

# Maladies transmises par les moustiques: challenges et stratégies de lutte

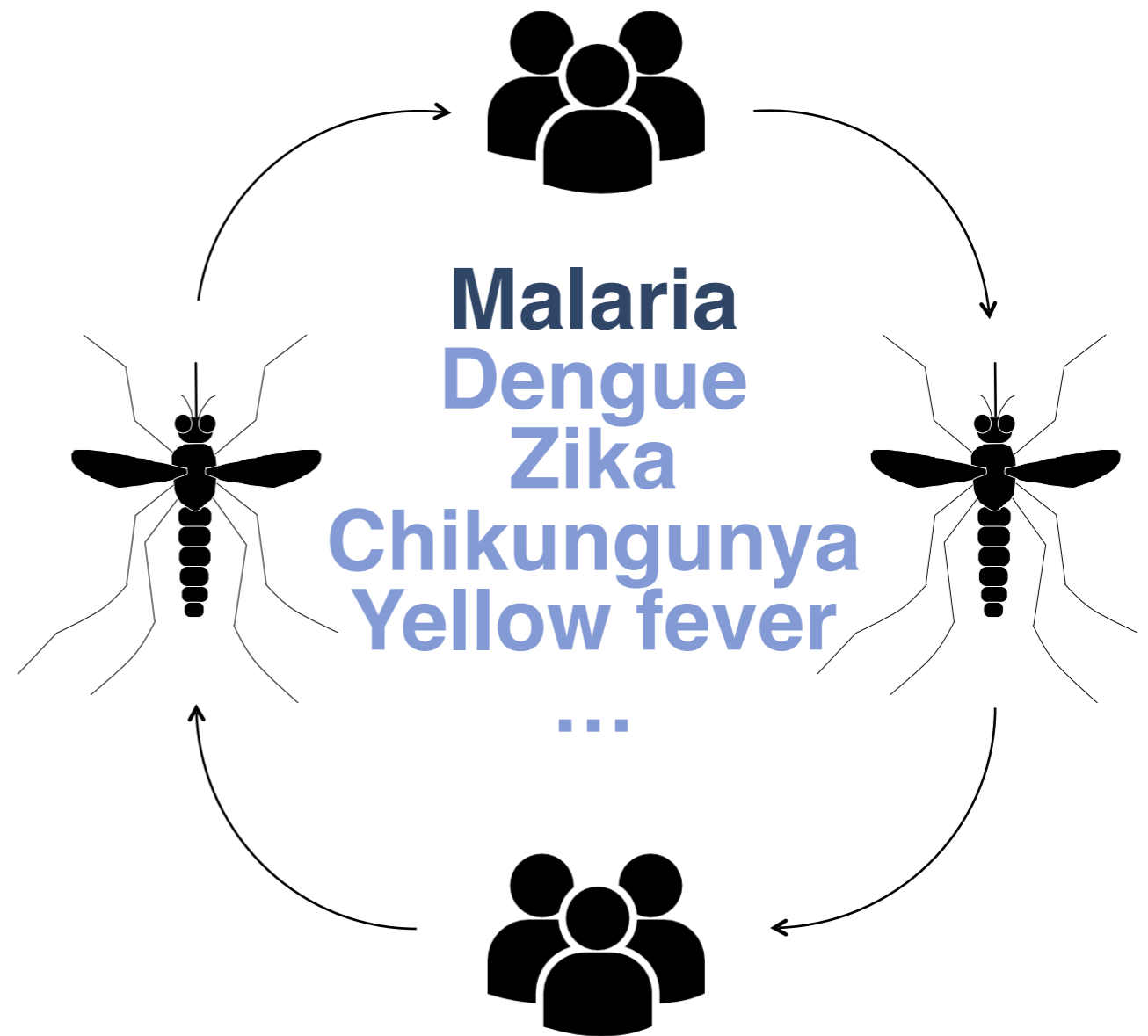
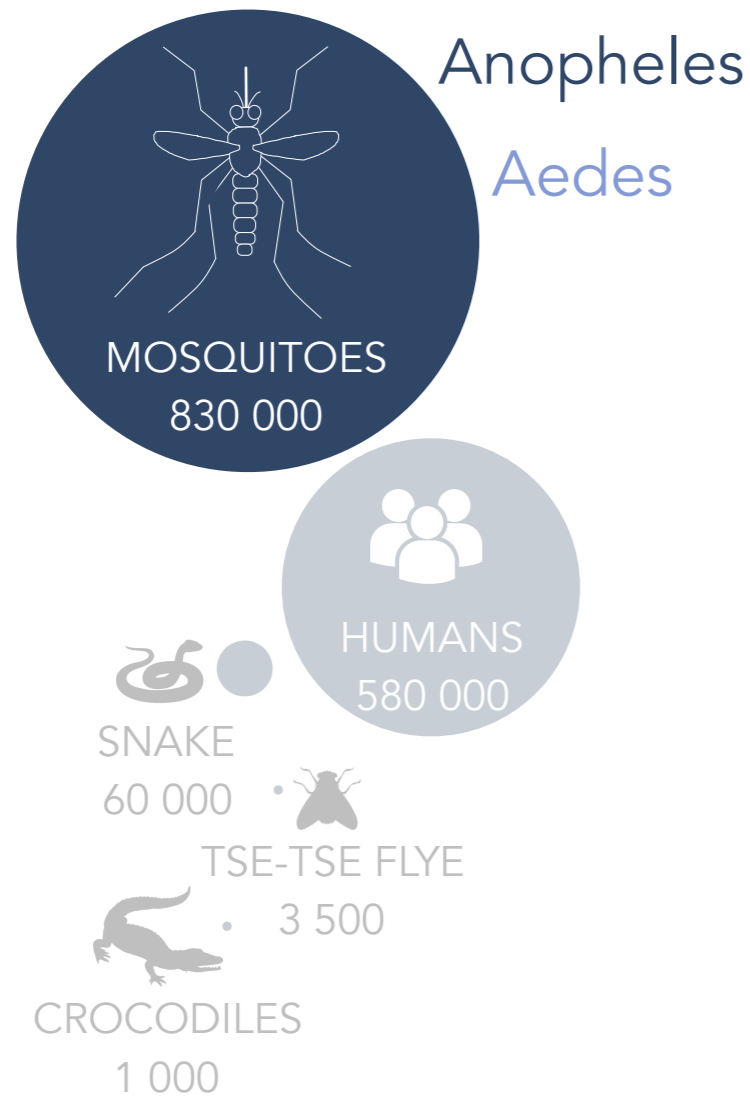


**Stephanie Blandin**

Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire  
*Inserm / CNRS / Université de Strasbourg*

# Why do we care so much about mosquitoes?

People killed by animals (2015):



[www.gatesnotes.com/Health/Most-Deadly-Animal-Mosquito-Week-2016](http://www.gatesnotes.com/Health/Most-Deadly-Animal-Mosquito-Week-2016)


