

# Surveillance entomologique et approche One Health

## *Concepts, Exemples et Perspectives*



Thierry BALDET, Cirad, UMR ASTRE  
dP One Health Océan Indien

[thierry.baldet@cirad.fr](mailto:thierry.baldet@cirad.fr)

<https://www.onehealth-oi.org/>



dP OHOI

# Talk Outline

1. Emergence des Arboviroses dans un monde changeant
2. Recherche Intégrée sur les Arboviroses
3. Surveillance Entomologique : Quelques Concepts
4. West Nile & Surveillance One Health
5. Quelques Points de Réflexion
6. Autre Exemple : Surveillance des espèces invasives
7. Perspectives
8. Conclusion

# Arboviroses émergentes transmises par les *Culex*

## West Nile

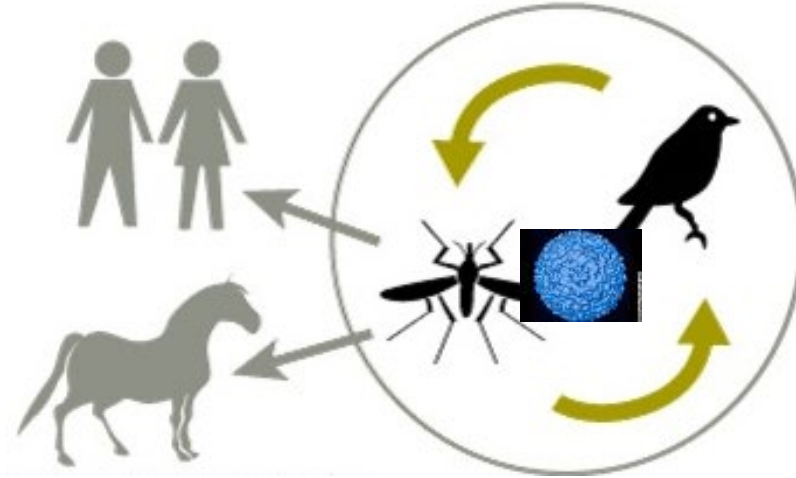


## Japanese encephalitis



## Usutu

## Saint Louis encephalitis



Complexe des encéphalites virales transmises par *Culex* (WN, JE, USU, SLE)

Flavivirus

Cycle enzootique complexe avec de multiples hôtes naturels (oiseaux) et vecteurs (*Culex* sp.)

Epizooties/Épidémies chez chevaux et hommes (*dead end hosts*)

**Hétérogénéité des contextes entomologiques et épidémiologiques**

# Emergence de la West Nile (2000-....)

**In America.** In 1999, WNV was detected in the US for the first time, and within five years it had spread from New York across the contiguous United States and into Canada, Mexico, and Central and South America. A new special collection in the *Journal of Medical Entomology* takes stock of lessons learned and progress made over the past 20 years of West Nile virus research, surveillance, and control.

<https://academic.oup.com/jme/pages/twenty-years-of-west-nile-virus-in-the-united-states>

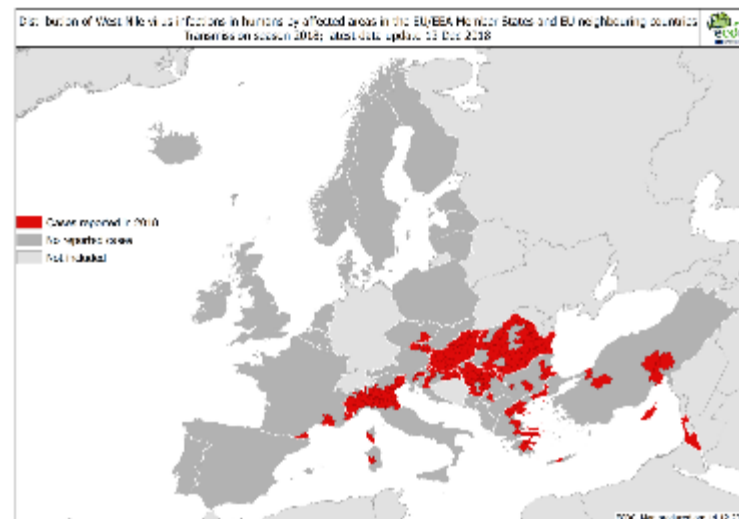
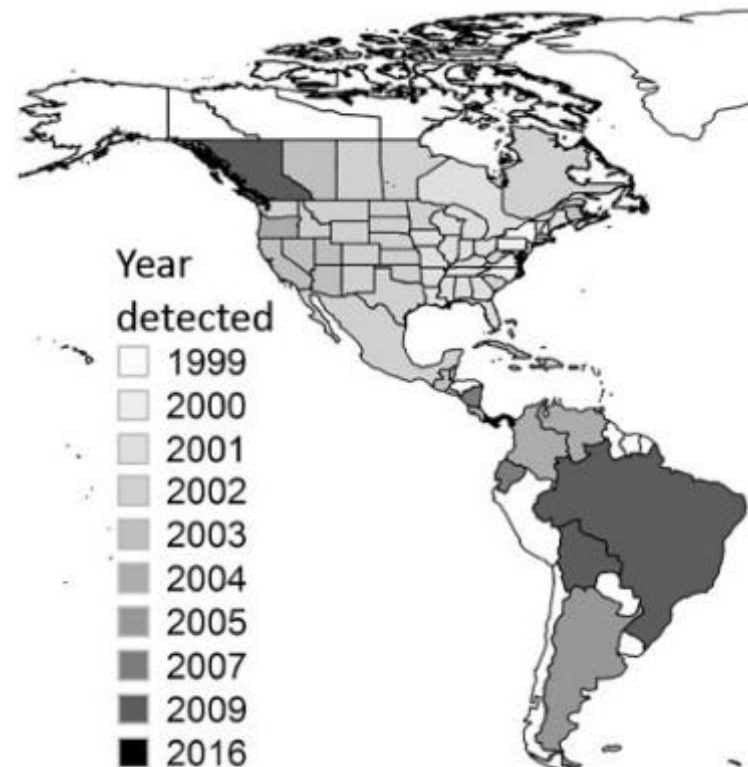
**2002 : 4156 cases with 284 deaths**

...

**2012 : 4500 cases with 183 deaths**

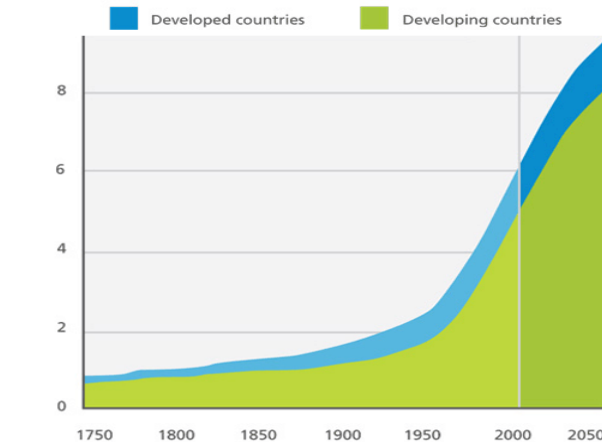
...

**In Southern Europe,** we have seen an increase in WNV cases in horses and humans since the 1990s. **In 2018,** the total number of reported autochthonous human infections in 2018 (n= 2 083) exceeds the total number from the previous 7 years (n= 1 832). Compared to the previous transmission season in 2017, there was a **7.2-fold increase**. **In France,** 24 human cases (incl. 6 neuroinvasive forms) and 1st detection of WNV lineage 2.



**Explosion démographique**  
**Modification de l'environnement**  
**Perte de la biodiversité**  
**Urbanisation croissante**  
**Approvisionnement en eau**  
**Elimination des déchets**

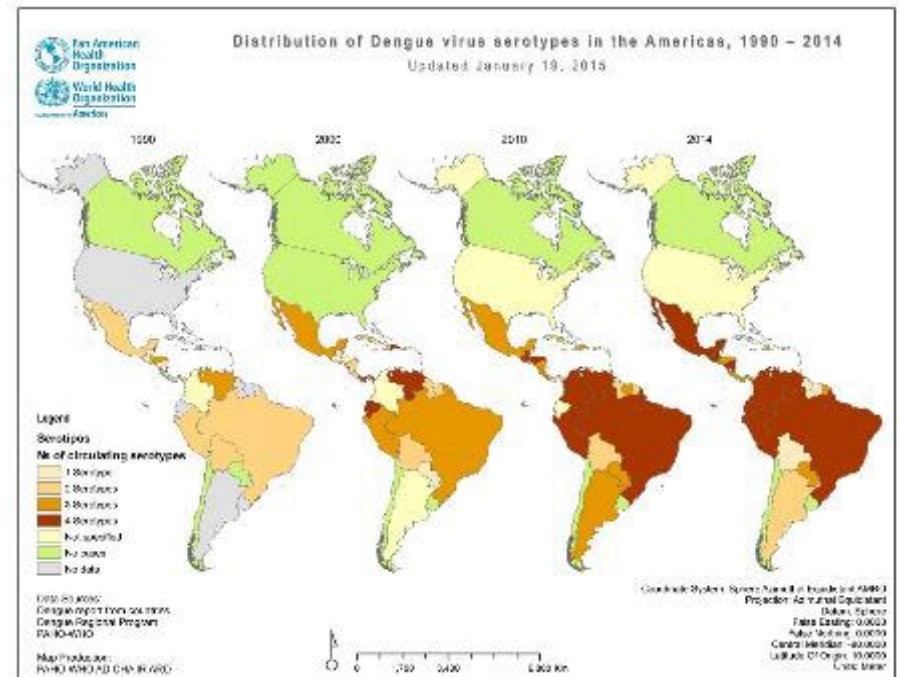
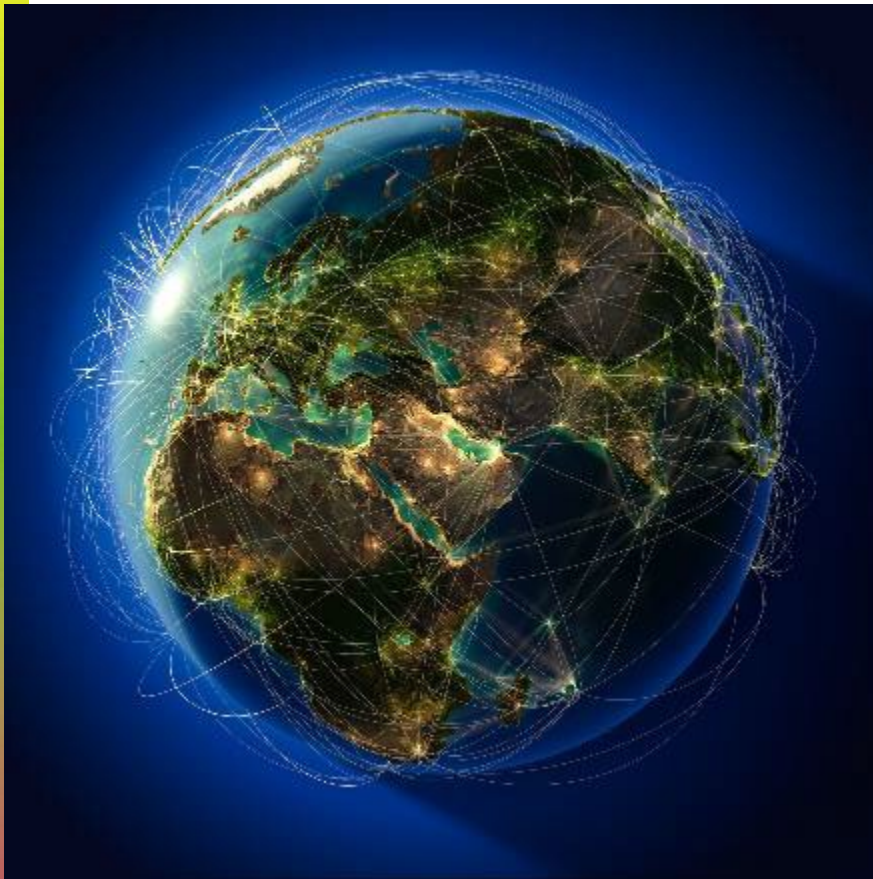
Toutes conditions favorables à la prolifération des moustiques vecteurs et de la multiplication de leur contact avec l'homme mais aussi à des déséquilibres au sein des populations d'hôtes naturels (eg migration oiseaux)



# Globalisation Densification et rapidité des échanges humains et du transport de marchandises

Toutes conditions favorables à  
l'introduction de nouveaux vecteurs  
invasifs (eg moustique tigre) et de  
sérotypes/génotypes viraux dans  
une nouvelle région

Introduction du WNV en Amérique 1999'  
+ Diffusion mondiale des virus DENG, CHIKV,  
ZIKV par des voyageurs infectés....



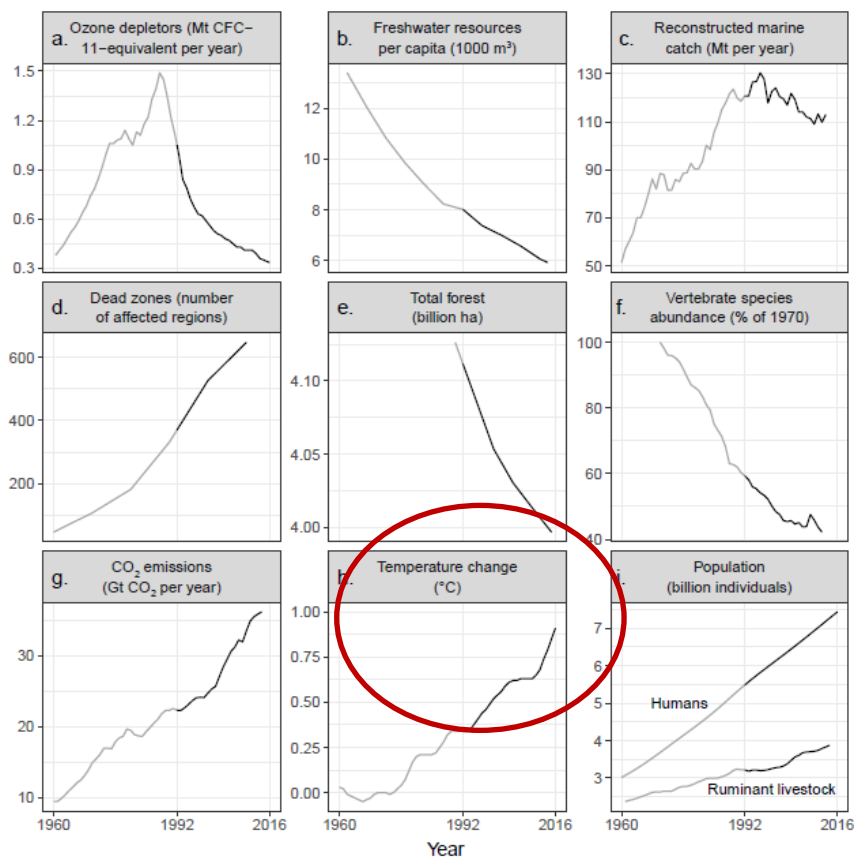
Endémisation des 4 sérotypes de la Dengue  
en Amérique du Sud depuis 2000

# Changements Climatiques et maladies vectorielles...

Viewpoint

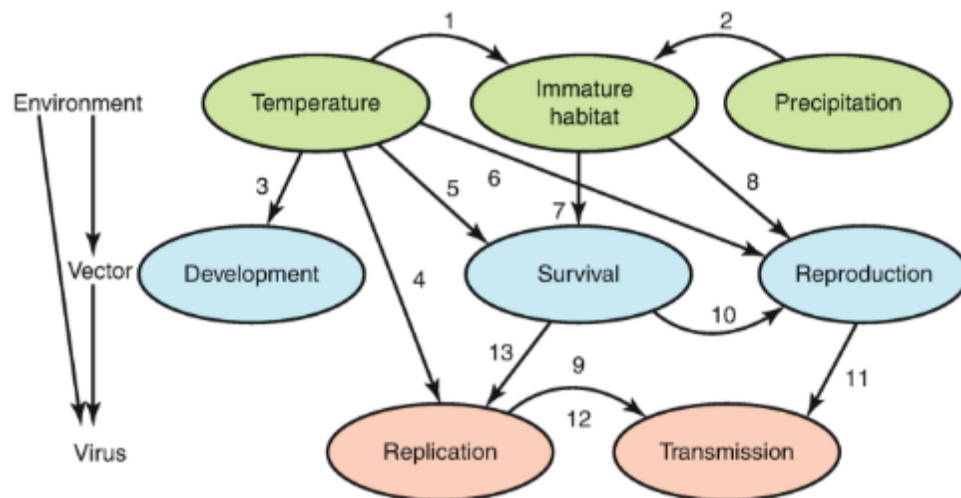
## World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice

December 2017



## Augmentation des températures Conditions favorables :

- Expansion des vecteurs vers des latitudes et des altitudes plus élevées
- Activité, Fréquence de piqures, longévité (=capacité vectorielle)
- Durée Extrinsic Incubation Period EIP et Taux multiplication du virus chez le vecteur (= compétence vectorielle)



# Limites de la Lutte Antivectorielle classique

En cas d'épidémies...



Efficacité de ces pulvérisations **questionnée?** + multiples

problèmes:

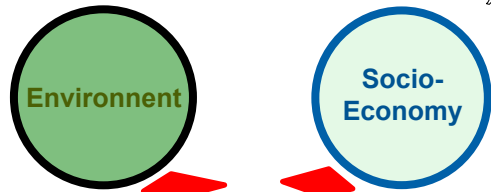
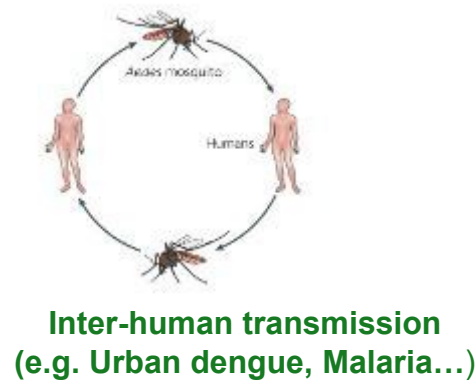
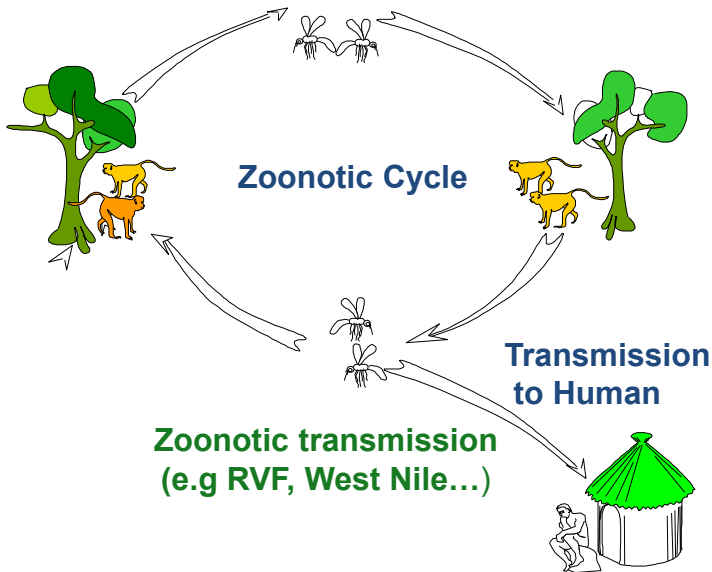
- i) **Efficacité limitée** dans l'espace et le temps
- ii) **Impact sur environnement** et faune non cible,
- iii) **Résistance** des moustiques cibles aux insecticides,
- iv) **Non durabilité** de telles méthodes.

**Sensibilisation et Éducation** des populations à éliminer les gîtes larvaires et à se protéger vs contact vecteur (moustiquaires, serpentins, répulsifs, vêtements longs)

**Pulvérisations spatiales d'adulticides par des équipes spécialisées** (pyréthrinoides ULV, IRS) et utilisation ciblée de larvicides (temephos, Bti)

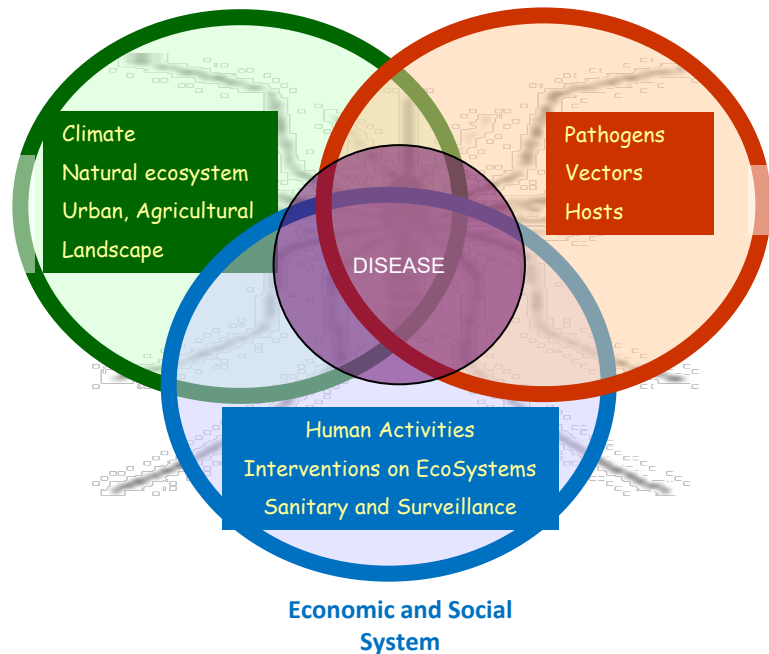
**Nécessité de renforcer la participation communautaire et le développement de méthodes innovantes :** Lethal ovitraps, Autodissemination station, SIT, IIT, Gene drive, ....

# Eco-epidemiology des Arboviroses



**Classical Approach to Arboviral diseases centred to the Pathogen System**

**ENVIRONMENT**  
Agro-Ecological System



**Complexity of Arboviral diseases Resulting of the interaction of different Systems**

**Major Challenges: Need for an Integrated Approach...**

# Some drivers interacting on arboviral diseases

## Anthropogenic Factors

Demography  
Rural Development  
Urban Development



- Dynamic of human host populations
- Modification of natural ecosystems
- Creation of favorable biotopes & conditions

## Changing patterns and practices

Consumption behaviour  
Transport  
Globalisation



- Risk of exposition
- Introduction/settlement of pathogens
- Introduction/settlement of vectors

## Climatic Factors

Global / Local Warming  
Extreme Weather Event



- Extension of spatial distribution of vectors
- Modification of vector seasonality
- Modification of the vector capacity (reproduction, survival and biting rates)

## Socio-Economic Factors

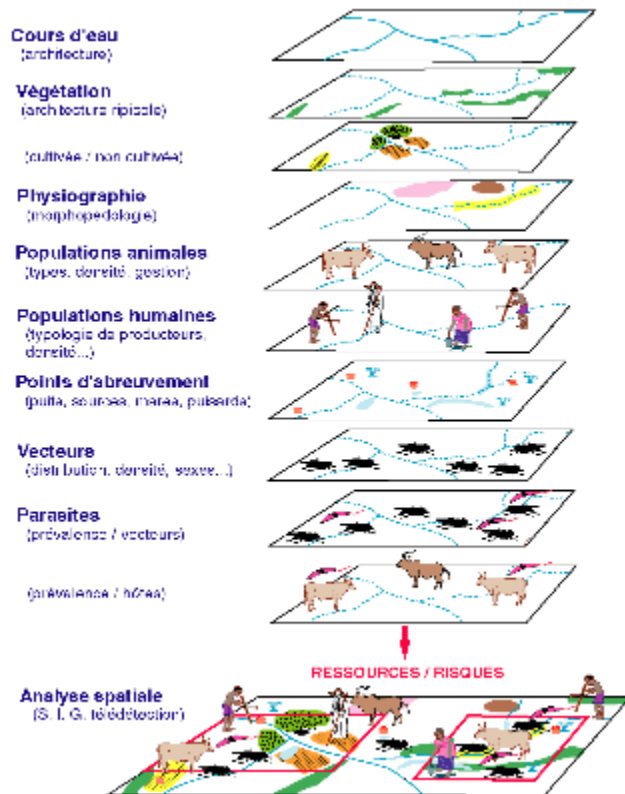
Functioning of sanitary systems  
Functioning of surveillance networks



