

A rural landscape featuring a pond in the foreground, surrounded by lush green grass and trees. In the background, there are several haystacks and a small building, possibly a farm or a village. The scene is bright and sunny, with a clear sky.

Vecteurs et environnement pour support de l'émergence virale

Didier Fontenille, Christophe Paupy

Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
UR016 – vectopôle, Montpellier, France
www.mpl.ird.fr/ur016

Qu'est ce qu'un arbovirus ?

Qu'est ce qu'un vecteur d'arbovirus ?

La spécificité Vecteur – Hôte – Virus

Le rôle de l'environnement : la capacité vectorielle

3 exemples

Chikungunya et *Aedes albopictus*

West Nile et *Culex sp.*

Encéphalite à Tique et *Ixodes sp.*

Quelles leçons tirer de ces émergences ?

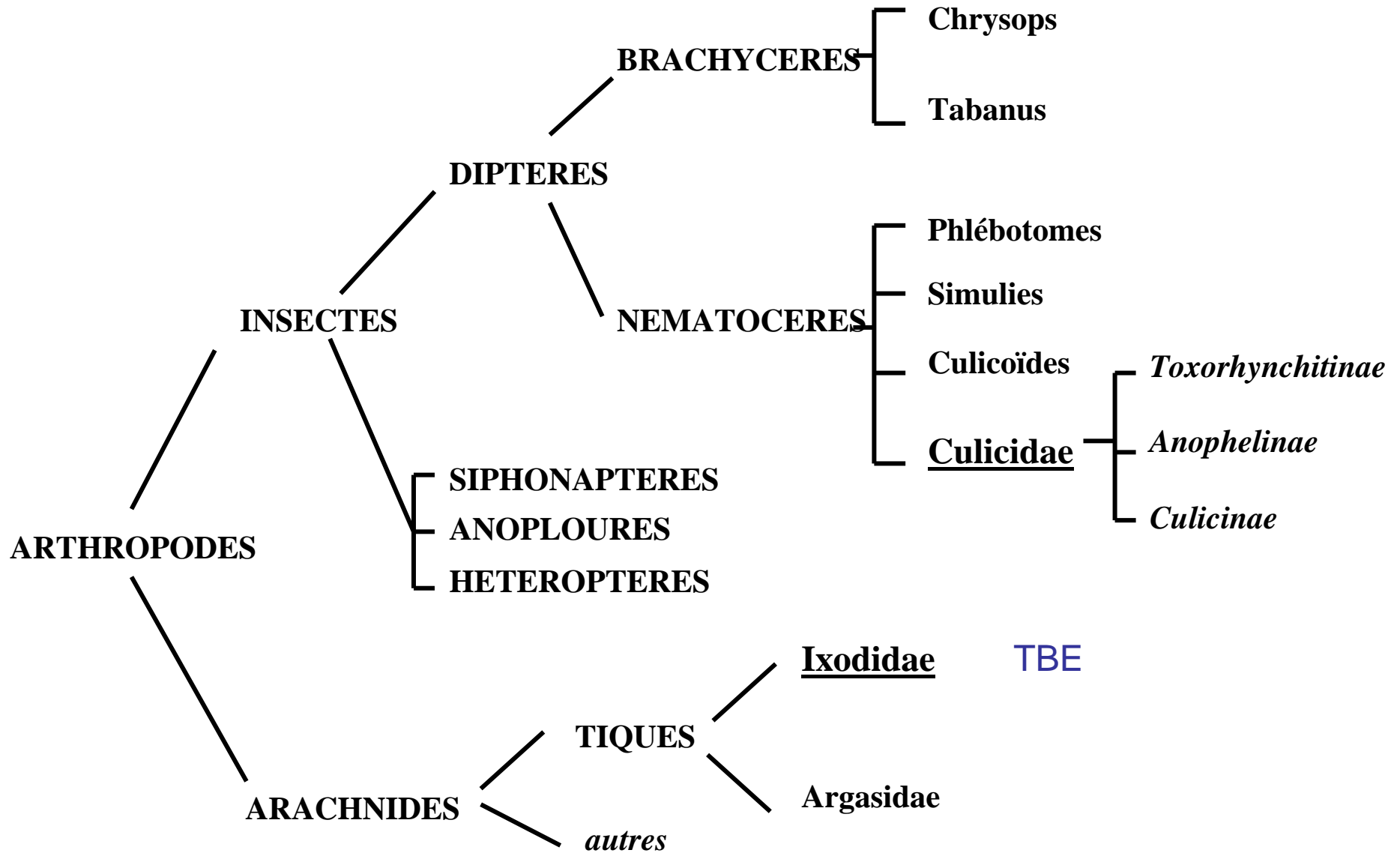
Qu'est ce qu'un arbovirus

- Définition :
 - Arthropod Borne virus : Virus transmis biologiquement par des arthropodes.
 - L'usage a réservé l'exclusivité du terme aux virus pathogènes pour les vertébrés
- Importance des arbovirus
 - Plus de 600 arbovirus actuellement recensés et leur nombre ne cesse de croître.
 - Plus de 100 sont pathogènes pour l'homme, essentiellement en milieu tropical
 - Une quarantaine est à l'origine de maladies animales identifiées

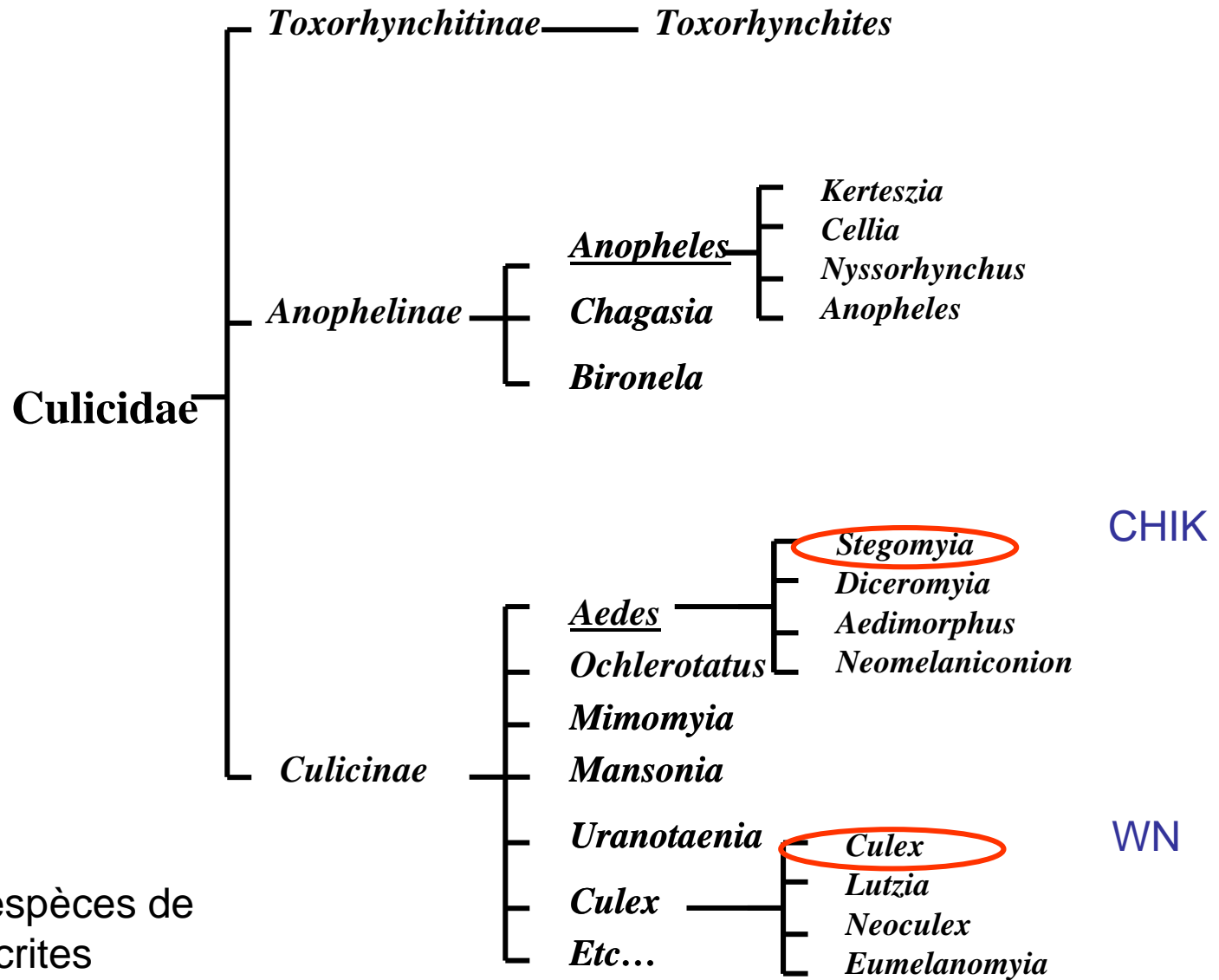
Manifestations pathologiques des arbovirus chez l'homme

- Infection inapparente
- Syndromes de type « dengue like »
 - syndromes fébriles aigus accompagnés de douleurs avec, parfois, éruptions et adénopathies
- Syndromes neurologiques
 - méningites, méningo-encéphalomyélites
- Syndromes hémorragiques
 - fièvres hémorragiques, avec ou sans état de choc

Qu'est ce qu'un vecteur d'arbovirus ?



Qu'est ce qu'un vecteur d'arbovirus ?



Près de 3300 espèces de moustiques décrites
35 genres

LA VECTION N'EST PAS LA REGLE, C'EST PLUTOT L'EXCEPTION

TRANSMISSION



RENCONTRE ET COMPTABILITE

(Euzet et Combes)

Pour le vecteur la transmission se passe à 3 niveaux

**DIMENSION
ECOLOGIQUE**

(cohabiter)

Vivre au même endroit

**DIMENSION
ETHOLOGIQUE**

(se rencontrer)

être en contact

**DIMENSION
CELLULAIRE**

(se reconnaître)