17% of infectious diseases are vector-borne


# Paludisme

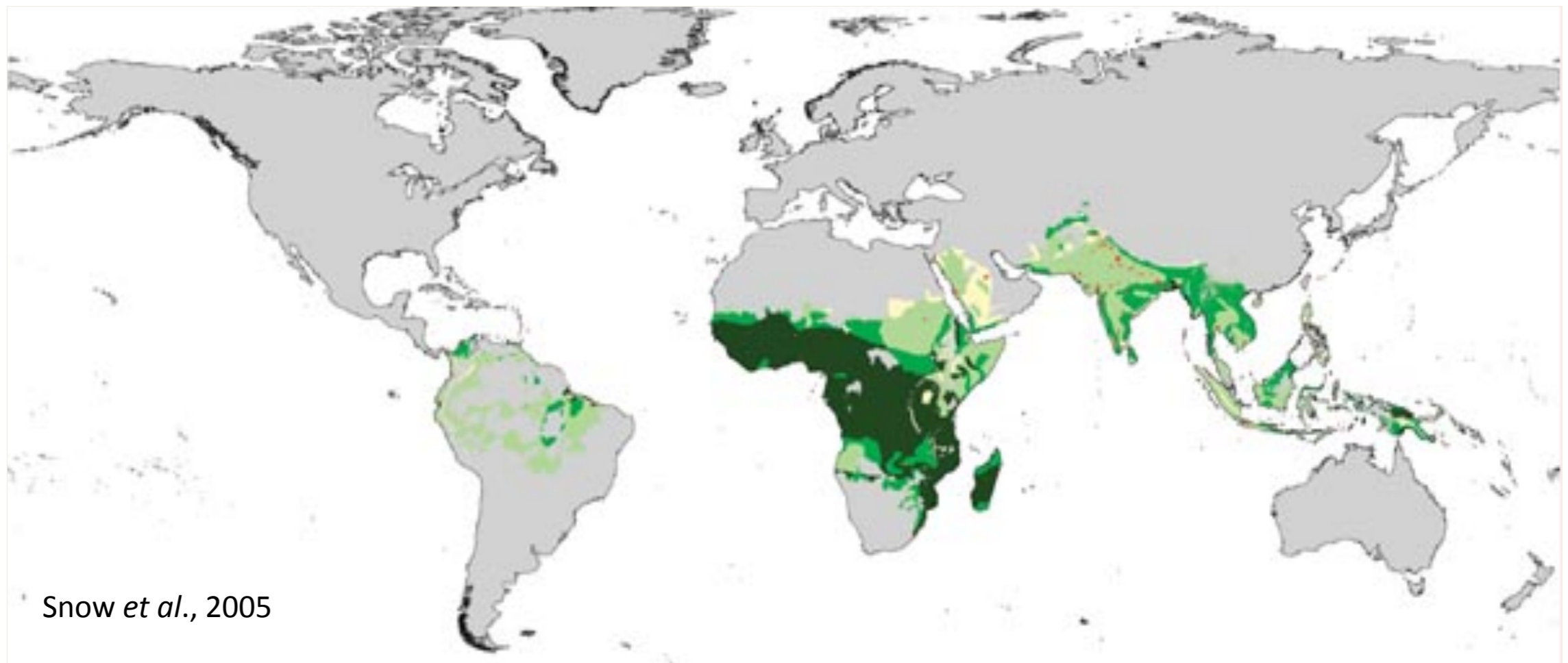
- 219 à 500 million de malades chaque année
- 435 000 à 1.5 million de morts par an (93% Afrique)
- *Plasmodium falciparum*, *vivax*, *malariae*, *ovale*, *knowlesi*, *cynomolgi*

prévalence du paludisme (% population) :

 < 10%

 10-50%

 > 50%





**Culex**

Virus du Nil Occidental  
Encephalites  
Paludisme aviaire



**Anopheles**

Paludisme humain  
Filaires  
O'Nyong Nyong

70  
Ma !



**Aedes**

Fièvre jaune  
Dengue  
Zika  
Chikungunya

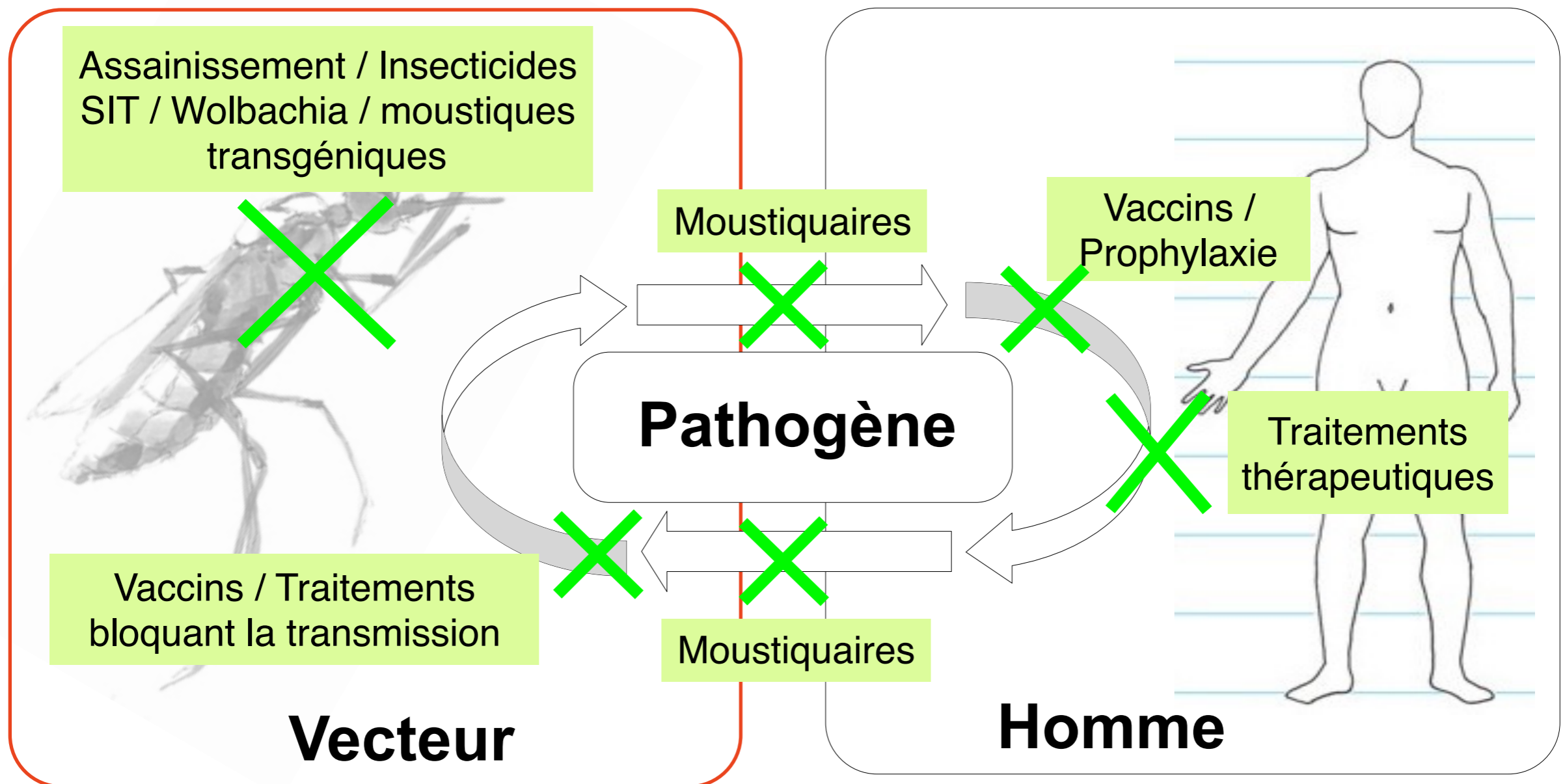
Virus de la fièvre  
de la vallée du Rift

Paludisme aviaire



<10 espèces vraiment dangereuses

# Transmission & stratégies de lutte



## Challenges:

- Peu de vaccins disponibles
- Résistances aux traitements thérapeutiques (e.g.: Artemisinine)
- Résistances aux insecticides
- Augmentation des moustiques (nombre et distribution)
- Emergence de nouveaux parasites, virus

# Mosquito control strategies

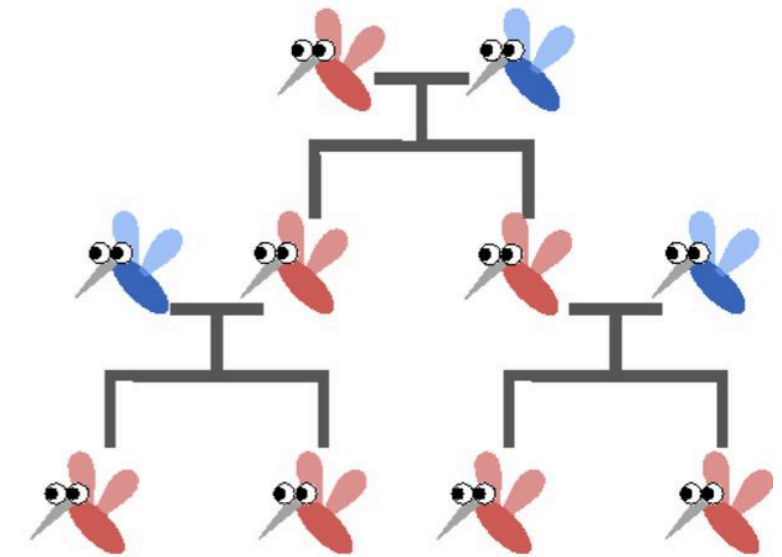
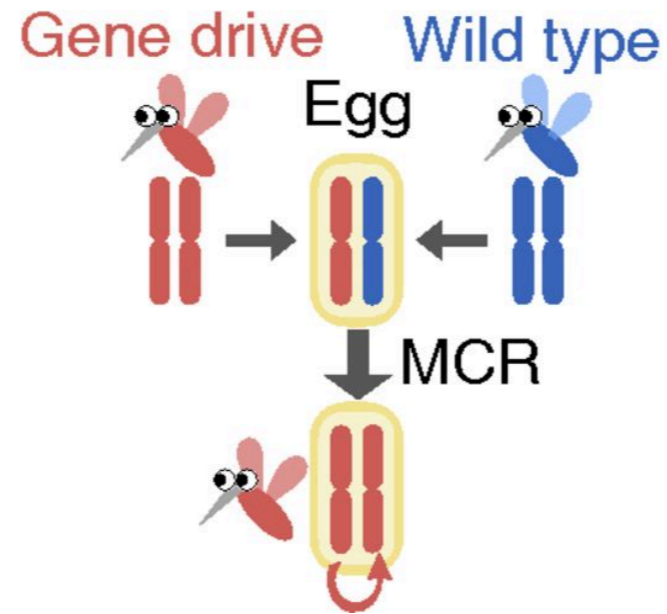
Water management



