

Lutte contre les maladies vectorielles à l'heure du changement climatique

“De la recherche interdisciplinaire a une réponse intégrée”

David ROIZ

Chercheur en entomologie médicale

**MIVEGEC, Institut de Recherche pour le Développement
Montpellier**



Santé publique France, 5 Juin 2019

Plan

- 1) Changement (climatique) global et maladies vectorielles**
- 2) Impact économique**
- 3) Recherche intégrée – écologie des maladies**
- 4) Interactions climat-moustiques**
- 5) Changement climatique et maladies vectorielles**
- 6) Réponses intégrées de contrôle des vecteurs**
- 7) Relation science/ décideurs**
- 8) Conclusions**

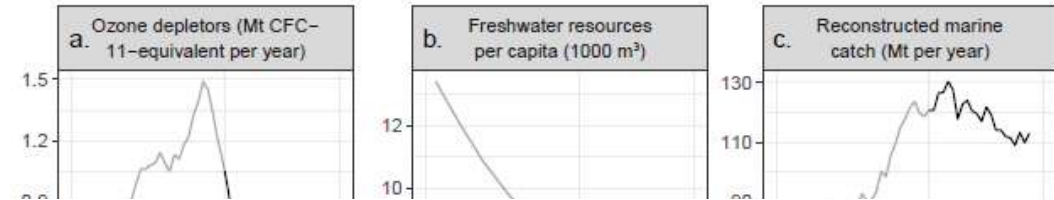


1. Changement (climatique) global

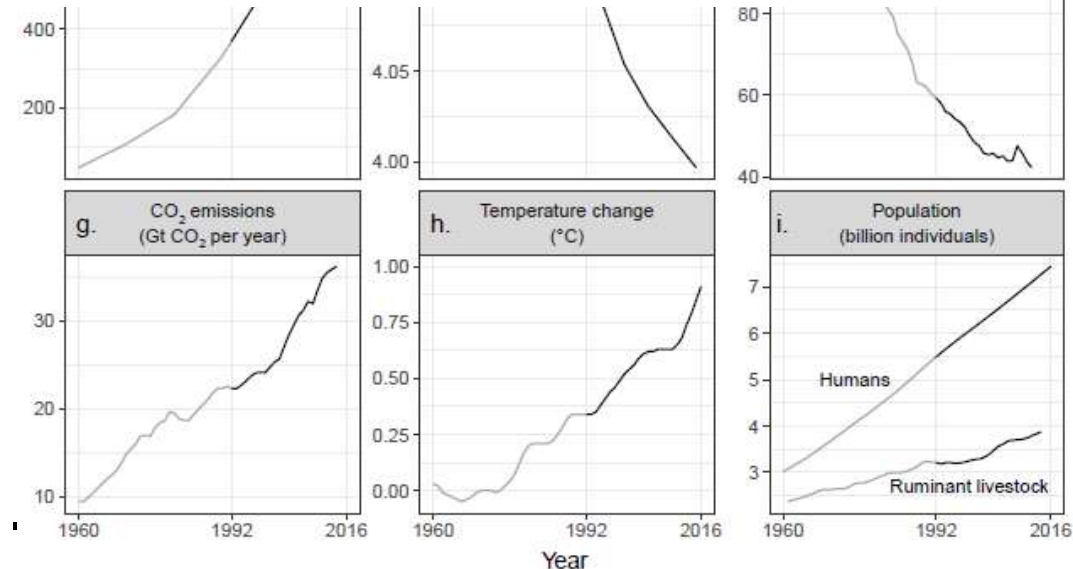
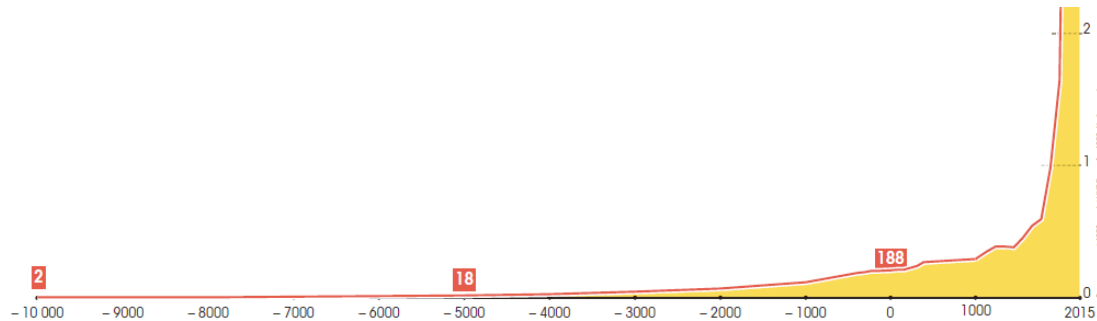
Viewpoint

December 2017

World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice



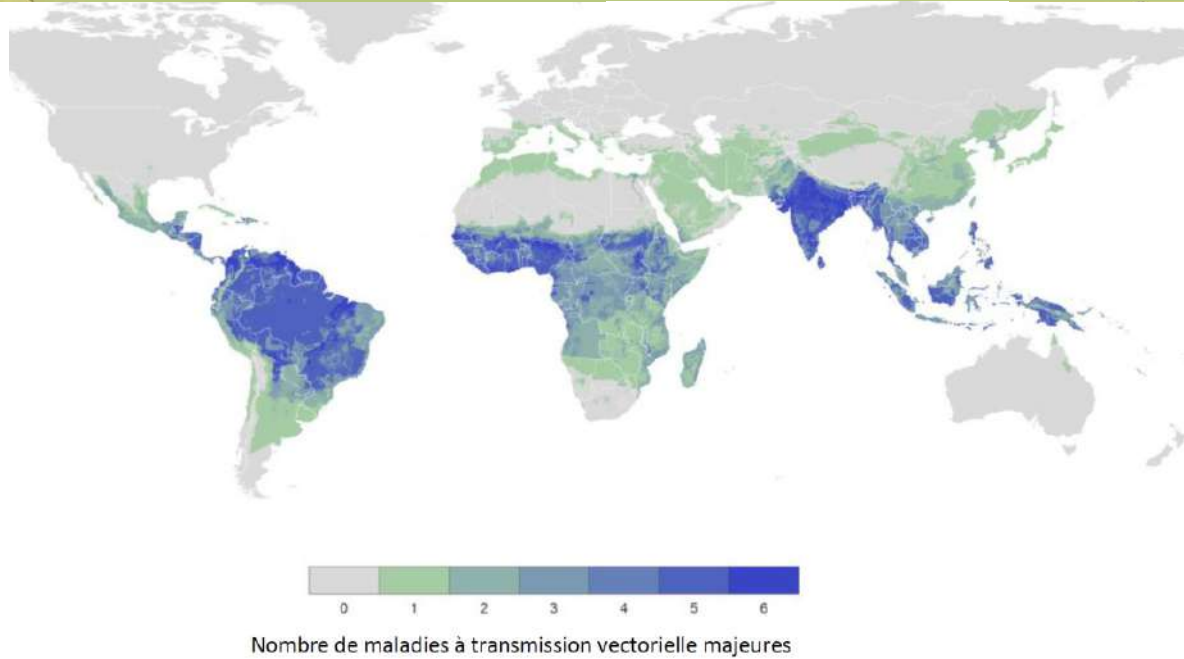
Comprendre et expliquer la complexité de la façon dont le changement climatique (global) est lié à la santé et aux maladies émergentes – pour agir



La croissance de la population humaine et le modèle de développement - croissance illimitée sur une planète aux ressources limitées - cause des menaces écologiques / sociales