- Risk of resurgence of disease
- Capacity on Alert / Reactivity / Response

# Main challenges: Need for an integrated approach

- Systemic
- Transdisciplinary
- Intersectoral
- in Partnership



## Transdisciplinarity for research activities

### In Ecology

Landscape, Hydrography, Vegetation

### In Climatology

Seasonality, Inter-annual, Trends, Forecast

### In Entomology

Taxonomy, Biology, Ecology, Genetic, Vector control

### In Biomedical Science

Phylogeny, Diagnostic, Drug, Vaccine

### In Epidemiology

Dynamics of cycle, reservoir hosts, susceptible hosts, dead-end hosts, migration

### In Social Science and Economy

Health systems

Community mobilisation and participation

### In Surveillance and Alert

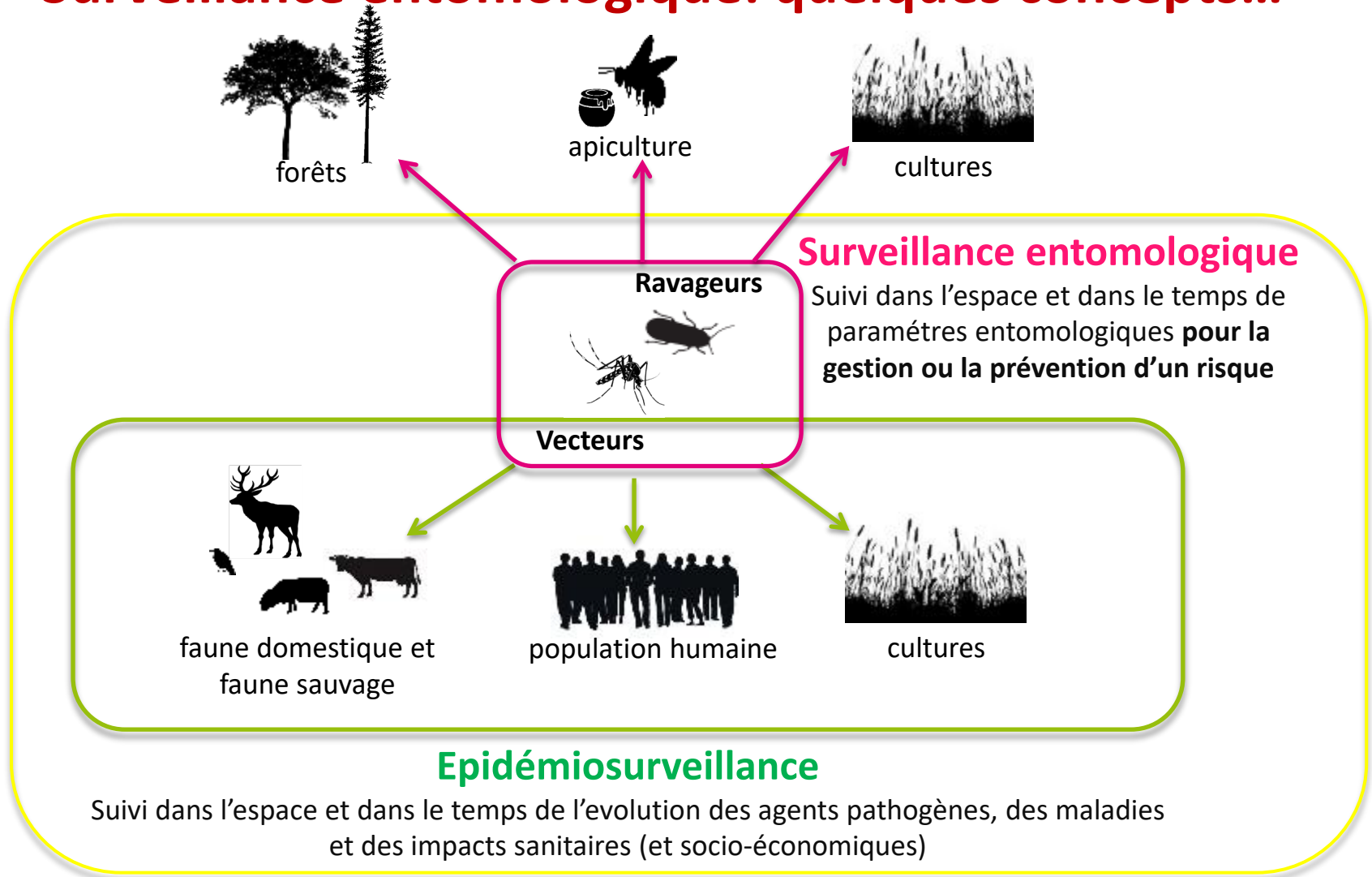
Data management

GIS, remote sensing and modeling

Surveillance networks

Risk analysis

# Surveillance entomologique: quelques concepts...

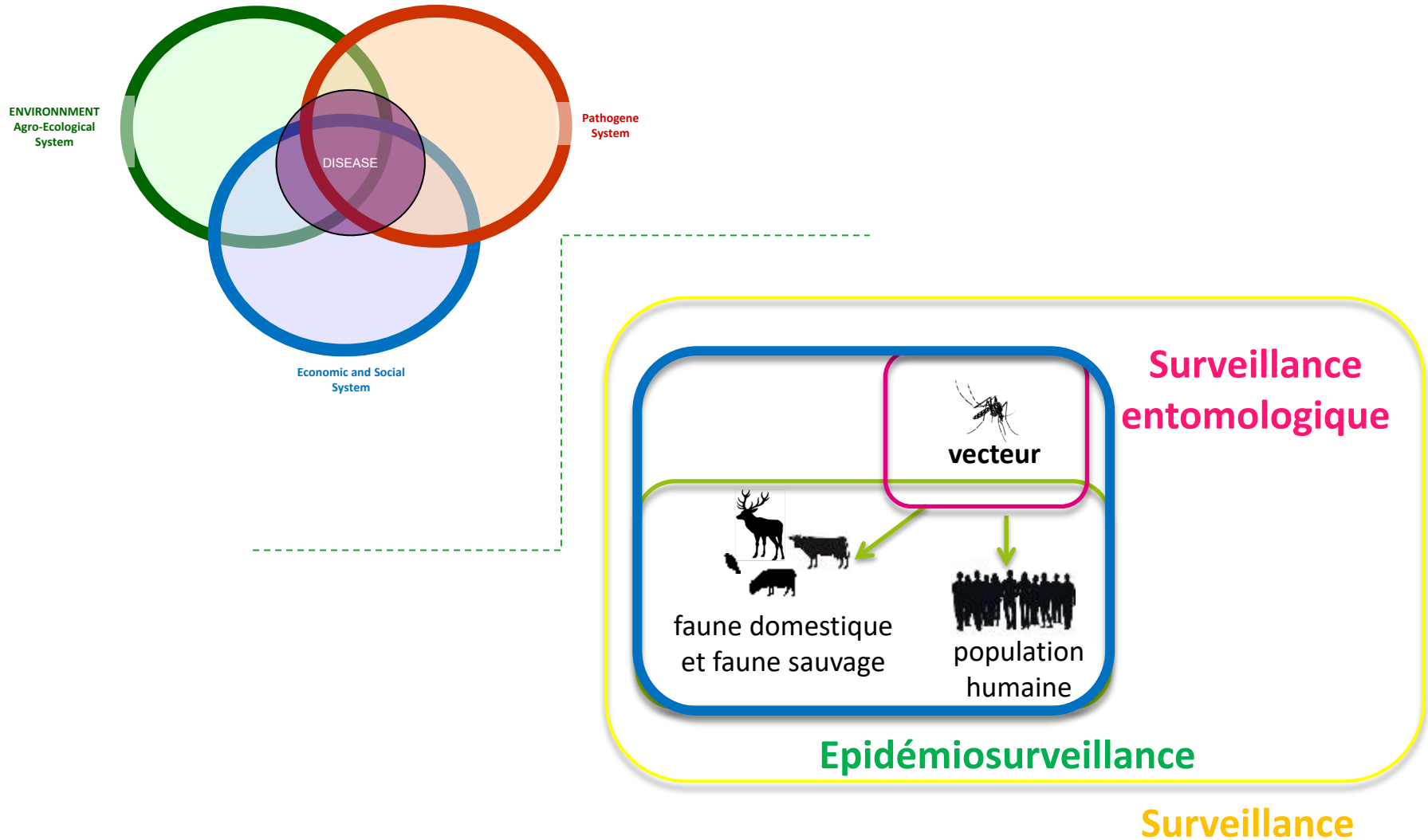


## Surveillance

Collecte et Analyse d'informations pour décrire un risque dans l'espace et dans le temps  
**Evaluation d'actions en réponse au risque** (lutte antivectorielle, mesures sanitaires, quarantaine, sensibilisation des populations, vaccination)

**Suivi de la diffusion et restitution de l'information aux acteurs et gestionnaires**

# Arboviroses Zoonotiques : des maladies complexes avec plusieurs compartiments à surveiller et à connecter dans un environnement *sensu lato* dynamique et changeant



# Quel niveau d'intégration entre les réseaux de surveillance ? Entre les acteurs ?

**Table 4.** The number of articles reporting on the number and type of sectors integrated in surveillance, by pathogen.

Sectors	Pathogen					Total
	CHKV	DENV	Multi	RVFV	WNV	
human and entomological	5	4	2	0	1	12
human and animal	0	0	1	1	4	6
human and animal and entomological	0	0	0	0	12	12
human and entomological and environmental	0	2	0	0	0	2
human and animal and entomological and environmental	0	0	0	0	3	3
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>35</b>

➤ Etats-Unis et Italie publient le plus sur le sujet (biais West Nile ?)

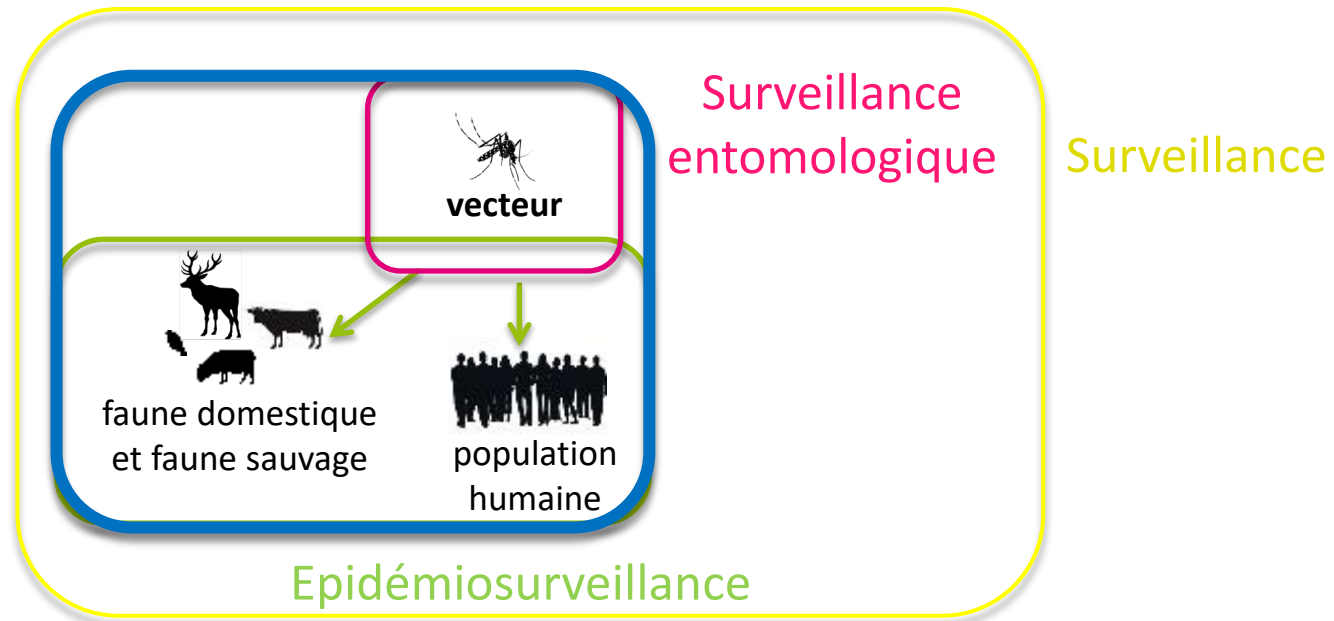
➤ Intégration des réseaux de surveillance dépend des arboviroses (West Nile vs Aedes\_Borne Diseases) + autres facteurs liés au niveau du risque

➤ Quand l'intégration existe, elle est rarement complète

**Table 5.** Number of articles reporting on the level of surveillance integration, by pathogen.

Sectors	Pathogen					Total
	CHKV	DENV	Multi	RVFV	WNV	
policy and institutional level	0	0	1	0	1	2
data collection and analysis level	0	3	0	0	0	3
data collection and analysis and dissemination levels	2	1	0	0	3	6
policy and institutional and data collection and analysis levels	1	0	0	0	0	1
policy and institutional and data collection and analysis and dissemination levels	2	1	1	0	11	15
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>27</b>

# Avec des objectifs d'impacts sanitaires et économiques pour les sociétés



- **Meilleure compréhension des patrons épidémiologiques** à différentes échelles, vision holistique pour une **meilleure anticipation/prévention**
- **Communication claire et appui aux acteurs de la santé publique et vétérinaire éclairé** pour **définir les stratégies et les mesures de prévention/lutte/contrôle**
- **Optimisation de l'allocation des ressources** pour un **gain sanitaire & économique**

# Alors quels exemples ?

- **Surveillance de la West Nile / Concept One Health**

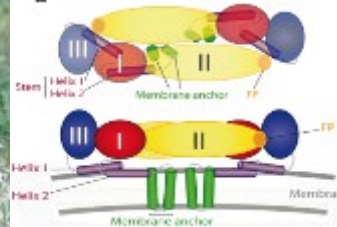
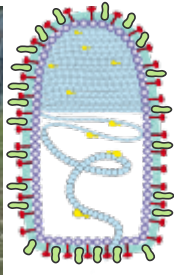
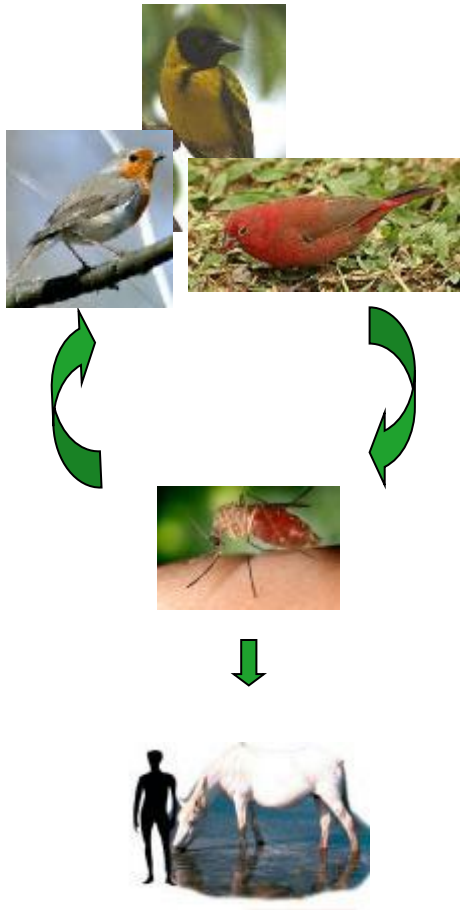
- West Nile: une arbovirose zoonotique complexe
- Surveillance West Nile en Europe
- Etude cout-bénéfice du système italien (Emilie-Romagne)

- **Quelques points de réflexions**

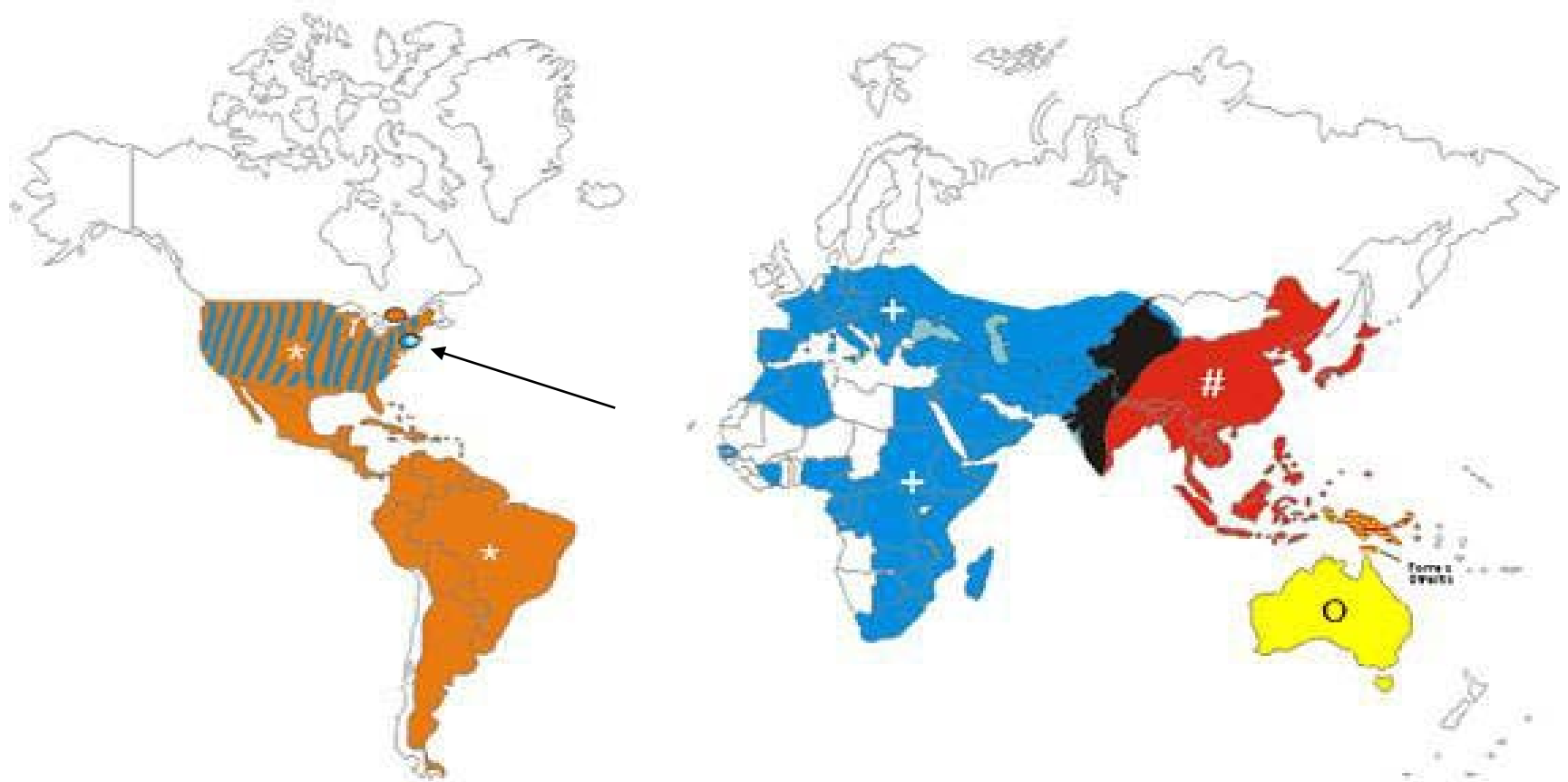
- **Autre exemple**

- Surveillance des espèces invasives vectrices en Europe

# West Nile virus surveillance and the One-Health Concept



# Distribution « Complexe Encéphalite Japonaise »

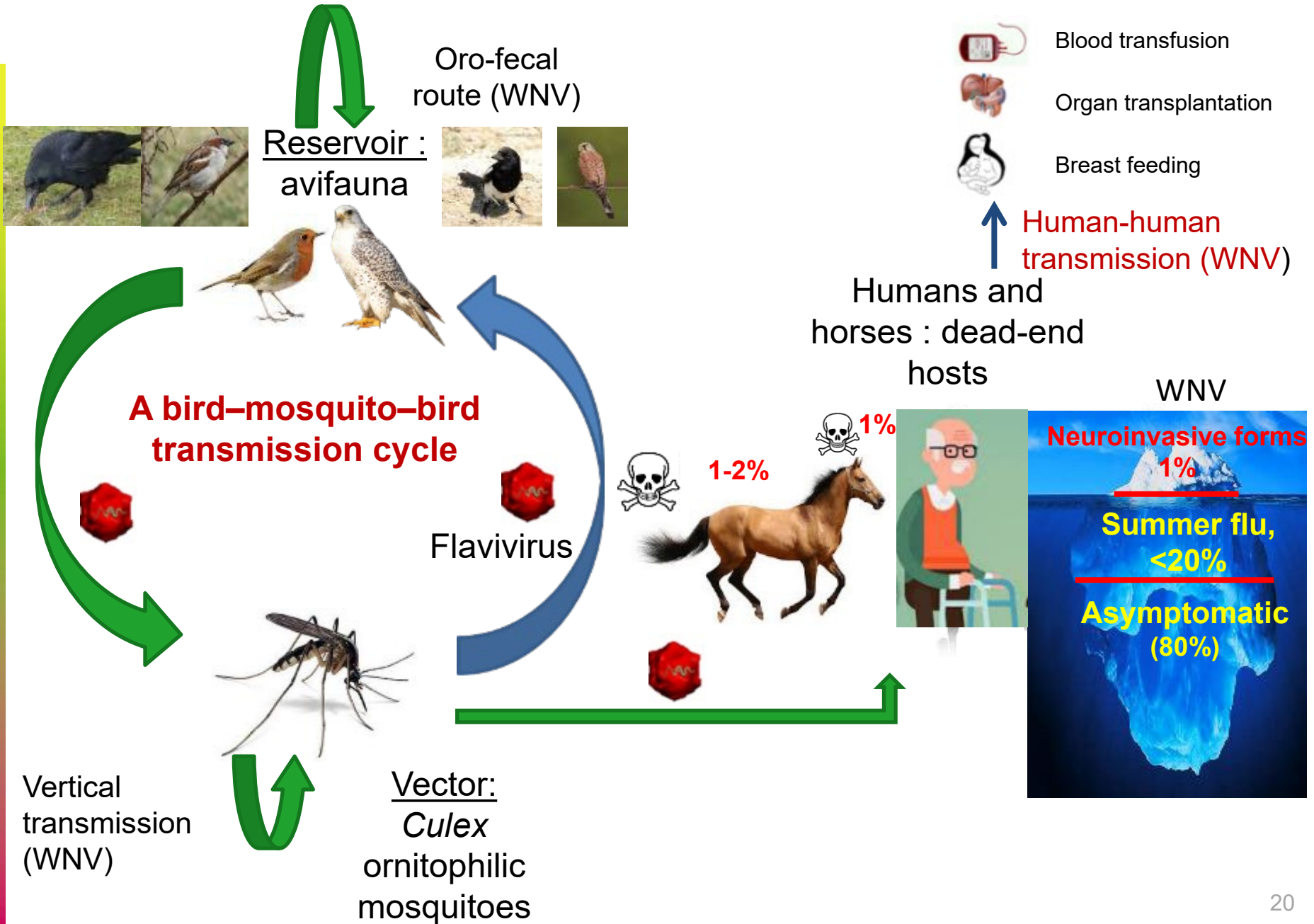


- ★ St. Louis
- ★ Rocio and St. Louis (Brazil)
- + West Nile 1999 New York
- # Japanese
- West Nile and Japanese
- ★ Japanese and Murray Valley
- Murray Valley and Kunjin
- ▨ West Nile USA Canada après 2000

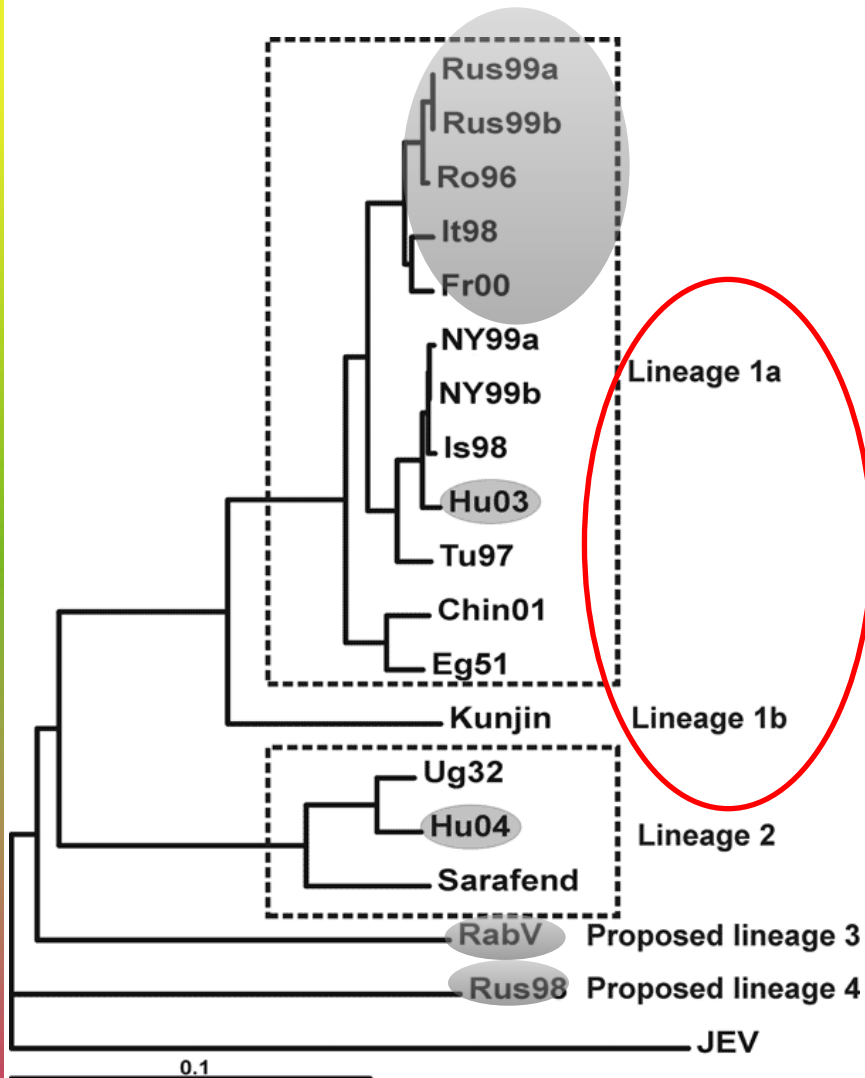
# HISTORIQUE

- Identifié en Ouganda en 1937
- Endémique en Afrique sub saharienne
- Quelques épidémies en Europe en 60'
- A partir de 1994, série d'épidémies avec Augmentation des cas neuroinvasifs ; peu de mortalité aviaire (excepté aux USA)
- Principales épidémies  
Afrique du Sud 74, Algérie 94, Maroc 96, Roumanie 96, Tunisie 97, Italie 98, Israël 98, Russie 99, USA 1999-20.., France 2000, Europe du Sud & Centrale 2000- en cours....