Insecticides

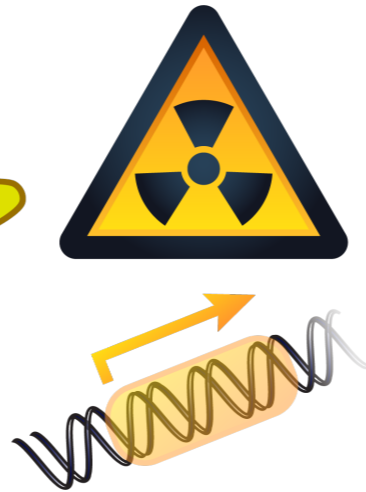
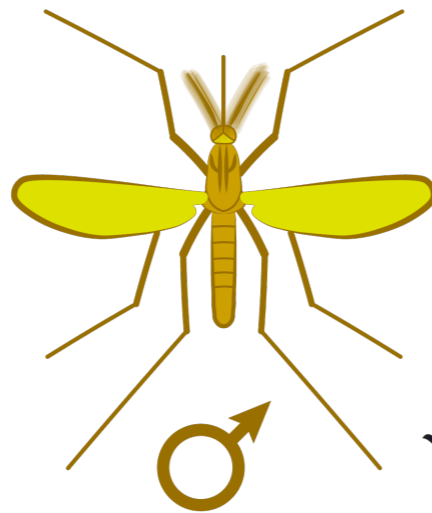
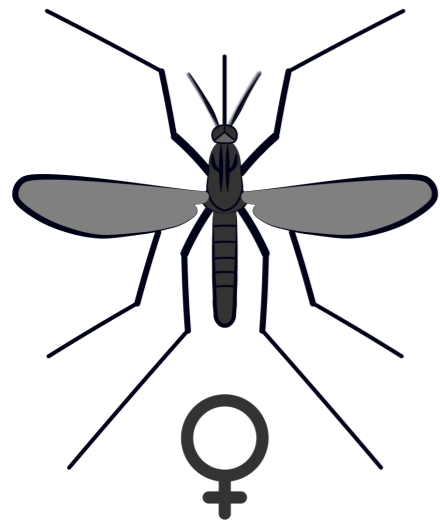


Gene-drives

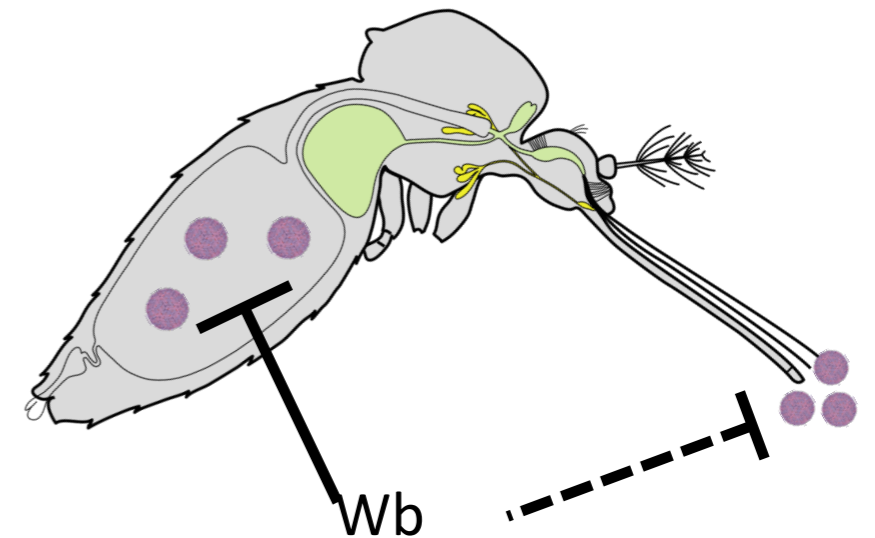


Tanaka et al 2017 PNAS

SIT / RIDL

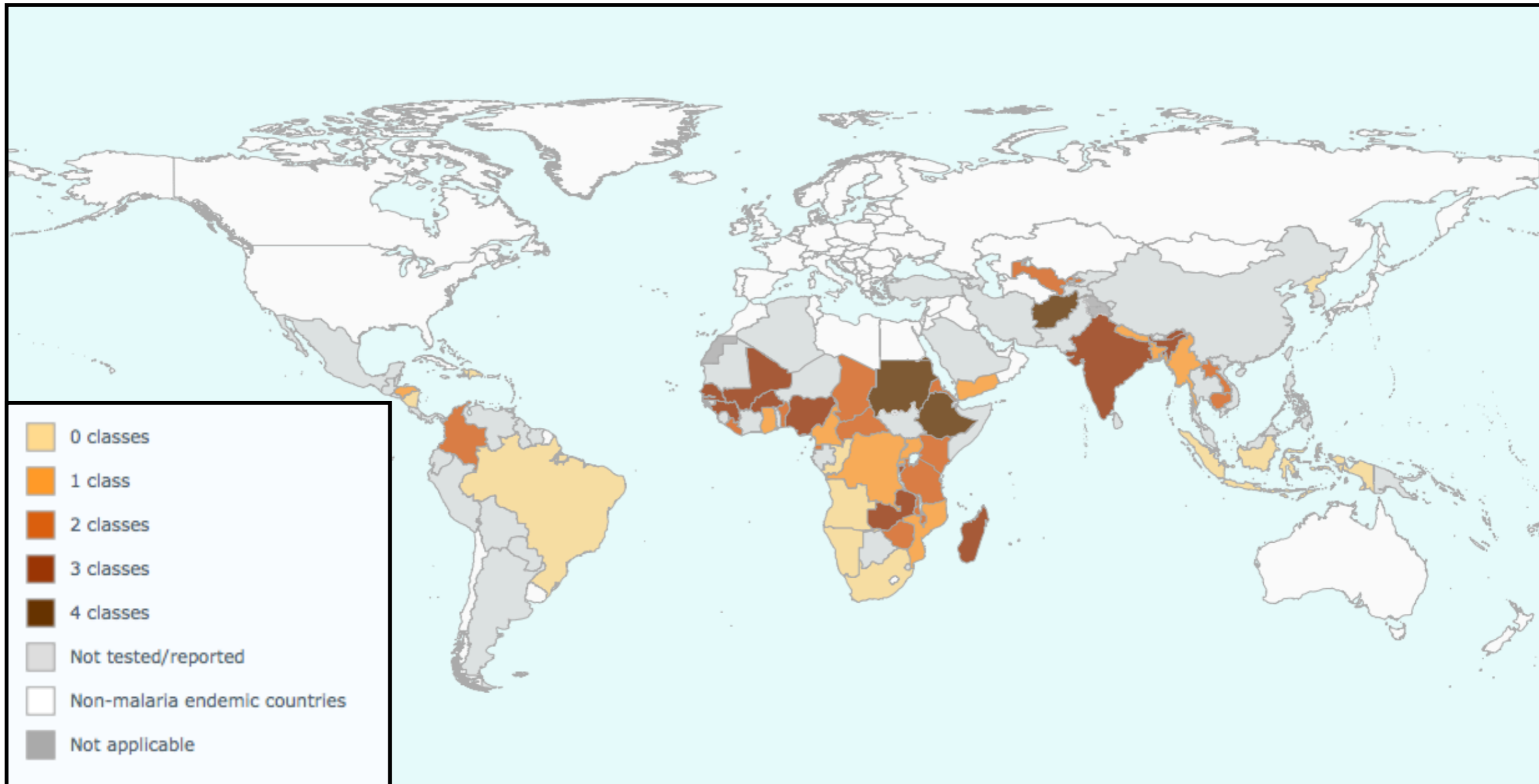


Wolbachia



# Les moustiques évoluent sous la pression des insecticides

Résistance des anophèles aux insecticides



(OMS)

# Colonisation de l'Europe par *Aedes albopictus*

1979: premier albopictus capturé en Albanie

1990: importation en Italie (Gènes) où il se répand très vite

1999-2000: capturé en France et en Belgique

depuis 2000: se répand très efficacement à travers l'Europe...