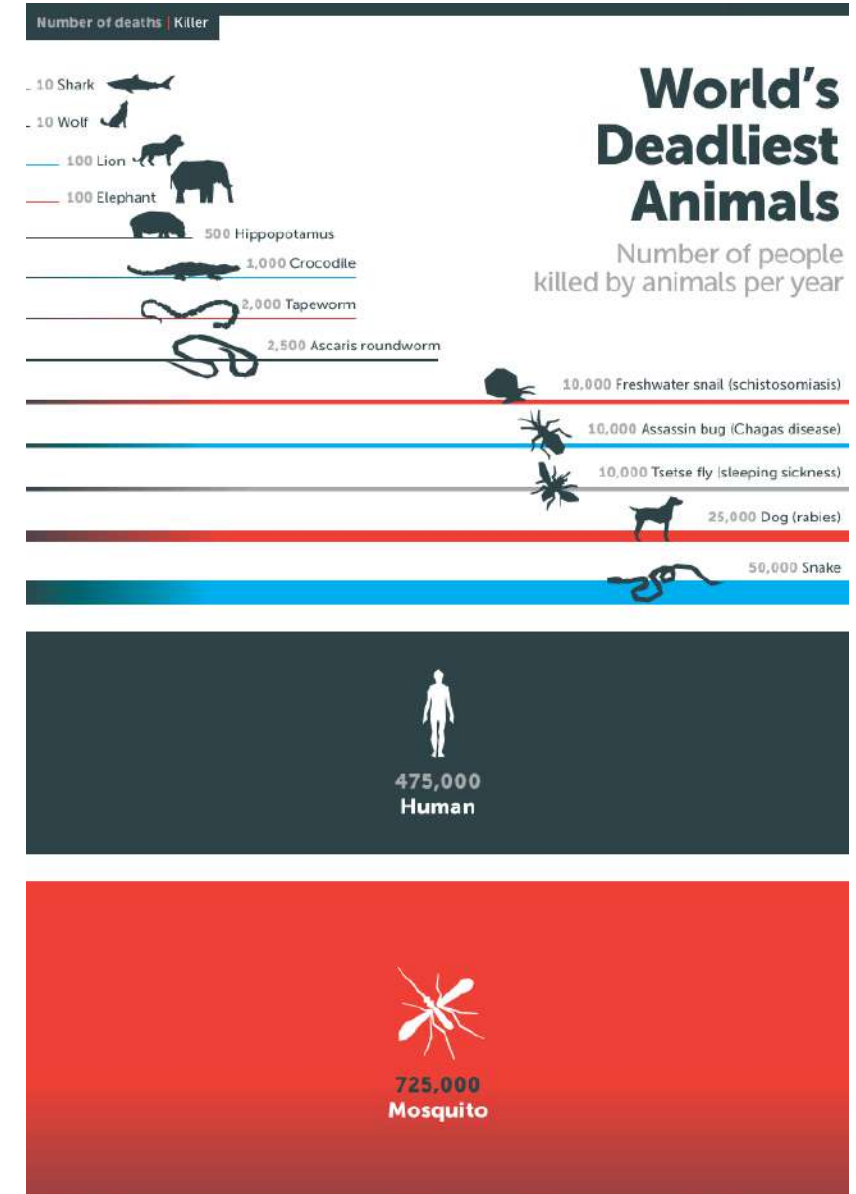
Rippel WJ and 15634 scientists. 2017. BioScience.

Les maladies transmises par vecteurs



80% de la population mondiale est à risque
17% de fardeau des maladies contagieuses

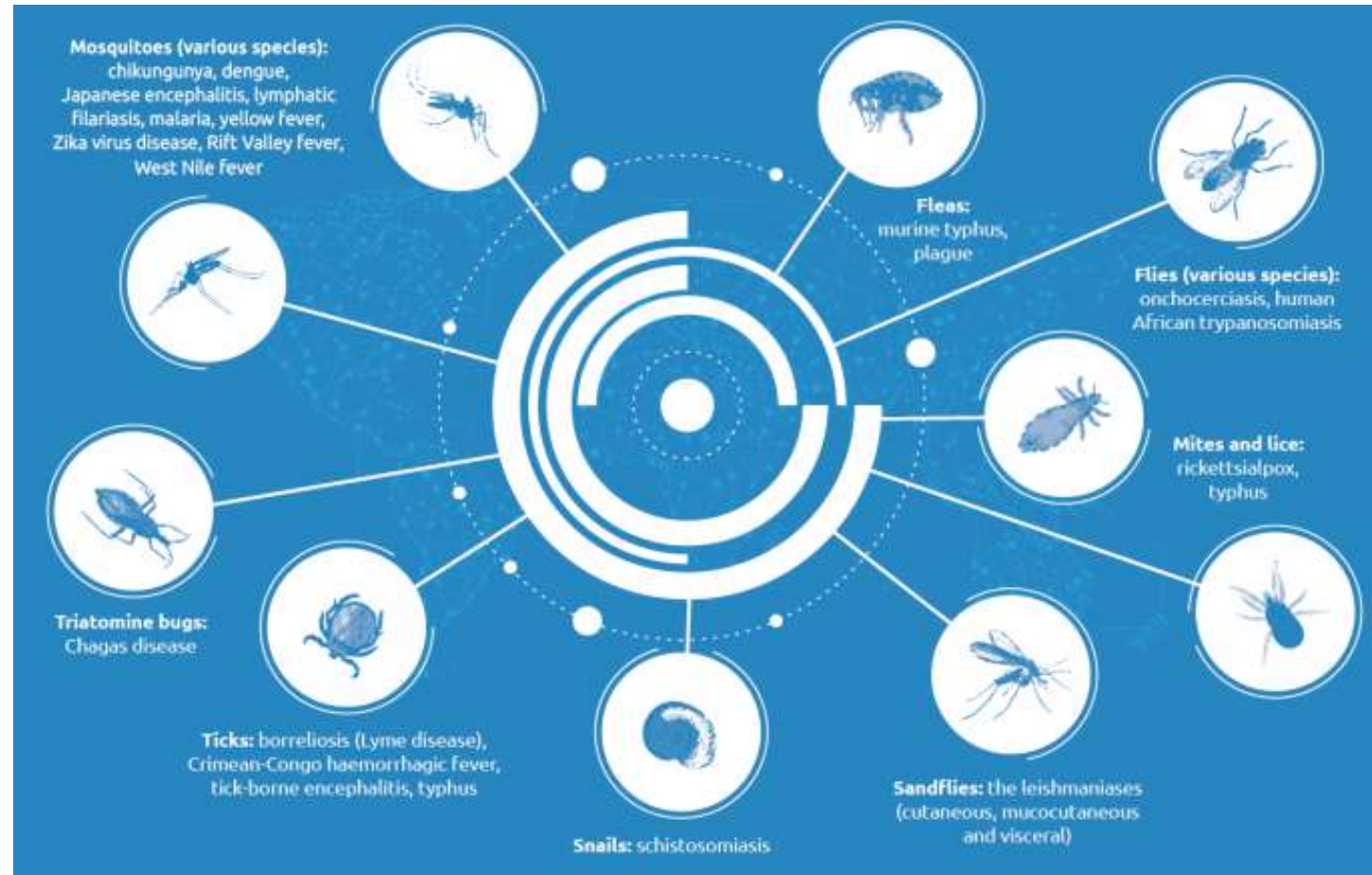
430000: Malaria
200000: Schistosomiasis
63000: Leishmaniasis
20000: Dengue+autres arbo
10000: Chagas
7000: Trypanosomiase africaine



SOURCES: WHO, crocodile-attack.info, Kasiurathne et al. (doi.org/10.1371/journal.primet.0059218), FAO (webcitation.org/6GqpS8SVQ), Unimel et al. (webcitation.org/6QRL7D8UO), Paecher et al. (doi.org/10.1038/227436927a), Alessandro De Maddalena. All calculations have wide error margins.

Les maladies transmises par vecteurs

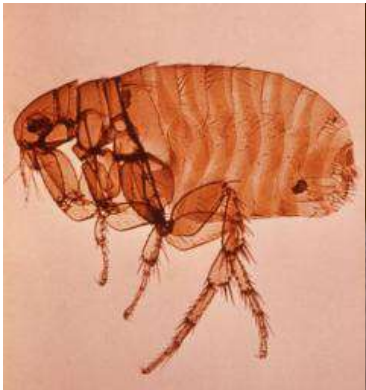
Arthropode hématophage qui assure
la transmission (biologique ou mécanique) active
d'un agent infectieux
d'un vertébré vers un autre vertébré