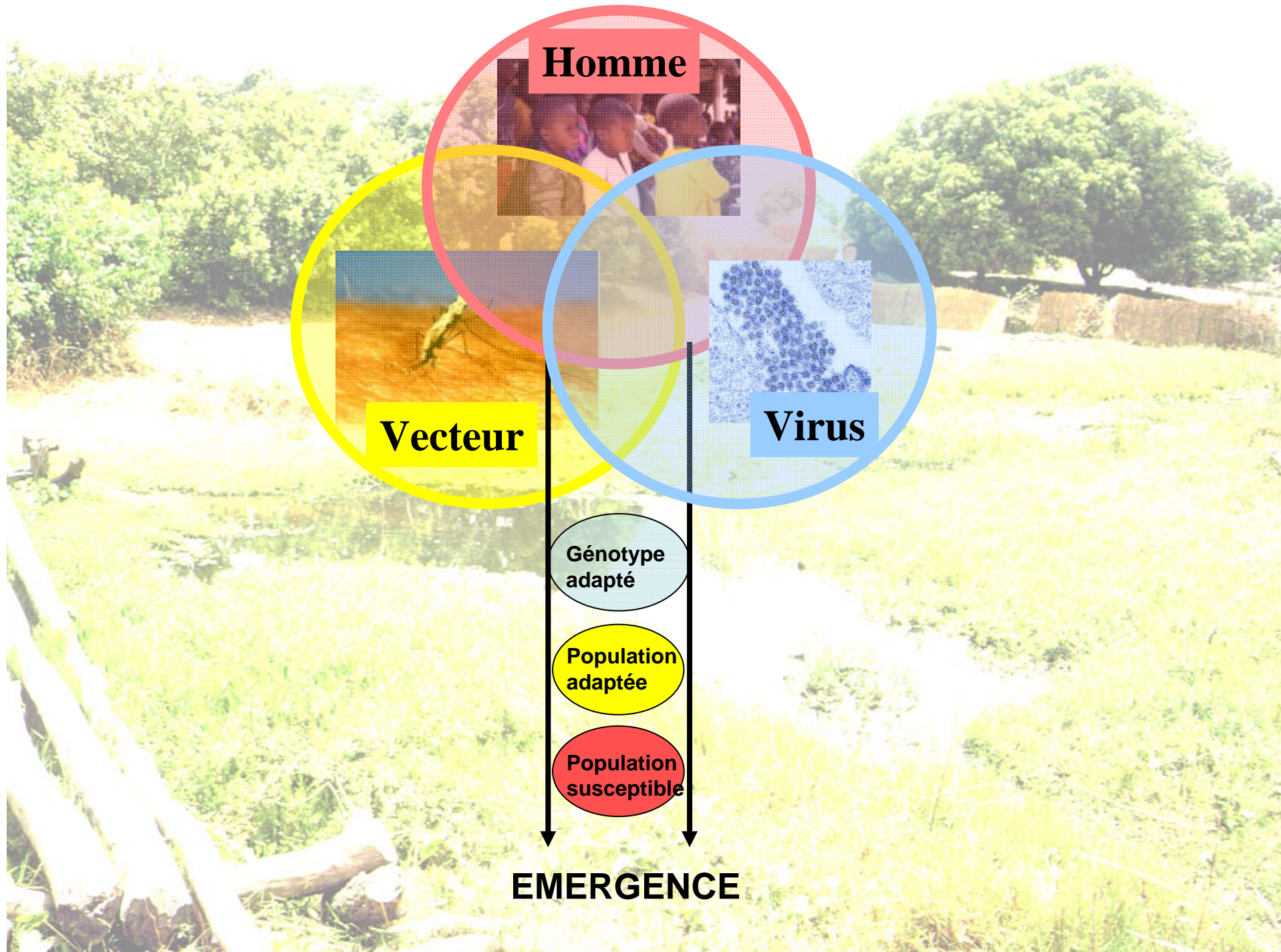
CAPACITE vectorielle

préférence trophique
longévité

COMPETENCE vectorielle

Barrière physique (membrane péritrophique)
récepteurs , immunité

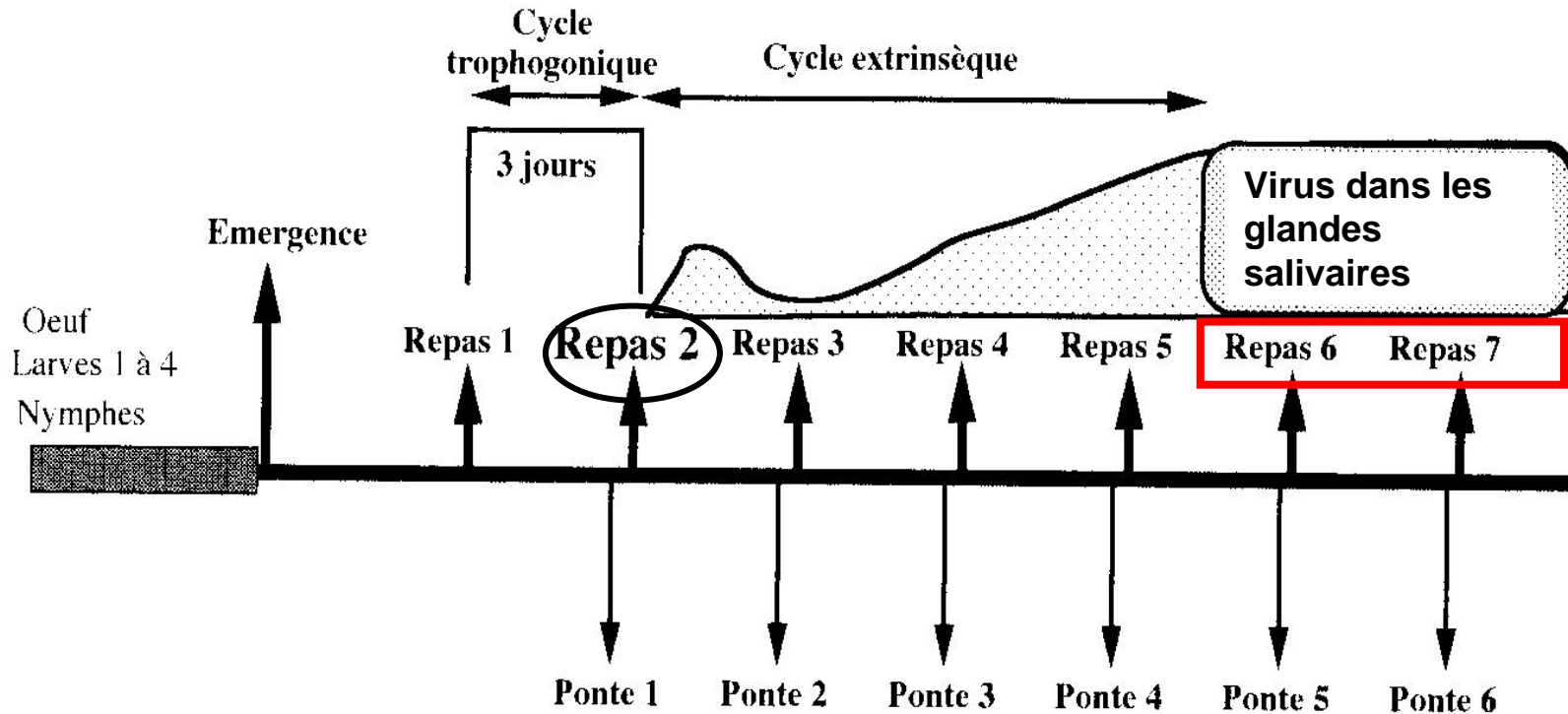
BASES GENETIQUES



ARBOVIROSES A MOUSTIQUES

CYCLE EXTRINSEQUE

CYCLE TROPHOGONIQUE



Repas 2 pris sur un hôte virémique

Durée de développement extrinsèque de 11 jours (fonction de virus, vecteur, et température)

Repas 6 et suivants infectants

Capacité vectorielle des populations

R₀ = TAUX DE REPRODUCTION DE BASE
Nombre de nouveaux cas attendus à partir d'un cas

$$R_0 : \frac{\overbrace{ma \cdot a \cdot p^n}^{\text{CAPACITE VECTORIELLE}} \times \underbrace{b}_{\substack{\text{Fct GENETIQUES} \\ \text{Compétence vectorielle}}} \times \underbrace{\frac{1}{r}}_{\text{HOMME}}}{-\ln. p}$$

- ma :** taux d'agressivité (Nombre de piqûres / 24h)
- a :** Nombre de repas pris sur homme / 24h par un moustique
- p :** taux quotidien de survie d'une population de moustiques
- n :** durée du cycle extrinsèque du virus
- b :** "compétence vectorielle" (proportion de piqûres réellement infectantes)
- r :** taux de négativation de l'hôte
(1/r = durée de la période infectieuse pour les moustiques)

CAPACITE VECTORIELLE

$$CV : \frac{ma \cdot a \cdot p^n}{-\ln. p}$$

- ma** : taux d'agressivité (Nb piqûres / 24h)
a : Nb repas pris sur homme / 24h par un moustique
p : taux quotidien de survie d'une population
n : durée du cycle extrinsèque du virus

TOUTES CES VARIABLES DEPENDENT DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CLIMAT :

- ma (densité) :** température, pluies (gîtes), vent
a : présence des hommes vs animaux
p : température, hygrométrie
n : température

3 exemples :