Décembre 2012

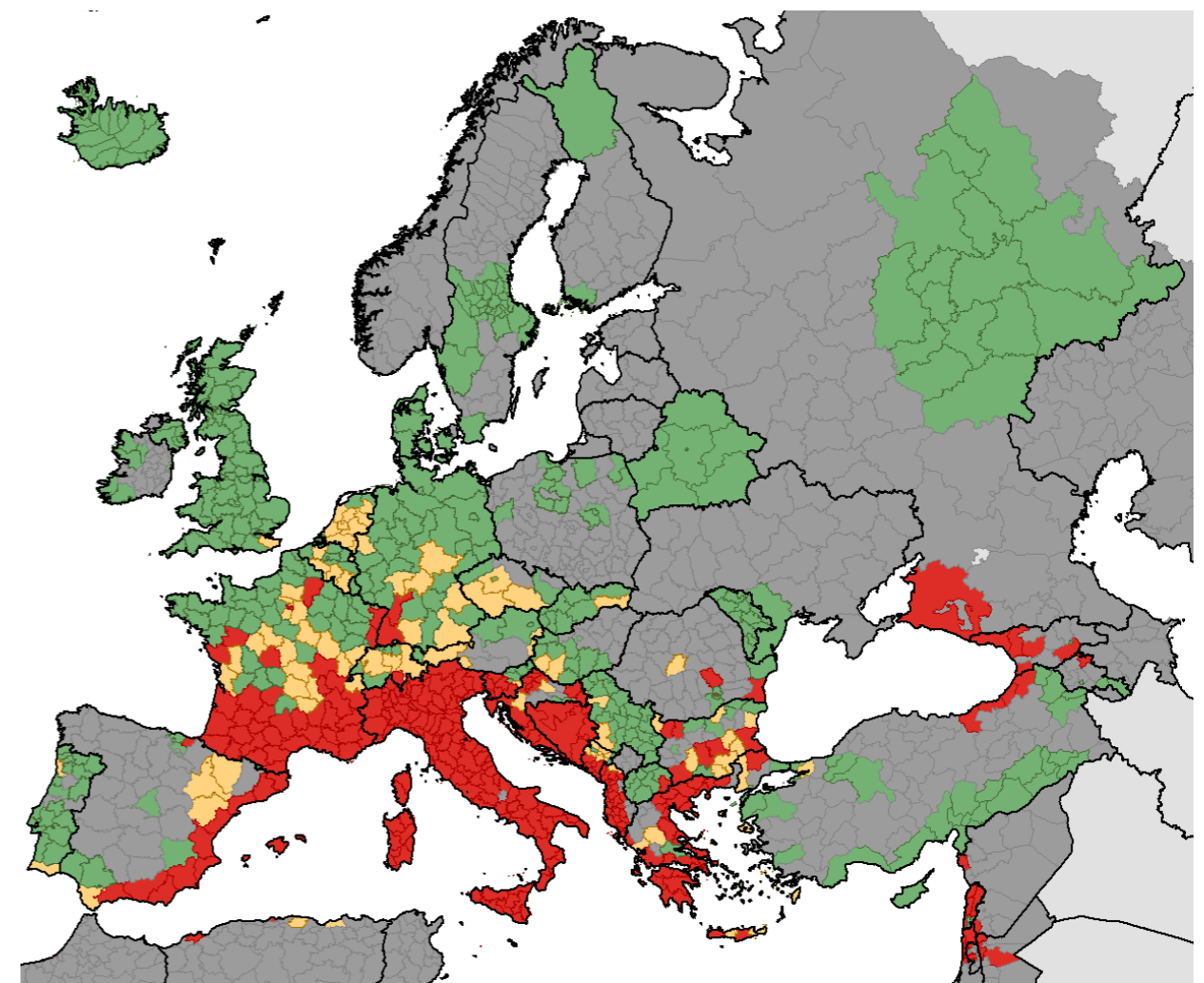
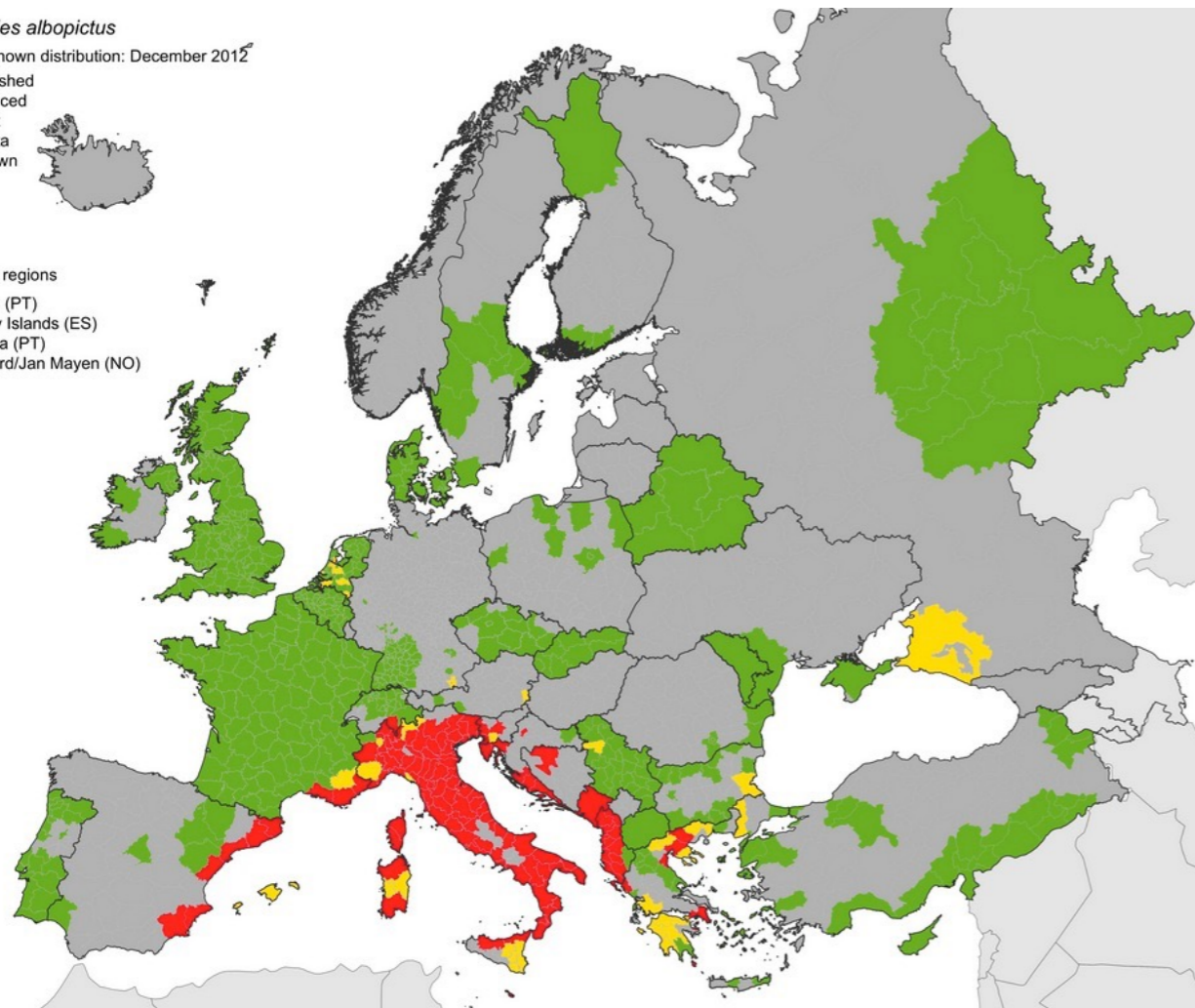
Janvier 2019