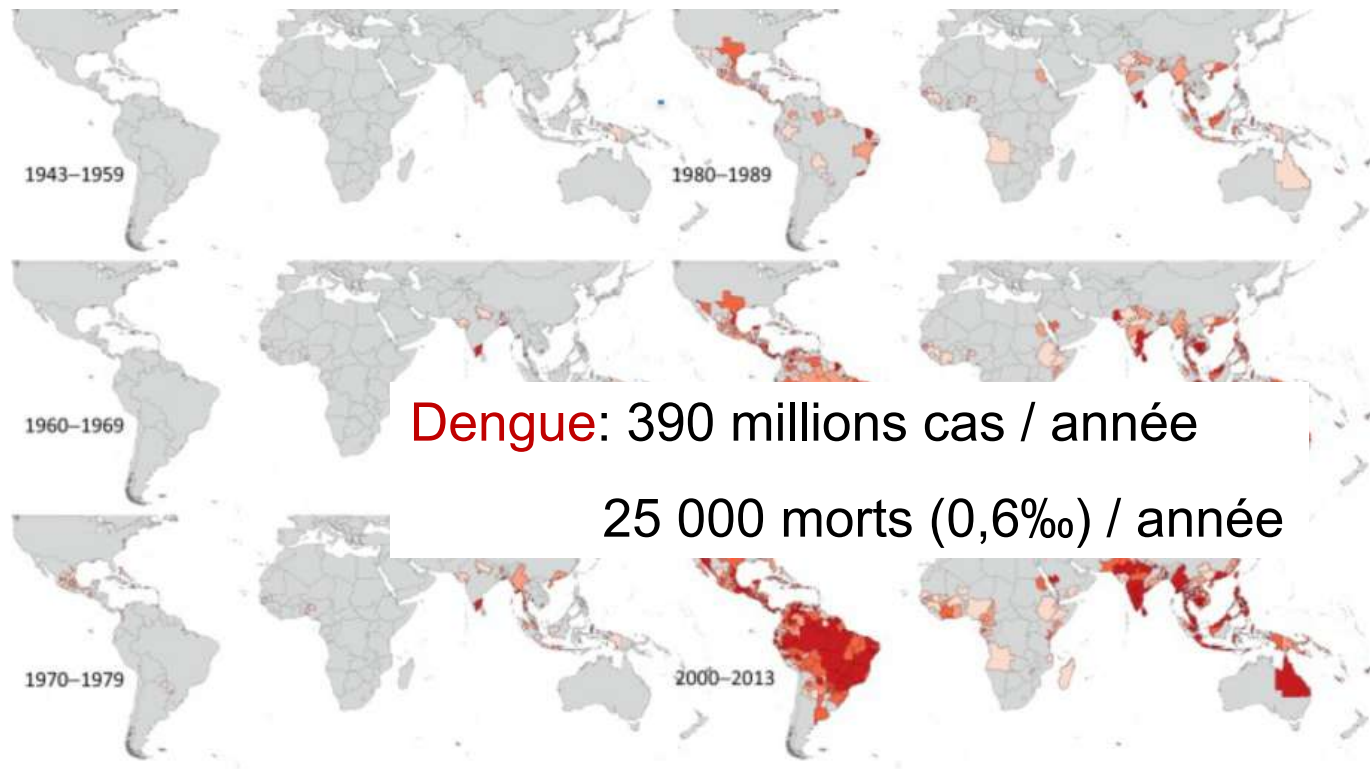
Les maladies transmises par vecteurs



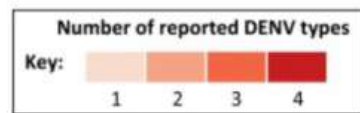
Maladie	Pathogène	Vecteur	Hôtes
Malaria	<i>Plasmodium</i>	Anophèles	Homme/animal
Leishmanioses	<i>Leishmania</i>	Phlébotomes	Homme/animal
Dengue	<i>Dengue</i>	<i>Aedes</i>	Homme
Maladie du sommeil	<i>Trypanasoma brucei</i>	Mouche tsé-tsé	Homme
Maladie de Lyme	<i>Borrelia</i>	Tiques <i>Ixodes</i>	Animal/Homme
Peste	<i>Yersinia pestis</i>	Puce du rat	Homme



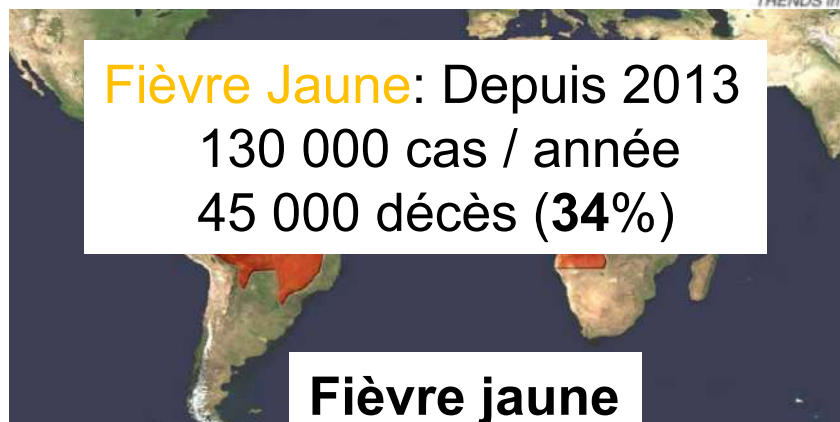
Les maladies transmises par les moustiques *Aedes*



Dengue: 390 millions cas / année
25 000 morts (0,6‰) / année



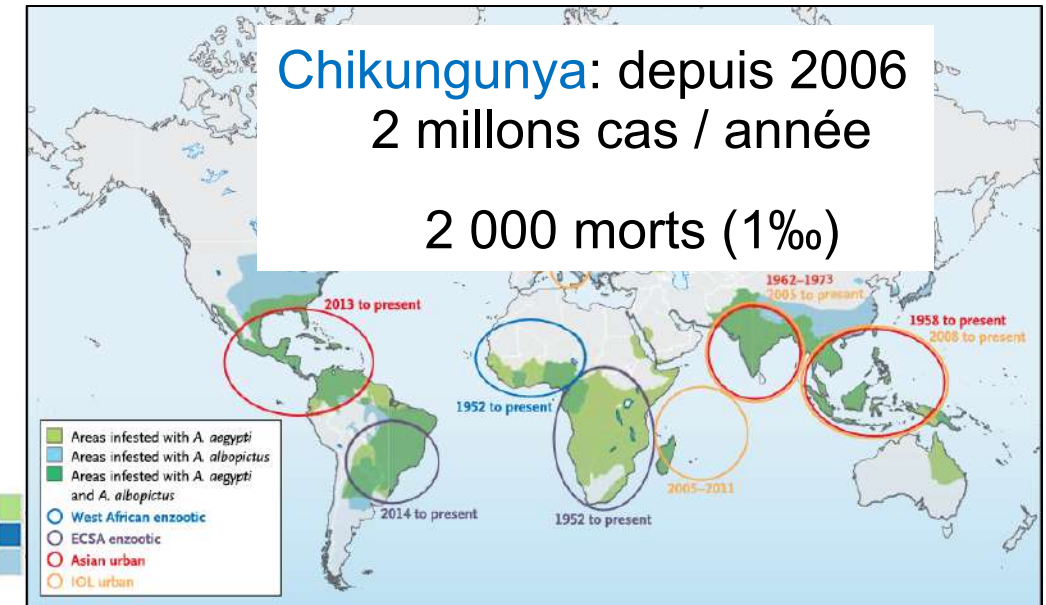
TRENDS in Microbiology



Fièvre Jaune: Depuis 2013
130 000 cas / année
45 000 décès (34%)

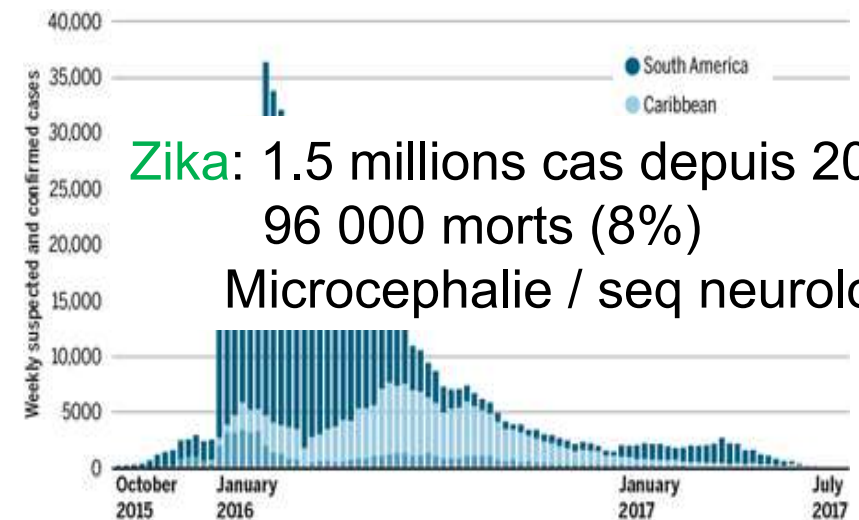
Fièvre jaune

Chikungunya



Chikungunya: depuis 2006
2 millions cas / année
2 000 morts (1‰)

Zika



Zika: 1.5 millions cas depuis 2015
96 000 morts (8%)

Microcephalie / seq neurologiques



2. Impacts économiques

ARTICLE

Received 13 Feb 2016 | Accepted 18 Aug 2016 | Published 4 Oct 2016

DOI: 10.1038/ncomms12986

OPEN



INVACOST

Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects

Corey J.A. Bradshaw^{1,2}, Boris Leroy^{1,3}, Céline Bellard^{1,4}, David Roiz^{5,*}, Céline Albert^{1,*}, Alice Fournier¹, Morgane Barbet-Massin¹, Jean-Michel Salles⁶, Frédéric Simard⁵ & Franck Courchamp^{1,7,8}