Chikungunya et *Aedes albopictus*

West Nile et *Culex sp.*

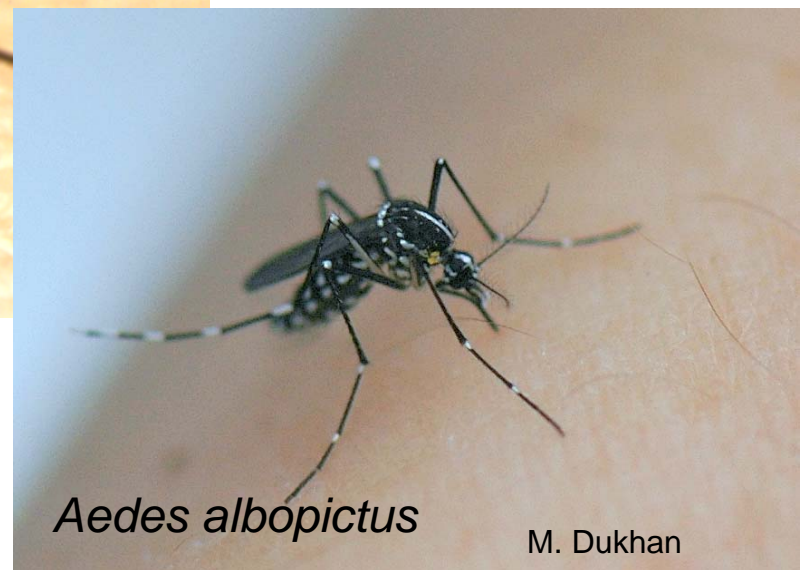
Encéphalite à Tique et *Ixodes sp.*

Chikungunya et *Aedes albopictus*



JP Hervy

Aedes aegypti



Aedes albopictus

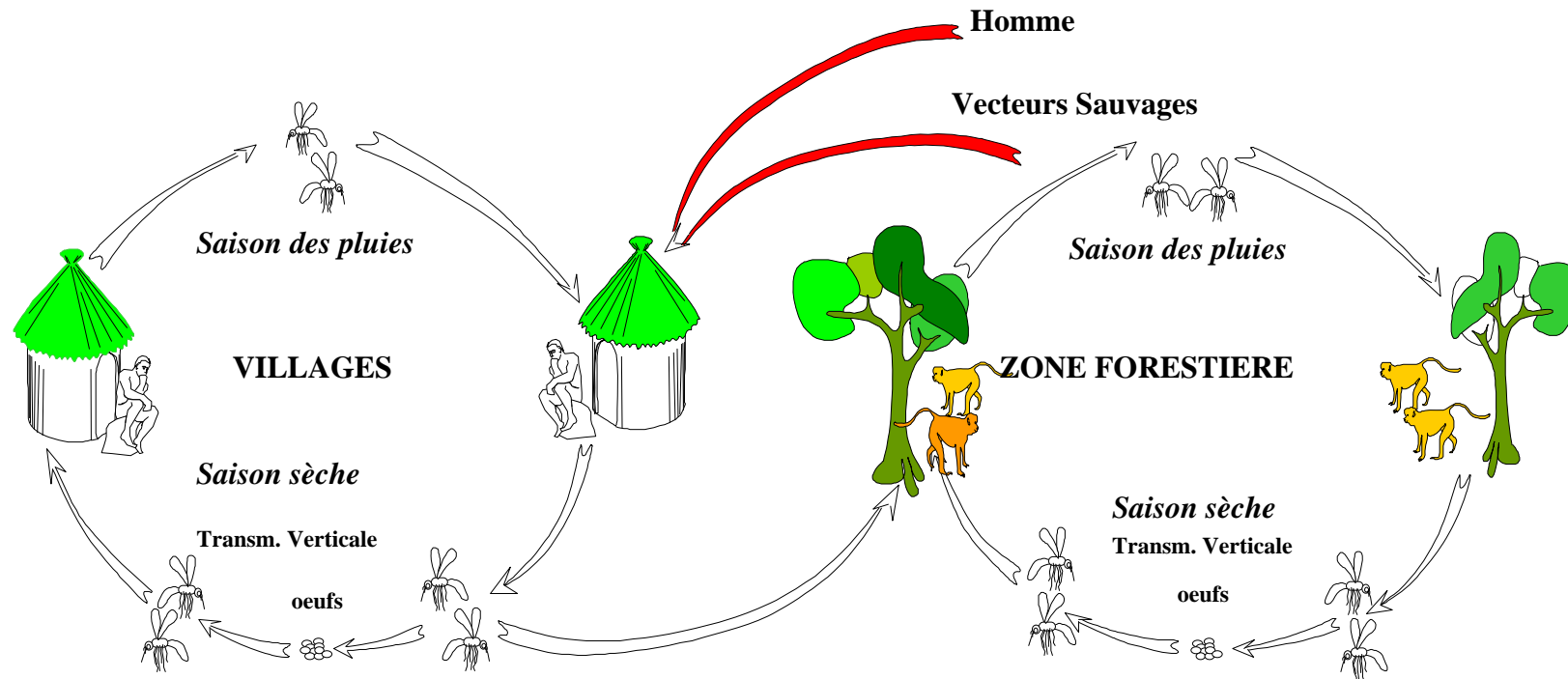
M. Dukhan

Aedes aegypti
+ *Aedes furcifer, Ae. luteocephalus*

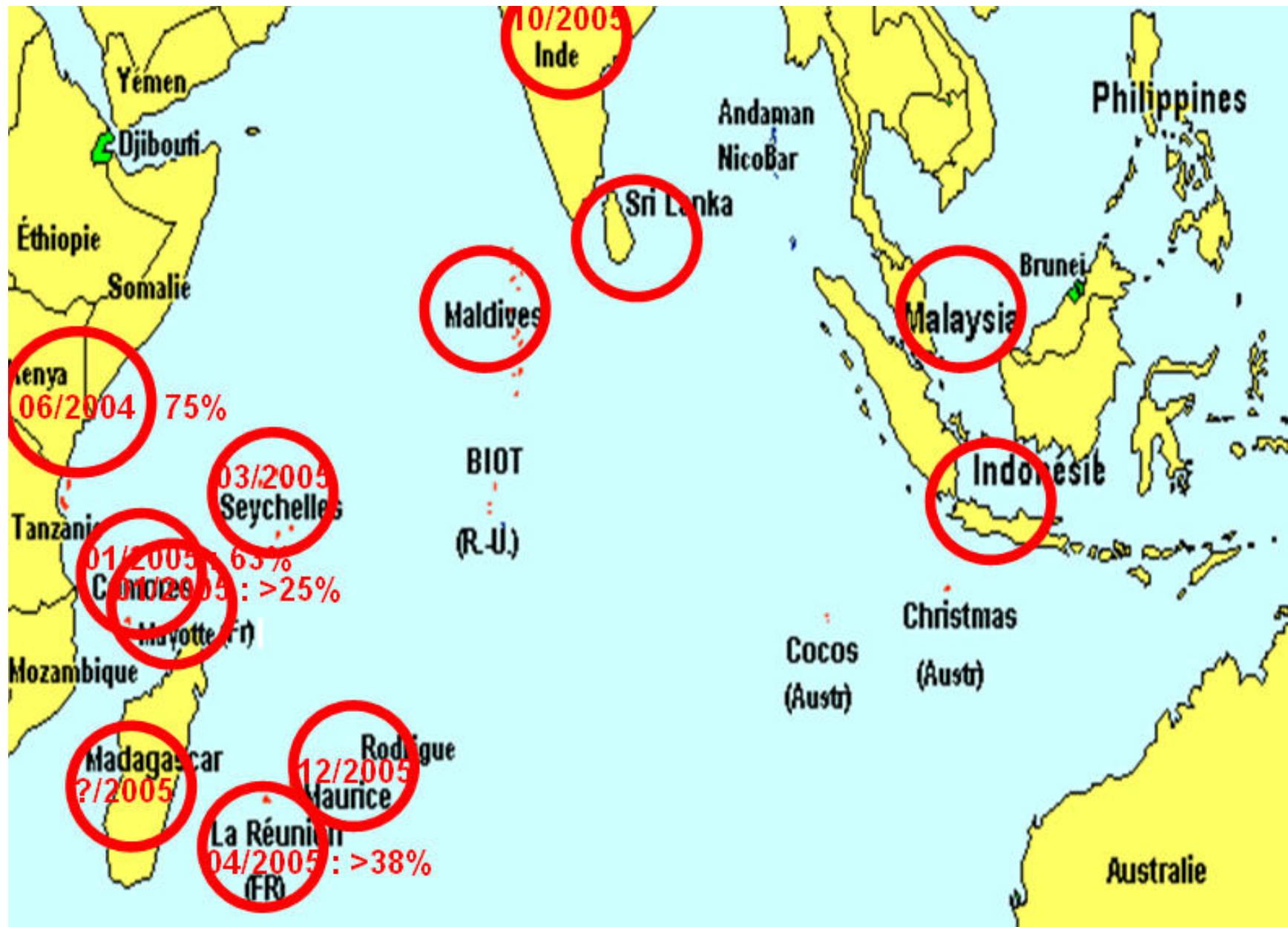
= VECTEURS DOMESTIQUES

Aedes furcifer, Ae. luteocephalus, Ae. metallicus, Ae. africanus

= VECTEURS SAUVAGES



LE VIRUS CHIKUNGUNYA EN AFRIQUE DE L' OUEST

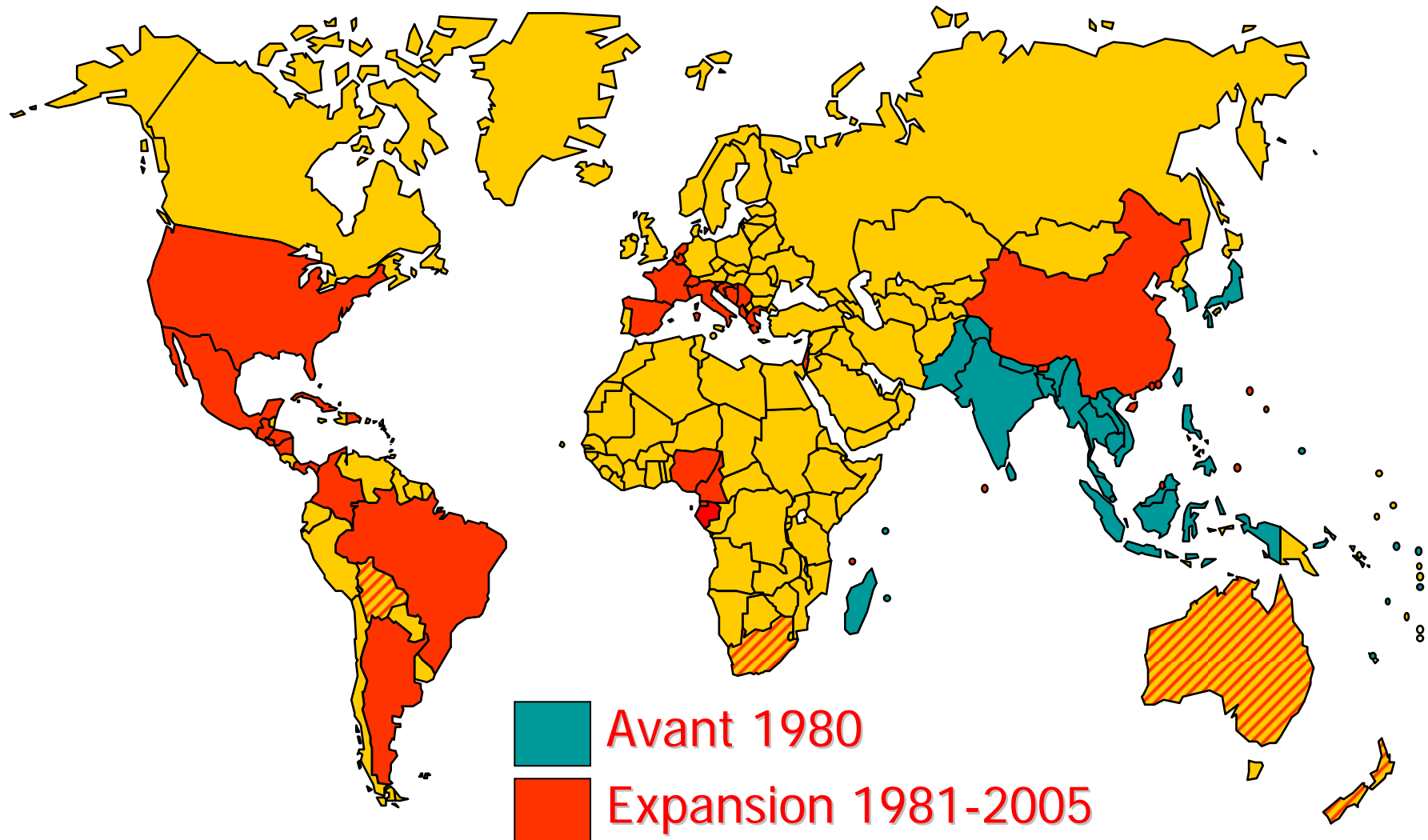