*Aedes albopictus*  
Current known distribution: December 2012

- Established
- Introduced
- Absent
- No Data
- Unknown

Outermost regions

- Azores (PT)
- Canary Islands (ES)
- Madeira (PT)
- Svalbard/Jan Mayen (NO)

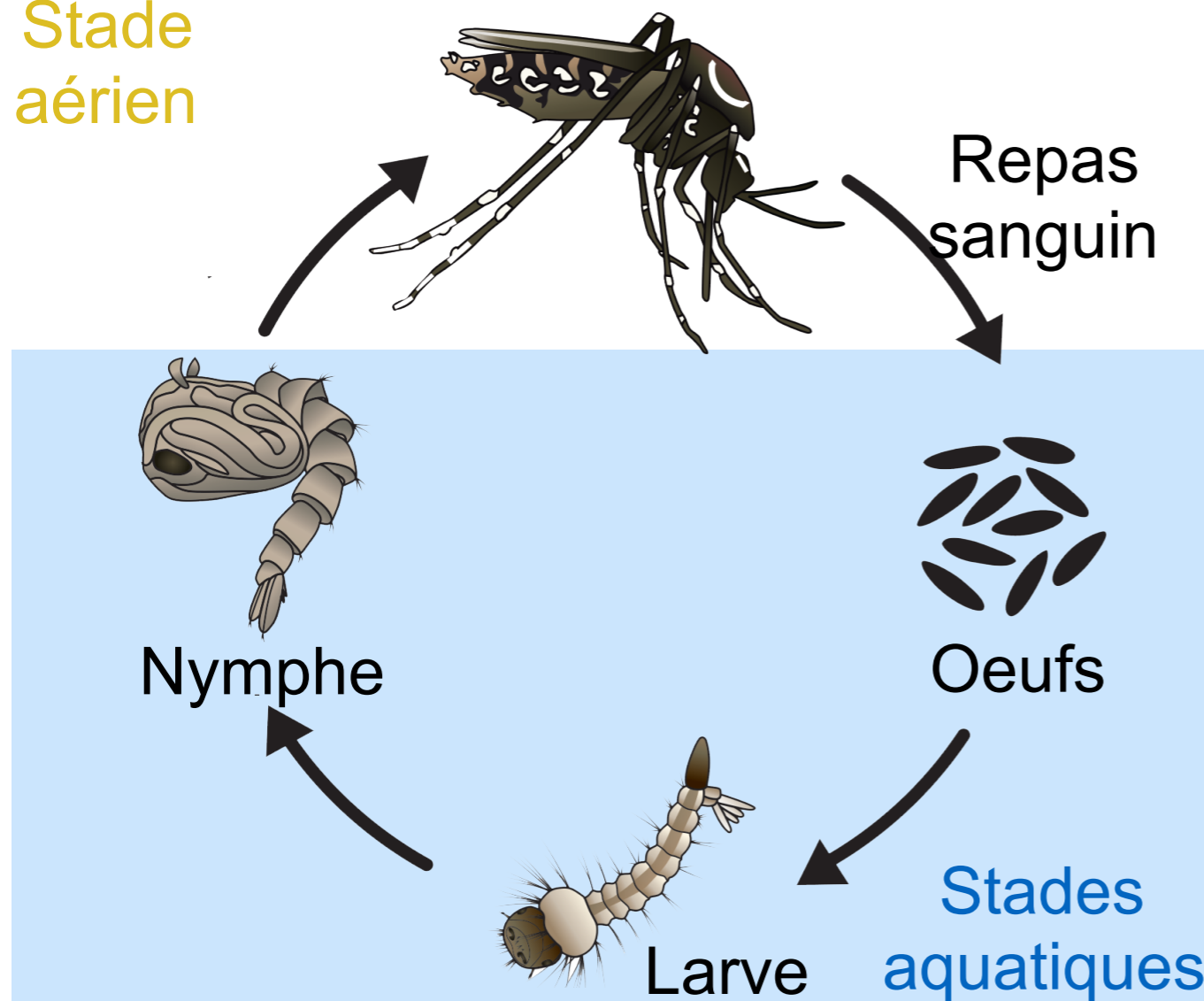


source: European Center for Disease Control



# Cycle de vie d'*Aedes albopictus*: adaptation possible à de nombreux environnements

Stade  
aérien



## Grande adaptabilité:

Développement court: 7-10 jours

Desiccation possible des oeufs  
=> se transportent facilement  
(pneus usagés, bambous...)

Diapause hivernale des oeufs  
=> survivent en zones tempérées

Large panel d'hôtes pour le repas  
sanguin

Dispersion par le transport ("auto-stop")