# WNV complex epidemiology



# L'agent infectieux



(Bakonyi T et al., EID, 2006)

- Famille : *Flaviviridae*
- Virus à ARN
- Nombreuses souches avec virulence variables
- **Lignée 1: Afrique Ouest, Moyen -Orient, Europe Sud et Est, USA, Australie**
- Lignée 2: Afrique/ Madagascar (+ Expansion récente Europe centrale et Méditerranée)
- Lignée 3 et 4 : Europe centrale
- Lignée 5 : Inde

# Oiseaux

## Hôtes naturels amplificateurs

Plusieurs espèces impliquées  
250 dans le monde (dont +100 aux USA)

La plupart du temps infection inapparente  
Mortalité très variable vs espèces

Virémie courte (1-7 j) mais élevée  
avec détection virale jusqu'à 100j

Notion de réservoir compétent  
Seuil infectant pour vecteur  
virémie >  $10^6$  PFU/ml sang  
(Passériformes, Charadriiformes, Ansériformes)

Rôle des oiseaux domestiques

Effet âge (jeune +susceptibles)

Transmission directe (cloacale, orale)  
démontrée (charognards)

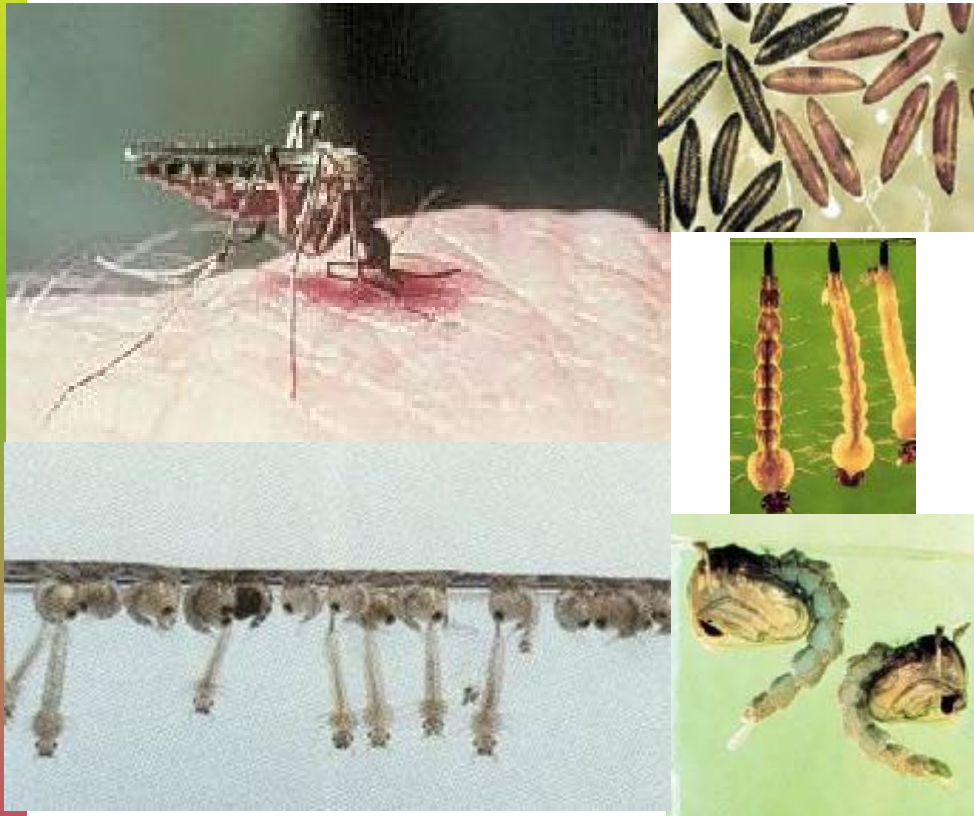
Oiseaux migrateurs/dissémination



# Moustiques

## Vecteurs principaux et réservoirs

- Espèces principales impliquées : *Culex* spp.  
ornithophiles (Mammophiles)



Déterminisme saisonnier et spatial  
de l'émergence en zone tempérée

En France : *Cx modestus*, *Cx pipiens*  
Rôle des autres genres :  
- *Aedes* spp., *Ochlerotatus* spp.

Rôle autres diptères hématophages

Rôle des tiques  
(10 espèces trouvées infectées)  
longévité/réservoir, dissémination ?

Transmission verticale !  
rôle overwintering

**Table 1** Species of arthropods in which West Nile virus has been detected

	Mosquitoes		Ticks
<b>Aedes</b>	<b>Coquilleltidia</b>	<b>Ochlerotatus</b>	<b>Amblyomma</b>
<i>aegypti</i>	<i>metallica</i>	<i>atlanticus</i>	<i>variegatum</i>
<i>africanus</i>	<i>microannulata</i>	<i>atropalpus</i>	<b>Argas</b>
<i>albocephalus</i>	<i>perturbans</i>	<i>canadensis</i>	<i>hermanni</i>
<i>albopictus</i>	<i>richiardi</i>	<i>cantans</i>	<b>Derma-centor</b>
<i>albothorax</i>	<b>Culiseta</b>	<i>cantator</i>	<i>marginatus</i>
<i>cinereus</i>	<i>inornata</i>	<i>caspius</i>	<b>Hyalomma</b>
<i>circumluteolus</i>	<i>melanura</i>	<i>excrucians</i>	<i>detritum</i>
<i>juppi</i> + <i>caballus</i>	<b>Culex</b>	<i>japonicus</i>	<i>marginatum</i>
<i>madagascarensis</i>	<i>antennatus</i>	<i>sollicitans</i>	<b>Ornithodoros</b>
<i>vexans</i>	<i>decens</i> group	<i>taeniorhynchus</i>	<i>capensis</i>
<b>Aedomyia</b>	<i>erraticus</i>	<i>triseriatus</i>	<b>Rhipicephalus</b>
<i>africana</i>	<i>ethiopicus</i>	<i>trivittatus</i>	<i>muhsamae</i>
<b>Anopheles</b>	<i>guiarti</i>	<i>tormentor</i>	<i>turicanus</i>
<i>atropos</i>	<i>modestus</i>	<i>signifera</i>	
<i>barberi</i>	<i>neavei</i>	<b>Mimomyia</b>	
<i>brunnipes</i>	<i>nigripalpus</i>	<i>hispida</i>	
<i>coustani</i>	<i>nigripes</i>	<i>lacustris</i>	
<i>crucians?</i> / <i>bradleyi</i>	<i>perexiguus</i>	<i>splendens</i>	
<i>maculipalpis</i>	<i>perfuscus</i> group	<b>Psorophora</b>	
<i>maculipennis</i>	<i>pipiens</i>	<i>ciliata</i>	
<i>punctipennis</i>	<i>poecilipes</i>	<i>columbiae</i>	
<i>quadrimaculatus</i>	<i>pruina</i>	<i>ferox</i>	
<i>subpictus</i>	<i>quinquefasciatus</i>	<b>Uranotaenia</b>	
<i>walkeri</i>	<i>restuans</i>	<i>sapphirina</i>	
	<i>salinarius</i>		
	<i>scottii</i>		
	<i>tarsalis</i>		
	<i>territans</i>		
	<i>theileri</i>		
	<i>tritaeniorhynchus</i>		
	<i>univittatus</i>		
	<i>vishnui</i> group		
	<i>weschei</i>		
	<b>Deinocerites</b>		
	<i>cancer</i>		

**75 espèces de moustiques  
dont 60 espèces aux USA  
dont 16 espèces européennes  
(9 sur le littoral méditerranéen)**

**8 espèces de tiques**

\*Higgs S., Snow K. & Gould E.A., 2004

\*\*CDC, 2005

# **Vertébrés**

## **Hôtes tangentiels**

**Plus de 30 espèces trouvées infectées  
(laboratoire et terrain)**

**Reptiles : Alligator, Crocodile**

**Mammifères : Chauve-souris, Cerfs, Loup, Primates  
Ecureuils / Tamia rayé  
Lapin, Chien, Chat,  
Chevaux, Hommes**

**Impasse épidémiologique due  
à une virémie faible et transitoire**

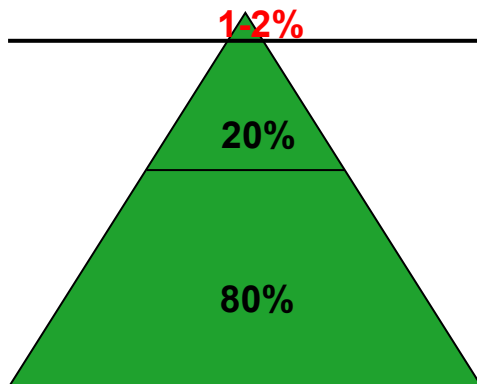
**Délai d'incubation (2-14 j)**

# Chevaux

## Hôtes accidentels

### Impasse épidémiologique

- Infection inapparente en gal (80% cas)
- Symptômes
  - Syndrome grippal (20%)
  - Encéphalite (1-2%)  
(asthénie, paralysie, mort)



Epidémie	Nb cas	Nb morts
Camargue 62-65	500	50
Maroc 96	94	42
Italie 98	14	6
Camargue 00	76	22
Var 03	07	00
Perpignan 06	06	02



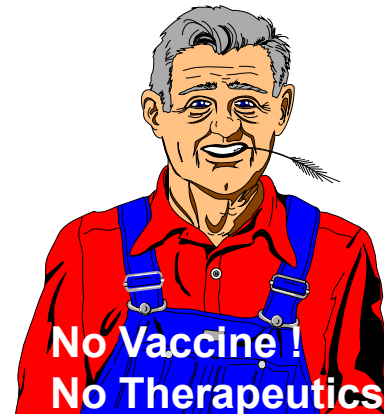
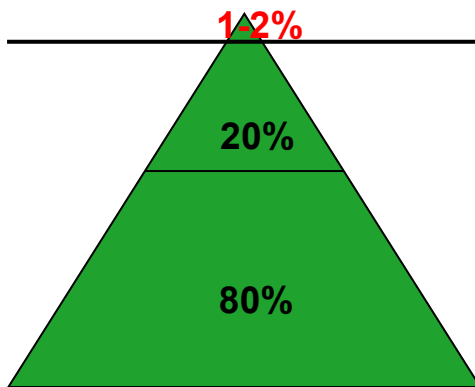
# Hommes

## Hôtes accidentels

### Impasse épidémiologique

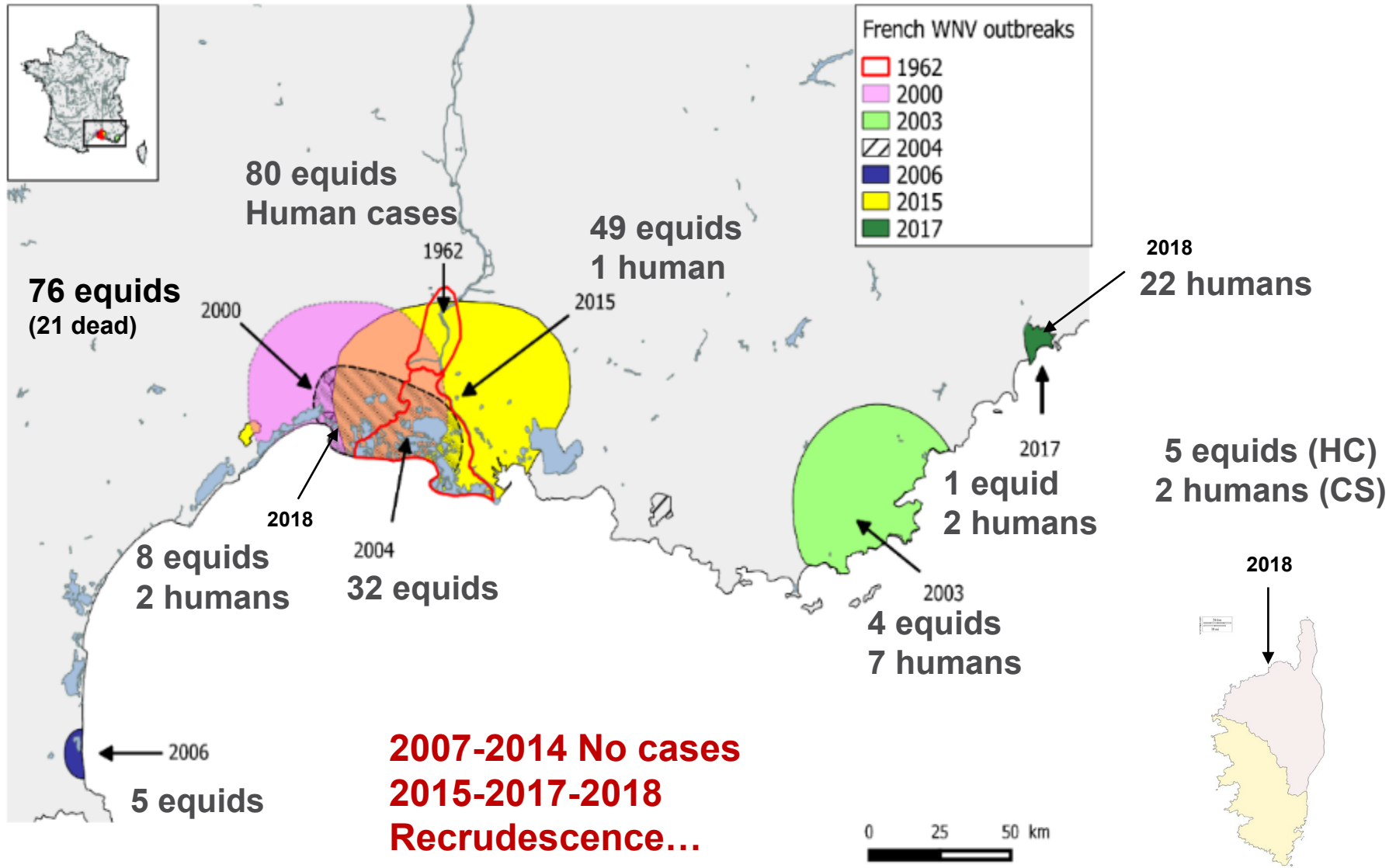
- Infection inapparente en gal (80% cas)
- Symptômes
  - Syndrome grippal (20% cas)
  - Encéphalite (1%) « senior »
  - Séquelles (paralysie partielle, atteinte des reins, ...)

Épidémie	Nb cas	Nb décès
Camargue 62	13	1
Algérie 94	50	8
Roumanie 96-97	393	17
Tunisie 97	173	8
Israël 00	417	28
Camargue 00	0	0
Var 03	7	0



Nb : don de sang (23 cas aux USA en 2002) + don d'organes  
infection transplacentaire et par allaitement

# A long-known zoonotic arbovirose in France (1962-2018)



# Deux épizooties à virus West Nile et Usutu touchent la France en 2018

## Virus Usutu (USUV)

(bilan au 30/10/2018)



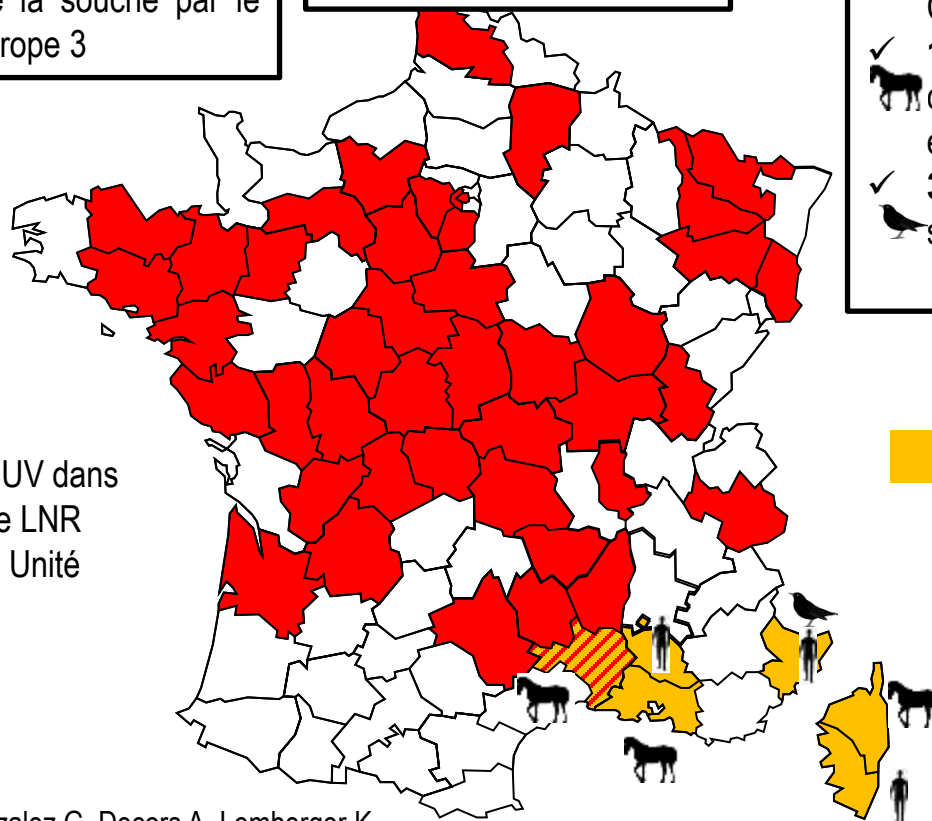
- ✓ 45 départements touchés
- ✓ Forte mortalité dans l'avifaune, en particulier sur les **merles** et les **chouettes** des parcs zoologiques
- ✓ Séquençage de la souche par le LNR : USUV Europe 3

WNV et USUV : 2 flavivirus à réservoir aviaire et vectorisés par un moustique du genre *Culex*

## Virus West Nile (WNV)

(bilan au 30/10/2018)

- ✓ 5 départements touchés
- ✓ 24 cas humains autochtones (22 cas en région PACA, 1 dans le Vaucluse et 1 en Corse du sud; **6 formes neuroinvasives**)
- ✓ 12 cas équins confirmés par LNR (7 dans le Gard, 1 Bouche du Rhône et 4 en haute Corse)
- ✓ 3 cas dans l'avifaune (séquençage de la souche par LNR : WNV lignée 2)



Détection d'USUV dans l'avifaune par le LNR Maisons Alfort- Unité virologie

Confirmation WNV (cas équins et avifaune) par le LNR Maisons Alfort- Unité virologie

**Référence** : Beck C, Gonzalez G, Decors A, Lemberger K, Lowenski S, Dumarest M, Lecollinet S. Surveillance épidémiologique d'USUV . Virologie 2018; 22(5) : 261-63 doi:10.1684/vir.2018.0751

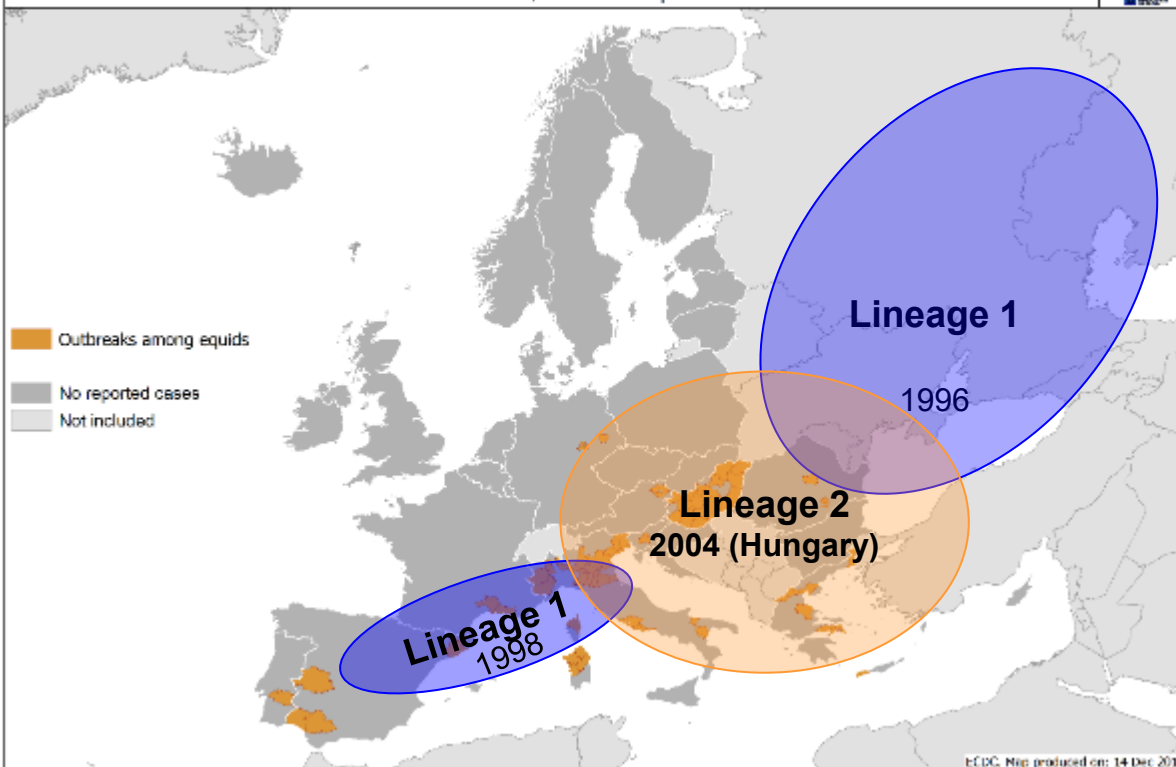
**Référence** : <https://www.plateforme-esa.fr/article/une-saison-2018-de-fievre-west-nile-precoce-et-de-grande-ampleur>

# WNV in Europe, Recrudescence since the 1990'

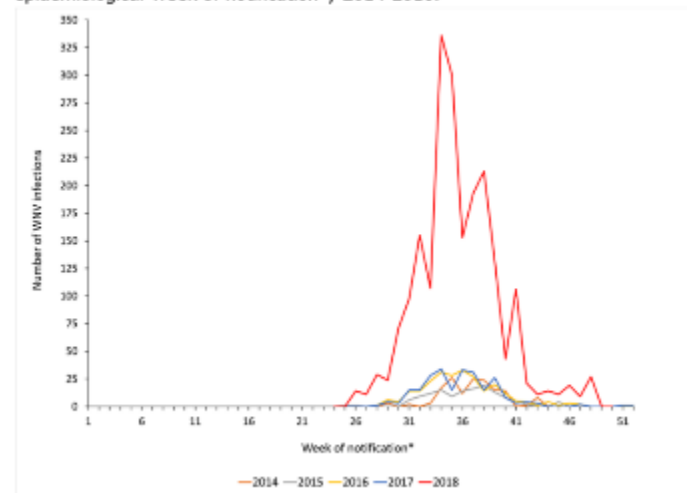
One decade of spread of WNV lineage 2

Exceptional WNV diffusion in Southern and Central Europe in 2018

Distribution of West Nile fever outbreaks among equids in the European Union  
Transmission season 2018; latest data update 13 Dec 2018



Number of WNV infections in EU/EEA and EU enlargement countries by epidemiological week of notification\*, 2014-2018.



\* Week of notification to national authorities or if missing, week of notification to ECDC.

**In 2018 :**

2083 human neuroinvasive cases

- 1 503 in the UE : Italy (576), Greece (311), Romania (277), Hungary (215), France (24)
- 181 deaths (8,7% lethality)

285 equine cases: Italy (149), Hungary (91), France (12)







eCDC, <https://ecdc.europa.eu/en/west-nile-fever/surveillance-and-disease-data/disease-data-ecdc>

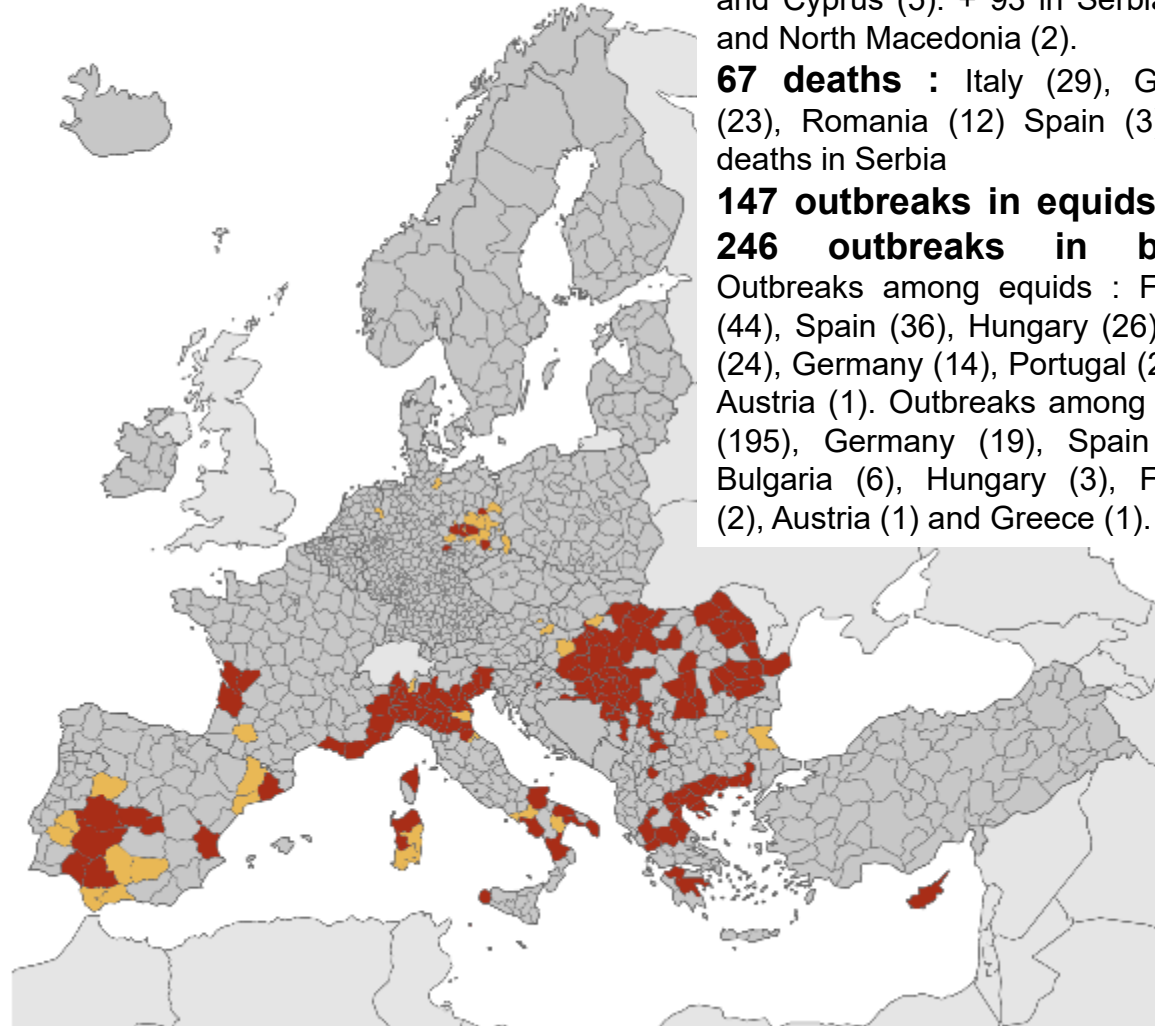


# WNV Outbreaks in Europe 2023



**Distribution of human and animal West Nile virus infections in NUTS 3 or GAUL 1 regions of the EU/EEA and neighbouring countries during 2023 season, as of 29 of November 2023**

-  Human infections, with or without outbreaks among equids and/or birds
  -  Outbreaks among equids and/or birds
  -  No infections reported
  -  Not included
- Countries not visible in the main map extent
-  Malta
  -  Liechtenstein



## In 2023 EU/EEA countries

**707** human cases of WNV:

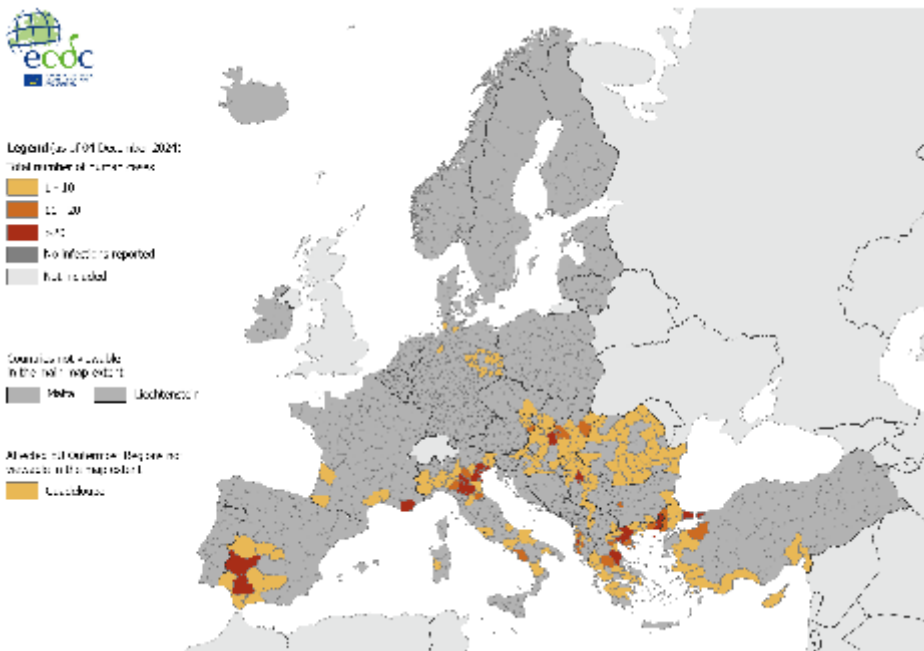
Italy (336), Greece (162), Romania (103), France (43), Hungary (29), Spain (17), Germany (6), Croatia (6) and Cyprus (5). + 93 in Serbia (91) and North Macedonia (2).