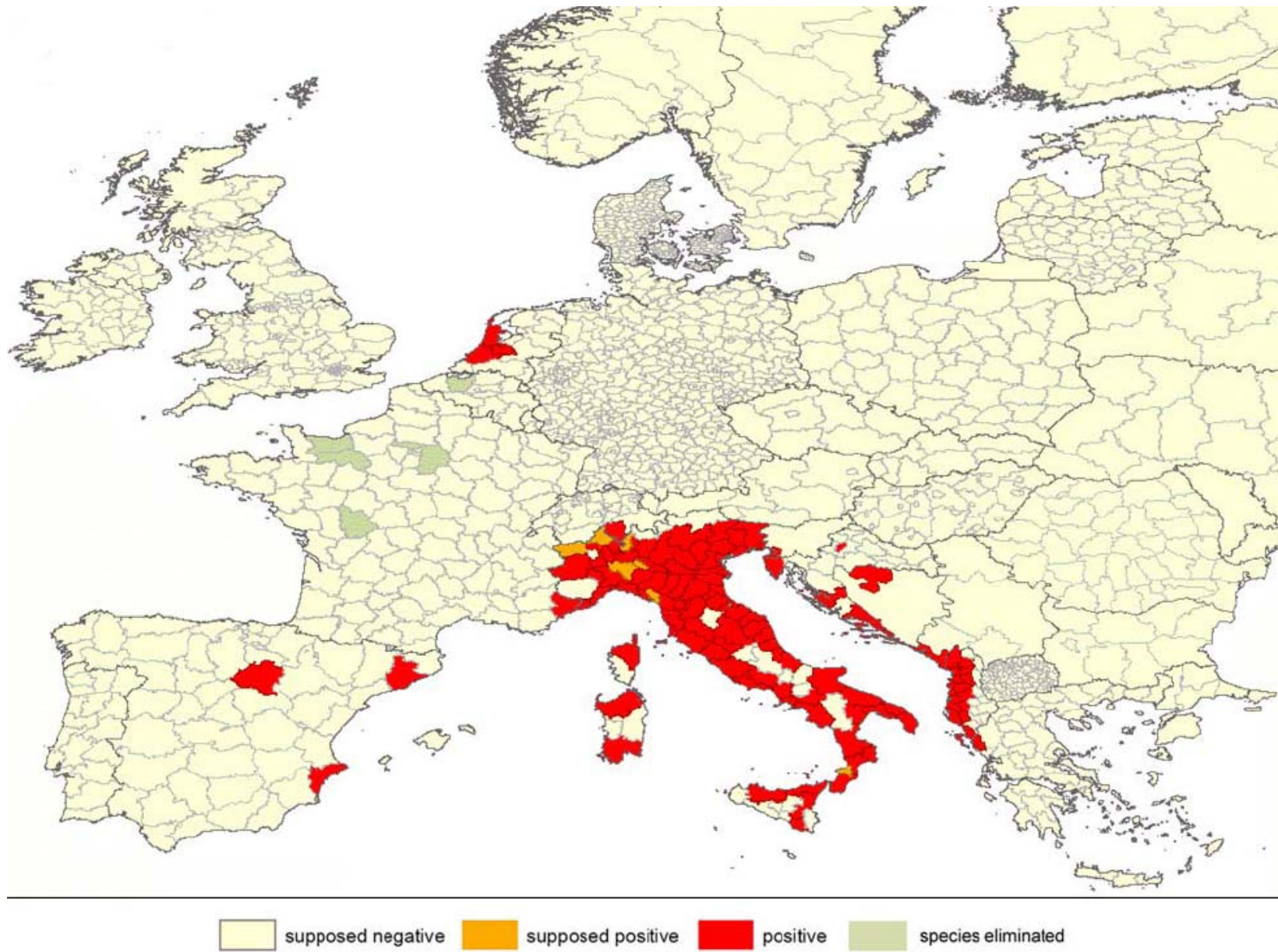
Aedes albopictus



Photos Michel Dukhan

Distribution actuelle connue d'*Aedes albopictus* par pays





Sholte & Schaffner 2007

Distribution d'*Aedes albopictus* en janvier 2007

Aedes albopictus

Photos P Delaunay Nice



Aedes albopictus à Nice
photo P. Delaunay



Aedes albopictus à Nice
photo P. Delaunay



Aedes albopictus à Nice
photo P. Delaunay



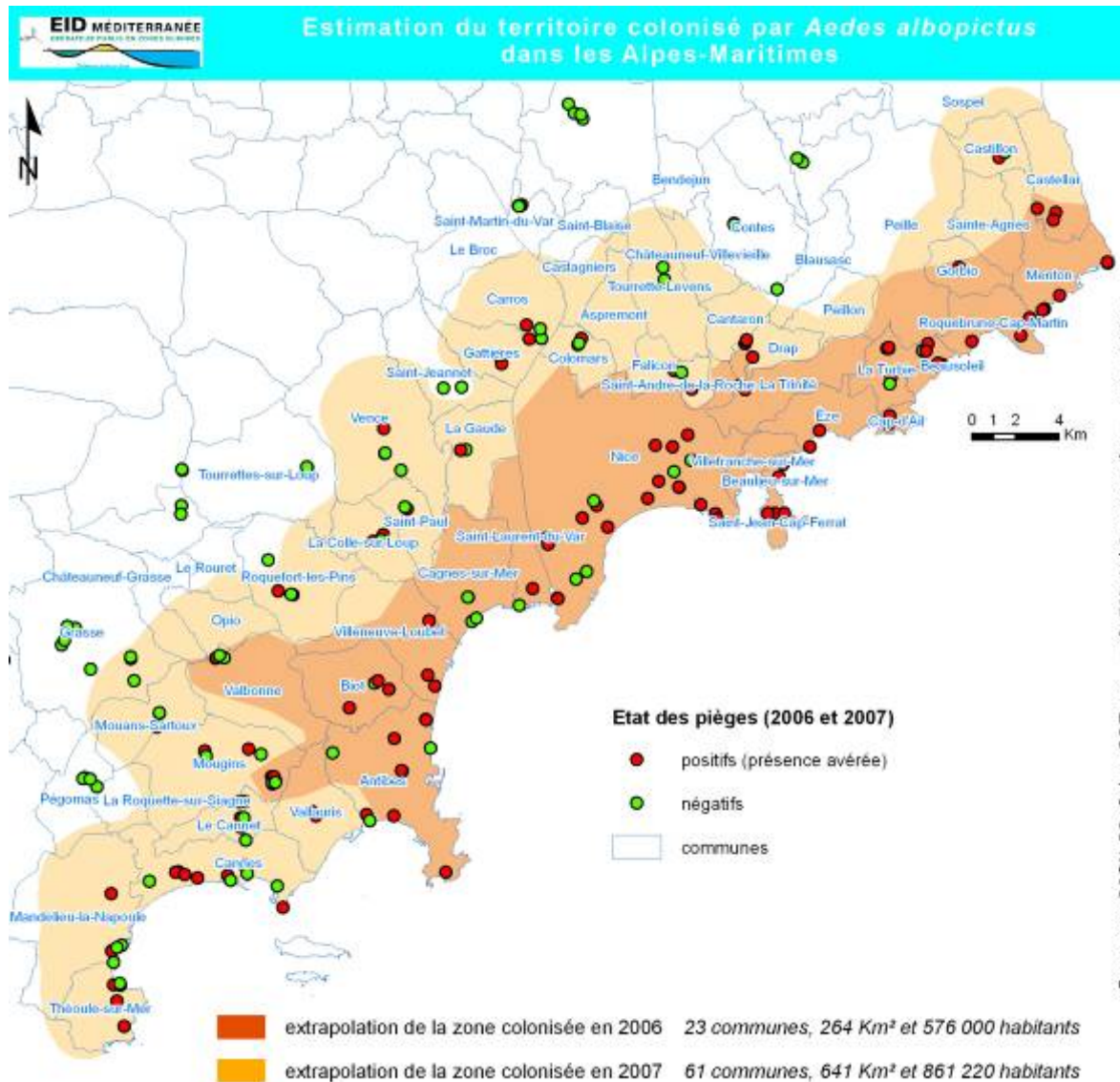
Aedes albopictus à Nice
photo P. Delaunay



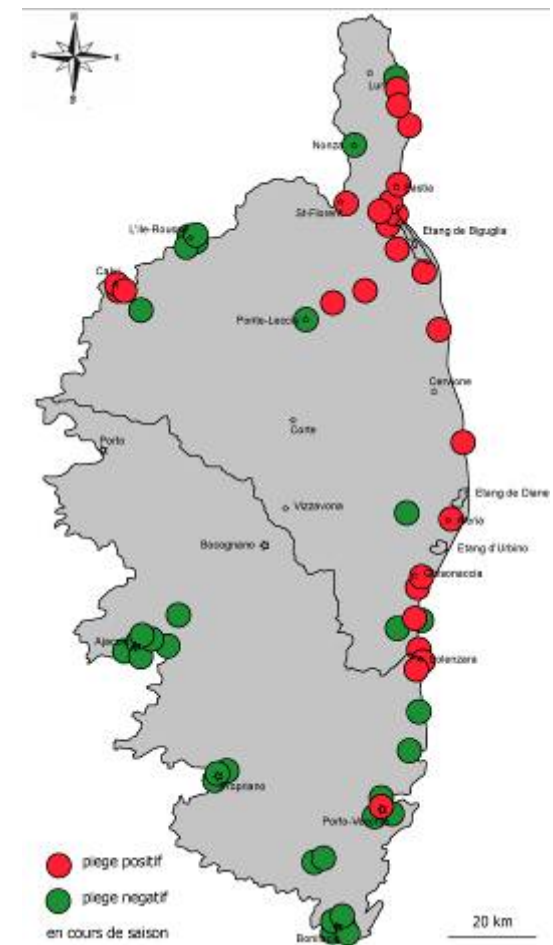
Aedes albopictus à Nice
photo P. Delaunay