Résistance aux insecticides

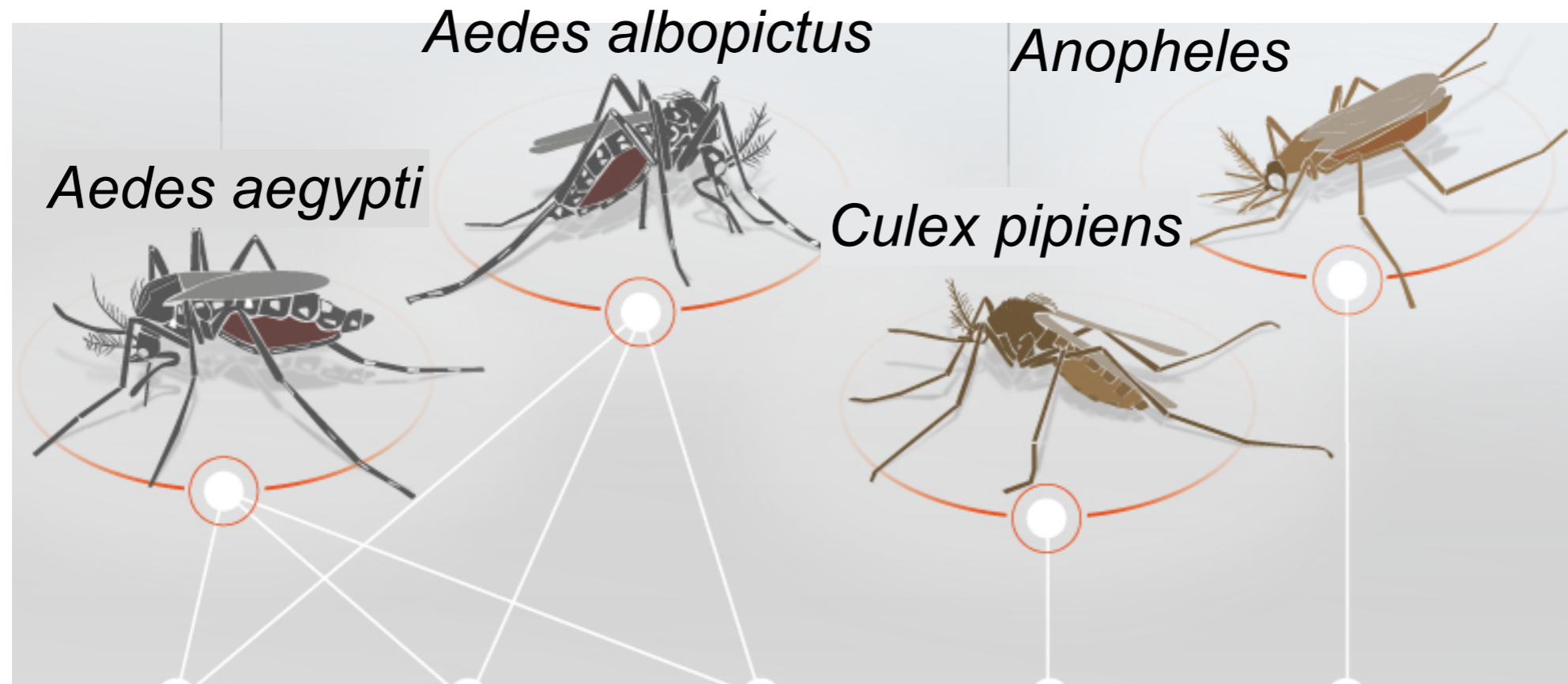


**Elevage de moustiques à la maison...**

# Les moustiques vecteurs de maladies en Europe

Espèces invasives

Espèces locales



**Chikungunya**  
fièvre et  
douleurs  
articulaires pdt  
plusieurs mois

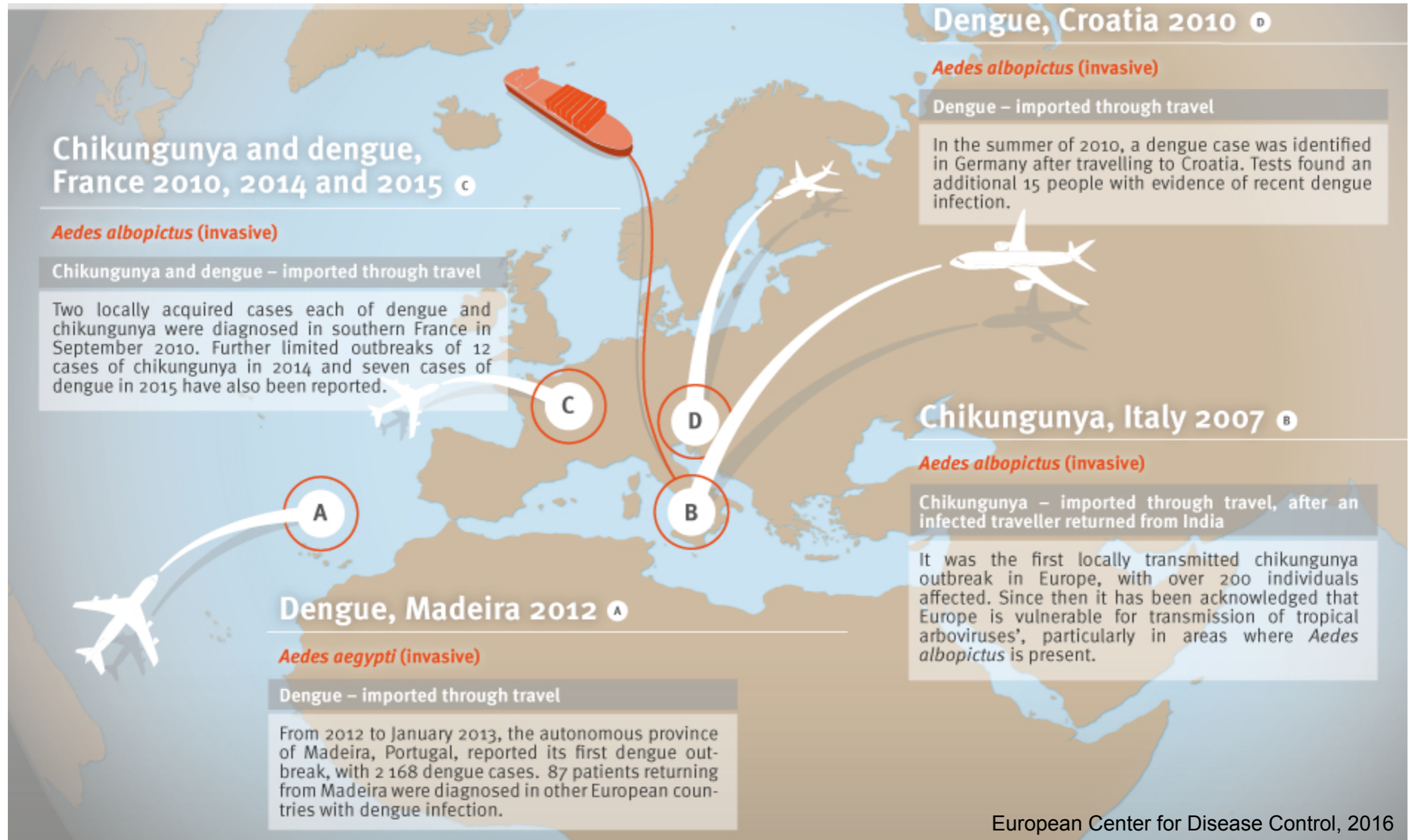
**Zika**  
généralement  
asymptom.  
Risque de GB  
&  
microcéphalie

**Dengue**  
fièvres et  
douleurs.  
Plus importante  
maladie  
transmise par  
les moustiques  
en nombre de  
cas.

**Fièvre du Nil  
Occidental**  
cas  
potentiellement  
sévères,  
notamment chez  
les personnes  
âgées

**Paludisme**  
fièvre  
intermittentes &  
complications  
sévères. 450  
000 morts par  
an,  
principalement  
des enfants

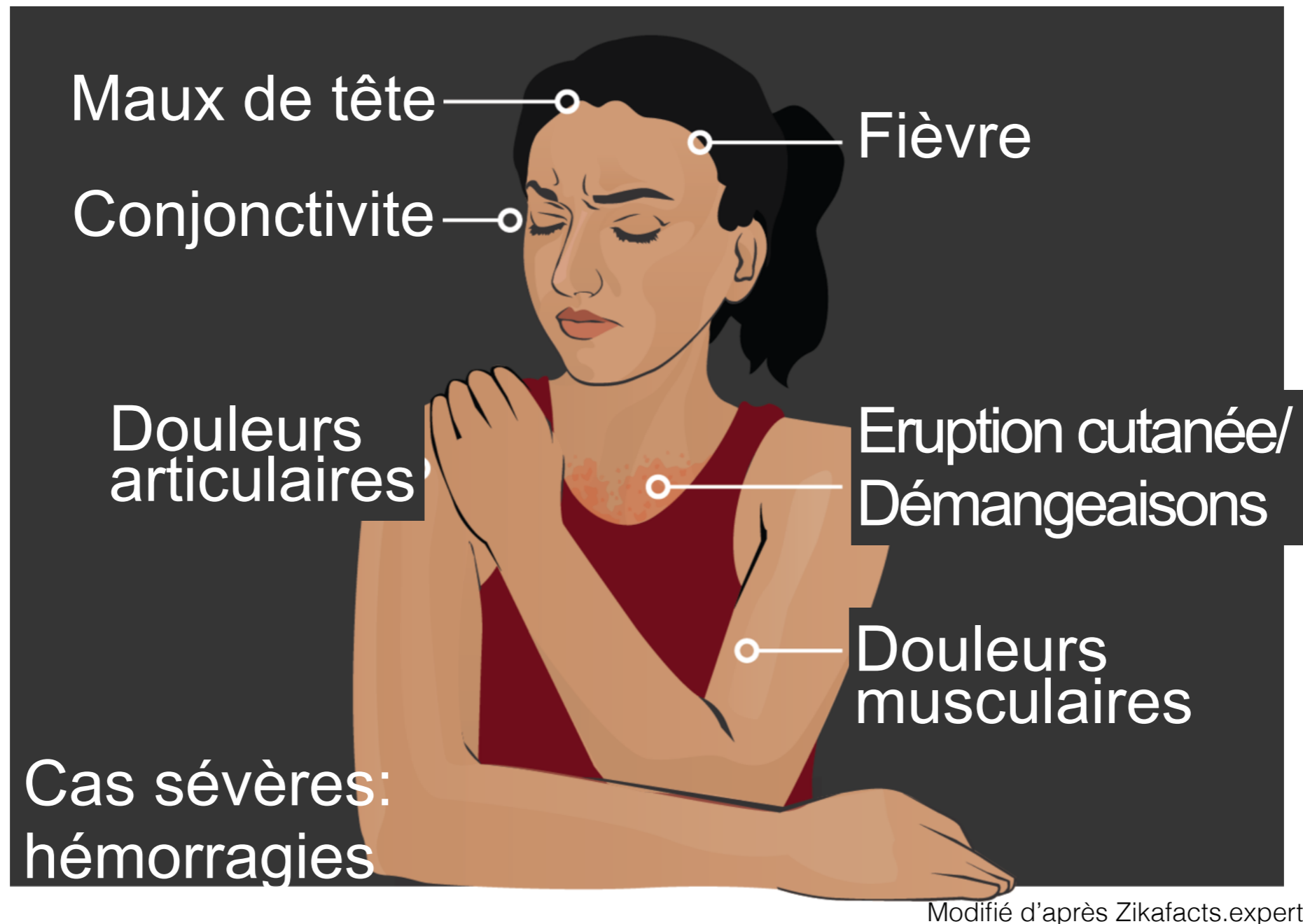
# Les cas de transmission locale de maladies “tropicales” en Europe



Mais aussi...