1. Coûts médicaux: 9 milliards dengue, 20 milliards Zika

2. Coûts de surveillance et de contrôle

3. Coût indirects: tourisme, réduction de la productivité, croissance économique, perte d'investissements, protection personnelle, système d'approvisionnement en sang, qualité de vie, équité et genre

The socioeconomic impact
of the chikungunya viral
epidemic in India

C. JAIRAJ KUMAR, C. ARVIND BABOO,
B. UNNI KRISHNAN,
ARUNACHALAM KUMAR,
SHEVONNE JOY, TOM JOSE,
ANUSHA PHILIP,
KURAPARTHY SAMBASIVAIAH,
BELLE MONAPPA HEGDE

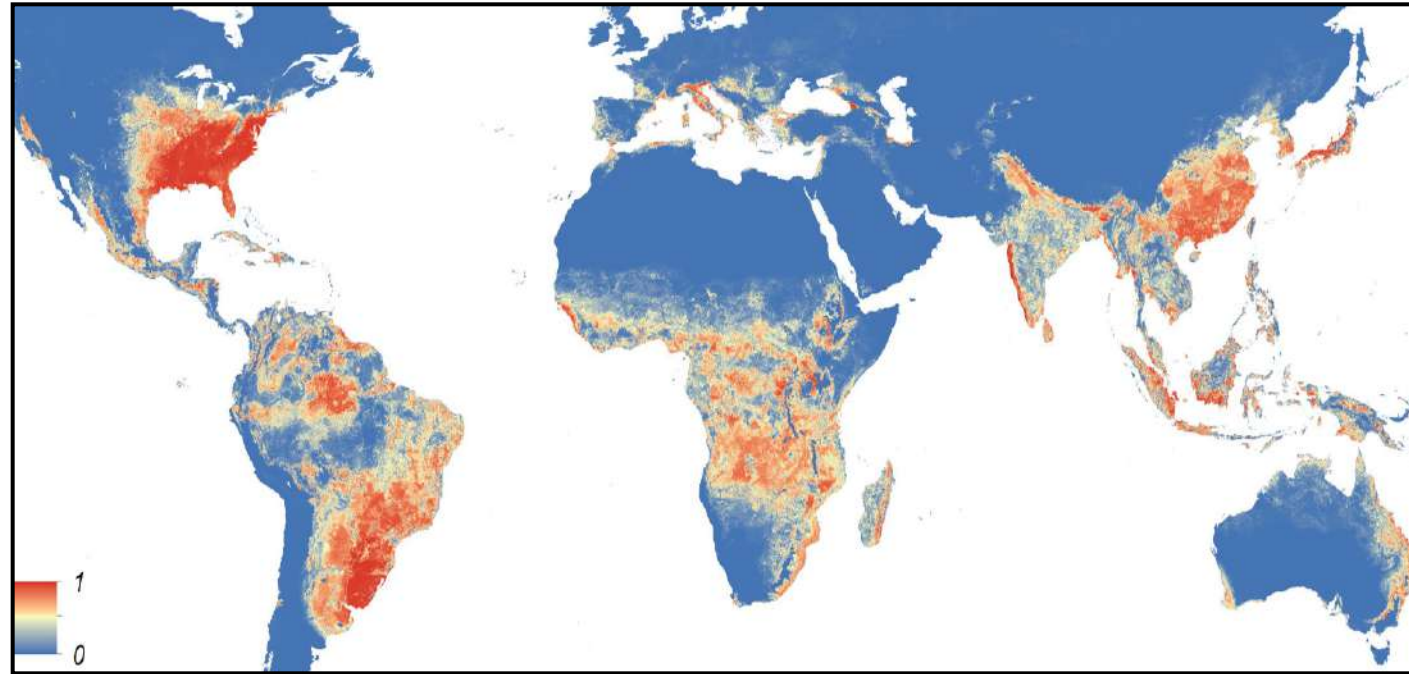
Tourisme :
La crise du chikungunya a
coûté **500 emplois** salariés

Augmentation du commerce international et des voyages



Aedes albopictus : une espèce invasive

1980
1990
2000
2010



Kraemer et al., 2015

«Généraliste écologique capable d'une évolution rapide et, avec l'aide des humains, de coloniser de nouveaux habitats»

- ✓ Capacité invasive → Forte capacité compétitive
- ✓ Comportement alimentaire opportuniste
- ✓ Adaptation à un large éventail de macro- et micro- habitats





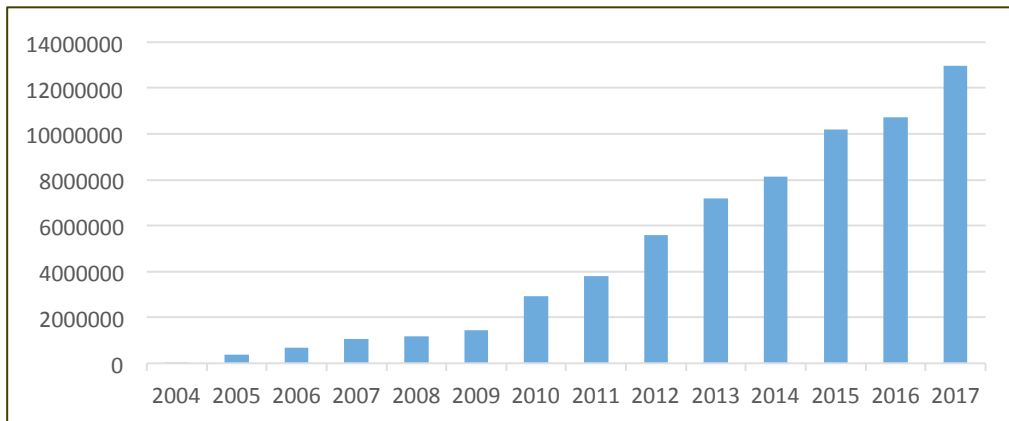
Globalisation des moustiques et virus : dispersion en bateaux et voitures

Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain

Roger Eritja^{1,7,*}, Raúl Escosa^{2,7}, Javier Lucientes^{3,7}, Eduard Marquès^{4,7}, Ricardo Molina^{5,7}, David Roiz^{5,7} & Santiago Ruiz^{6,7}



La globalisation est ancienne...



Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car

Roger Eritja^{1,2}, John R. B. Palmer^{1,3,4}, David Roiz⁵, Isis Sanpera-Calbet² & Frederic Bartumeus^{1,3,6}

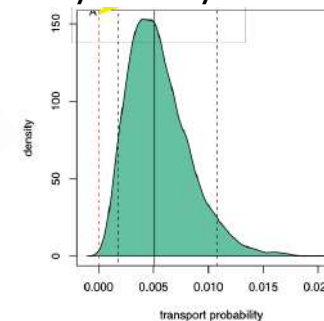


SCIENTIFIC REPORT

770 voitures- 4 *Aedes albopictus*!!