Photos EID Ch. Jeannin



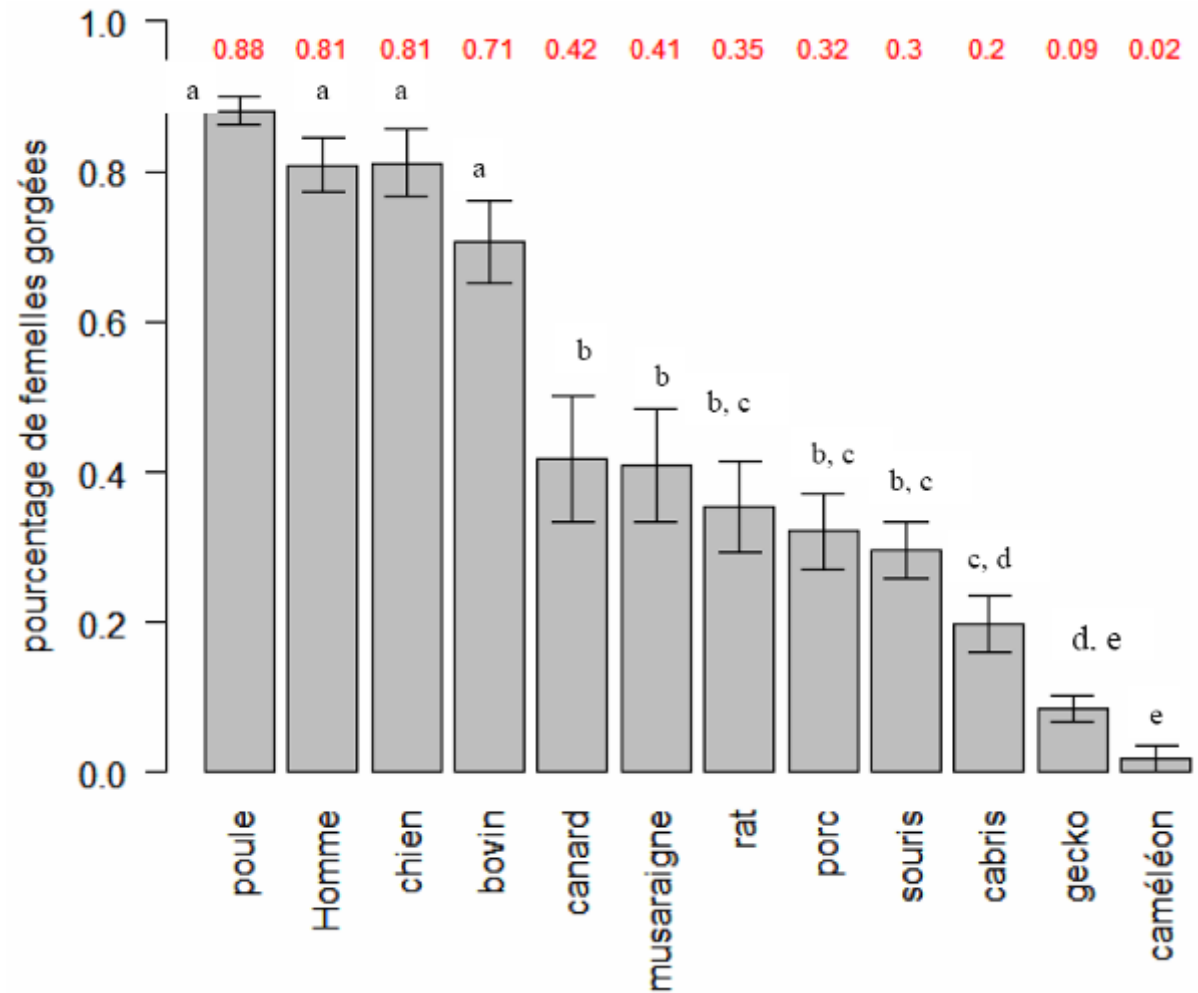
EID Ch. Jeannin



Carte H. Barré

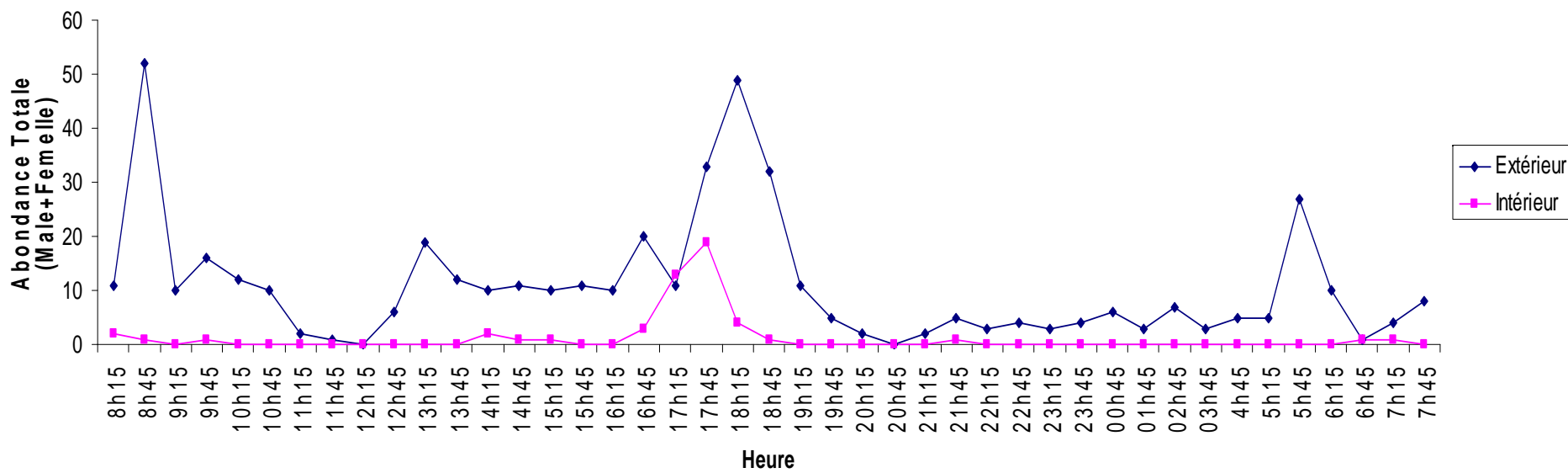


Préférence trophique d'*Ae. albopictus* de la Réunion



Delatte et al. unpublished results

Activité nyctémérale *Aedes albopictus*



Delatte et al. unpublished results



Larves et Nymphes
du terrain



Adultes F0



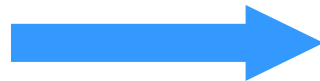
Repas de sang



Oeufs

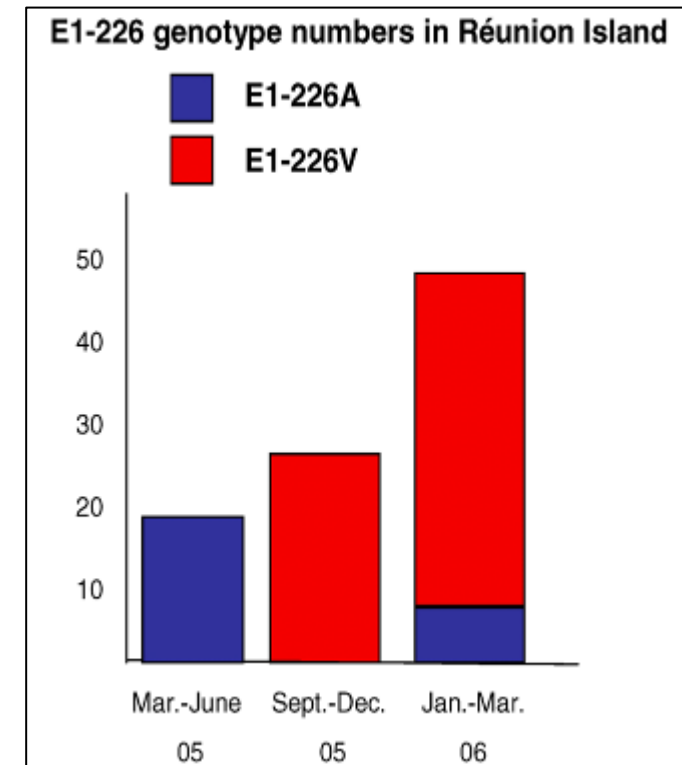
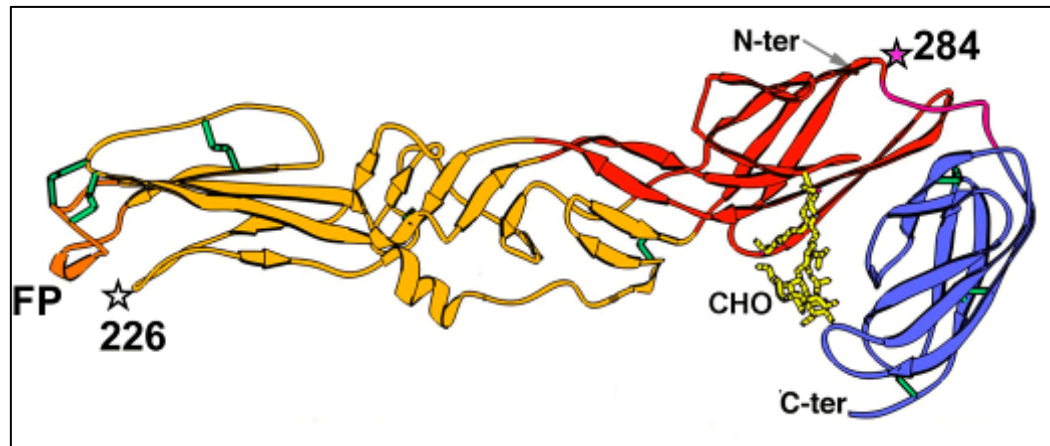


Adultes F1



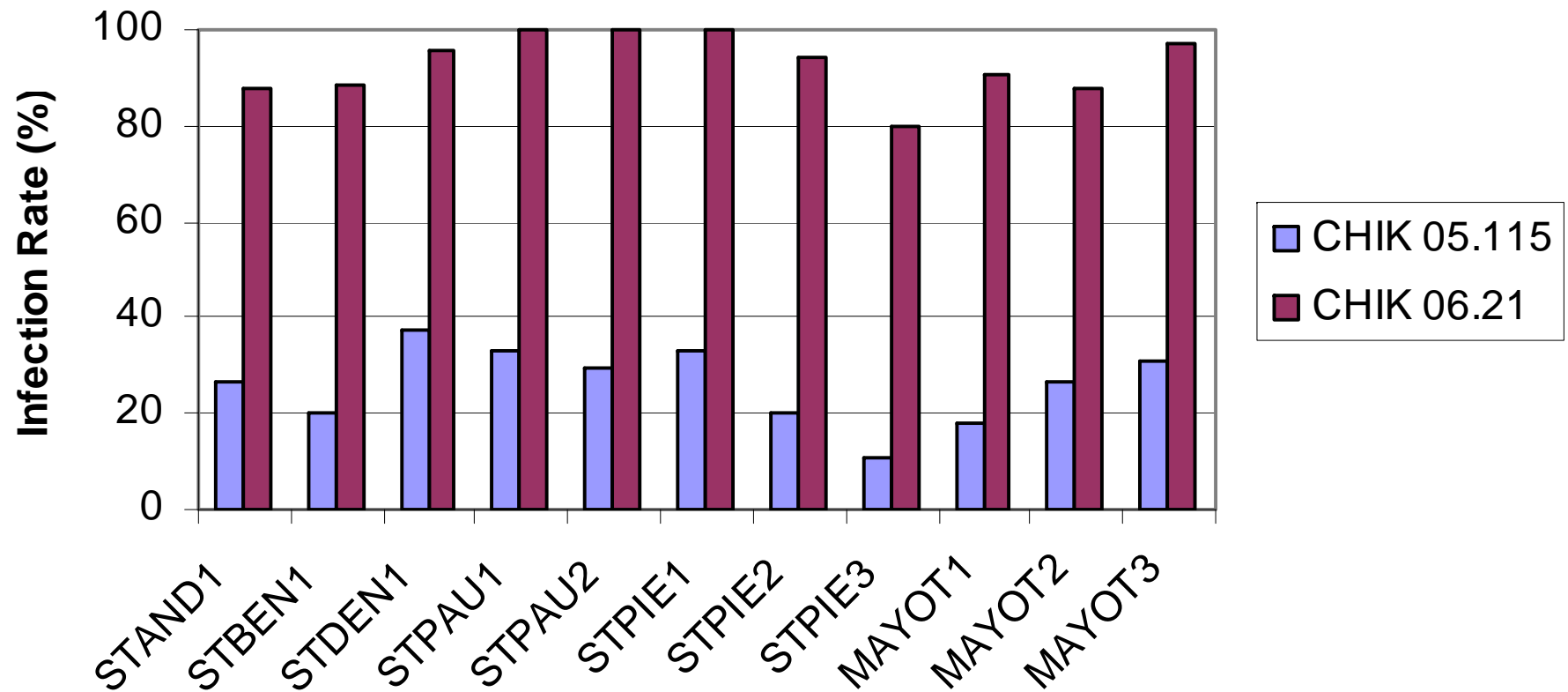
Compétence vectorielle

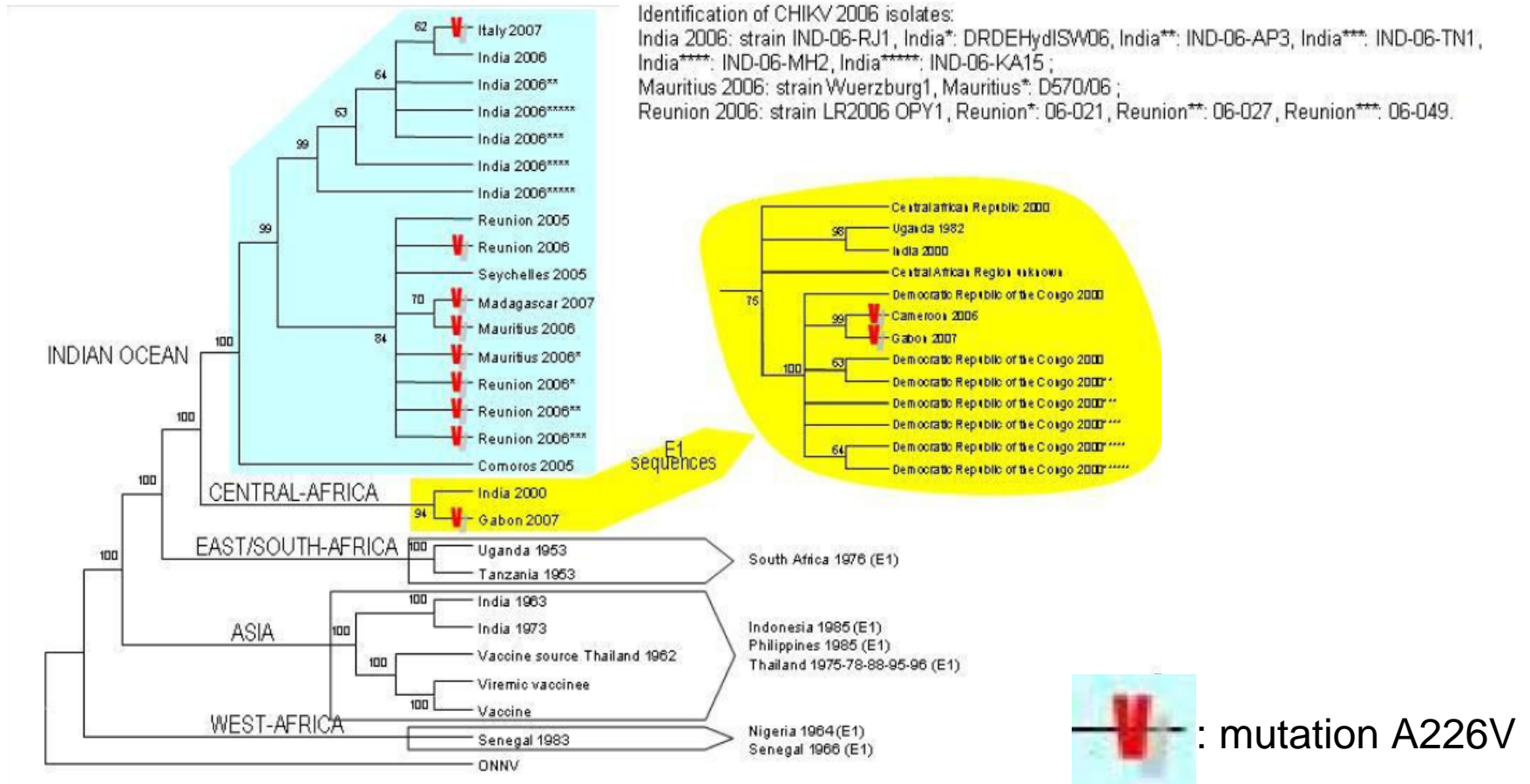
Polymorphisme du virus Chikungunya



Schuffenecker *et al.* (2006)