**67 deaths** : Italy (29), Greece (23), Romania (12) Spain (3) + 2 deaths in Serbia

**147 outbreaks in equids and 246 outbreaks in birds.**

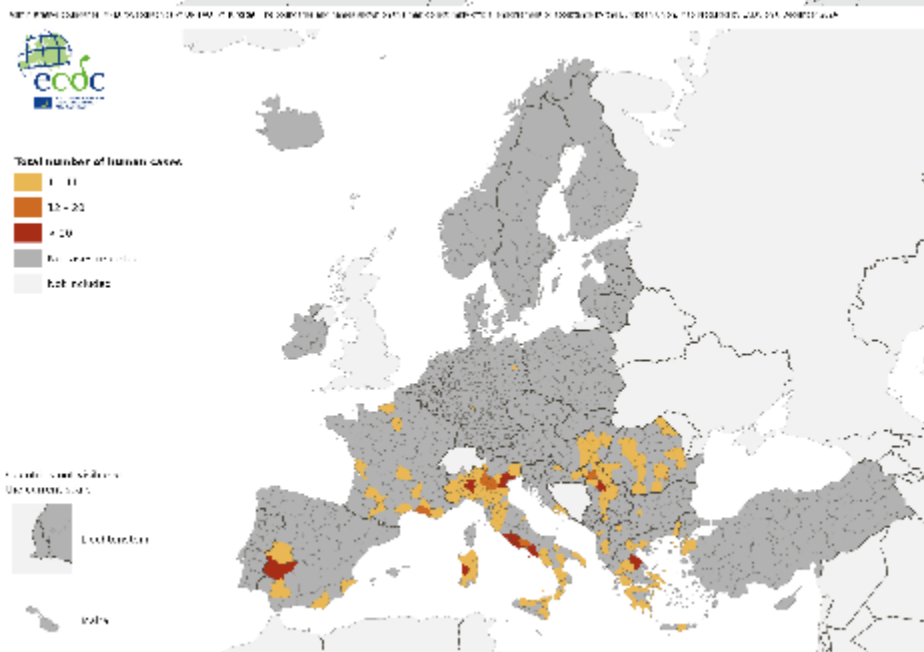
Outbreaks among equids : France (44), Spain (36), Hungary (26), Italy (24), Germany (14), Portugal (2) and Austria (1). Outbreaks among : Italy (195), Germany (19), Spain (19), Bulgaria (6), Hungary (3), France (2), Austria (1) and Greece (1).

# Human WNV infections in Europe 2024-2025



In 2024, **1 436 locally acquired human cases** of WNV infection in **19 countries**.

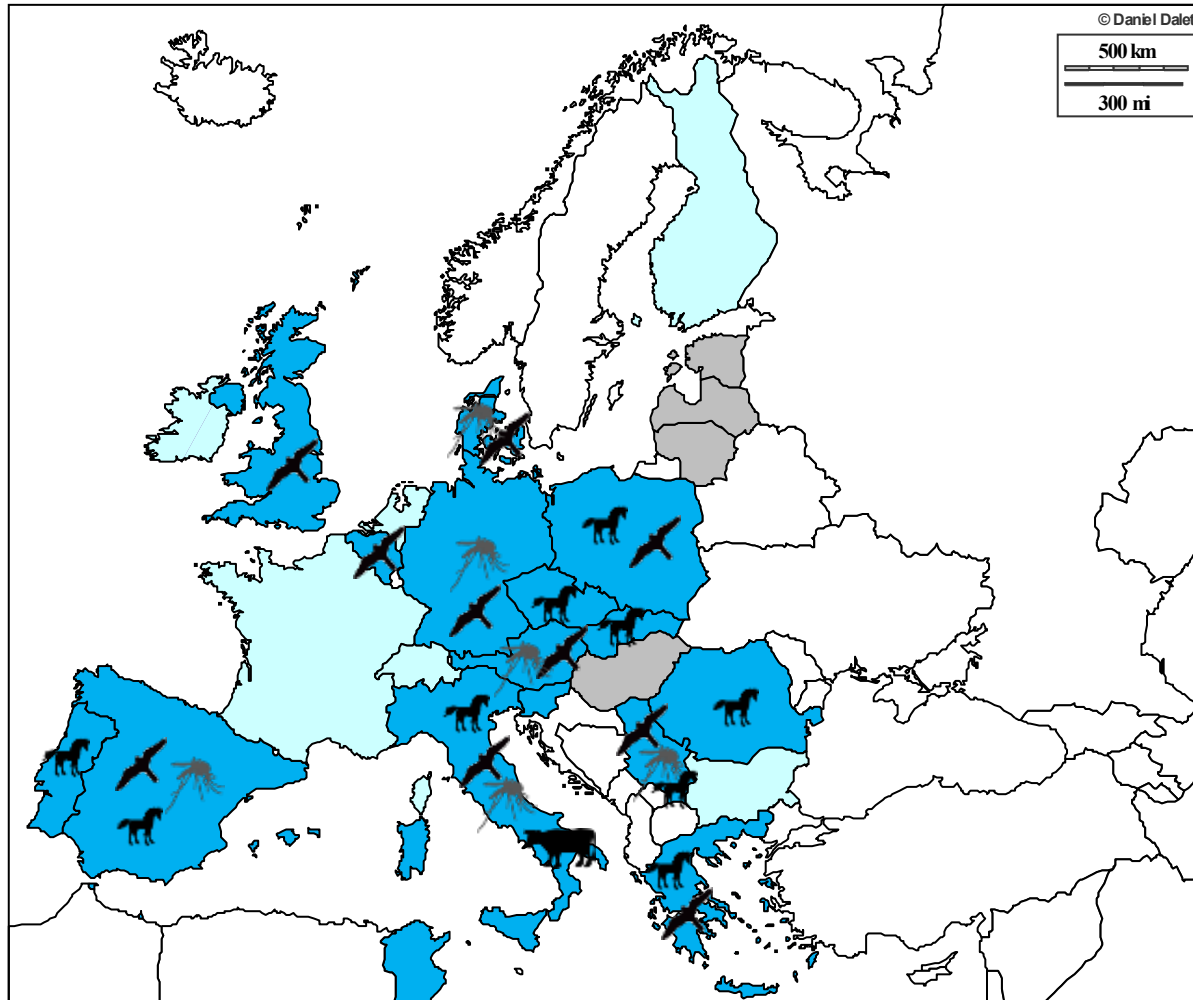
From 1 March 2024 to 25 October 2024. Locally cases reported in Italy (455), Greece (217), Spain (138), Hungary (111), Albania (106), Romania (99), Turkey (90), Serbia (63), France (39), Austria (34), Germany (27), Croatia (20), Bulgaria (16), Slovakia (6), Slovenia (5), Kosovo (4), Cyprus (2), Czechia (2), North Macedonia (2). **Total 125 deaths.**





In 2025, **1 112 locally acquired human cases** of WNV infection in **14 countries**.

From 19 May 2025 to 27 October 2025. Locally acquired cases in **Italy** (779, 72dc), Greece (96), France (62), Serbia (62), Romania (49), Spain (36), Hungary (14), Croatia (4), Albania (3), Germany (2), North Macedonia (2), Bulgaria (1), Kosovo (1), Turkey (1). **Total 97 deaths.**

# Integrated surveillance of WN in Europe according to epidemiological dynamics and risk analysis

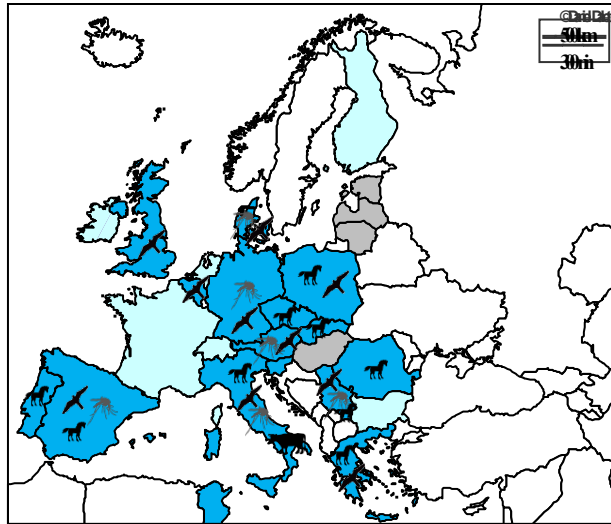


**Clinical surveillance only**  
(neuroinvasive forms in horses, bird fatalities)

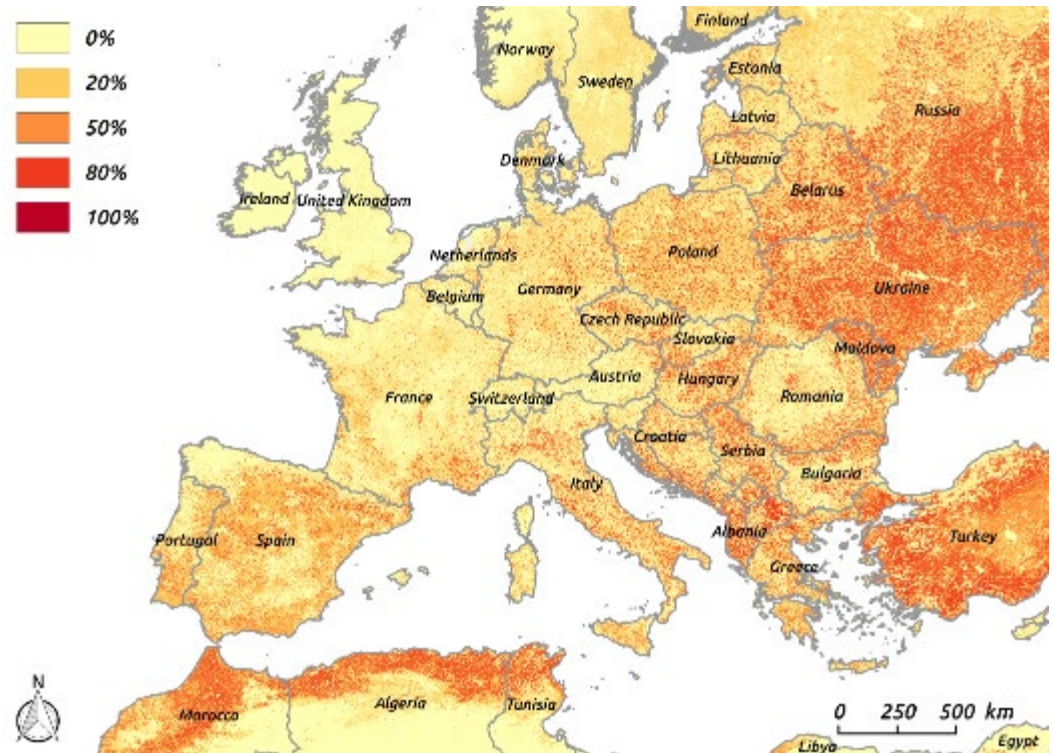
**Clinical + active surveillance** (sentinel animals  
 ,  
or other species  and/or  
mosquito screening )

**No surveillance program**

# Integrated surveillance of WN in Europe according to epidemiological dynamics and risk analysis



EU WNV Surveillance



Bird-driven risk of WNV transmission in Europe (Durand et al, PLoS One, 2017)

**Reinforced surveillance in countries with higher transmission risks**

# One-Health concepts for integrated and more efficient WNV surveillance

(Gossner et al., Eurosurveillance, 2017)



## One study investigating equine & human WNV neurological cases correlation on a large scale in Europe

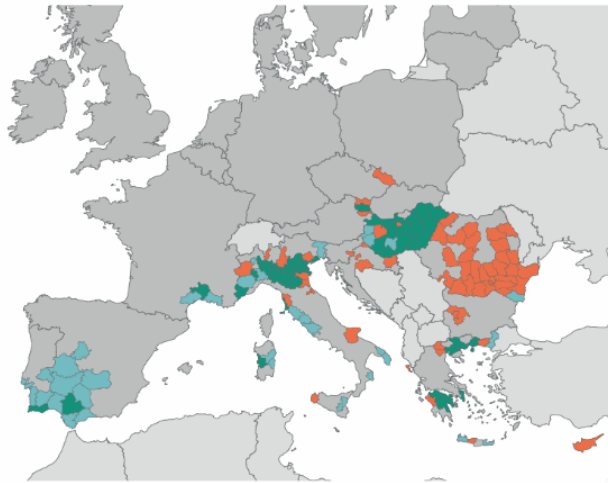
-Only limited geographical areas with human AND equine neurological cases (2013-2017) (Young et al, Eurosurveillance, 2019)

-Horse cases are generally reported earlier than human cases, but early alert is not systematic

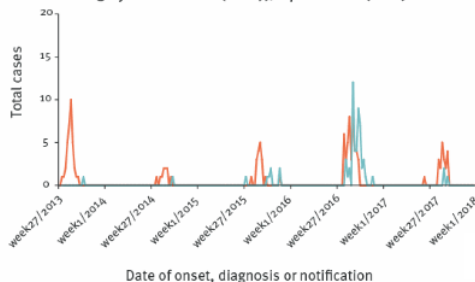
-Improved horse surveillance should be sought in some Eastern & Central European countries.

-Horse cases considered as insufficient predictors in Europe

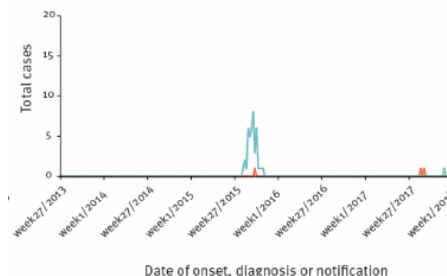
■ Human cases  
■ Equine cases  
■ Human and equine cases



A. Hungary: human cases (n=127), equine cases (n=61)



D. France: human cases (n=3), equine cases (n=42)

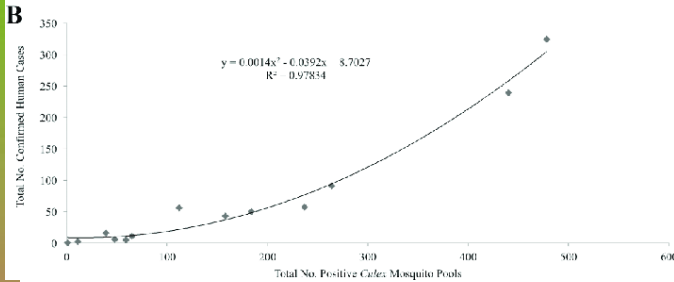
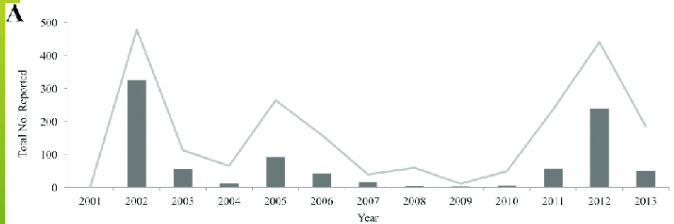


# One-Health concepts for Integrated & more efficient WNV surveillance

Which early predictors could be used?



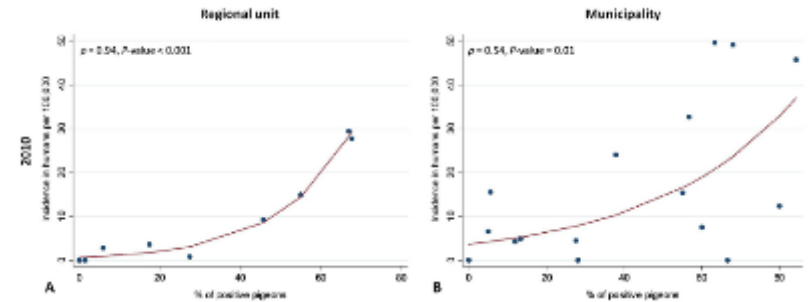
Giordano et al, 2017; Chaskopoulou et al, 2013



Chaintoutis et al, 2014

Table 2  
Number and percent seroconversions of the pigeons tested prior to the 2011 and 2012 WNV epidemic seasons, and incidence rates (per 100,000 population) of human WNND cases by area.

Regional unit	2011 pigeons number seroconverted/number tested (% seroconversions)	2011 humans number of WNND cases (incidence rate per 100,000)	2012 pigeons number seroconverted/number tested (% seroconversions)	2012 humans number of WNND cases (incidence rate per 100,000)
Imathia	4/95 (4%; 95% CI: 1–10%)	3(2.1)	4/90 (4%; 95% CI: 1–11%)	3(2.1)
Pella	11/100 (11%; 95% CI: 6–19%)	5(3.6)	2/80 (3%; 95% CI: 0–9%)	2(1.4)
Kilkis	0/20 (0%; 95% CI: 0–17%)	0(0.0)	2/20 (10%; 95% CI: 1–32%)	0(0.0)
Thessaloniki R	5/35 (14%; 95% CI: 4–30%)	2(0.6)	4/30 (13%; 95% CI: 4–31%)	6(1.7)
Thessaloniki U	0/20 (0%; 95% CI: 0–17%)	4(0.5)	0/20 (0%; 95% CI: 0–17%)	1(0.1)
Total	20/270 (7%; 95% CI: 5–11%)	14(1.0)	12/240 (5%; 95% CI: 3–9%)	12(0.8)



Good correlation between WNV infection rate in *Culex* mosquitoes and incidence in humans in Canada and in Greece

Good correlation between WNV seroconversion rate in domestic pigeons & incidence in humans in Greece

# One Health, WN et dons biologiques

## Italie du Nord (2009-2015)

- Système de surveillance en Italie du Nord qui couvre les 4 compartiments avec un objectif de sensibilisation des populations, lutte anti-vectorielle et de screening des dons de sang
- **Approche sectorielle de 2009 à 2012**
  - Don de sang testé systématique pour WN après chaque détection de cas (jusqu'au 30/11 en année N; du 1/07 au 30/11 en N+1)
- **Approche multi-secteur de 2013-2015, province d'Emilia-Romagna**
  - Données en temps réel issues de la surveillance animale pour déclencher les interventions de santé publique (donneurs)
  - Donnée positive issue de la surveillance animale ou humaine enclenche un test systématique des dons jusqu'au 30/11 année N
  - Pas de tests en N+1 sauf si détection supplémentaire
  - Mise en place d'un groupe de coordination multi-sectorielle

# Evaluation économique des 2 approches

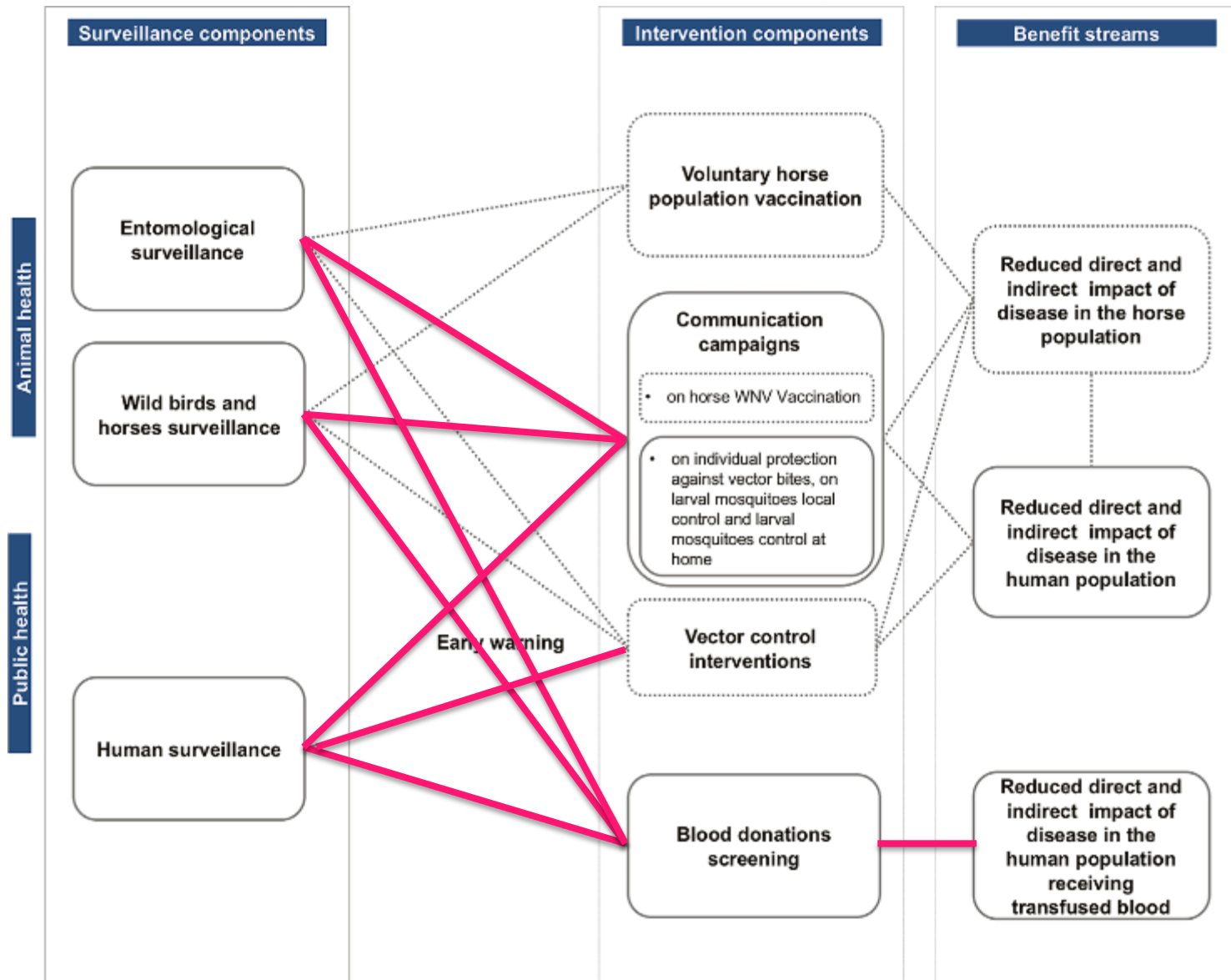
- **Objectif du réseau de surveillance**

- Maintenir un niveau de détection précoce de la circulation du virus dans les différents compartiments épidémiologiques
- Réduire les risques de transmission par les dons biologiques

- **Objectif de l'évaluation économique**

- Identifier les coûts et les bénéfices associés à chaque approche pour proposer un guide d'amélioration de la politique de sécurité sur les dons biologiques dans la province **d'Emilia-Romagna**
- Evaluation sur la période 2009-2015

# Identification des liens entre les interventions des systèmes de surveillance et les bénéfices



# Estimation des coûts et des interventions associées

**Table 1**

Cost items included for the estimation of costs of the West Nile virus (WNV) integrated surveillance system in Emilia-Romagna, 2019–2015.

