusques, vertébrés... ⇒ à réserver aux zones urbaines en période épidémique



Les abeilles, une espèce non-cible du fogging

Moyens de lutte disponibles : traitements larvicides

- Lutte environnementale : destruction des gîtes larvaires par inondation / assèchement (rizières)



Rizièrè inondée

Moyens de lutte disponibles : traitements larvicides

- Lutte environnementale : destruction des gîtes larvaires par inondation / assèchement (rizières)
- Introduction de poissons larvivores (e.g. *Gambusia affinis*)



Gambusia affinis : une espèce de mosquitofish
(<http://farm4.static.flickr.com/>)

Moyens de lutte disponibles : traitements larvicides

- Lutte environnementale : destruction des gîtes larvaires par inondation / assèchement (rizières)
- Introduction de poissons larvivores (e.g. *Gambusia affinis*)
- **Epanrages d'agents pathogènes pour les larves de moustiques, surtout *Bacillus thuringiensis israelensis***



Epanrage aérien et au sol de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* en Camargue.
Source : EID-Méditerranée

Bilan

- Lutte anti-vectorielle difficile et coûteuse : doit s'envisager globalement
 - ▶ Diminution de la nuisance (hors rôle vectoriel)
 - ▶ Diminution des habitats favorables, surtout en milieu urbain
 - ▶ En milieu rural, importance de la lutte intégrée (environnementale, biologique, chimique...)
- Importance des mesures de protection individuelle
 - ▶ Elimination des gîtes larvaires à proximité des habitations
 - ▶ Dormir sous moustiquaires, éviter les zones infestées en période de transmission, vêtements adéquats, répulsifs. . .

WANNA TRY THE
"MYSTIC HERBAL BALM"?

DDT!
DDT!



Cox &
Forkum
©2002

www.CoxAndForkum.com