Susceptibilité d'*Ae. albopictus* de la Réunion and Mayotte pour le virus Chikungunya





Sélection de la mutation CHIKV A226V concomitante de l'extension d'*Aedes albopictus*

De Lamballerie *et al.* 2008 *J. Virol.*

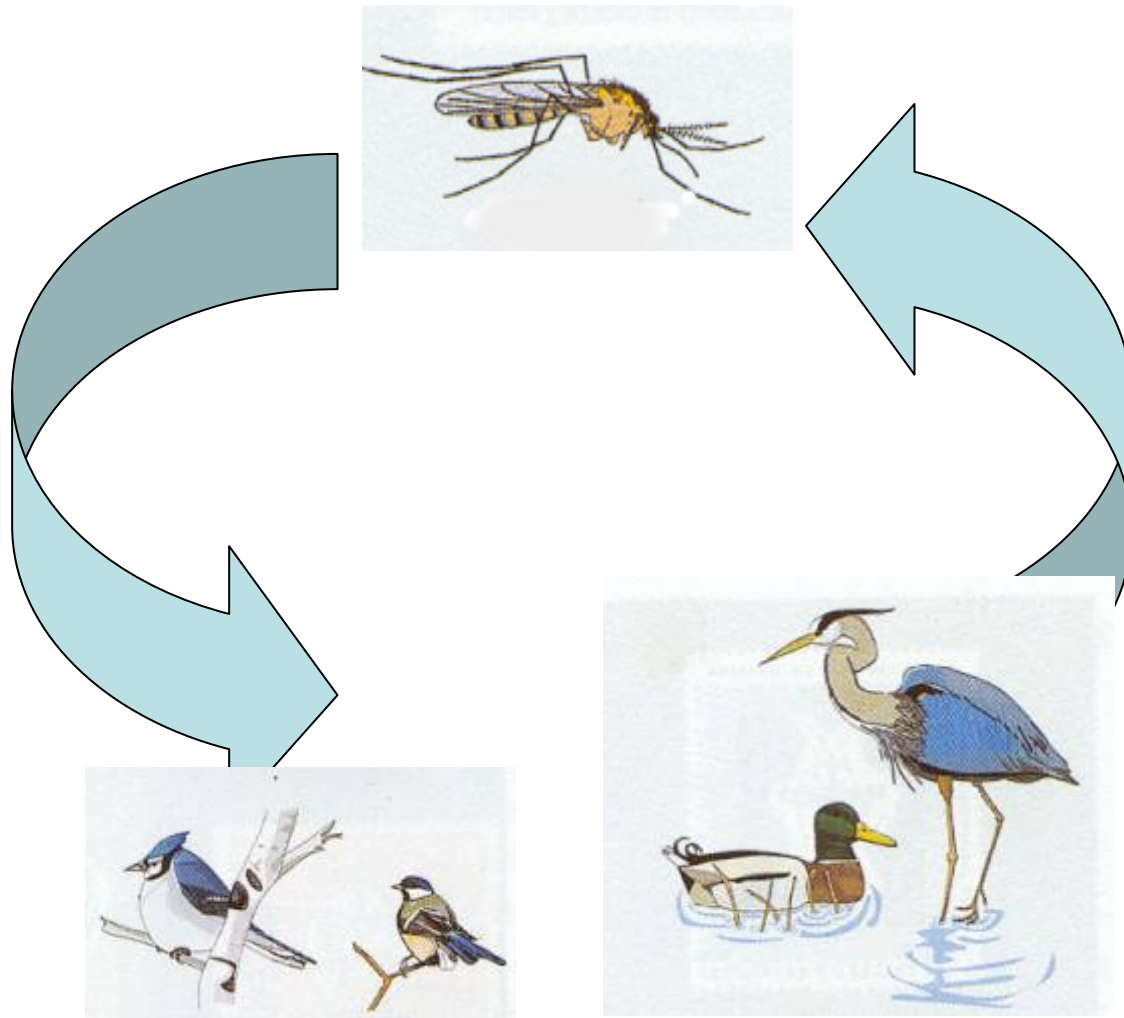


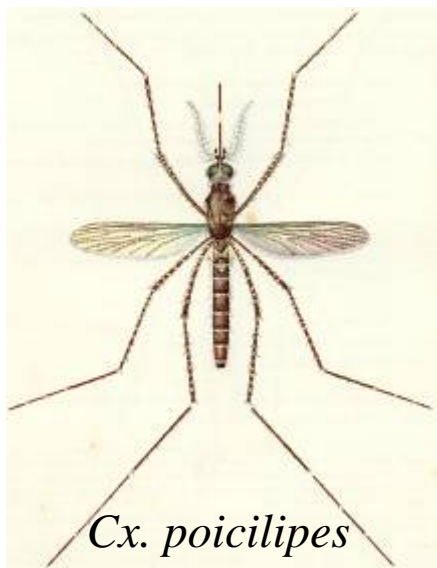
From De la Fuente Layos, L. 2006. Air transport in Europe in 2005. Statistics in focus, Transport. Eurostat publications KS-SF-07-008-EN-N

Augmentation du trafic de 8% par an

Importation de virus : 900 cas de Chikungunya reportés entre avril 2005 et janvier 2007 en France métropolitaine (Source InVS)

West Nile et *Culex* sp.





Les cycles du virus

Les cycles « classiques » sauvages

Plus de 30 espèces

Culex

*Culex univittatus, Cx. antennatus,
Cx. poicilipes, Cx modestus (Camargue)*



Mais aussi :

Aedes

Mimomyia

Mansonia

Aedeomyia

Anopheles

Coquillettidia

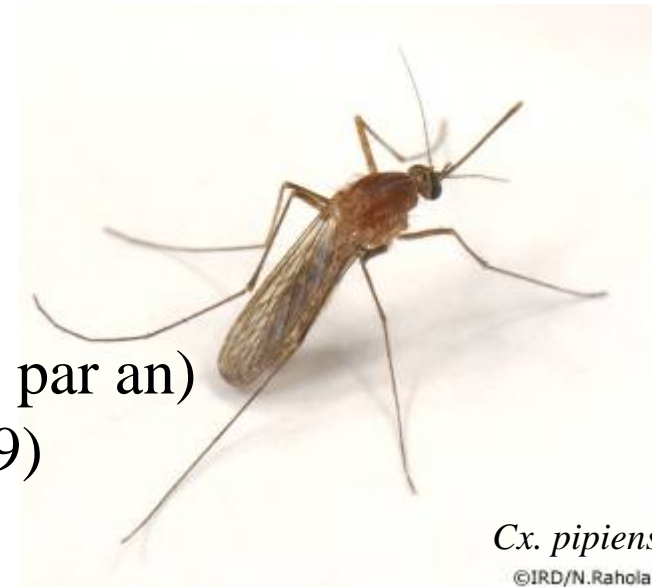
Tique : ***Amblyomma***

Les cycles du virus

Les cycles urbains

Culex

Cx. pipiens aux USA (depuis 1999 , > 3000 cas par an)
et en Europe (Bucarest 1996, Volgograd 1999)



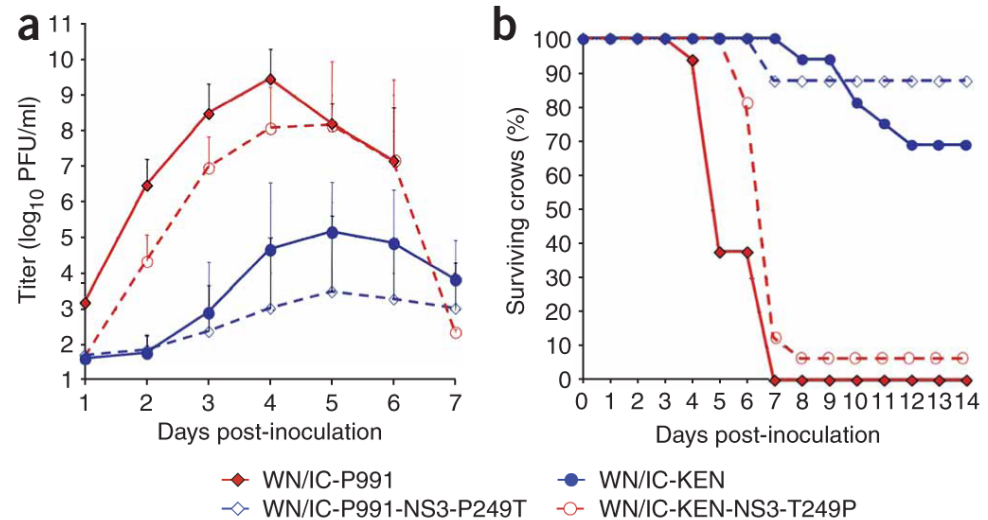
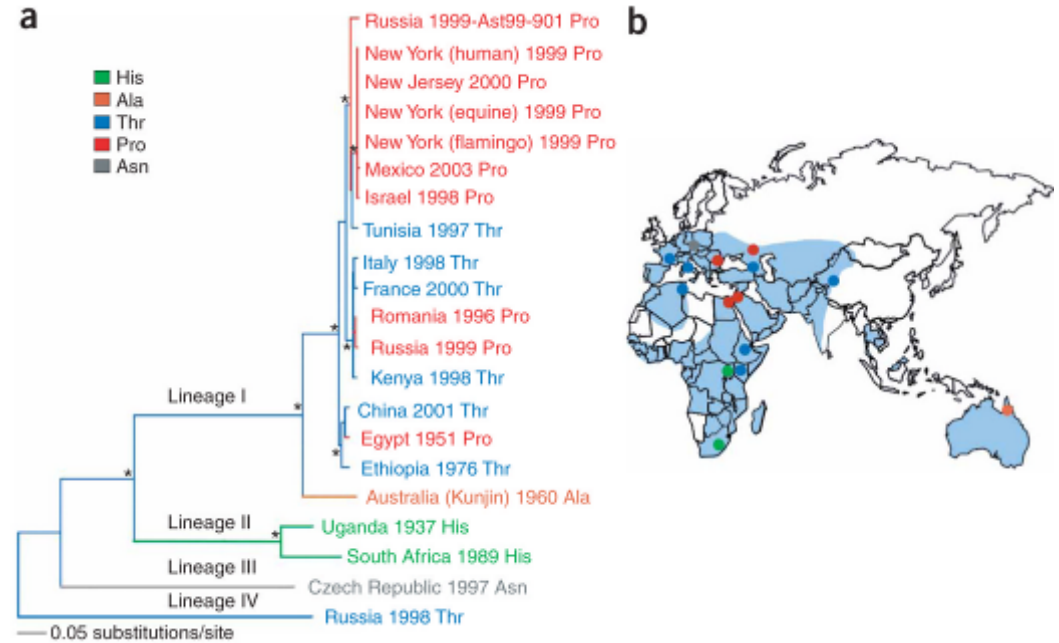
POURQUOI CETTE EMERGENCE RECENTE DE WEST NILE ?

Trois hypothèses non exclusives ^a

(1) Génotypes viraux :

sélection de génotypes viraux plus virulents pour les oiseaux et l'homme

Une mutation (NS3-T249P) sur le gène de l'hélicase pourrait expliquer la virulence des souches nord américaines pour les corneilles



Brault *et al.* 2007 Nat Genet

(2) Génotype du vecteur et comportement trophique de *Culex pipiens* s.l.