Item	Description	Value	Unit	Details	Source
<b>Surveillance activities</b>					
<b>Human surveillance<sup>a</sup></b>	Mean cost of diagnosis of WNND on suspect cases: PCR, IFA, microneutralisation on blood and cerebrospinal fluid	74	Euro/case	Personnel not included, value added tax (VAT) included	[3]
	Mean cost of diagnosis of WNV neurologic disease on suspect horses: Screening: IgM ELISA on serum and PCR on EDTA-blood of alive suspect horses	20	Euro/case	Personnel and VAT included	[14]
<b>Horse surveillance<sup>b</sup></b>	Confirmation of each positive sample: PCR, cell culture and sequencing	30	Euro/case		
	Wild birds collection	50	Euro/consignment	Lump sum per consignment	[3]
<b>Ornithological surveillance</b>	Screening: PCR on pool of organs (brain spleen heart and kidney) of individual wild birds	15	Euro/bird	Personnel and VAT included	[3] for 2009–2013; [14] for 2014–2015
	Confirmation of each positive pool: PCR, cell culture and sequencing	30	Euro/ pos. bird		
	Screening: PCR on each mosquito pool	15	Euro/pool		
<b>Entomological surveillance</b>	Confirmation of each positive pool: PCR, cell culture and sequencing	30	Euro/ pos. pool		
	Mosquito collection, species determination and pools preparation	Variable <sup>c</sup>	Euro/year	Lump sum for each season	[3] for 2009–2013; [15,16] for 2014–2015
	Mean number of meetings of the regional working group on vector-borne diseases per year	10	Number		Marco Tamba, personal communication March 2016
<b>Sharing of information</b>	Mean number of participants per meeting	10	Number		
	Mean duration of each meeting	4	Hours		
	Hourly wage of official veterinarians	56	Euro /hour		National Job Agreement for Public Health Sector wage
<b>Triggered interventions</b>					
<b>Blood testing</b>	Nucleic Acid Amplification Test (NAT) on each blood-donor sample	Variable <sup>d</sup>	Euro/test	Personnel not included, VAT included	[3]
<b>Communication campaigns</b>	Production and dissemination of informative brochures; design, update and maintenance of a website	15,000	Euro/year	Yearly funding for public information activities	[15,16]
<b>Vector control</b>	Average annual cost attributable to vector control interventions (ground adult mosquito control) triggered by the notification of human WNND cases	102,870	Euro/year	Average annual cost attributable to vector control interventions due to WNND in	[17]

WNND: West Nile virus neuroinvasive disease; VBD: vector-borne diseases

# Les bénéfices considérés : coût évité de cas d'encéphalite à WN suite à un don biologique

**Table 2**

Items included in the calculation of avoided short term cost of hospitalization and avoided compensation for transfusion-associated disease for the estimation of benefits, West Nile virus (WNV) integrated surveillance system in Emilia-Romagna, 2009–2015.

Item	Description	Value	Unit	Details	Source
<b>Mean short term cost of hospitalization of WNV neuroinvasive disease (WNND)</b>					
<b>Hospitalization data</b>	Date of admission and discharge to and from each hospital ward	Variable	Date		Hospital discharge form (HDF) database
	Hospital ward type	Description	NA	Intensive therapy, neurology, infectious and tropical diseases, haematology, neurology-rehabilitation etc.	
	Duration of hospitalization in each hospital ward	Table 3	Days		
	Primary and secondary diagnosis during hospitalization	Description	NA		
<b>Hospitalization cost<sup>a</sup></b>	Daily cost of intensive therapy ward	1450	Euro/day	Direct costs: 1100 EUR/day Indirect costs: 350 EUR/day	Francesco Copello, personal communication, March 2016
	Daily cost of other hospital wards	450	Euro/day	Direct costs: 350 EUR/day Indirect costs: 100 EUR/day	
<b>Mean compensation for transfusion-associated disease</b>					
<b>Anamnestic data of WNND notified cases</b>	Sex and profession, thirty-day follow up status, local health unit (LHU) of notification	Description	NA		Surveillance form for infectious diseases (SMI) database
	Symptoms onset date, date of notification	Variable	Date		
	Age at symptoms onset date	Variable	Years		
<b>Compensation for TAD</b>	Compensation for TAD according to the subject's income class	Variable <sup>b</sup>	Euro/year for 15 years		[20,21]

NA: not applicable; TAD: transfusion-associated disease

<sup>a</sup> including direct costs (medical personnel, materials, health service) and indirect costs (hospital structure, direction, offices, light, phone, gas and cleaning).

<sup>b</sup> €10,000/year for 15 years for a subject retired or belonging to the lowest income class.

# Comparaison des coûts pour la période 2009-2015: intérêt de l'approche intégrée One Health

Cost evaluation for the uni-sectoral scenario—national plan for West Nile virus (WNV) surveillance, Emilia-Romagna, Italy, 2009–2015.

Year	Cost of surveillance activities		Cost of triggered public health interventions				Overall surveillance cost (Euro)
	Human surveillance	Communication campaigns	Vector control	Blood screening		Blood screening cost	
	Cost of diagnosis of suspect WNV cases (Euro)	Communication cost (Euro)	Vector control intervention cost (Euro)	No. of blood units tested	No. of positive blood units detected	Blood screening cost (Euro)	
2009 <sup>a</sup>	5772	15,000	102,870	35,552	0	426,624	550,266
2010 <sup>a</sup>	8362	15,000	0	66,689	0	800,268	823,630
2011 <sup>a</sup>	4884	15,000	0	60,258	0	723,096	742,980
2012 <sup>a</sup>	5476	15,000	0	0	0	0	20,476
2013 <sup>b</sup>	14,726	15,000	102,870	53,898	8	610,125	742,721
2014 <sup>b</sup>	16,798	15,000	102,870	79,554	0 <sup>c</sup>	900,551	1,035,219
2015 <sup>b</sup>	15,170	15,000	102,870	90,775	6	1,027,573	1,160,613
<b>Total</b>	<b>71,188</b>	<b>105,000</b>	<b>411,480</b>	<b>386,726</b>	<b>14</b>	<b>4,488,238</b>	<b>5,075,906</b>

Overall costs of the One Health and uni-sectoral scenarios, Emilia-Romagna, Italy, 2009–2015.

	One Health scenario cost (Euro)	Uni-sectoral scenario cost (Euro)
<b>Surveillance activities</b>		
Human surveillance	71,188	71,188
Entomological surveillance	646,505	0
Wild birds surveillance	245,320	0
Horse surveillance	2340	0
Sharing of information	156,800	0
<b>Triggered interventions</b>		
Blood testing	3,276,352	4,488,238
Communication campaigns	105,000	105,000
Vector control interventions	411,480	411,480
<b>Total</b>	<b>4,914,985</b>	<b>5,075,906</b>

Cost evaluation for the One Health scenario—regional integrated West Nile virus (WNV) surveillance system, Emilia-Romagna, Italy, 2009–2015.

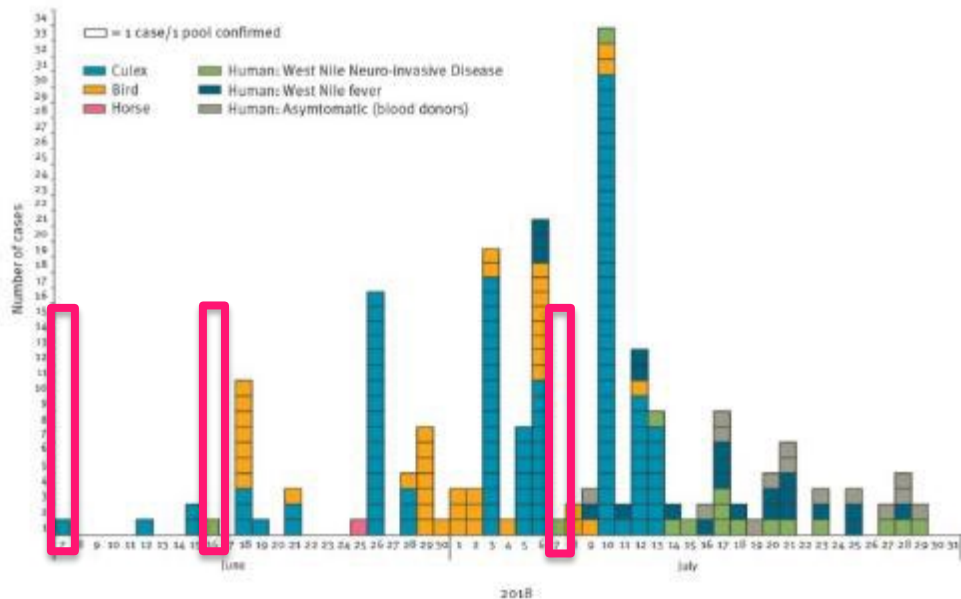
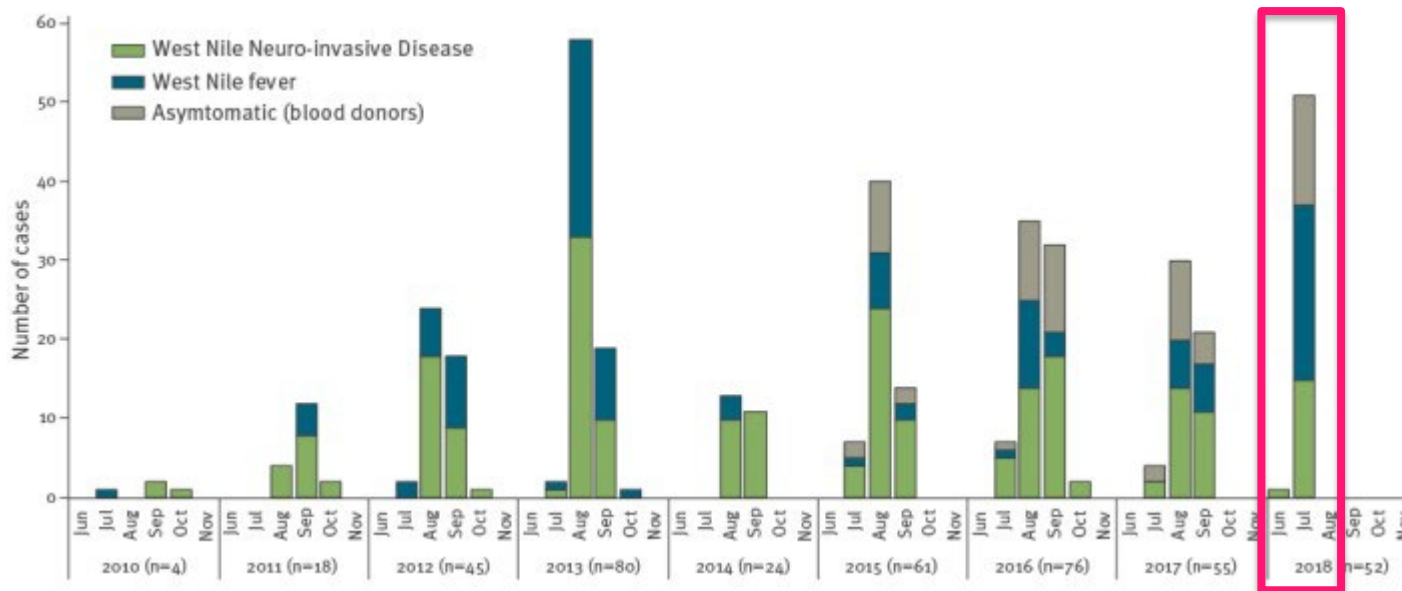
Year	Cost of surveillance activities						Cost of triggered interventions	
	Human surveillance	Horse surveillance	Entomological surveillance	Ornithological surveillance	Sharing of information	Communication campaigns	Vector control	Vector control intervention cost (Euro)
	Cost of diagnosis of suspect WNV cases (Euro)	Cost of diagnosis of suspect WNV neurological disease cases (Euro)	Mosquito collection cost (Euro)	Mosquito screening cost (Euro)	Bird collection cost (Euro)	Bird screening cost (Euro)	Meetings	Communication cost (Euro)
2009 <sup>gh</sup>	5772	1100	50,000	28,380	16,900	18,025	22,400	15,000
2010 <sup>gh</sup>	8362	290	50,000	34,700	11,250	12,180	22,400	15,000
2011 <sup>g</sup>	4884	80	50,000	23,325	14,850	12,810	22,400	15,000
2012 <sup>a</sup>	5476	220	50,000	28,815	15,500	18,480	22,400	15,000
2013 <sup>c</sup>	14,726	270	60,000	39,510	18,400	29,880	22,400	100
2014 <sup>g</sup>	16,798	220	75,000	49,155	15,800	24,990	22,400	100
2015 <sup>g</sup>	15,170	200	75,000	32,290	15,800	22,515	22,400	100
<b>Total</b>	<b>71,188</b>	<b>2500</b>	<b>410,000</b>	<b>236,505</b>	<b>108,400</b>	<b>136,920</b>	<b>156,800</b>	<b>410</b>

Benefits of the One Health scenario quantified as averted costs of potential human cases of West Nile virus neuroinvasive disease (WNV) associated to infected blood component transfusion.

Best-case, intermediate, and worst-case scenario according to the probability of WNV transfusion associated transmission. Emilia-Romagna, Italy, 2009–2015.

	Best-case scenario	Intermediate scenario	Worst-case scenario
Short term cost of hospitalization avoided (Euro)	0	30,792	277,128
Compensation for transfusion-associated disease avoided (Euro)	0	300,000	2,700,000
<b>Total benefit of the One Health scenario (Euro)</b>	<b>0</b>	<b>330,792</b>	<b>2,977,128</b>

# Et quel bénéfice pour la détection précoce ?



- Étude sur 25 provinces du Nord de l'Italie
- Gain de **9 jours** entre la détection initiale dans les populations de moustiques et le 1er cas chez l'homme
- **Un mois de délai** entre la détection initiale et l'augmentation de l'incidence

# Que retenir de cette étude ?

- Approche coût-efficacité assez peu utilisée et publiée pour la surveillance des arboviroses
- Gain économique à intégrer les réseaux de surveillance et développer une surveillance One Health (gain économique de 160 000 € pour la province sur 5 ans)
- Tests des dons biologiques est le coût le plus important quelque soit le scénario, économie de 1,21 Mo d'€ avec approche OH
- Bénéfices importants selon la probabilité de développer une encéphalite à WN lors du don biologique (jusqu'à 3 Mo d'€)
- Surveillance entomologique: volet important pour la détection précoce de la circulation virale

# Quelques points de réflexion

# Sur le papier ca marche, mais dans la vraie vie...

- **Comment surveiller le compartiment faune sauvage ?**
  - Bien souvent mal caractérisé, peu accessible pour de nombreuses arboviroses (CCHF, Rift Valley Fever)
  - Pas de manifestations cliniques chez les animaux (CCHF)
  - Zone géographique importante à couvrir, mobilité animale
- **Etude coût-efficacité de l'évaluation des actions de prévention et de contrôle**
  - Importance du contexte épidémiologique (endémie vs émergence)
  - Besoin d'une volonté forte des pouvoirs publics pour faire évoluer et pérenniser les organisations et les coordinations
- **Confiance et communication entre les acteurs et les organisations de santé**
- **Partage de la donnée, mise en commun en national et en transfrontalier**
- **Formations communes des vétérinaires et des médecins**
- **Formations en temps réel des agences régionales de santé**
- **Terrain privilégié d'un point de vue sanitaire e.g interface (Bassin Méditerranée), hot spot insulaire (Réunion Island) + Gironde 2022-2023...**  
**Redynamisation de la surveillance WNV en France**

# Autre exemple : Surveillance des espèces vectrices invasives en Europe

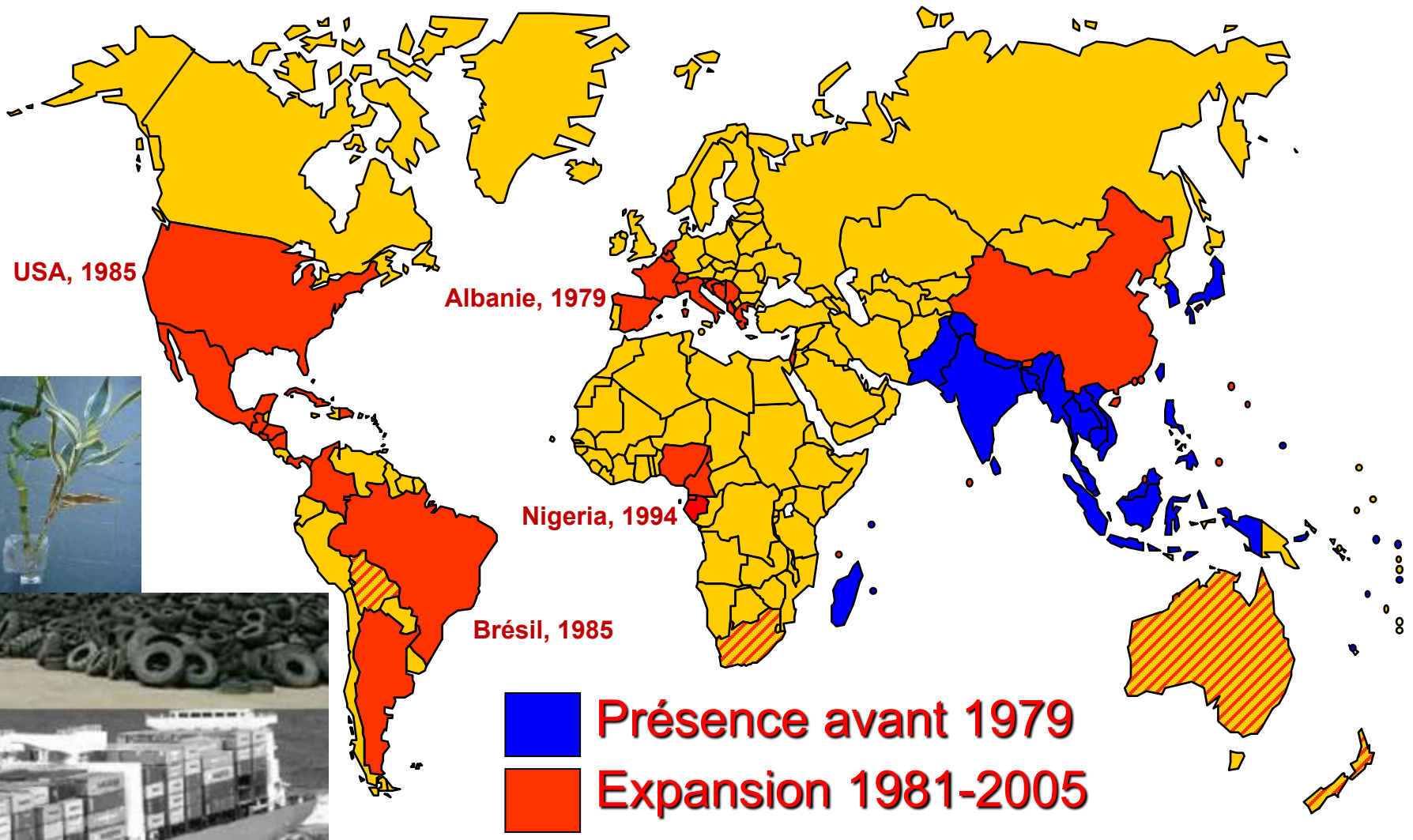
*Aedes aegypti*



*Aedes albopictus*



# Expansion d'*Aedes albopictus* dans le monde

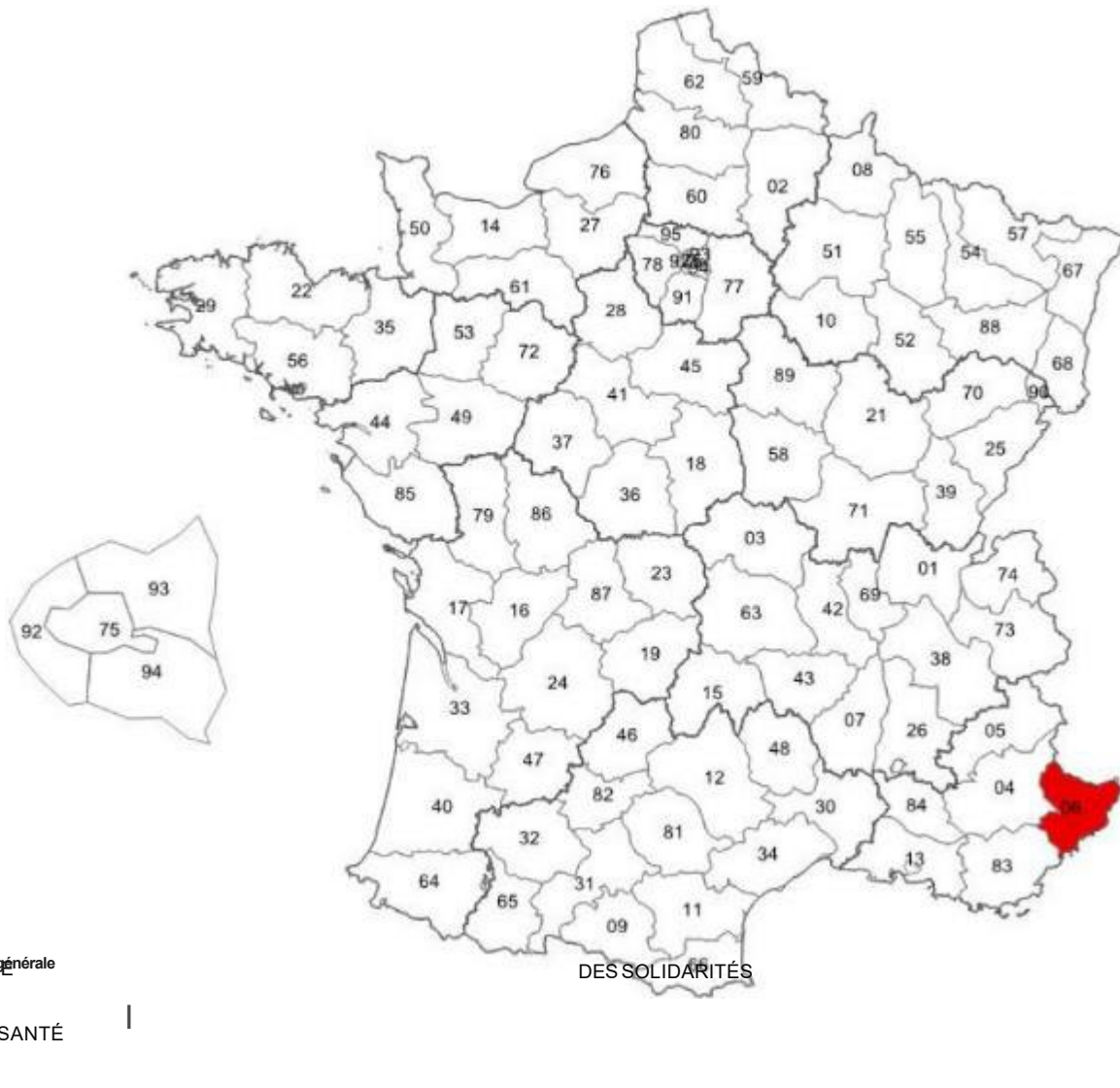


Invasion passive par activités humaines (transport maritime et terrestre)  
Espèce invasive tolérante au froid et dotée d'une grande plasticité écologique