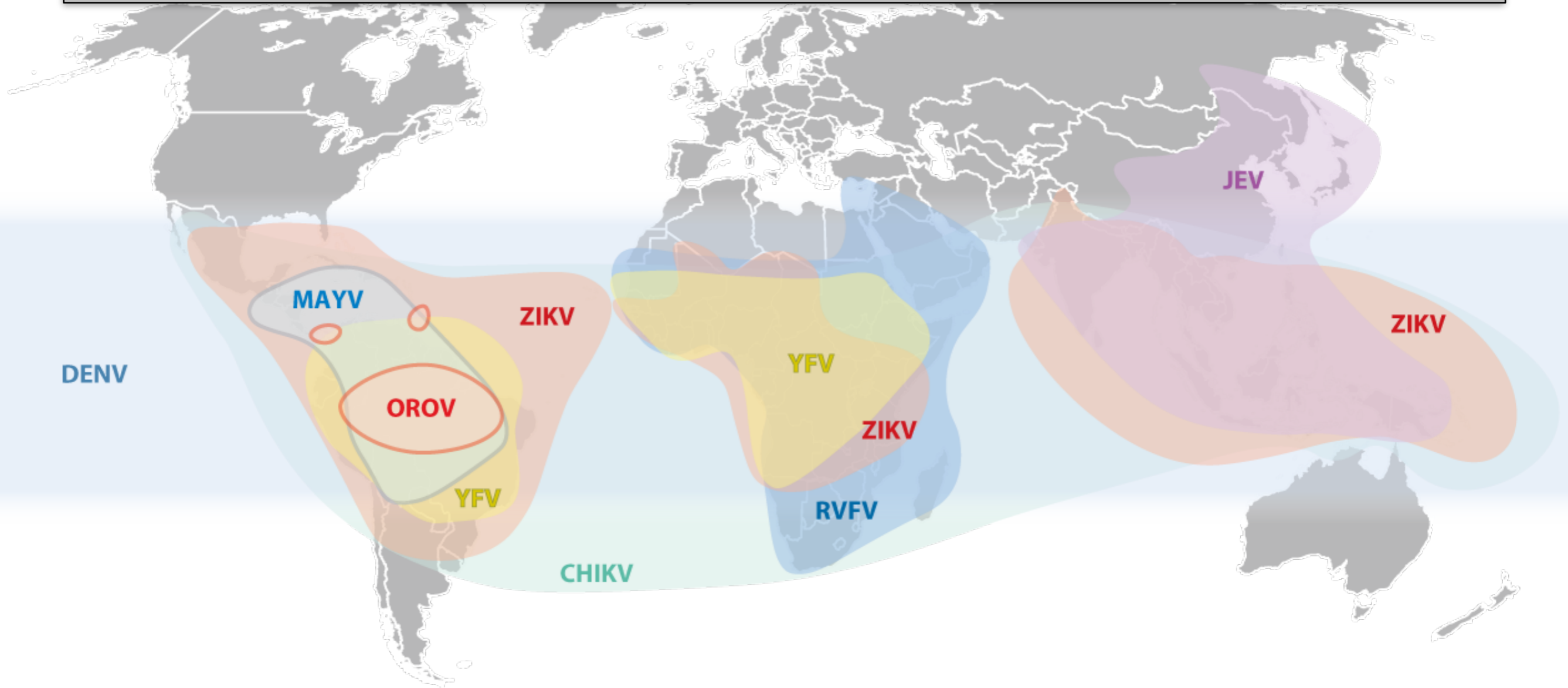
- Paludisme: 21 cas autochtones en Europe en 2017
- Fièvre du Nil Occidental: 372 cas / 39 morts en Europe en 2019

# Les symptômes de la Dengue/Zika/Chikungunya



# Arboviruses of Public Health importance

Waves of emerging and re-emerging arboviruses: 4 billion people at risk of infections



■ DENV   ■ YFV   ■ ZIKV   ■ CHIKV   ■ RVFV   ■ MAYV   ■ OROV   ■ JEV

DENV – dengue virus

YFV – yellow fever virus

OROV – Oropouche virus

RVFV – Rift Valley fever virus

ZIKV – Zika virus

MAYV – Mayaro virus

CHIKV – chikungunya virus

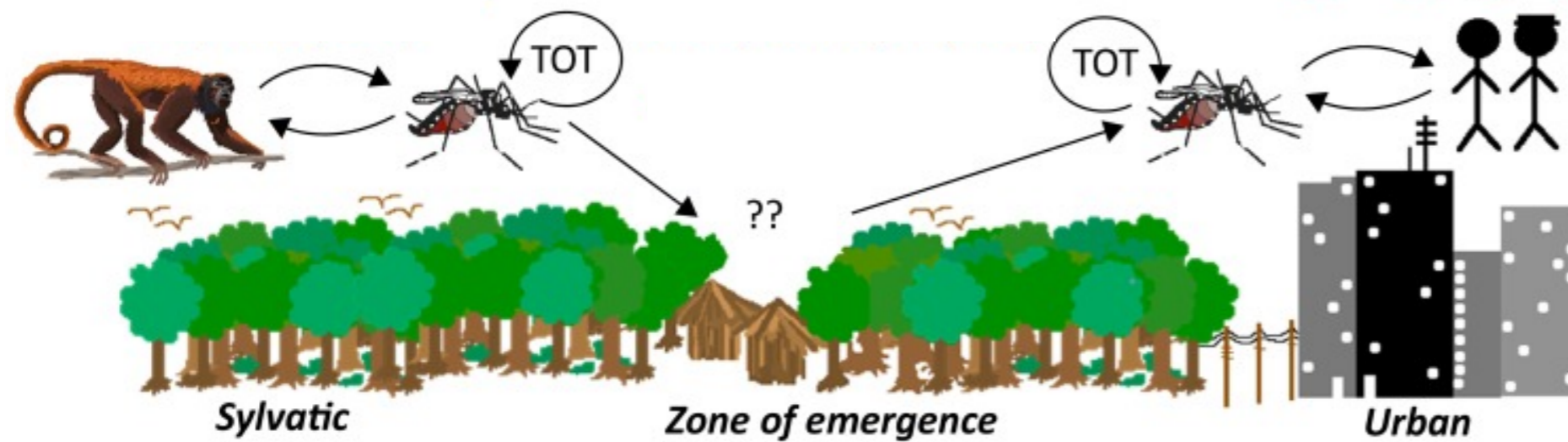
JEV – Japanese encephalitis virus

# Emergence d'un nouveau pathogène humain: de l'importance des réservoirs animaux

- virus à l'origine limité à la faune sauvage

- contacts humains  
- changement de vecteur

- déplacements des personnes infectées  
- présence de vecteurs  
- populations denses



**DENV**  
*Ae. luteocephalus* (Africa)  
*Ae. furcifer* (Africa)\*  
*Ae. niveus* spp. (SE Asia)\*  
*Chlorocebus sabaues* (Africa)  
*Papio papio* (Africa)  
*Erythrocebus patas* (Africa)  
*Macaca fascicularis* (SE Asia)  
*Macaca nemestrina* (SE Asia)  
*Presbytis* spp (SE Asia)

*Ae. furcifer* (Africa)\*  
*Ae. albopictus* (SE Asia)

*Ae. aegypti aegypti* (global)  
*Ae. albopictus* (global)  
*Ae. polynesiensis* (Polynesia)  
*Homo sapiens*

## Intensification des contacts humains:

- augmentation population
- habitat près de la jungle
- exploitation forestière
- déforestation

## Changement de vecteur:

- vecteur péri-domestique
- adaptation du virus éventuellement nécessaire (pas le cas pour la Dengue)

# De l'émergence d'une maladie à la pandémie

## Extension des distributions géographiques des vecteurs:

- intensification des transports mondiaux
- réchauffement climatique
- résistance aux insecticides

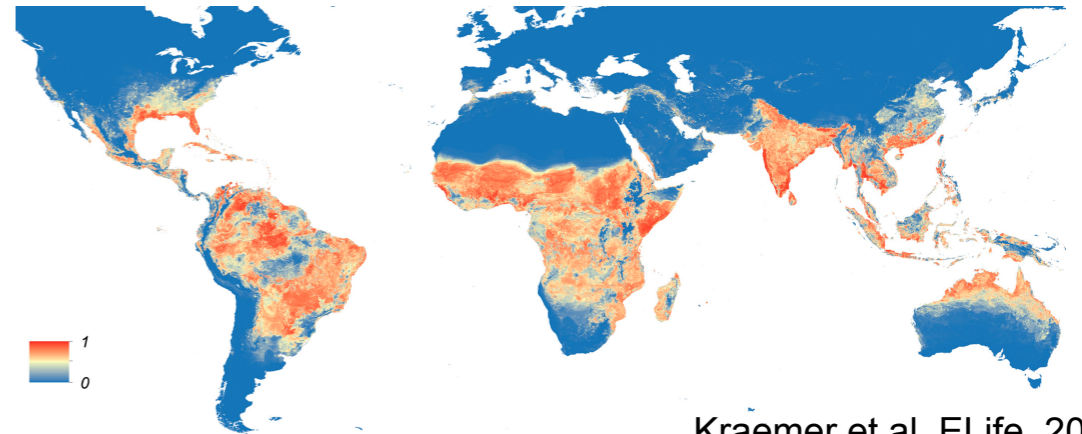
## Importations de personnes infectées dans de nouvelles régions:

- intensification des transports mondiaux

## Rapide diffusion de l'agent pathogène:

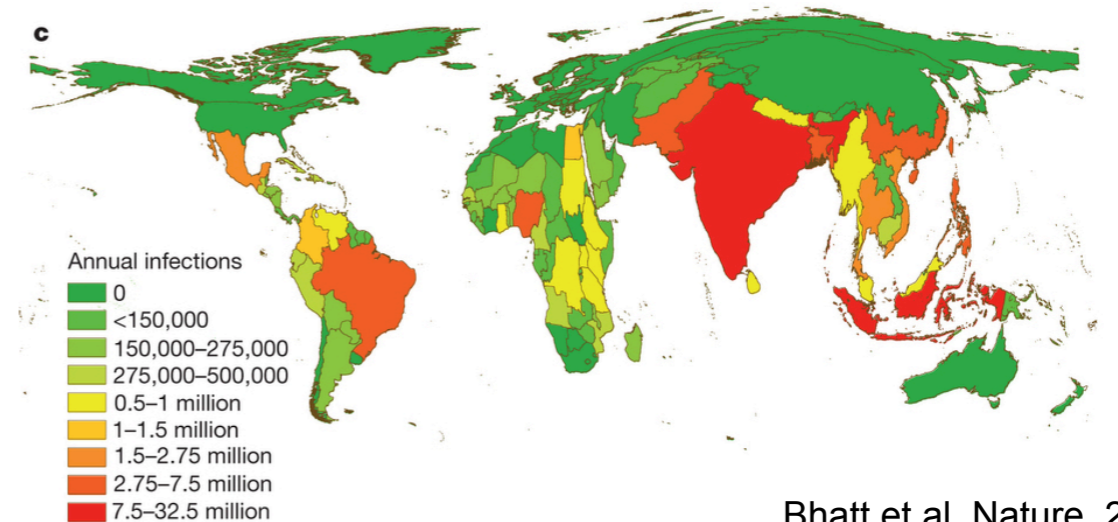
- absence d'immunité contre le pathogène
- absence de traitement

Distribution géographique *Aedes aegypti*



Kraemer et al, ELife, 2015

Nombre d'infections par la Dengue par an



Bhatt et al, Nature, 2013



# Tous responsables!

## L'Europe n'est pas à l'abri d'épidémies d'origine tropicale:

- moustiques vecteurs bien implantés et en expansion
- nombreux entrants en provenance de régions endémiques
- changement climatique

## Tous responsables!

- s'informer et respecter les recommandations
- se protéger (vaccins, moustiquaires...)
- ne pas élever des moustiques dans son jardin!!!!
- chaque effort contre le réchauffement climatique compte

## Plus d'information...

<http://www.invs.sante.fr>

<https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical>

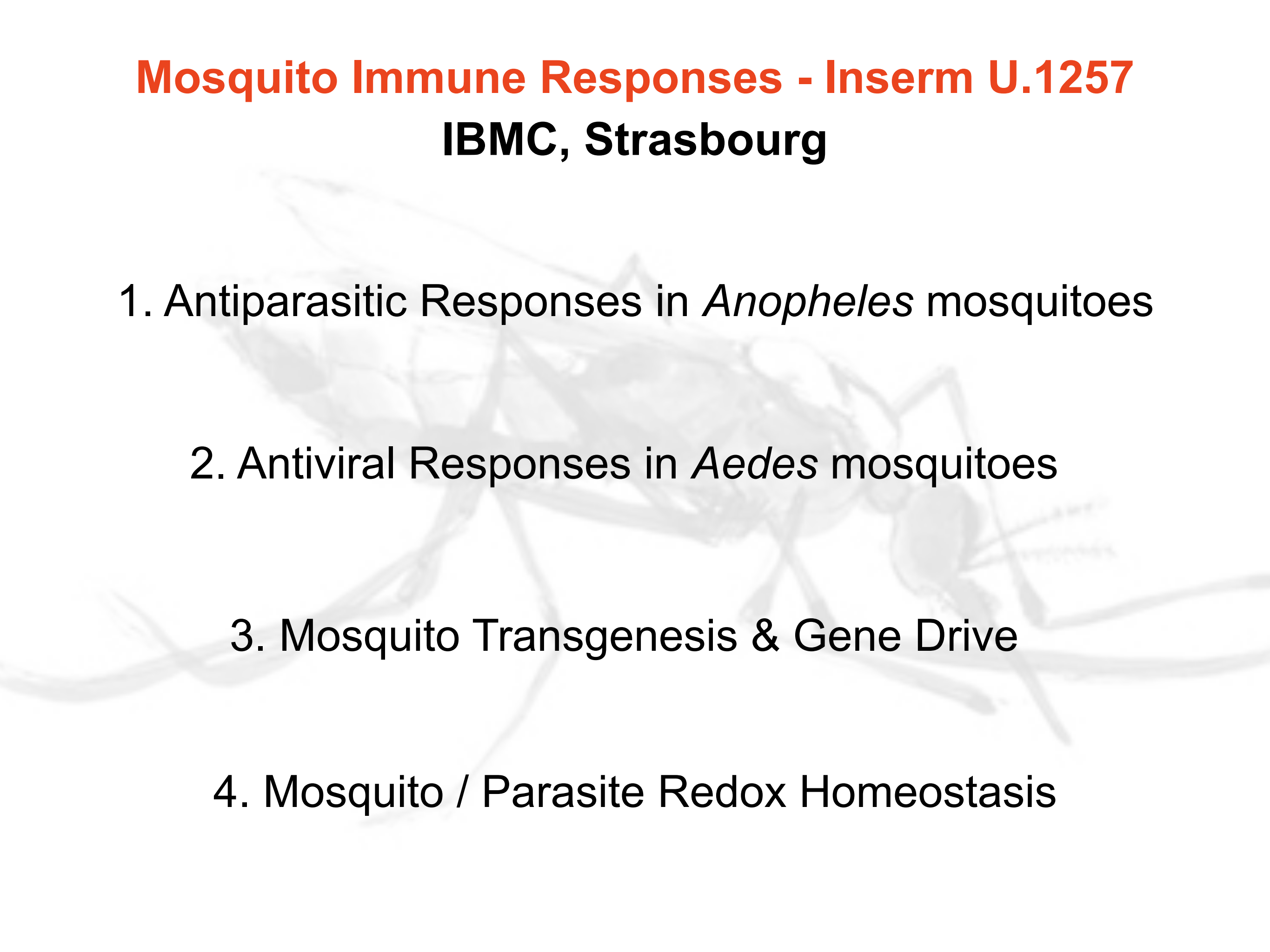
<http://www.ecdc.europa.eu/en/Pages/home.aspx>

<http://www.cdc.gov>



# Mosquito Immune Responses - Inserm U.1257

## IBMC, Strasbourg

1. Antiparasitic Responses in *Anopheles* mosquitoes
  2. Antiviral Responses in *Aedes* mosquitoes
  3. Mosquito Transgenesis & Gene Drive
  4. Mosquito / Parasite Redox Homeostasis
- 
- A faint, light-colored illustration of a mosquito is visible in the background, centered behind the text. The mosquito is shown from a side profile, with its legs, wings, and proboscis clearly visible.

# Acknowledgements



E. Marois  
R. Proveti-Olmo  
D. Klug  
R. Mela-Lopez  
E. Green  
V. Khobragade  
B. Feufack  
W. Perry

N. Jelly  
N. Schallon  
A. Gautier  
M. Burckbuchler  
A. Dubromelle  
E. Jaouen

## ***Collaborations:***

S. Nsango / I. Morlais (OCEAC, Cameroon)  
E. Davioud-Charvet (ECPM, Strasbourg)  
C. Janse (LUMC, Netherlands)  
K. Becker (Giessen University, Germany)  
B. Meunier (Paris-Saclay, France)  
J. Clain (U. Paris, Pharma)

## ***Affiliations & Funding:***