Analyse bayésienne



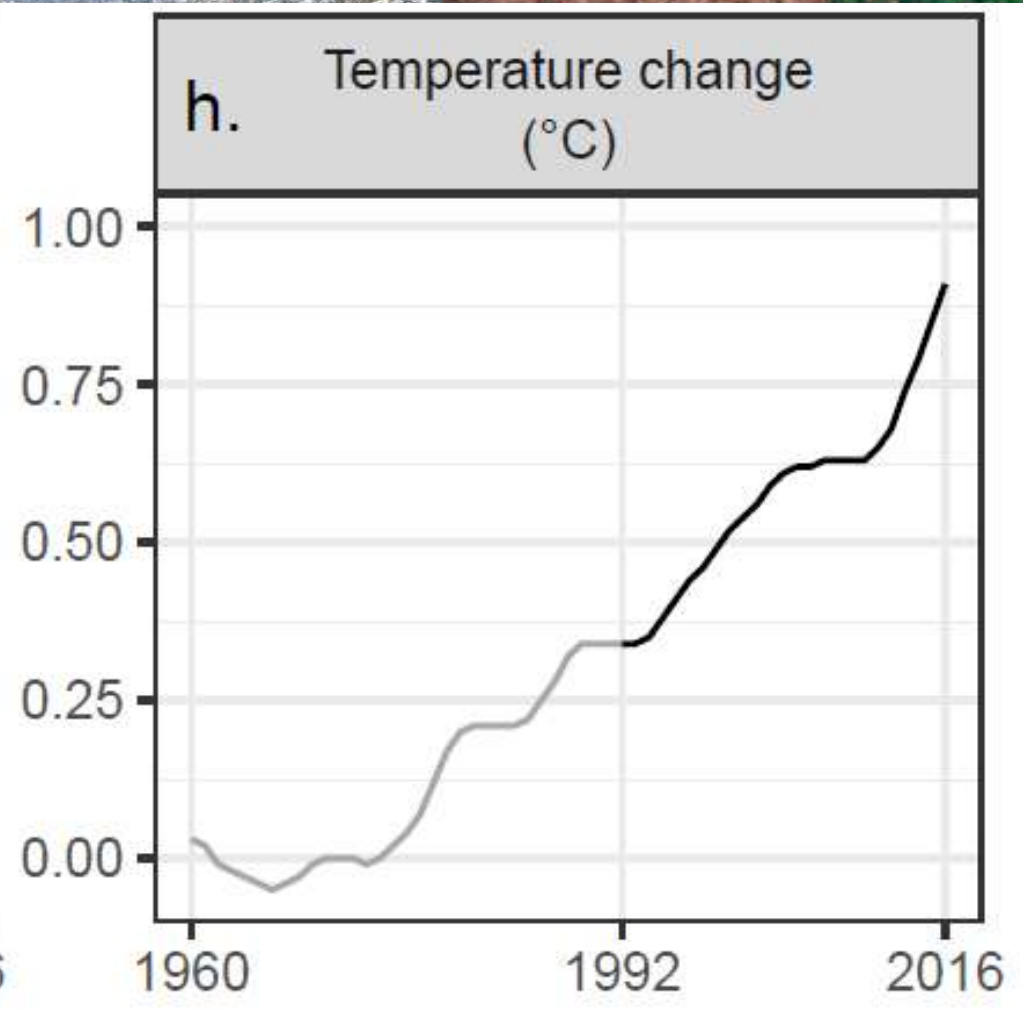
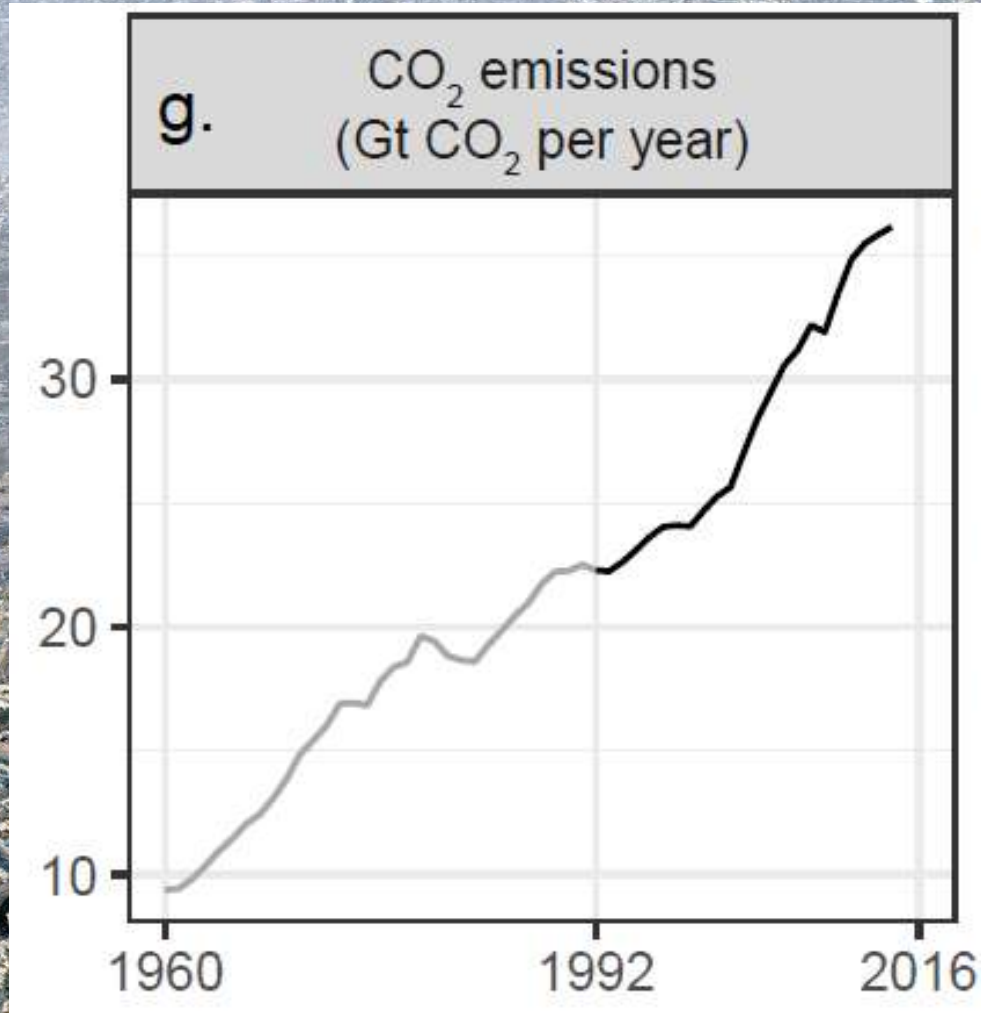
5 moustiques [2-10] pour 1000 trajets



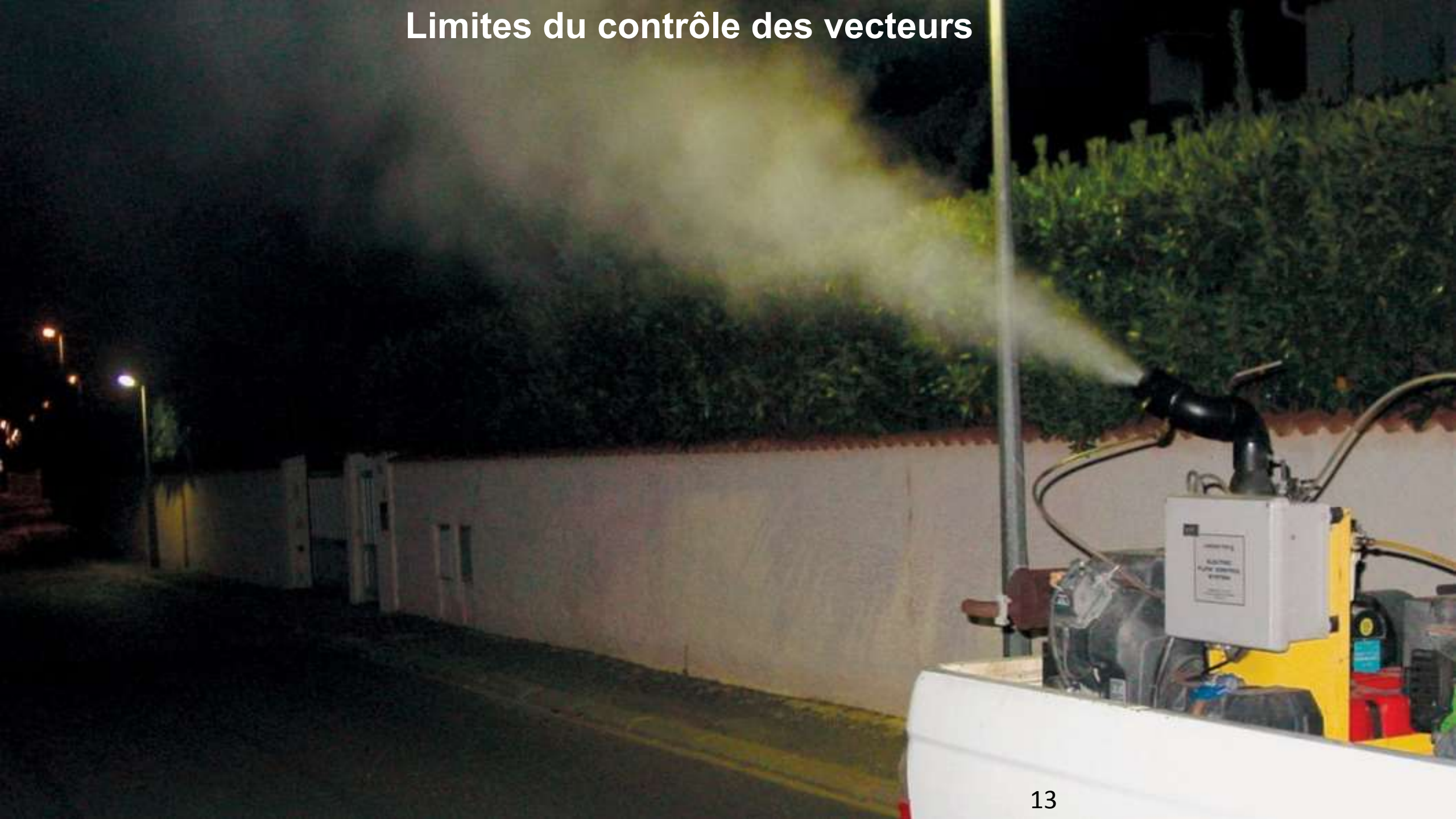
Figure 3. Photographs of tiger mosquitoes in cars submitted by citizen scientists through Mosquito Alert.