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2004



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

ET DE LA SANTÉ

4, JUIL  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2006



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

4, JUIL  
Etum, it

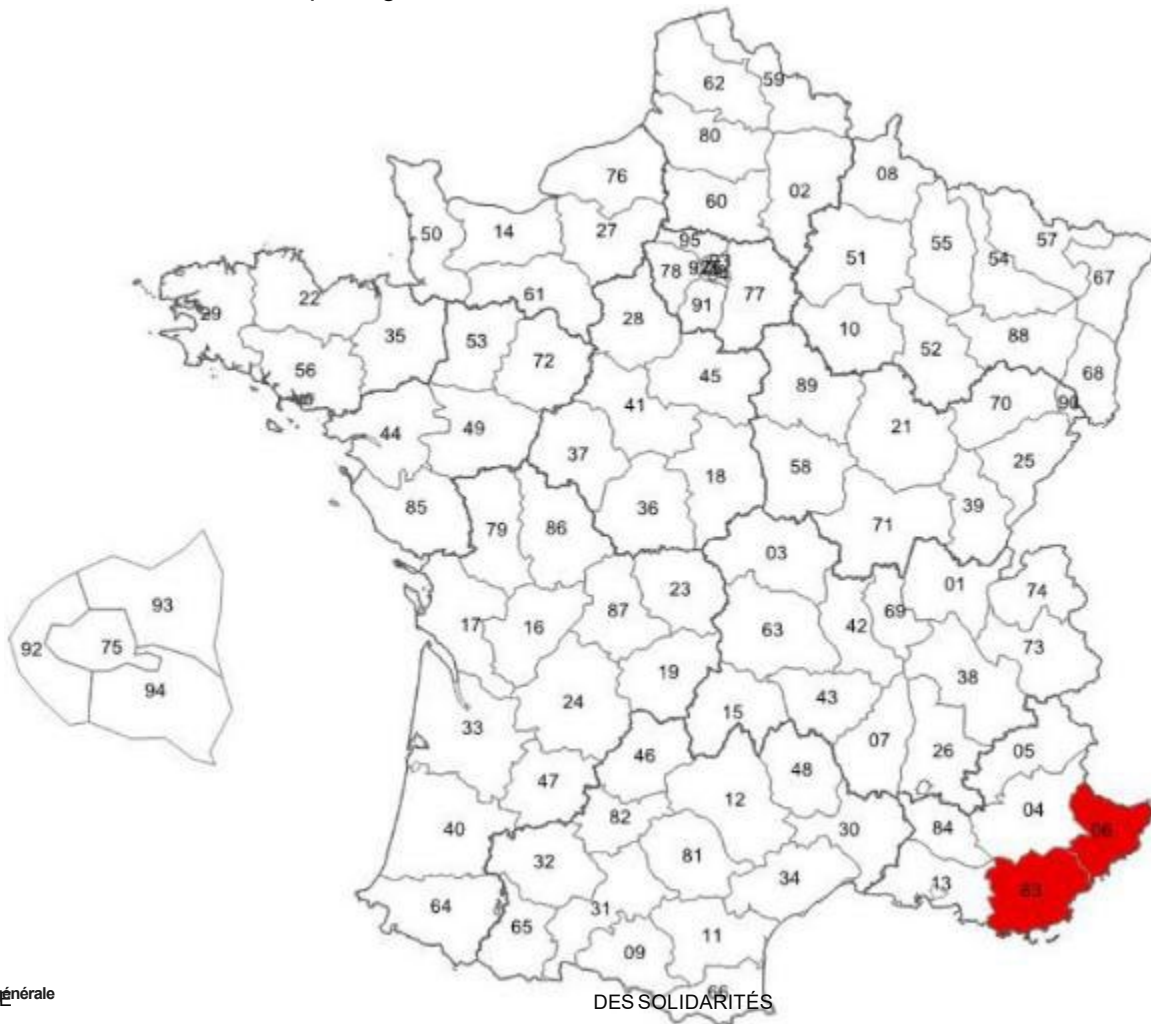
DES SOLIDARITÉS



# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2007



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

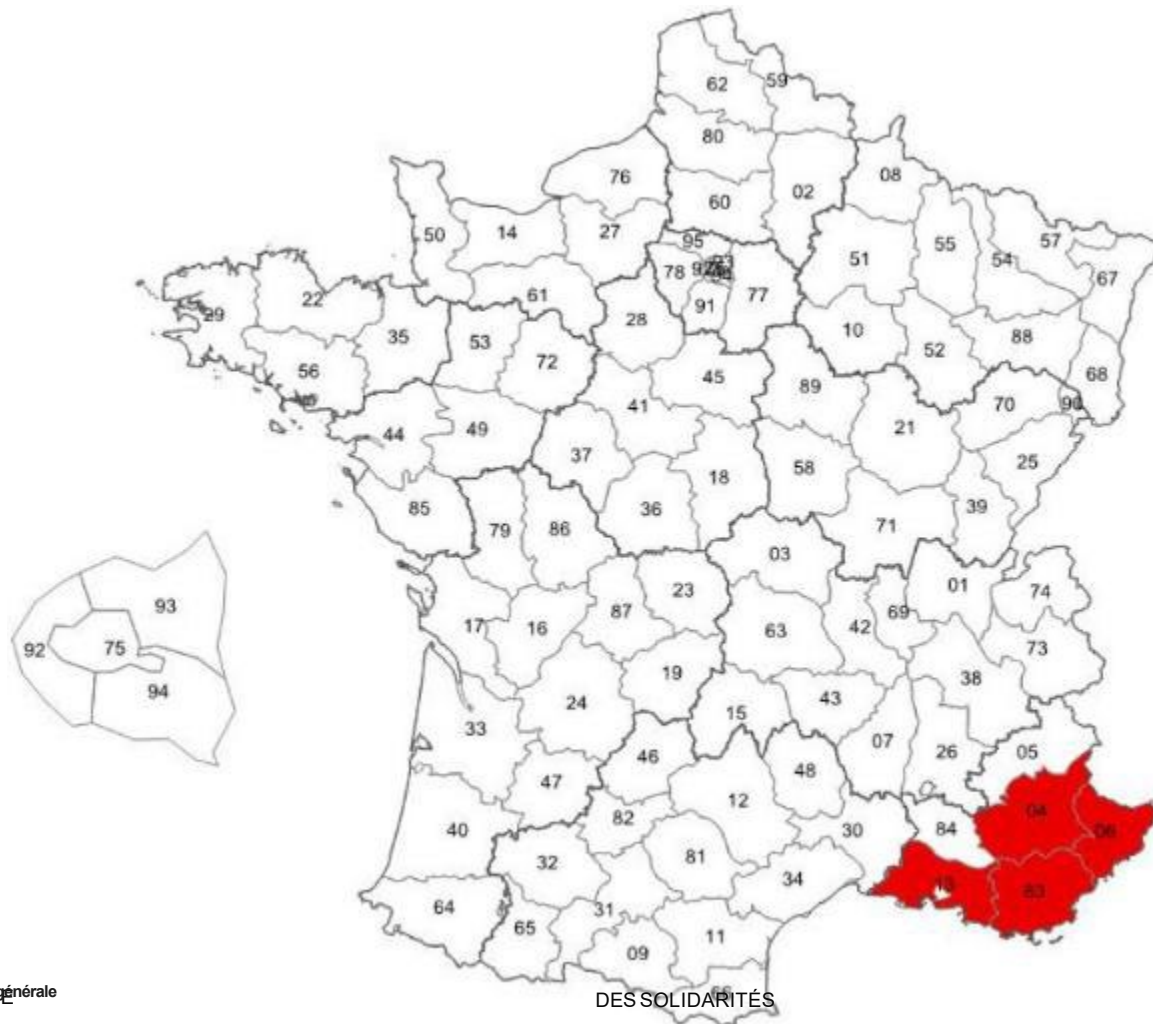
ET DE LA SANTÉ

4, JUIL  
Etum.it

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

2010

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

4.Jul  
Etum.it

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

2011

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

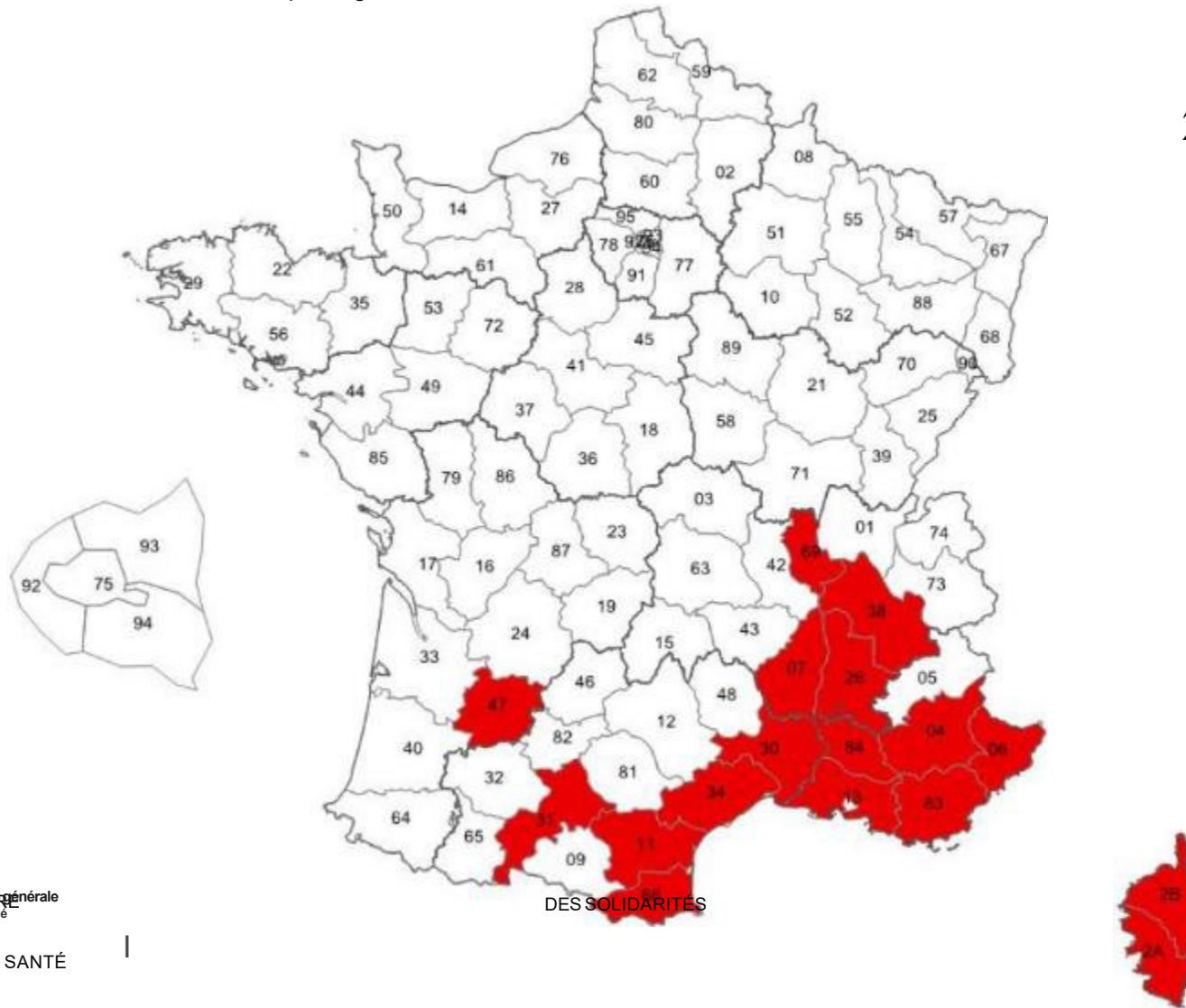
4.Jul  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2012



MINISTÈRE  
de la Santé

ET DE LA SANTÉ

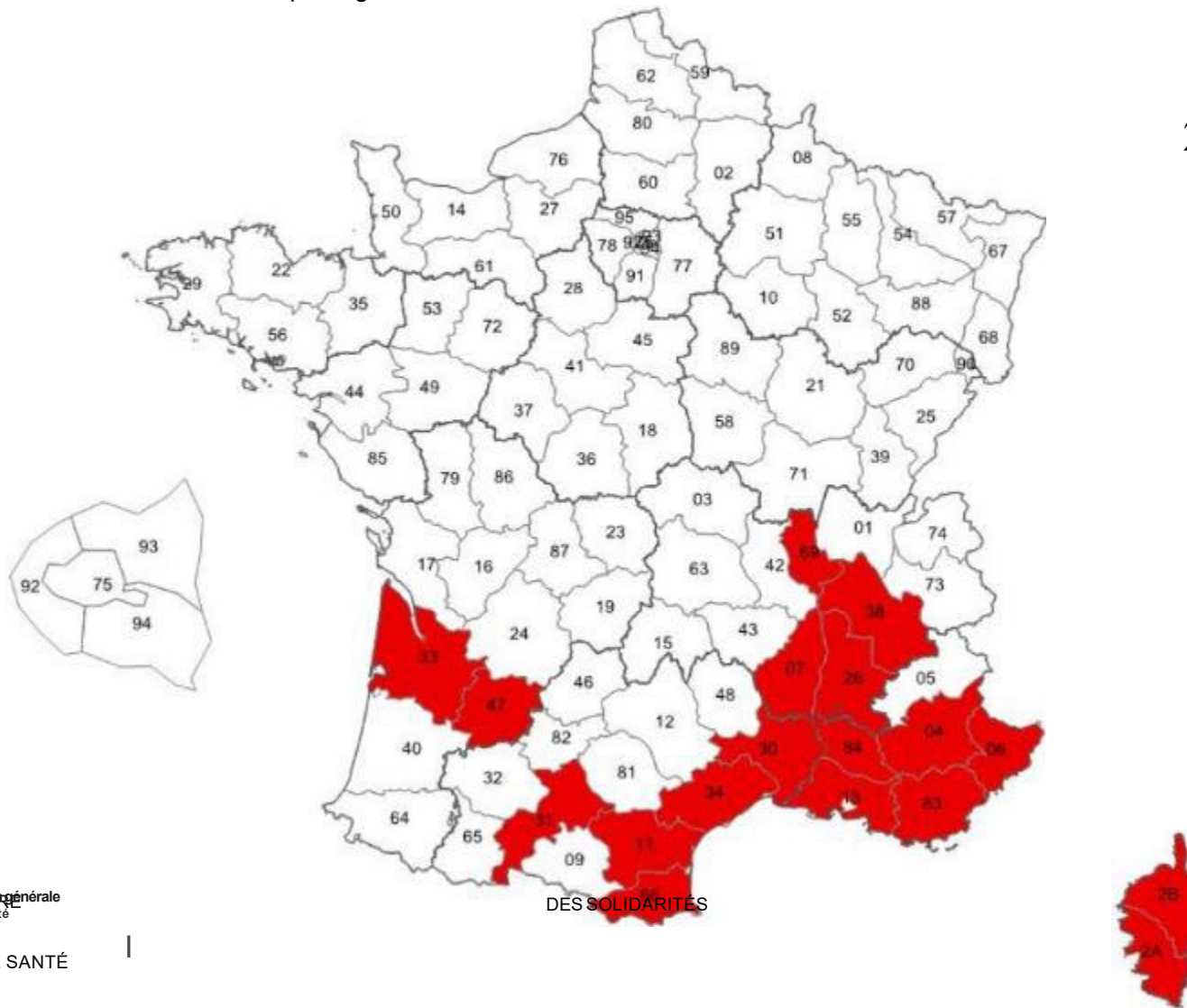
4, JUIL  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

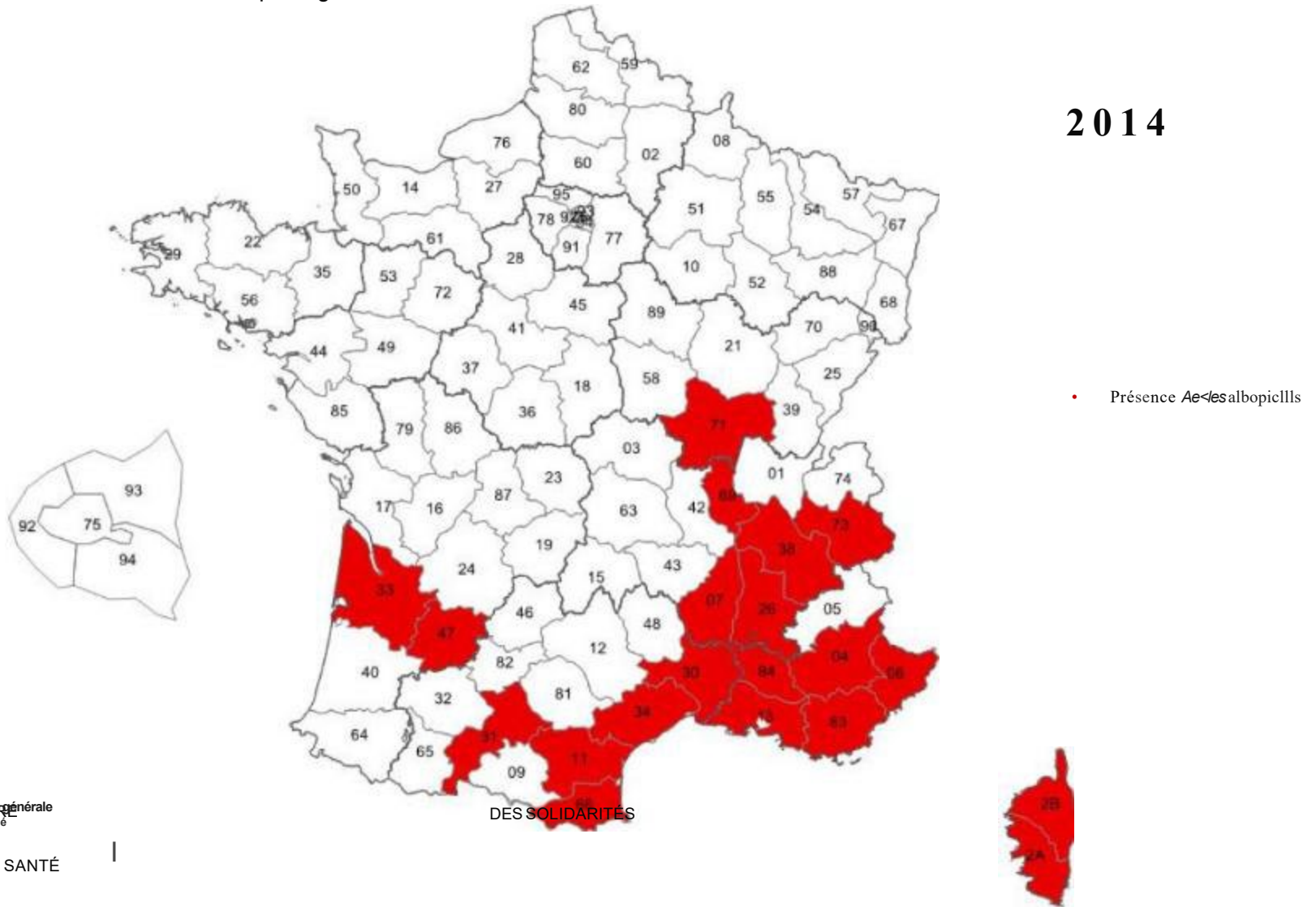
2013



# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2014



MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

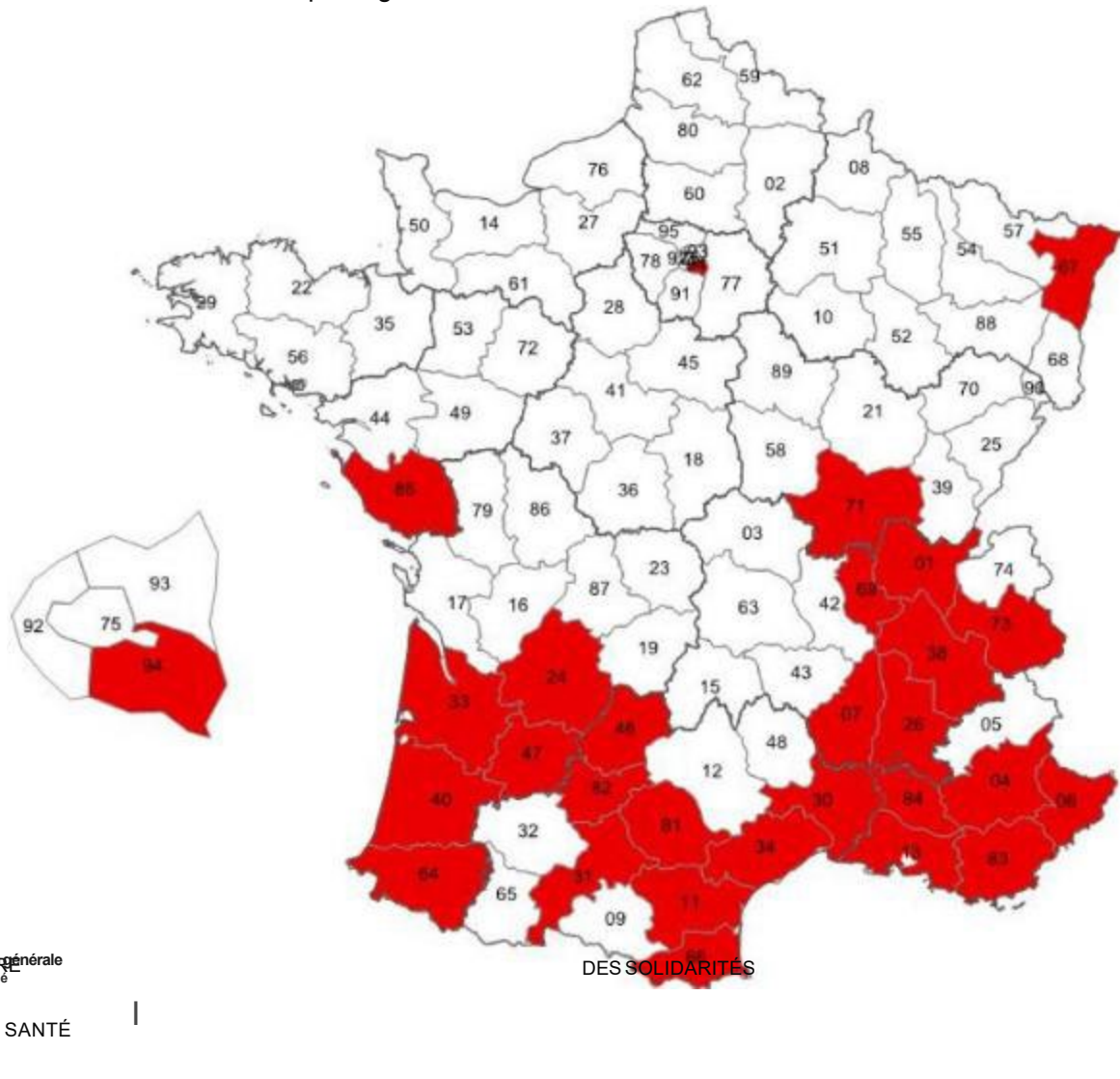
4.Jul  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2015



MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

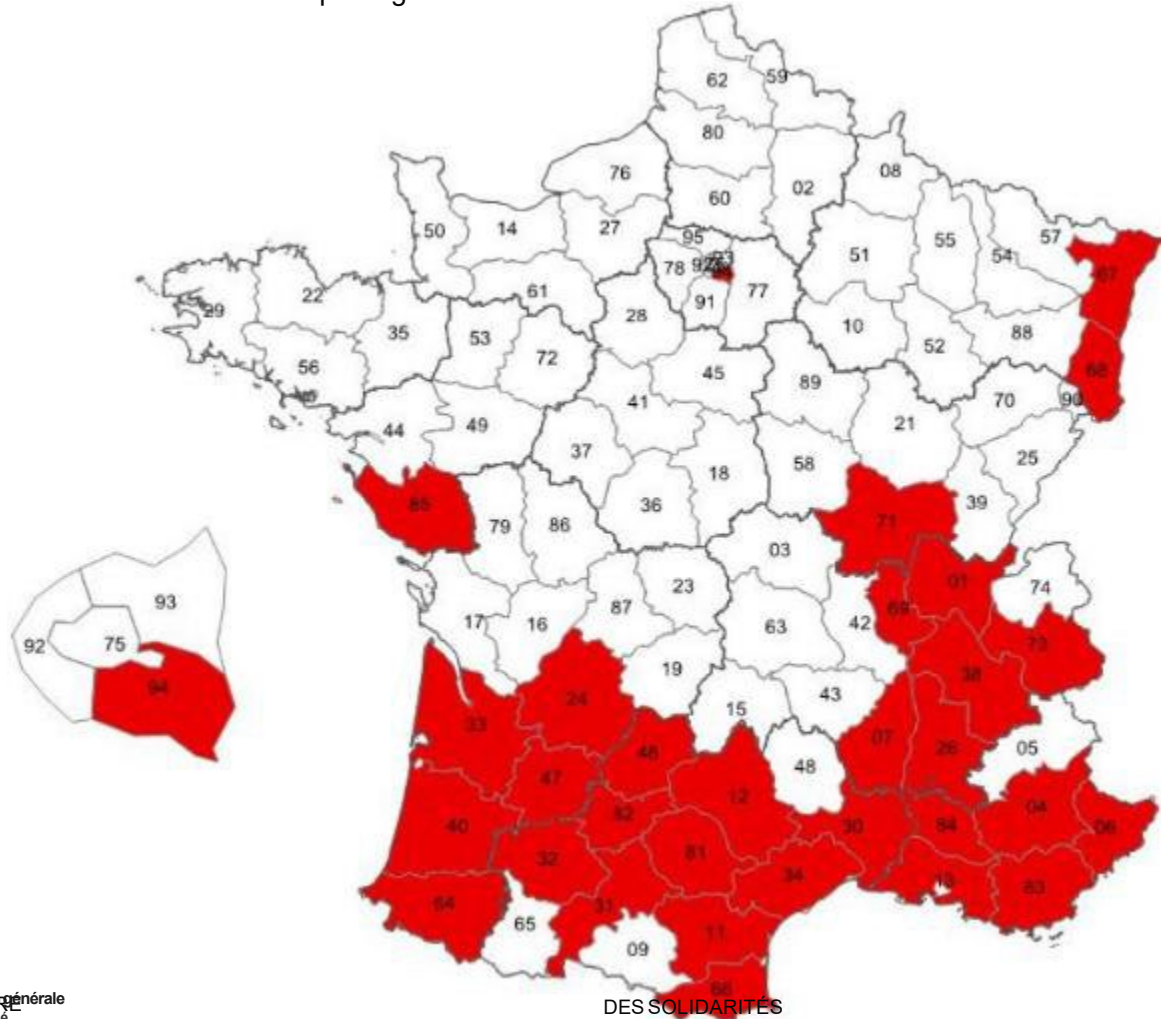
4.Jul  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2016



MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

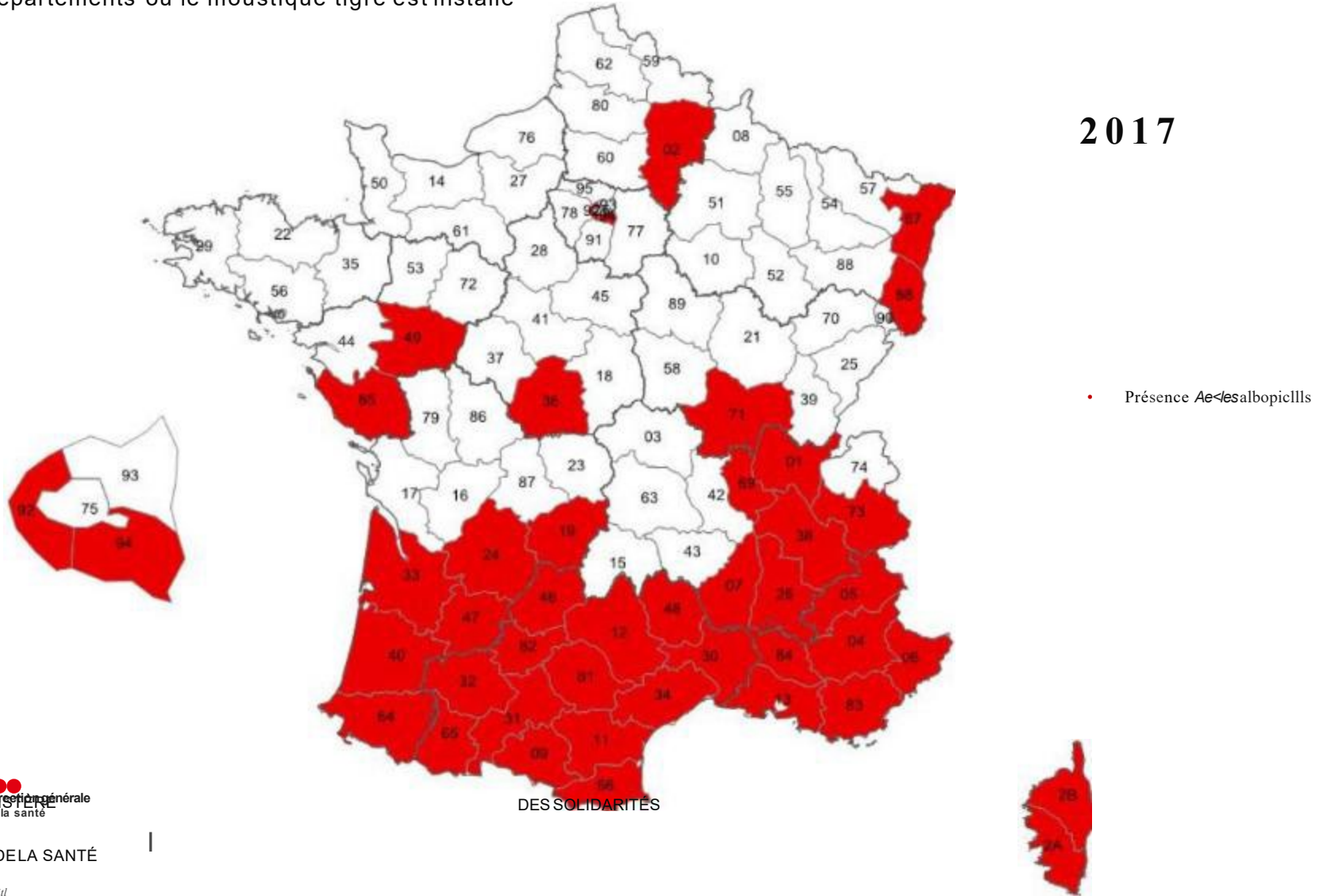
4.Jul  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

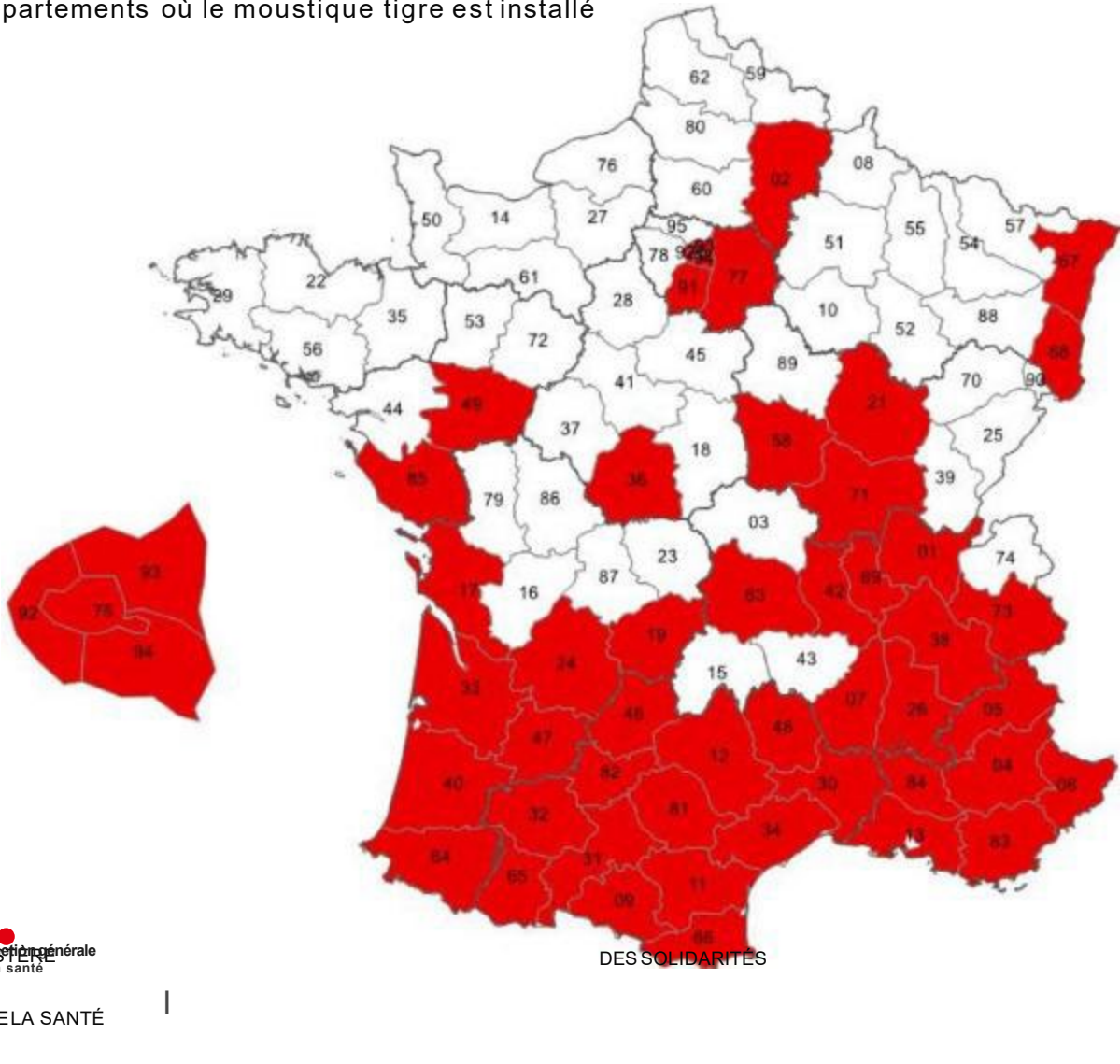
2017



# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2018



MINISTÈRE  
de la Santé

ET DELA SANTÉ

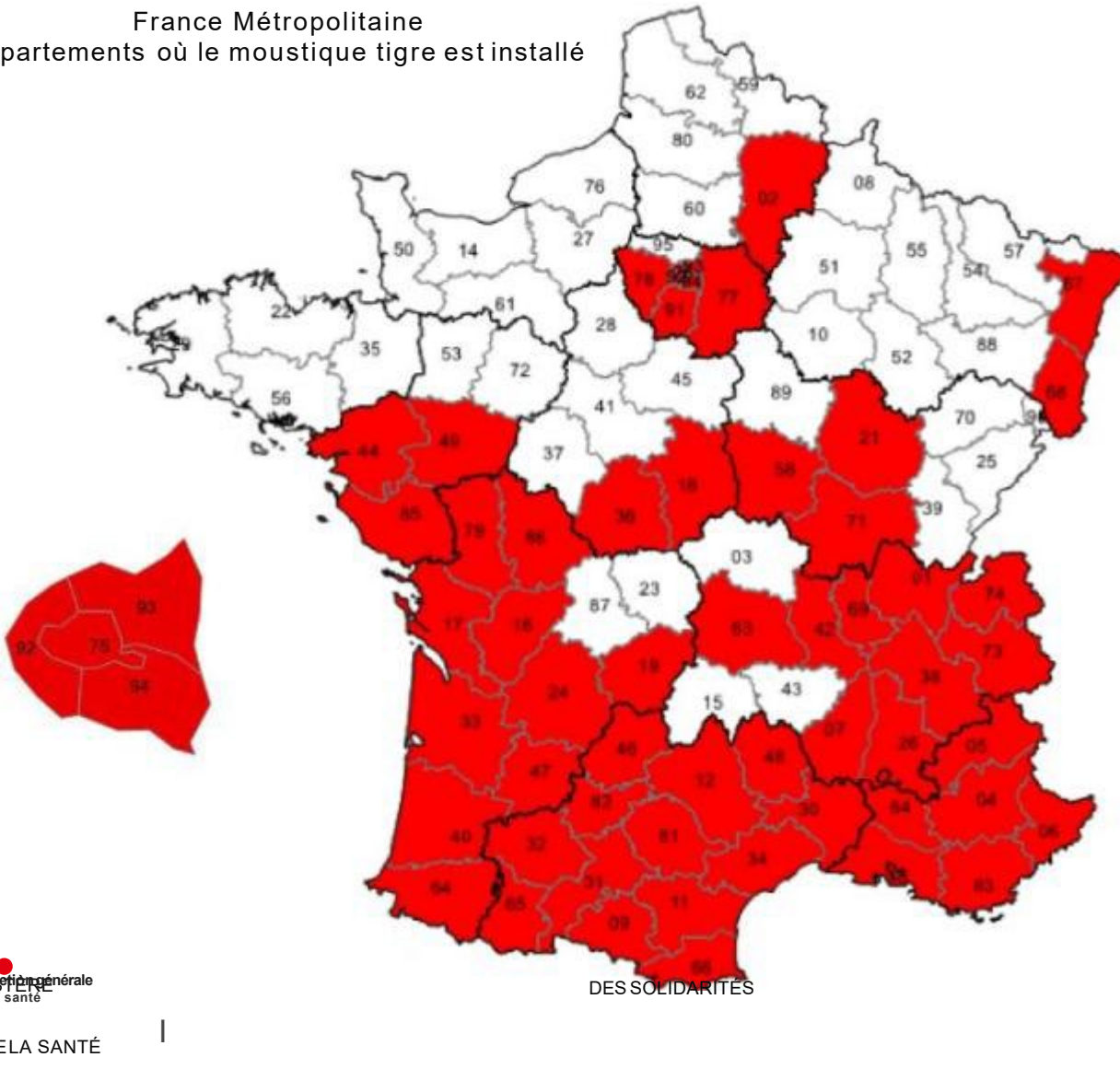
4.Jul  
Etum.it

DES SOLIDARITÉS

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2019



MINISTÈRE  
de la Santé

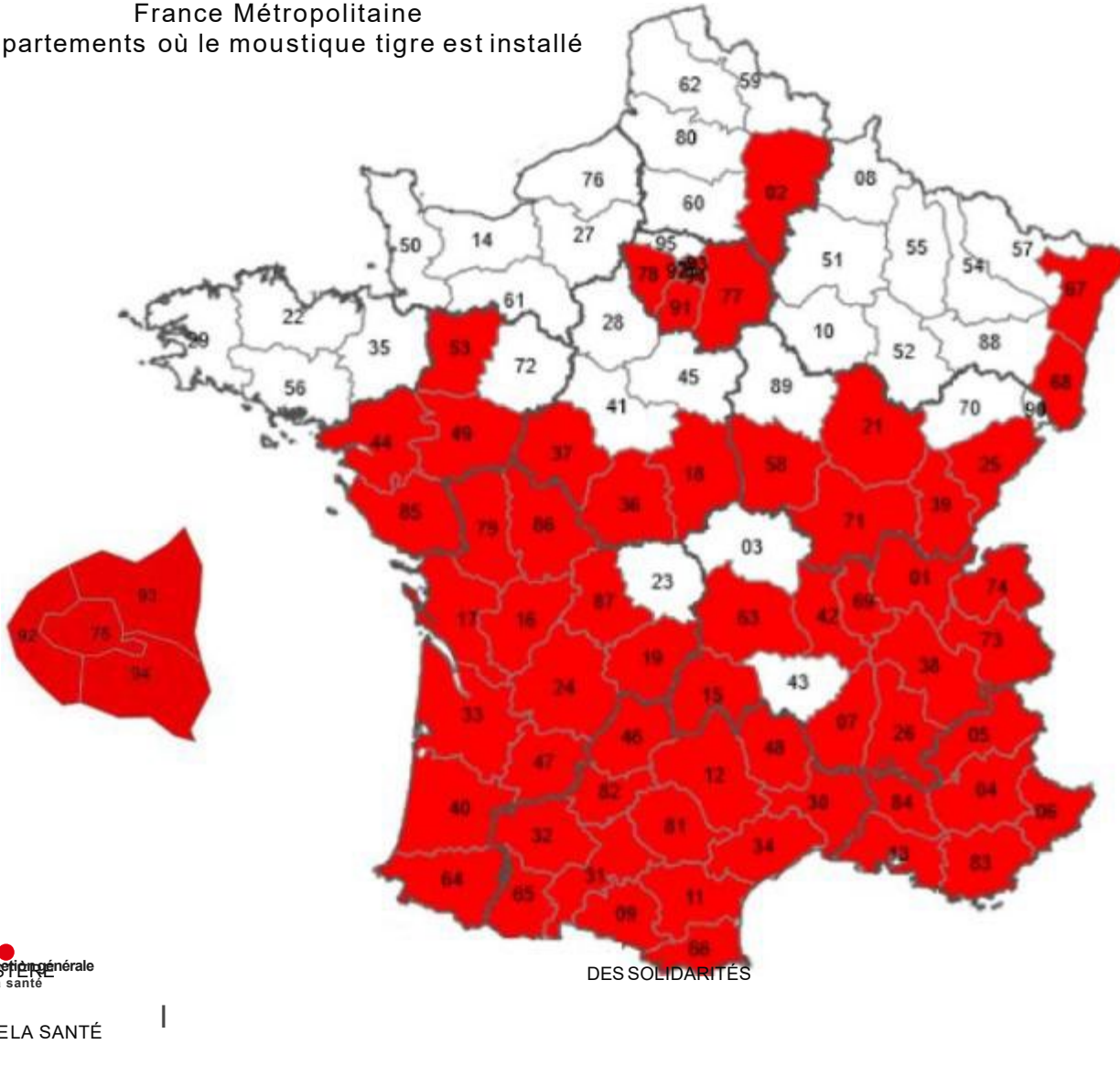
ET DELA SANTÉ

4, JUIL  
Etum, it

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

2020



• Présence *Aedes albopictus*

MINISTÈRE  
de la Santé

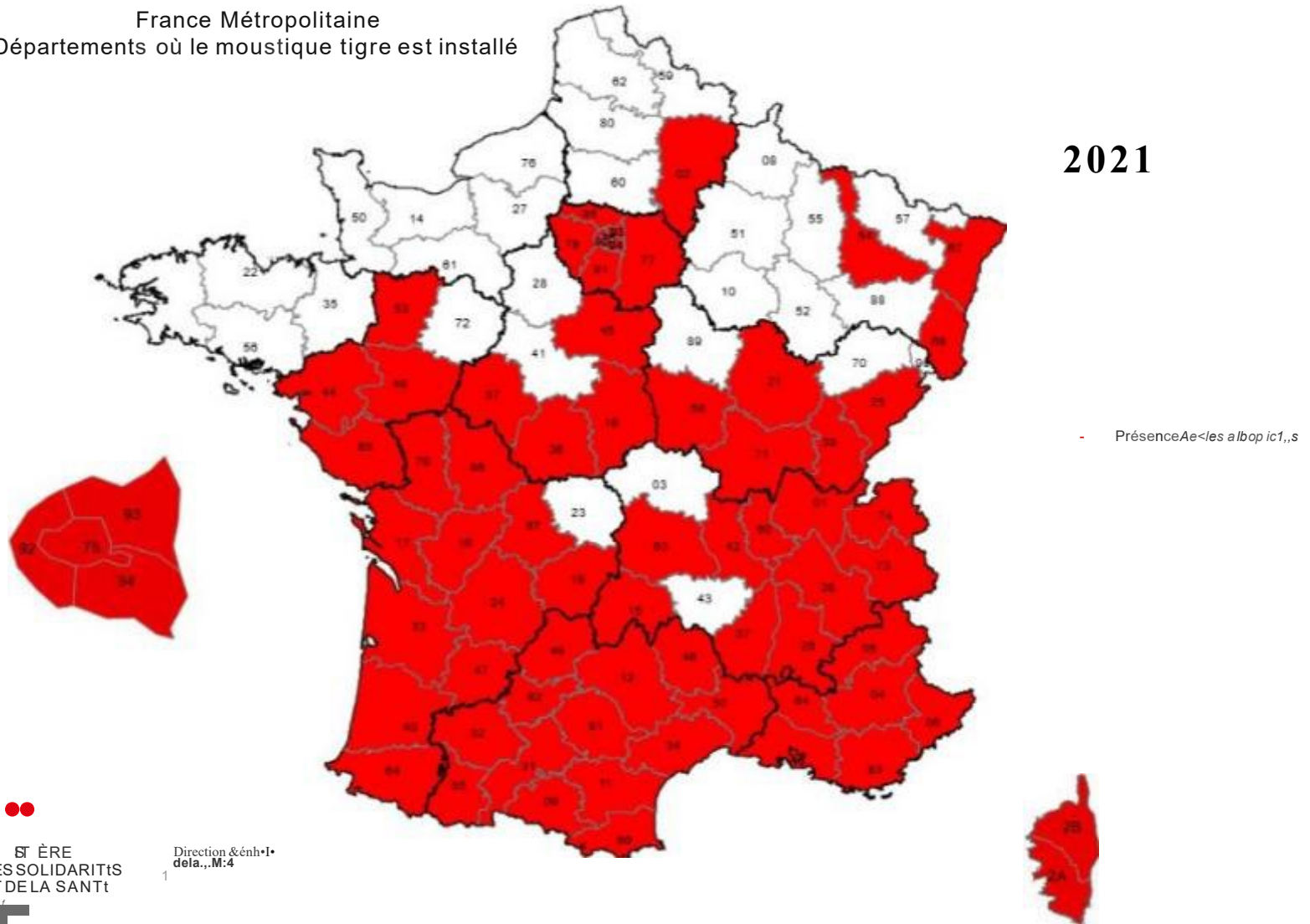
ET DE LA SANTÉ

4, JUIL  
Et, um, it

# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre est installé

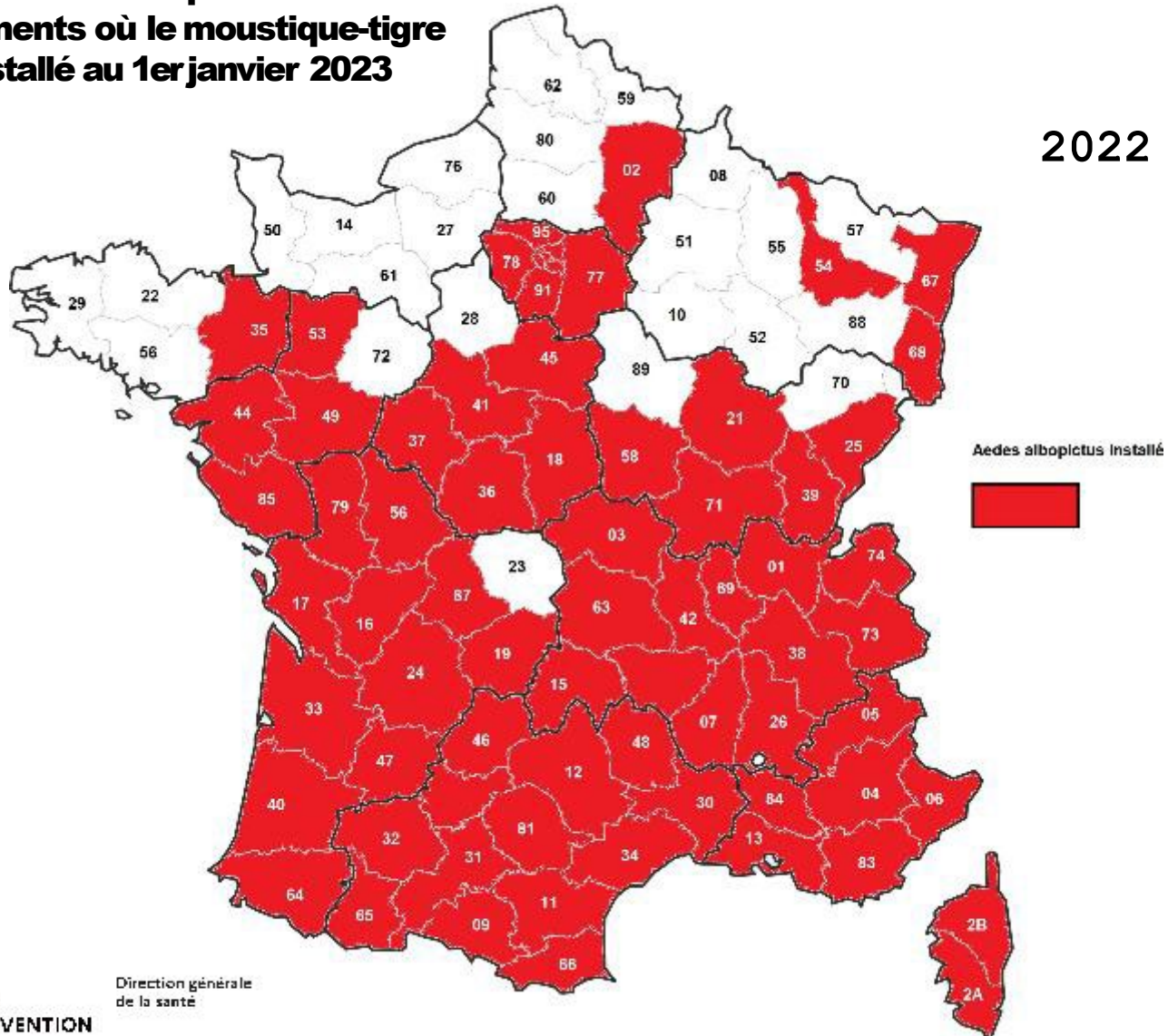
2021



# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France métropolitaine

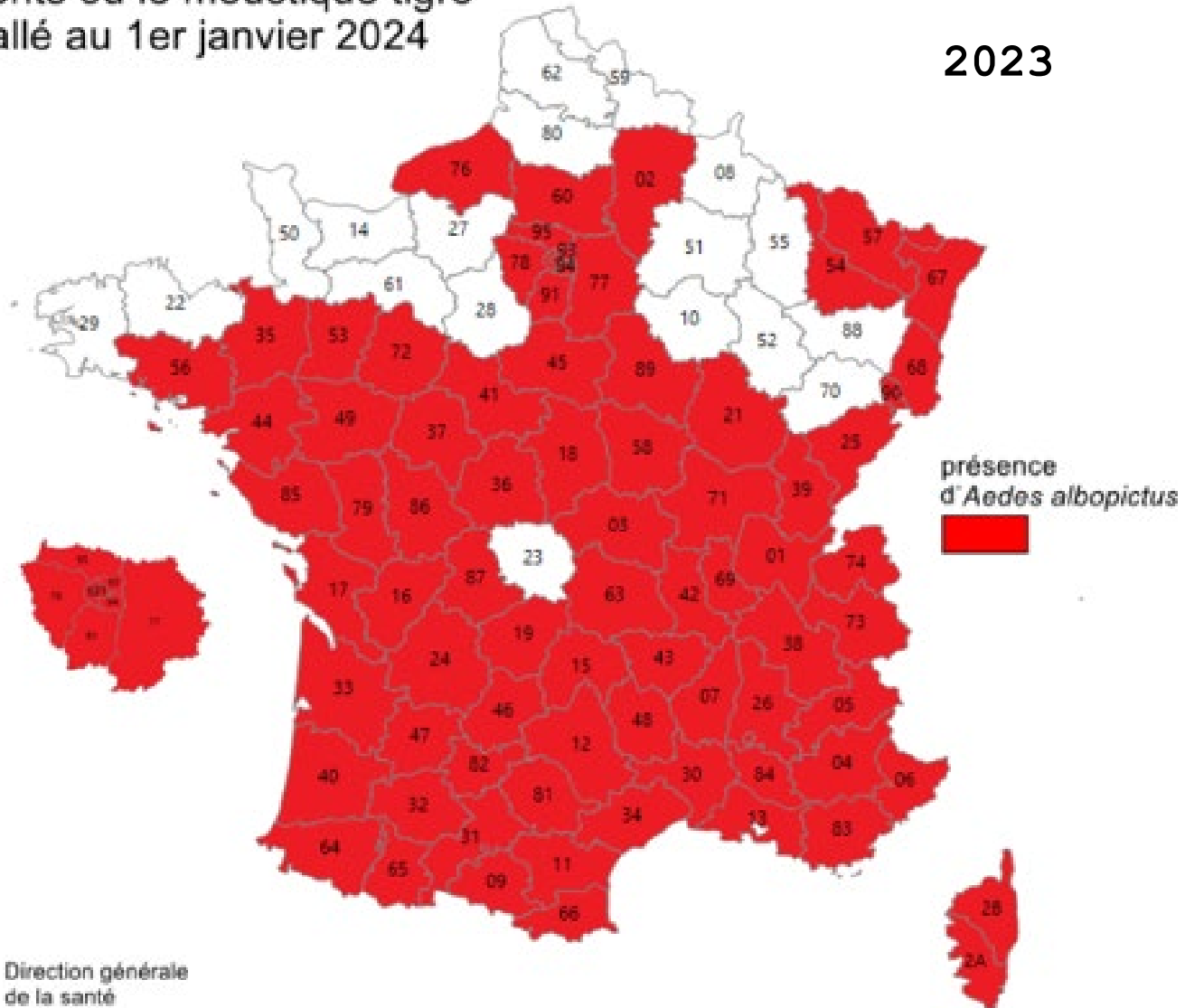
Départements où le moustique-tigre est installé au 1er janvier 2023



# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France Métropolitaine  
Départements où le moustique tigre  
est installé au 1er janvier 2024

2023



MINISTÈRE  
DU TRAVAIL  
DE LA SANTÉ  
ET DES SOLIDARITÉS

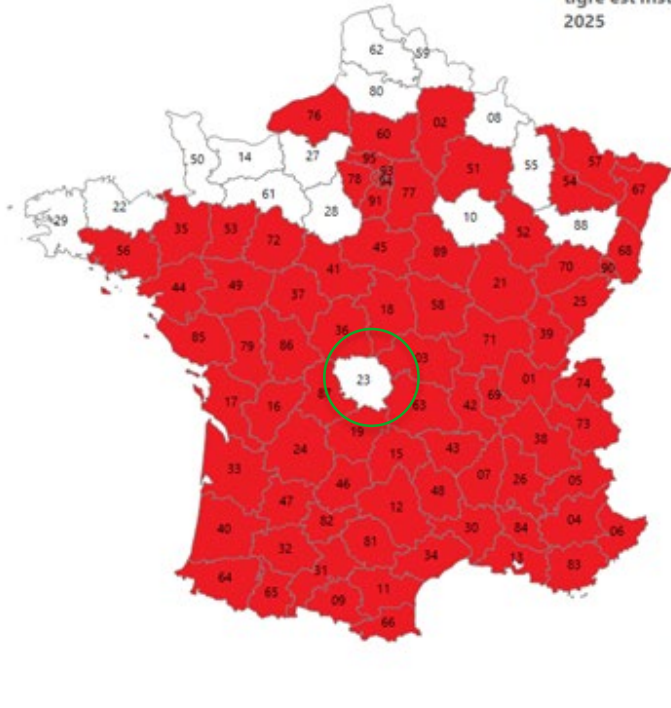
Direction générale  
de la santé

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

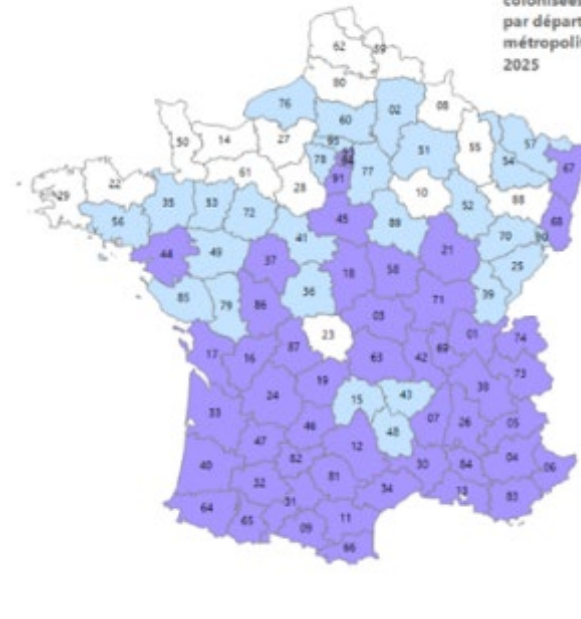
# Expansion d'*Aedes albopictus* en France

France métropolitaine  
Départements où le moustique  
tigre est installé au 1er janvier  
2025

2024-2025



Pourcentage de la population  
habitant dans les communes  
colonisées par *Aedes albopictus*  
par départements en France  
métropolitaine au 1er janvier  
2025



# Risque Dengue et Chikungunya \_ France Hexagonale

## 2010-2021 : Cas locaux de dengue

33 cas/13 foyers épidémiques localisés en Occitanie/PACA (1 foyer en ARA en 2020)  
(+ 31 Chikv / 4 foyers 34 et 83 + 3 Zikv 1 foyer 83)

## Été 2022 : Emergence de la dengue

65 cas locaux

9 foyers dont 1 de 34 cas (Alpes Maritimes)

Extension géographique et plusieurs sérotypes  
(272 cas importés)

## Été 2023 : 45 cas locaux

2 cas dans la drome; 3 cas dans le 94!!!