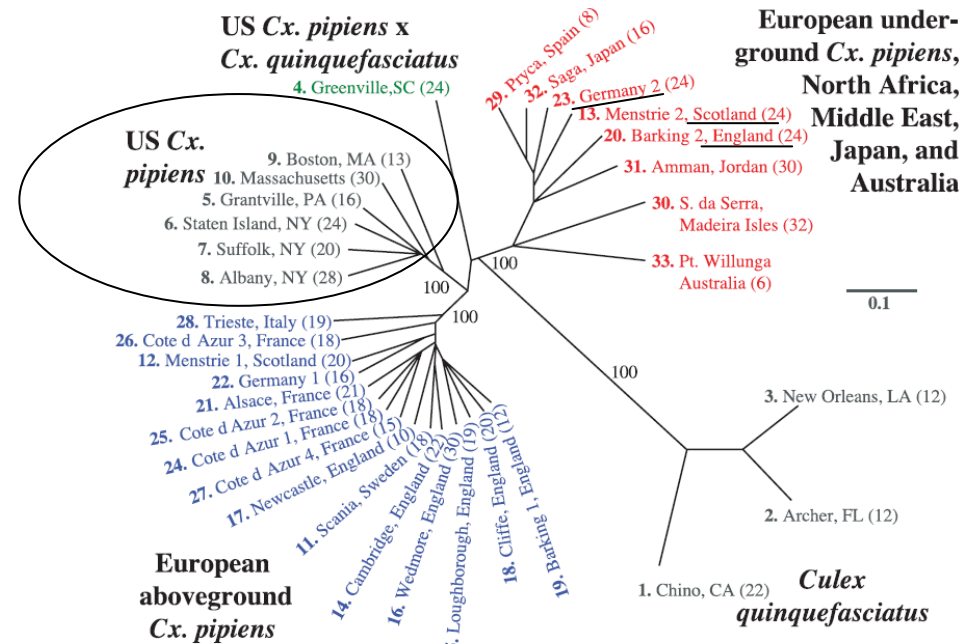
Des variations de comportements entre ornithophilie et mammophilie, supporté par un polymorphisme génétique, pourraient expliquer le passage du virus des oiseaux à l'homme et aux chevaux.

Des populations génétiquement différenciées de *Cx. pipiens* (*Cx. p. pipiens* et *Cx. p. molestus*) ont des comportements différents.

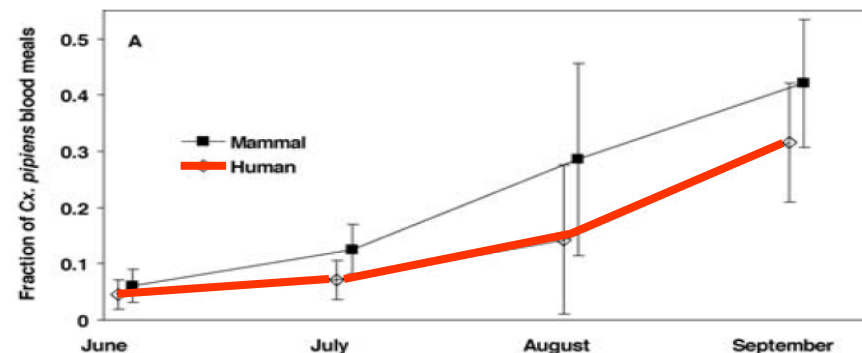
Le comportement trophique peut varier aux cours de la saison en fonction de la disponibilité des oiseaux

Fonseca *et al.* 2004. Science,
Kilpatrick *et al.* 2006. PLoS Biol.

Populations sténogames, autogènes, non diapausantes, anthropophiles= *Cx molestus*



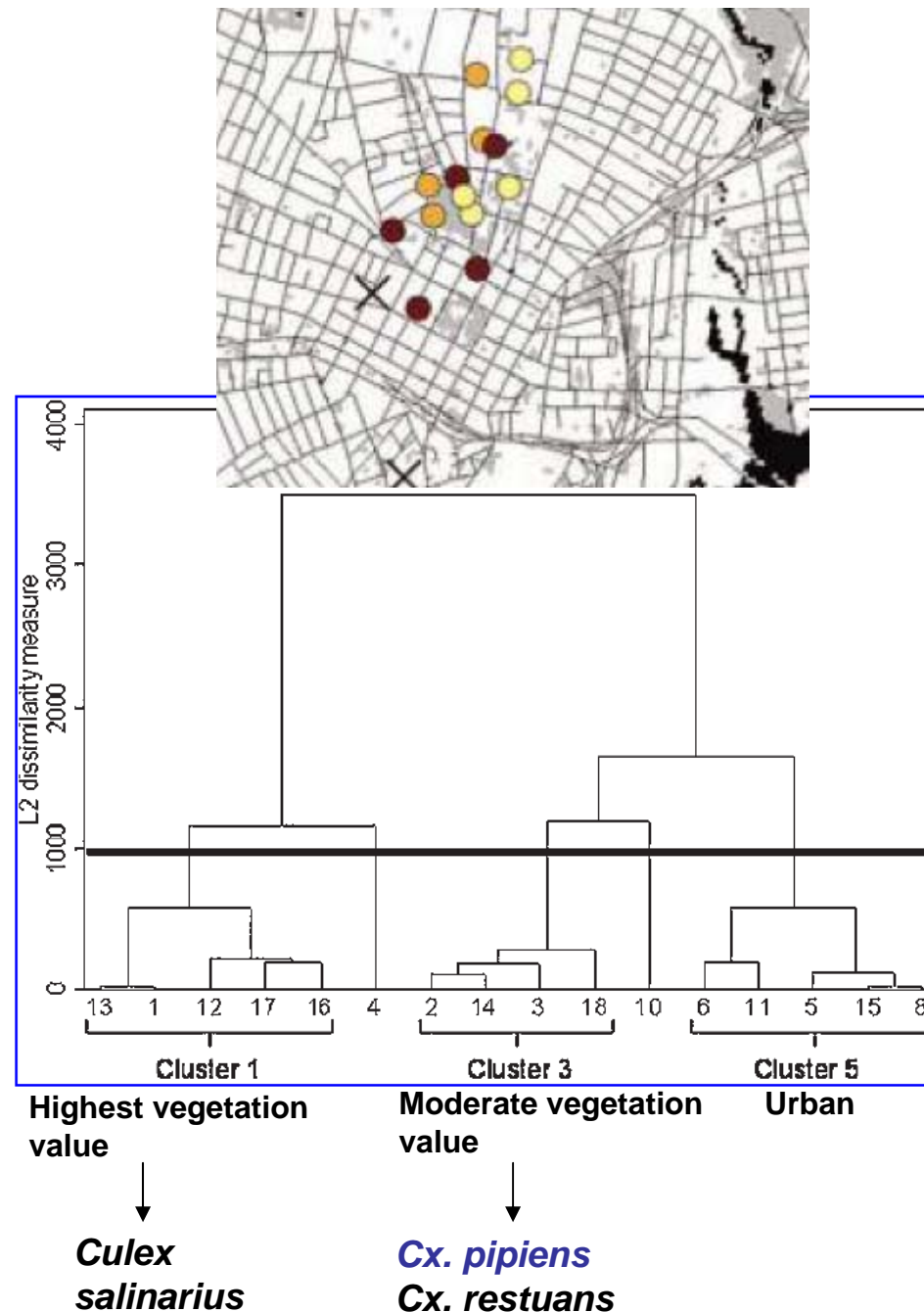
Populations eurigames, anautogènes, diapausantes, ornithophiles



(3) Environnement

Roumanie 1996 : les cas humains sont survenus dans les immeubles insalubres et très peuplés dont les sous sols inondés favorisaient la prolifération de *Cx. pipiens*

New Haven, USA : distribution des vecteurs potentiels en fonction de NDVI, urbanisation, stress hydrique, distance à l'eau





Encéphalite à Tique et *Ixodes*

L'encéphalite à tique (TBE) est une anthro-p-zoonose due à un flavivirus transmis par des tiques, essentiellement *Ixodes ricinus* et *I. persulcatus*, via les rongeurs, surtout les mulots (*Apodemus*)

Encéphalite à Tique et *Ixodes*

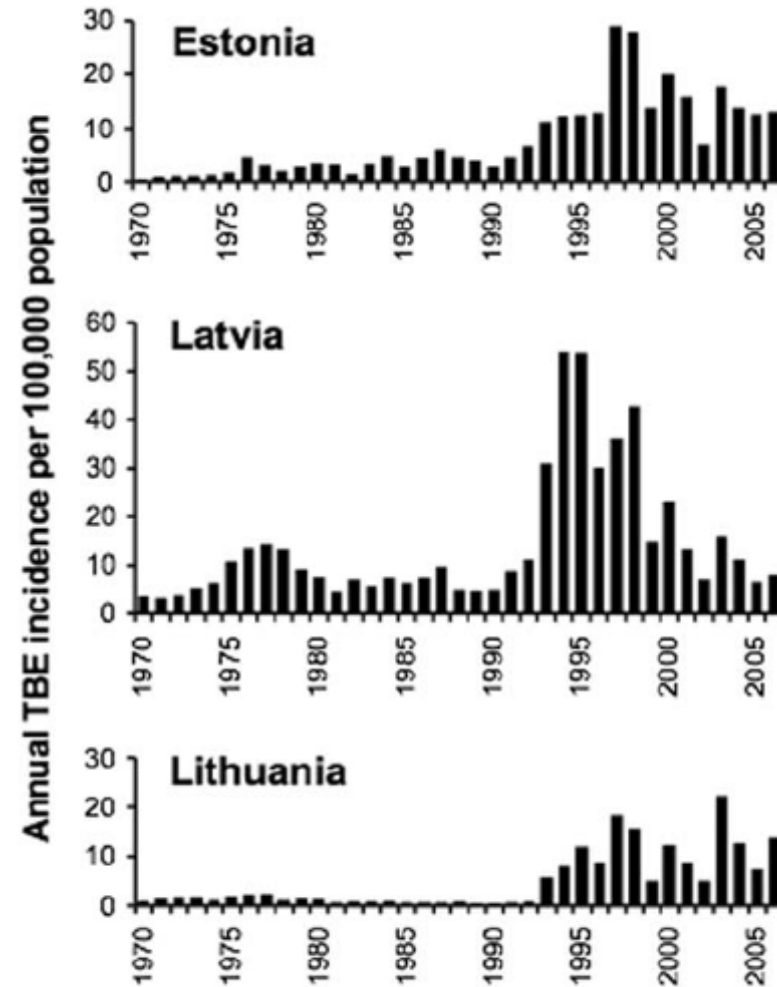


Figure 1. National annual TBE incidence per 100,000 population, 1970–2006 in Estonia, Latvia and Lithuania.