Surpopulation urbaine / urbanisation / déforestation / distribution d'eau irrégulière / élimination des déchets

Réchauffement climatique?



Limites du contrôle des vecteurs



3. Stratégie de recherche intégrée (cadre) – écologie des maladies transmises par vecteurs

Interdisciplinarité

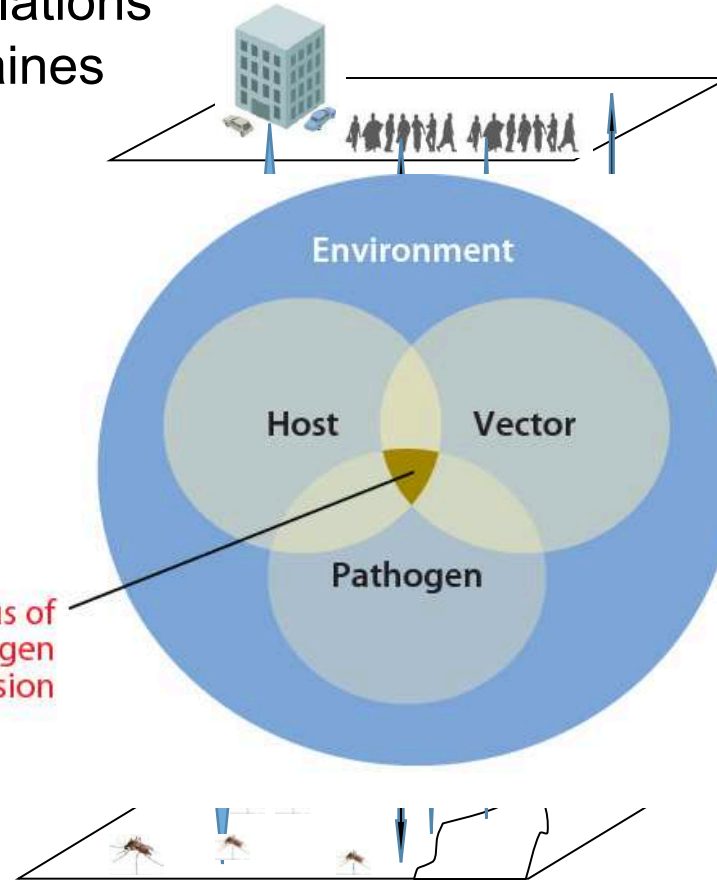


Espace

Interdépendance

Populations
humaines

Nidus of
pathogen
transmission



Temps

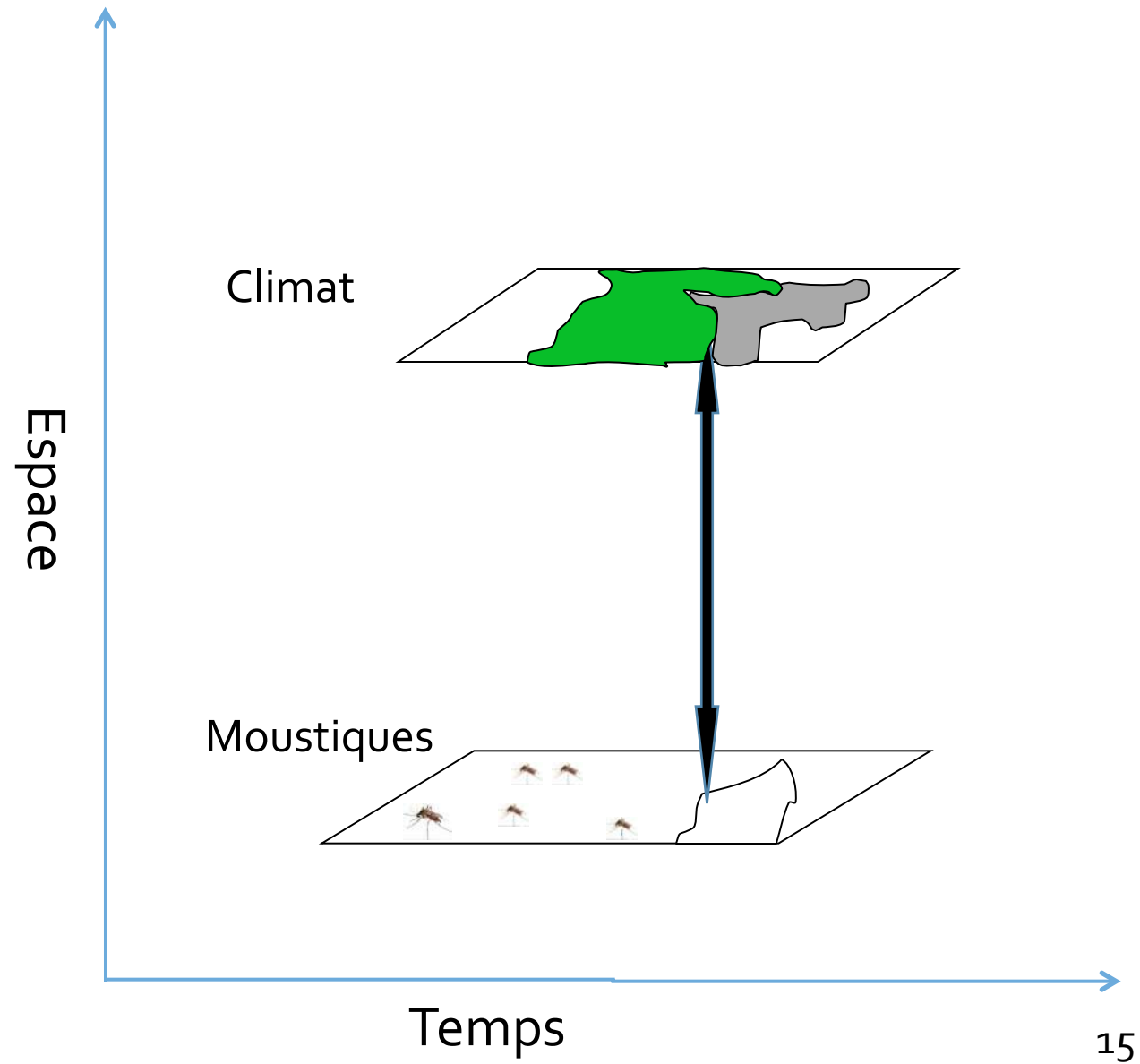


Compétences

- . Entomologie
- . Modélisation statistique
- . Ecologie des maladies
- . Paysage/ climat
- . Virologie
- . Vétérinaire
- . Santé publique
- . Etc.....génétique épidémiologie, anthropologie



4. Interactions climat-moustiques





Interactions climat-moustiques

Facile d'attribuer la résurgence des maladies **au seul** changement climatique

La croyance conventionnelle est que le changement climatique entraînera une expansion des maladies tropicales, en particulier des maladies à transmission vectorielle, dans les régions tempérées.

Le climat et **beaucoup d'autres facteurs** peuvent influencer l'éco-épidémiologie des maladies infectieuses.

Table. Main categories of drivers associated with emergence and reemergence of human pathogens

Rank*	Driver
1	Changes in land use or agricultural practices
2	Changes in human demographics and society
3	Poor population health (e.g., HIV, malnutrition)
4	Hospitals and medical procedures
5	Pathogen evolution (e.g., antimicrobial drug resistance, increased virulence)
6	Contamination of food sources or water supplies
7	International travel
8	Failure of public health programs
9	International trade
10	Climate change

*Ranked by the number of pathogen species associated with them (most to least).