2 019 cas importés new record

## Été 2024 : 83 cas locaux

11 foyers (PACA 7, Occitanie, ARH 1)

4 683 cas importés new record

Chikv : 34 cas importés, 1 cas local IDF

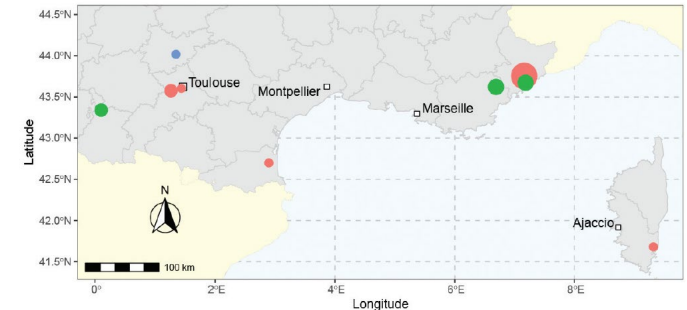
## Été 2025 : 30 cas locaux

11 épisodes / 2 389 cas importés

Chikv : 2 398 cas importés (82% de La Réunion)

809 cas locaux avec 79 foyers & 19 cas isolés

27 mai au 13 novembre



Number of cases

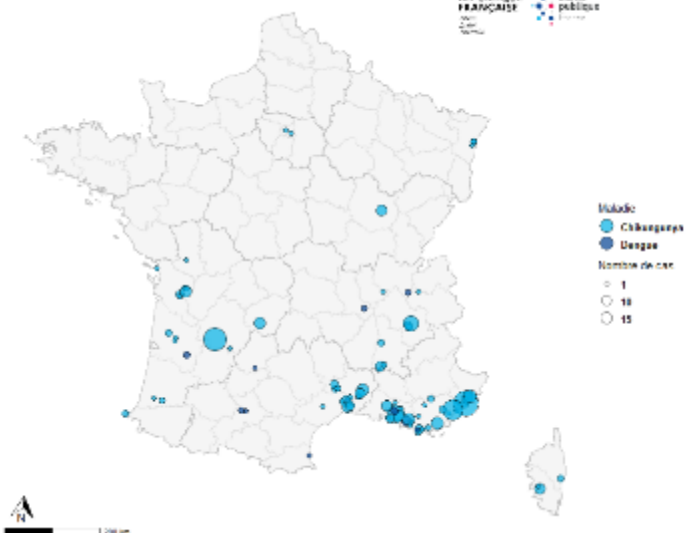


Serotype



Carte cas locaux Dengue Cochet *et al.*, 2022

Localisation des épisodes de transmission autochtone - 2025




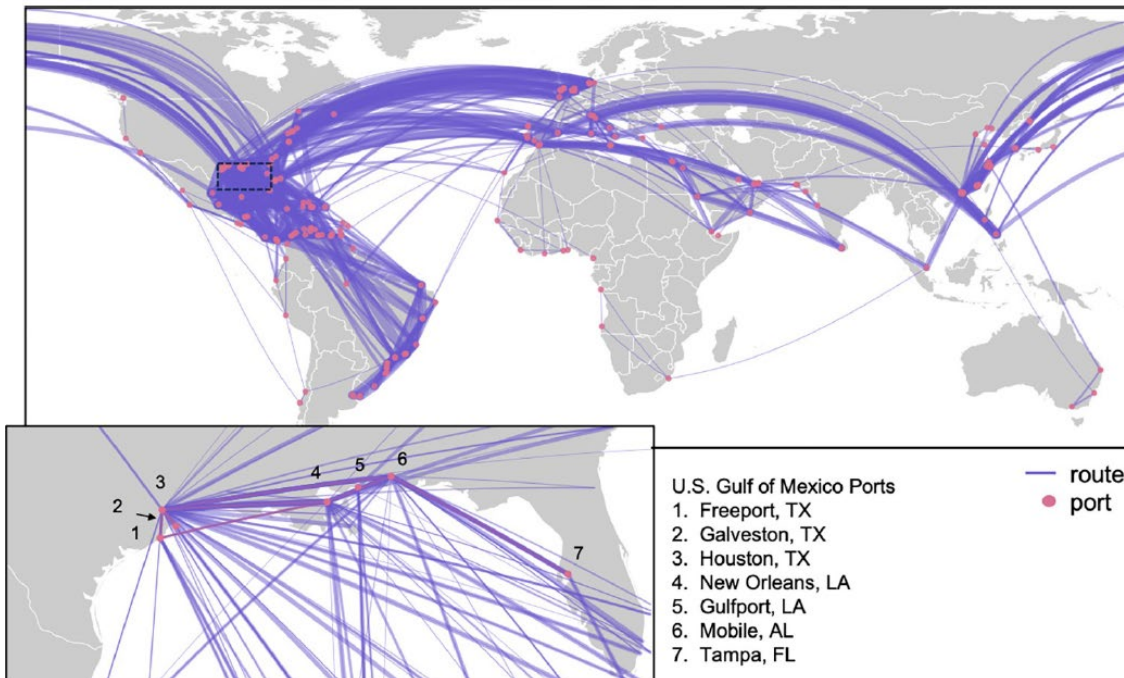
# Evaluer le risque d'expansion des vecteurs invasifs

## Par transports humains (aériens, maritimes)

RESEARCH ARTICLE

### Assessing and managing the risk of *Aedes* mosquito introductions via the global maritime trade network

Janna R. Willoughby <sup>1\*</sup>, Benjamin A. McKenzie<sup>1,2</sup>, Jordan Ahn<sup>2</sup>, Todd D. Steury<sup>1</sup>, Christopher A. Lepzcyk<sup>1</sup>, Sarah Zohdy<sup>1,3,4</sup>



*Pour réduire le risque d'invasion et de réintroduction des Aedes, des efforts de surveillance et de contrôle doivent être déployés sur les conteneurs quittant des lieux à haut risque et arrivant dans des ports où le risque d'installation est élevé.*

Fig 1. The Global Shipping Network containing Gulf State ports included 213 ports located in 69 countries. Lines

# Surveiller / Détecter l'introduction & l'installation de vecteurs invasifs : interaction homme-moustique

Active surveillance



A survey of mosquitoes breeding in used tires in Spain for the detection of imported potential vector species

D. Roiz<sup>1,4,5</sup>, R. Eritja<sup>2</sup>, R. Escosa<sup>2</sup>, J. Lucientes<sup>4</sup>, E. Marqués<sup>5</sup>, R. Melero-Alcibar<sup>1</sup>, S. Ruiz<sup>5</sup>, and R. Molina<sup>1</sup>

First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain

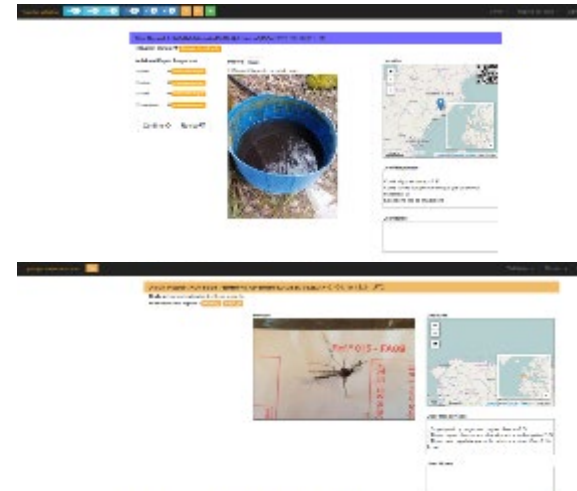
C. ARANDA<sup>1</sup>, R. ERITJA<sup>1</sup> and D. ROIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Servei de Control de Mosquits, Consell Comarcal del Baix Llobregat, Barcelona and <sup>2</sup>Parasitologia y Enfermedades Parasitarias, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Zaragoza, Spain

Initial Distribution Assessment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the Barcelona, Spain, Area

D. ROIZ,<sup>1,2,3,4,5</sup> R. ERITJA,<sup>4,6</sup> R. MOLINA,<sup>1,4</sup> R. MELERO-ALCIBAR,<sup>1</sup> AND J. LUCIENTES<sup>3,4</sup>

Passive surveillance



*A Citizens Science Project*

ARTICLE

DOI: 10.1038/s41467-017-00954-9

OPEN

Citizen science provides a reliable and scalable tool to track disease-carrying mosquitoes

John R.B. Palmer<sup>1,2,3</sup>, Aitana Oltra<sup>1,3</sup>, Francisco Collantes<sup>4</sup>, Juan Antonio Delgado<sup>4</sup>, Javier Lucientes<sup>5</sup>, Sarah Delacour<sup>5</sup>, Mikel Bengoa<sup>5</sup>, Roger Eritja<sup>3</sup> & Frederic Bartumeus<sup>1,3,6</sup>

RESEARCH

Open Access



First detection of *Aedes japonicus* in Spain: an unexpected finding triggered by citizen science

# Dispersion terrestre des vecteurs invasifs eg *Aedes albopictus* adultes en voiture

SCIENTIFIC REPORTS

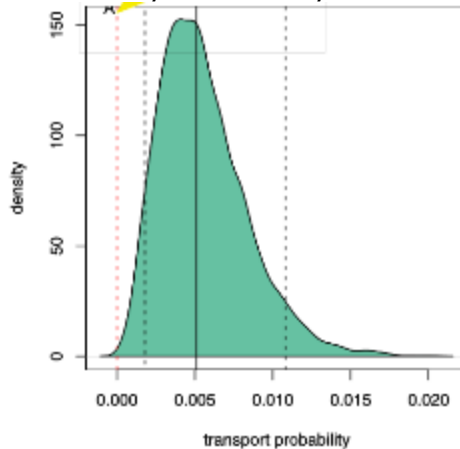
OPEN **Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car**

Roger Ertelt<sup>1,2</sup>, John R. B. Palmer<sup>1,3</sup>, David Rolz<sup>4</sup>, Isac Sanjorn-Cabot<sup>5</sup>, B. Frederic Bartrumeu<sup>1,4</sup>



770 cars - 4 *Aedes albopictus*!!

Bayesian analysis



Between 13 000 - 71 500 cars/ per day  
Facilitate dispersal in Barcelona area

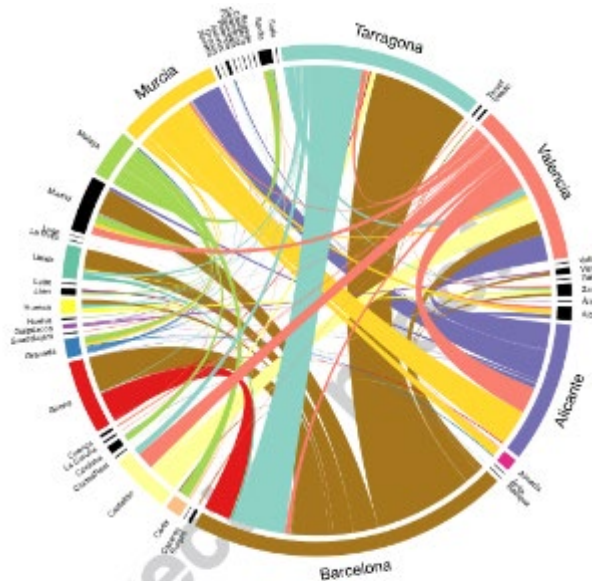


Figure 4. Relative densities of inter-province tiger mosquito transfers via commuter flows during September based on predicted probability of finding a mosquito in a car as a function of origin MosquitoAlert probability. Risk of transport out of municipalities in which tiger mosquito presence has not been confirmed is set to zero before aggregating to province level. Colours correspond to source province and link widths are proportional to transfer density. Provinces in which tiger mosquitoes have not been confirmed in any municipality have zero-estimated outgoing transfers and are coloured black. Balearic Islands, Canary Islands, Ceuta, and Melilla are excluded. See also Fig. 6 in the Supplementary Information. Estimates based on commuter flow data and human-mosquito interaction data from 2014–2015.

A Citizens Science Project



Figure 3. Photographs of tiger mosquitoes in cars submitted by citizen scientists through MosquitoAlert.

# Economic costs of Invasive Aedes & Aedes-Borne diseases



737 articles

ARTICLE

Received 13 Feb 2016 | Accepted 19 Aug 2016 | Published 4 Oct 2016

DOI: 10.1038/ncomms12986 OPEN

## Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects

Corey J.A. Bradshaw<sup>1,2</sup>, Boris Leroy<sup>1,3</sup>, Céline Bellard<sup>1,4</sup>, David Roiz<sup>5,\*</sup>, Céline Albert<sup>1,\*</sup>, Alice Fournier<sup>1</sup>, Morgane Barbet-Massin<sup>1</sup>, Jean-Michel Salles<sup>6</sup>, Frédéric Simard<sup>5</sup> & Franck Courchamp<sup>1,7,8</sup>

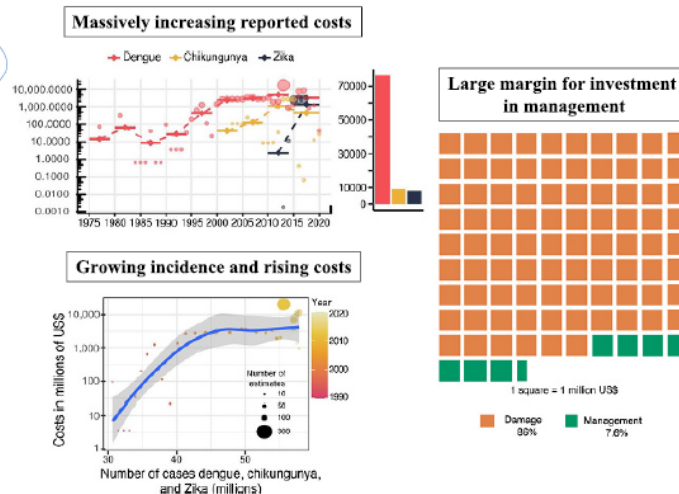
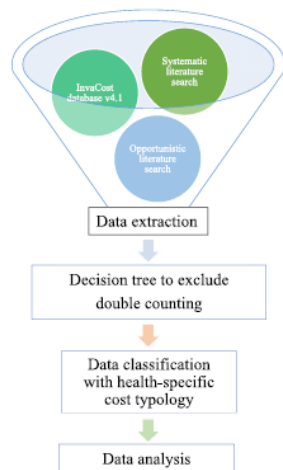


Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

The rising global economic costs of invasive *Aedes* mosquitoes and *Aedes*-borne diseases



- Medical costs:** US\$ 9 billion for dengue in 2013  
Zika US\$ 7-18 billion three years Latin America
- Indirect cost:**  
Productivity, tourism, out-of-pocket costs, vaccination, Blood-supply system, personal protection, impact on quality of life, on equity and gender
- Control and surveillance costs**

- Coûts estimés dans **166** pays sur **45** ans
- Cumul de **94,7 M USD** (sous-estimé)
- Cout moyen annuel de **3,1 M USD** et maximum de **20,3 M USD en 2013**
- Multiplication des coûts **x14**
- Proportion modeste des coûts **(1/10)** investie dans la prévention.

# Risque invasif de *Anopheles stephensi* en Afrique...

## Using marine cargo traffic to identify countries in Africa with greatest risk of invasion by *Anopheles stephensi*

Jordan Ahn<sup>1</sup>, Marianne Sinka<sup>2</sup>, Seth Irish<sup>3,4</sup>, Sarah Zohdy<sup>2,4</sup>

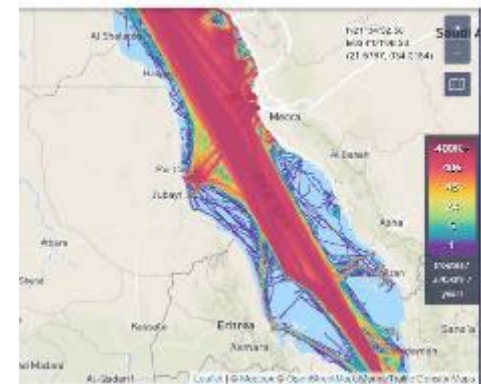
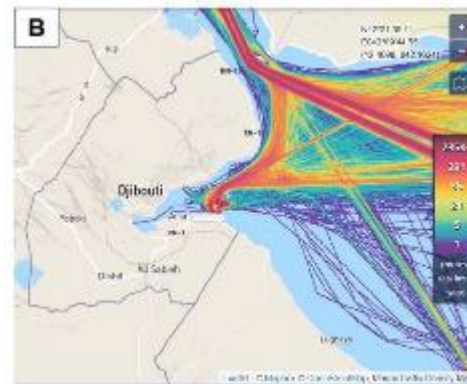
<sup>1</sup> Rollins School of Public Health, Emory University, Atlanta, GA, USA

<sup>2</sup> Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA

<sup>3</sup> Department of Zoology, Oxford University, Oxford, UK

<sup>4</sup> US President's Malaria Initiative, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA

<https://doi.org/10.1101/2021.12.07.471444>



HoA where *An. stephensi* was detected. Trade data from 2020 with Djibouti and Sudan included as source populations identify Egypt, Kenya, Mauritius, Tanzania, and Morocco as the top five countries with likelihood of *An. stephensi* introduction. When factoring in habitat suitability, Egypt, Kenya, Tanzania, Morocco, and Libya are ranked highest. Network analysis revealed that the countries with the highest eigenvector centrality scores, and therefore highest degrees of connectivity with other coastal African nations were South Africa (0.175), Mauritius (0.159), Ghana (0.159), Togo (0.157), and Morocco (0.044) and therefore detection of *An. stephensi* in any one of these locations has a higher potential to cascade further across the continent via maritime trade than those with lower eigenvector centrality scores. Taken together, these data could serve as tools to prioritize efforts for *An. stephensi* surveillance and control in Africa. Surveillance in seaports of countries at greatest risk of introduction may serve as an early warning system for the detection of *An. stephensi*, providing opportunities to limit further introduction and expansion of this invasive malaria vector in Africa.

**Conférence Scientifique Dp OHOI « Anopheles stephensi - une menace pour le progrès de la lutte contre le paludisme » Seth IRISH US CDC**

**Extension dans les highlands d'Afrique de l'Est (Ethiopie, Kenya)**

**Espèce plastique très compétente**

**Tolérance aux températures plus fraîches vs vecteurs africains**

**Risque épidémique chez des populations non immunes (Madagascar)**

**Installation récente au Nigeria en 2020, au Yémen en 2021**

**au Ghana en 2022, .... À suivre**

**ANIMATION SCIENTIFIQUE**  
**02 FÉVRIER 2022 15H (GMT+4)**  
**- SETH IRISH**

*Anopheles stephensi* - une menace pour le progrès dans la lutte contre le paludisme

**DURÉE : 30 - 40 MINUTES DE PRÉSENTATION**  
**PUIS QUESTIONS/RÉPONSES**



Le Monde Afrique - SARTÉ

## Au Kenya, la propagation d'un nouveau moustique contrarie la lutte contre le paludisme

Espèce invasive originaire d'Asie du Sud-Est, l'*Anopheles stephensi* s'avère résistant aux insecticides classiques et s'adapte très bien aux différentes conditions climatiques et environnementales.

Par Nick Huchel-Bodin (Nairobi, correspondante)

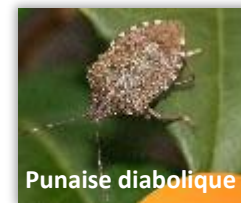
Publié le 15 mars 2023 - @ Lectures 8 min - Read in English

# Perspectives

## Outils de science participative

- Intérêt dans le cas d'arthropode facilement identifiable et en contact important avec le grand public, avec une expansion rapide (e.g. espèce invasive ou envahissante)

- Appli Agiir



- Le portail [signalement.moustique.fr](http://signalement.moustique.fr)  
(en cours GT Surveillance moustiques vecteurs ANSES)



- Le site de signalement du frelon asiatique  
<http://inpn.mnhn.fr/espece/inventaire/I224>

⇒ Outil de reconnaissance et de gestion par l'image avec déclaration géoréférencée contrôlée par un expert

Revue sur les outils de ce type développés en Europe : Kampen et al. 2015

Using mobile phones as acoustic sensors for high-throughput mosquito surveillance

Haripriya Mukundarajan<sup>1</sup>, Felix Jan Hein Hol<sup>2</sup>, Erica Araceli Castillo<sup>1</sup>, Cooper Newby<sup>1</sup>, Manu Prakash<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, United States; <sup>2</sup>Department of Bioengineering, Stanford University, Stanford, United States

# Activités

## à l'interface recherche/surveillance

- Les collectes issues des réseaux de surveillance permettent de décrire et d'analyser les mécanismes et les déterminants des invasions biologiques ou la biologie des espèces sur des échelles spatiales et temporelles importantes
  - Modélisation de la dynamique des populations sur plusieurs années
  - Inventaire du spectre d'hôtes d'un ravageur
  - Etude des routes d'introduction, des populations sources et des événements démographiques avec les outils génétiques
  - Analyse des mécanismes d'adaptation aux nouvelles conditions biotiques (plante d'hôte, compétence vectorielle) et abiotiques

**=> Intérêts mutuels de la surveillance et de la recherche pour optimiser les dispositifs de surveillance et améliorer les moyens de contrôle et de prévention**

- Nouveaux outils et approches qui pourraient intégrer les futurs dispositifs
  - Puces de détection panvirales/panpathogènes
  - Séquençage à haut débit et NGS, analyses métagénomiques
  - Analyse barcode et phylogénie/phylogéographie
  - Système de piègeage couplé avec carte FTA (salive; fécés)
  - Xenodiagnostic
  - eDNA

# Quelques Références...

- Dente et al 2018. Int J Environ Res Public Health. 15, 489, doi:10.3390/ijerph15030489
- Wendt et al 2015. Zoonoses and Public Health. 62, 61-74, doi:10.1111/zph.12120
- Paternoster et al 2017. Plos One. 12, e0188156 doi:10.1371/journal.pone.0188156
- Babo Martins et al 2016. Zoonoses and Public Health. 63, 386-95 doi: 10.1111/zph.12239
- Gossner et al 2017. Euro Surveill. 22, 30526, doi: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.18.30526
- Riccardo et al. Euro Surveill. 23, doi: 10.2807/1560-7917.ES.2018.23.32.1800427

# Remerciements

**Sylvie Lecollinet**

[sylvie.lecollinet@anses.fr](mailto:sylvie.lecollinet@anses.fr)

**Claire Garros**

[claire.garros@cirad.fr](mailto:claire.garros@cirad.fr)

**David Roiz**

[David.roiz@ird.fr](mailto:David.roiz@ird.fr)



**cirad**

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT

Innovons  
Working  
ensemble  
together for  
pour les  
tomorrow's  
agricultures  
agriculture  
de demain