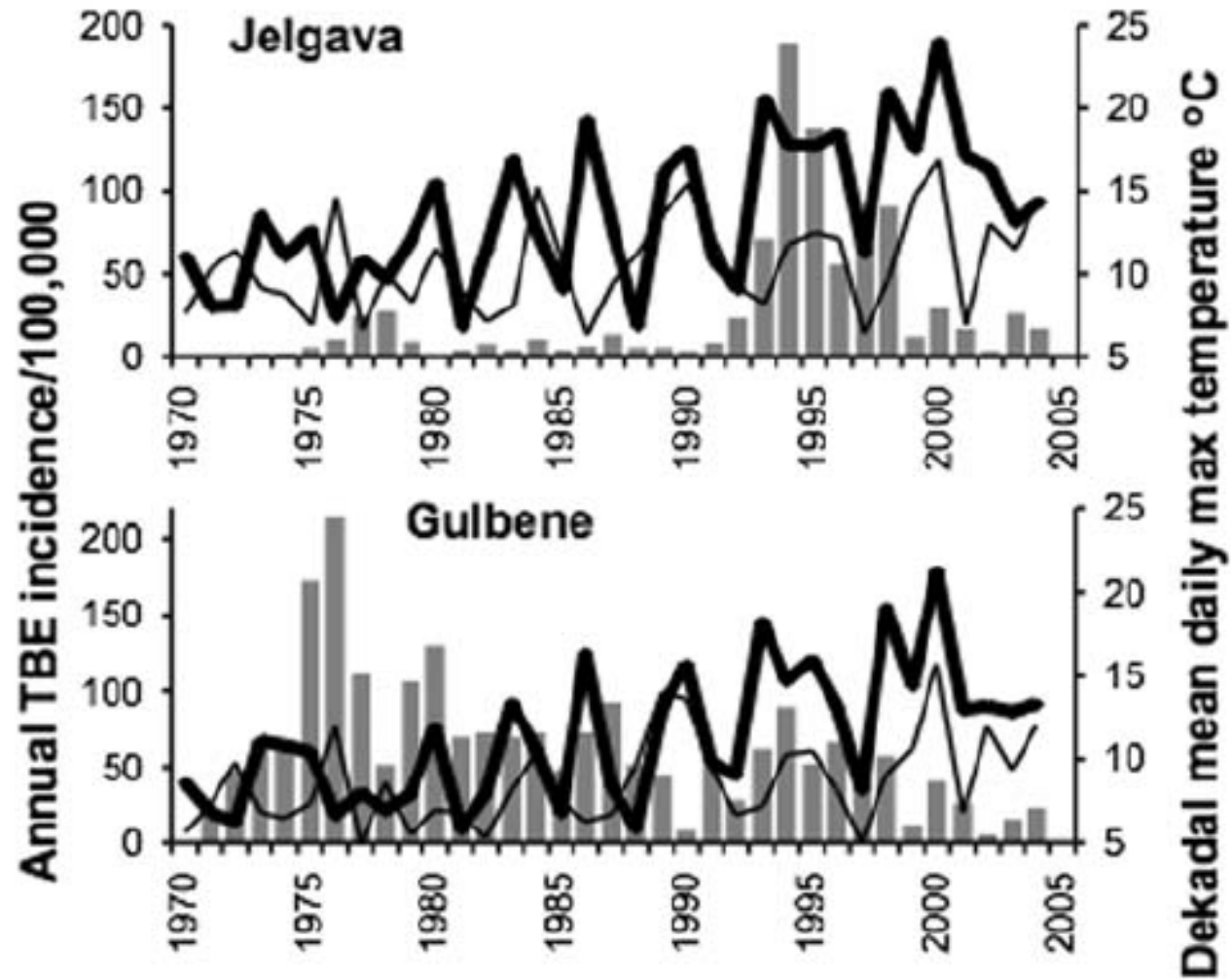
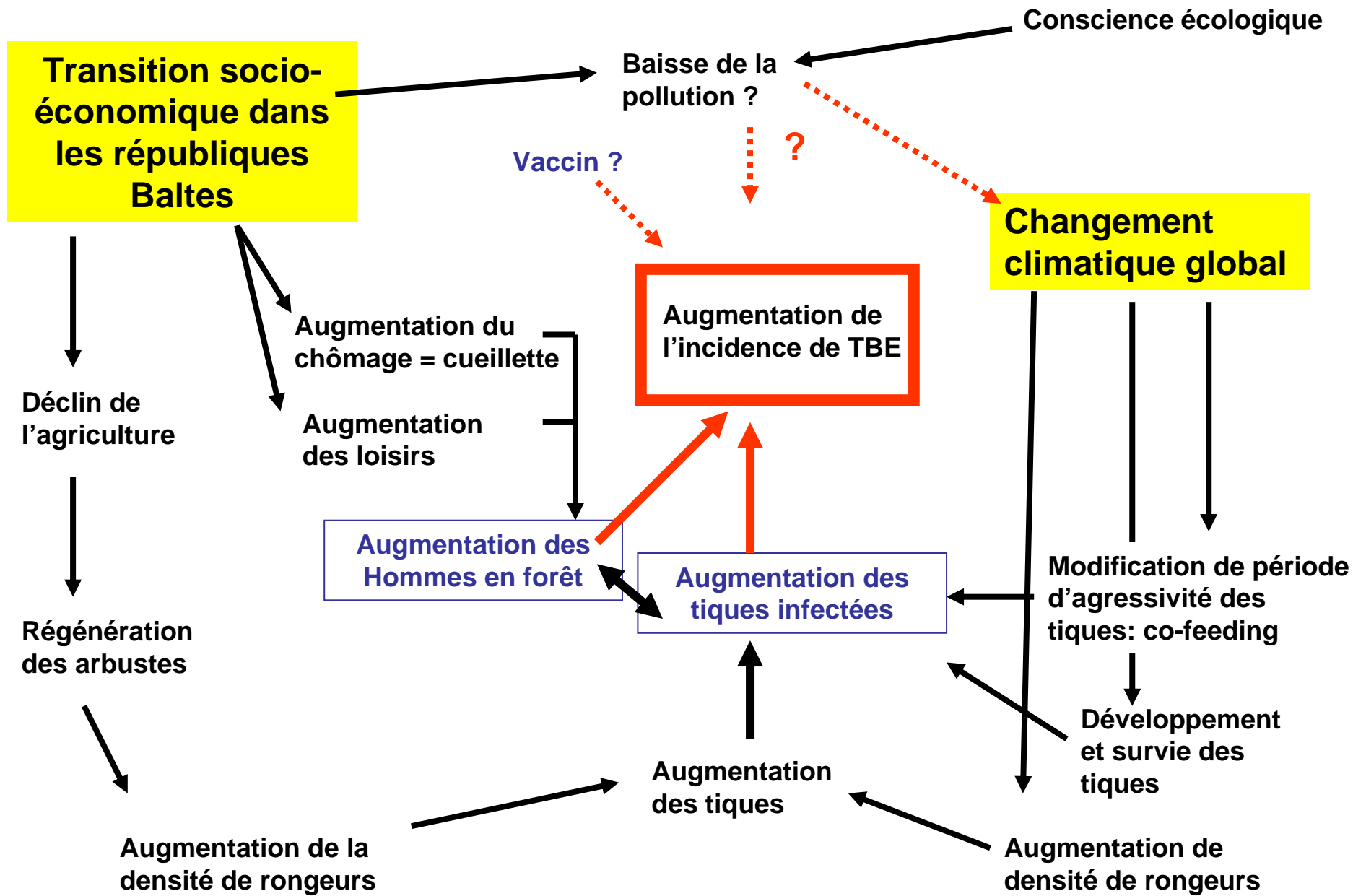


Figure 6. TBE incidence (grey bars), and daily maximum temperature for 2nd (thin line) and 3rd (heavy line) dekads of April. Examples from meteorological stations in each of six counties in Latvia.



D'après Randolph *et al.*, 2007

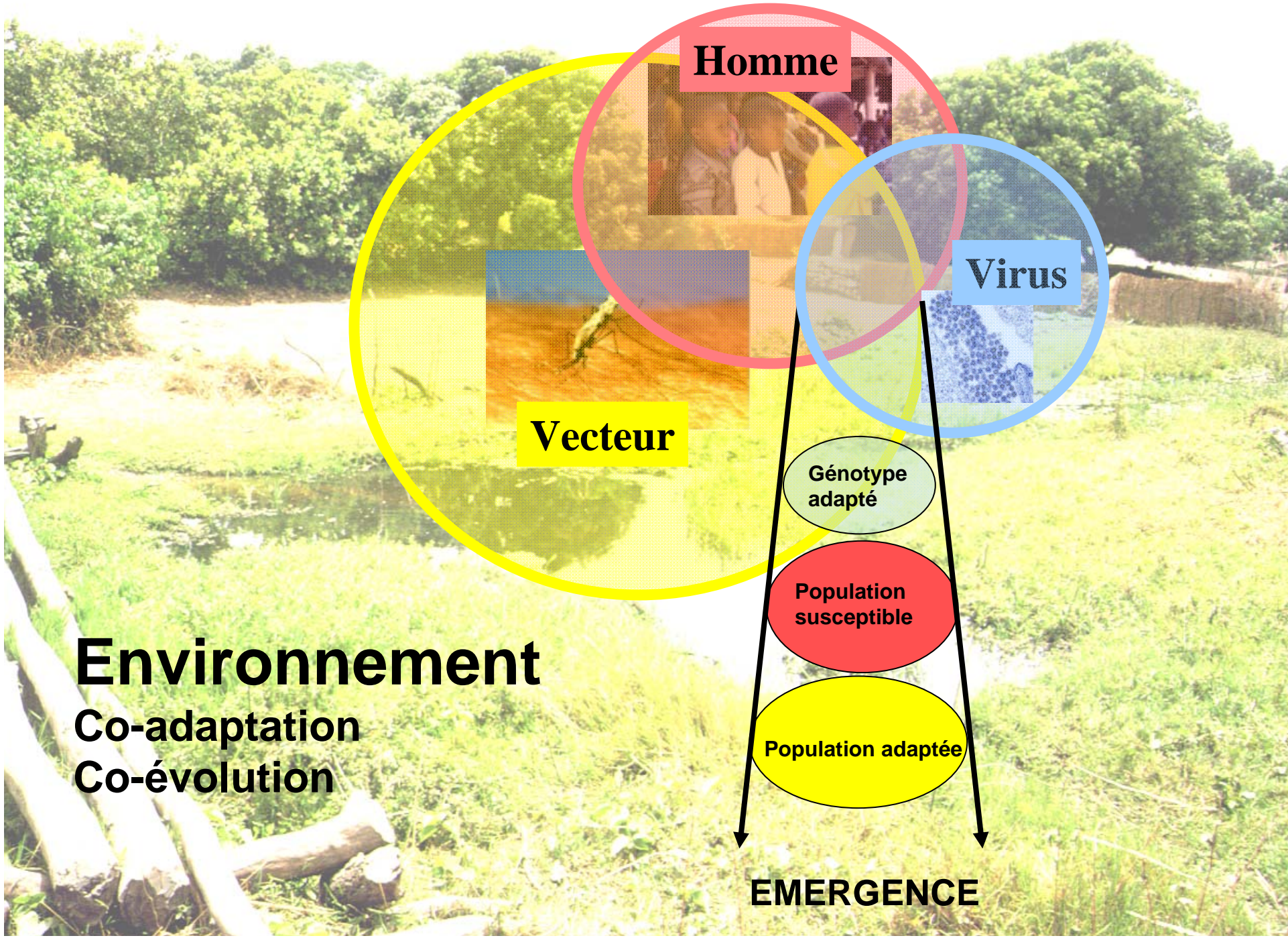
Quelles leçons de ces émergences ?

L'émergence : un mécanisme multifactoriel (écologie, climat, économie, comportements) et évolutif

Le pire n'est pas toujours sûr (WN), mais le probable est certain à moyen terme (Dengue, Chikungunya)

Détection précoce : suivi de l'extension d'*Ae. albopictus*

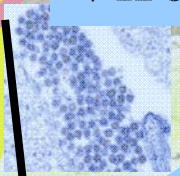
La prévention est essentielle : répulsifs, lutte anti-vectorielle, comportement adapté



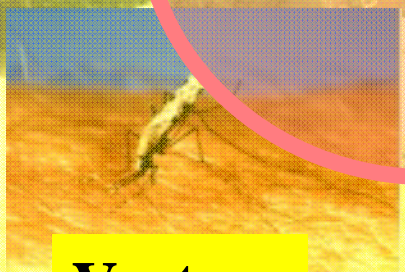
Homme



Virus



Vecteur



Génotype adapté

Population susceptible

Population adaptée

Environnement

Co-adaptation

Co-évolution

EMERGENCE