Interactions climat-moustiques

RESEARCH

Open Access

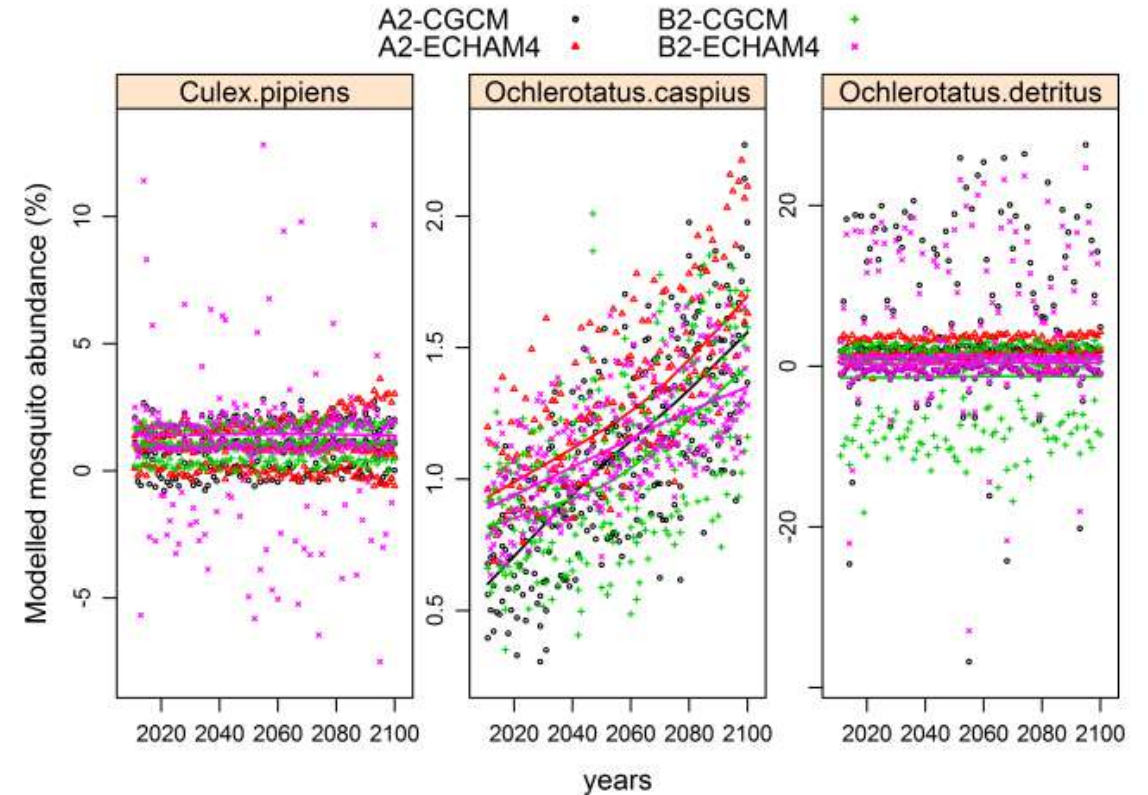
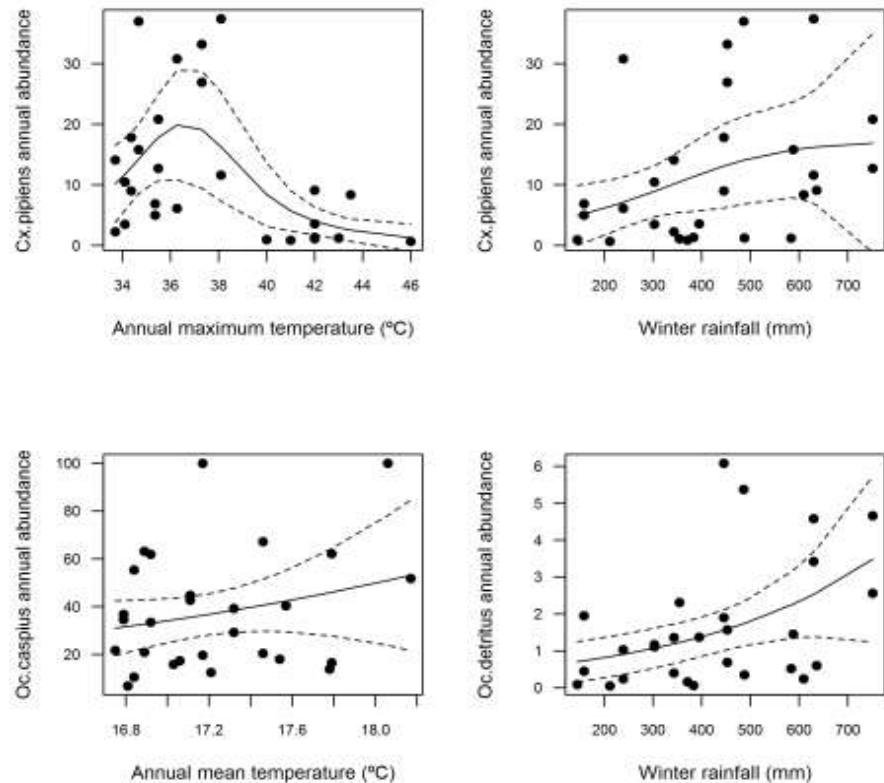
Climatic effects on mosquito abundance in
Mediterranean wetlands

David Roiz^{1,2}, Santiago Ruiz³, Ramón Soriquer¹ and Jordi Figuerola^{1*}



*Parasites
& Vectors*

10 années d'échantillonnage tous les 15 jours » sites
184 326 femelles de moustiques (7 espèces)



Les effets sont spécifiques

- des espèces
- de chaque zone
- et non-linéaires

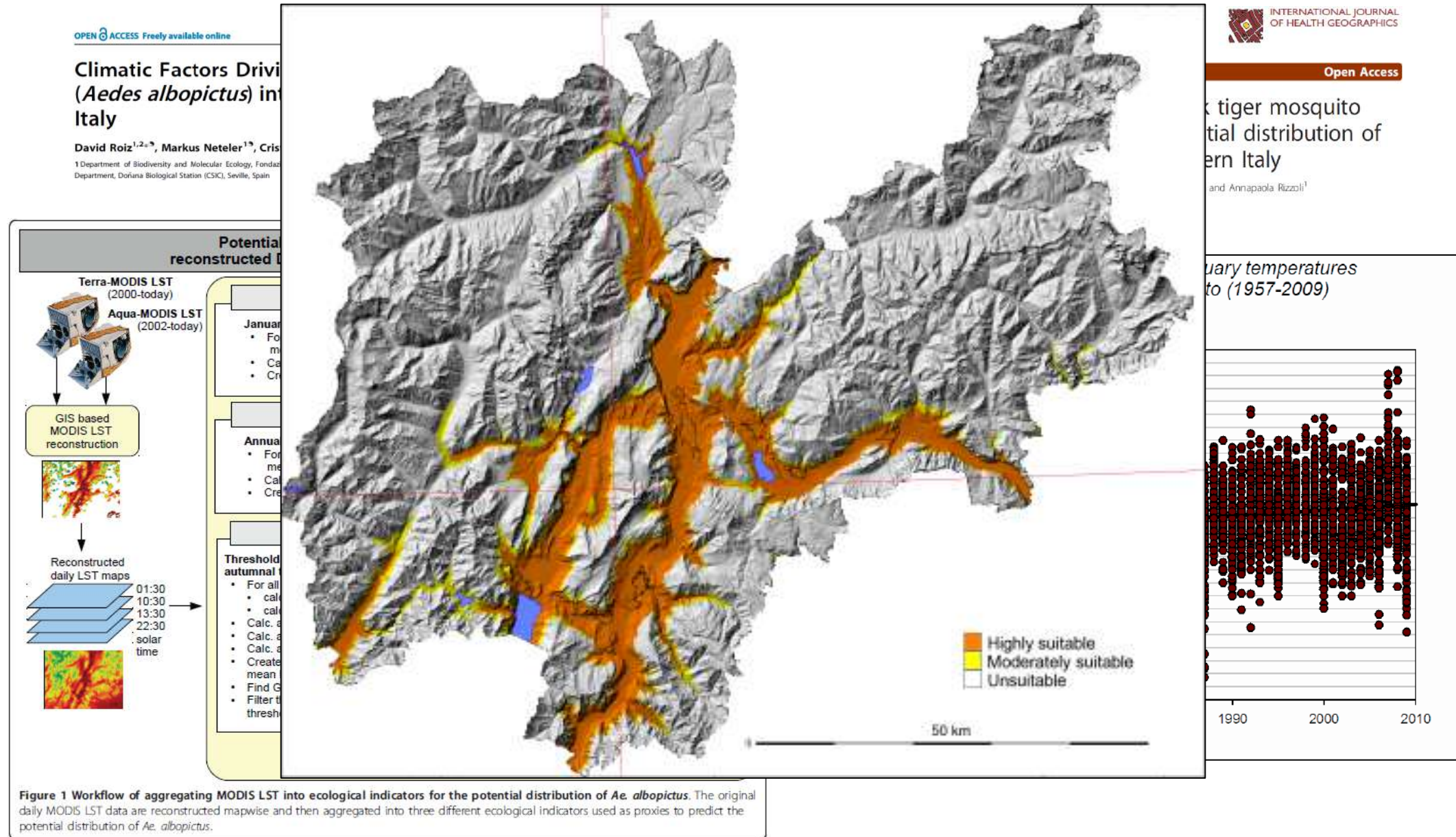
Interactions climat-moustiques



Trentino, Dolomitas, Alpes, Nord Italie



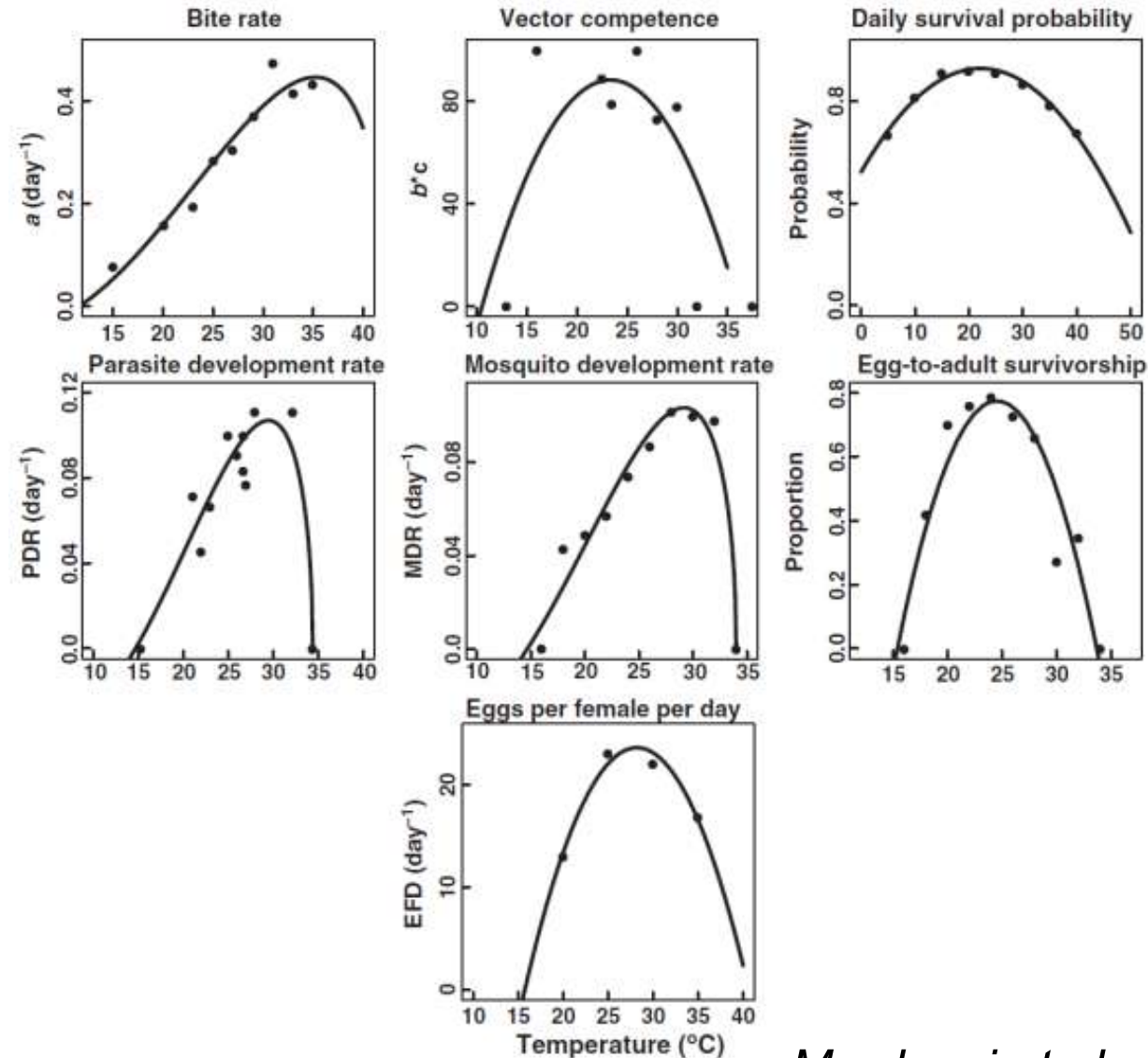
Modélisation de changement climatiques dans des zones de montagne





Changement climatique et maladies vectorielles

La relation entre la température et les traits de vie d'un organisme devrait suivre une fonction convexe

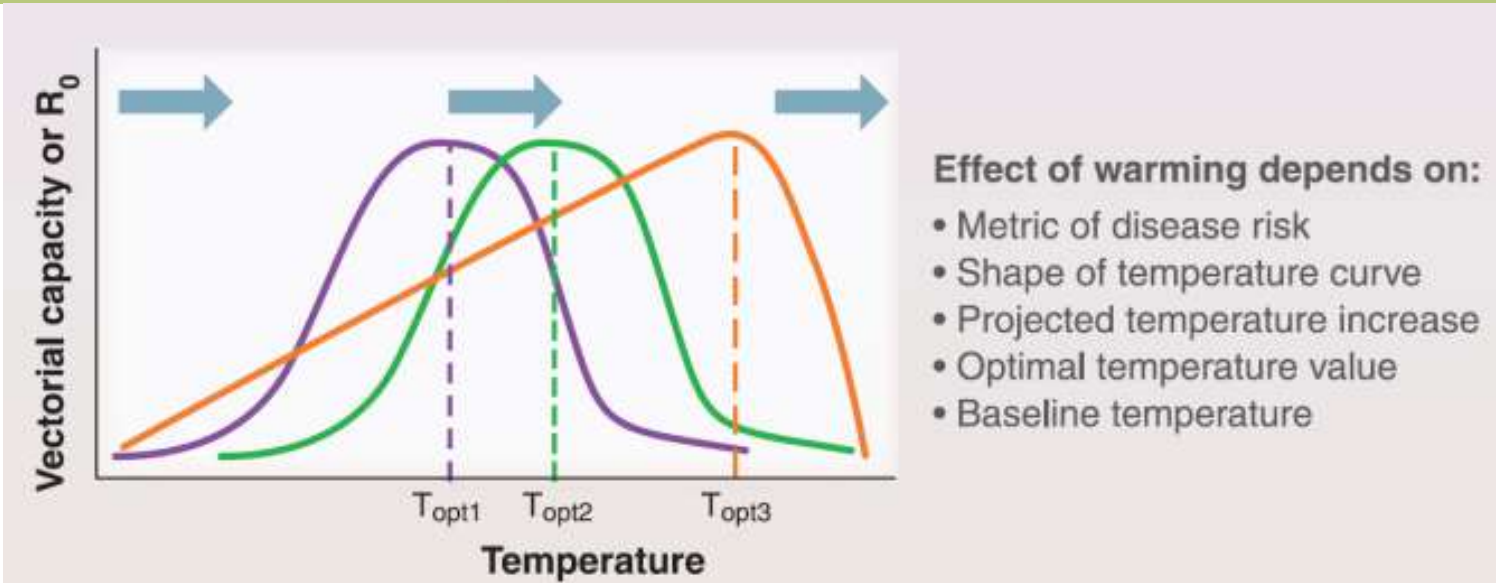
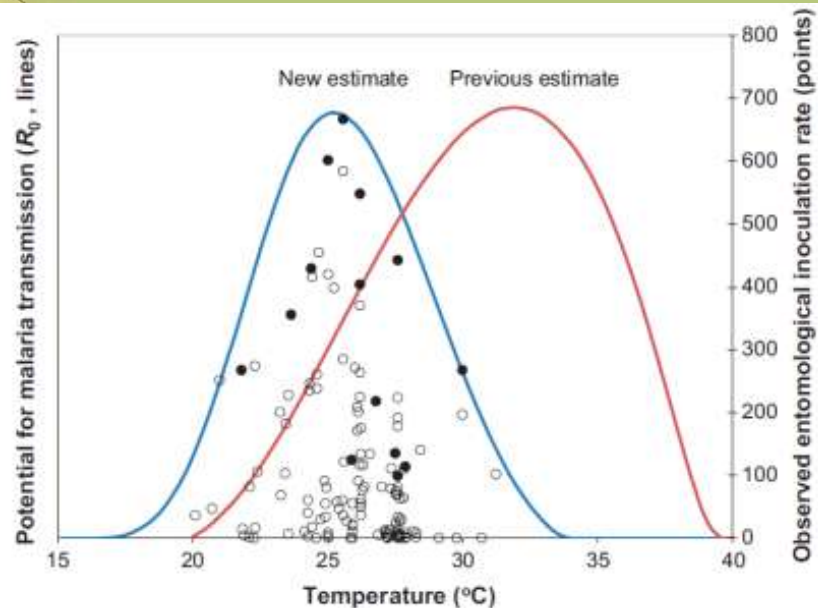


Mordecai et al., 2013





Changement climatique et maladies vectorielles



Le réchauffement climatique semble plus susceptible de décaler que d'élargir la distribution des vecteurs

Effets potentiels du changement climatique:

- Décalage de la distribution potentielle
- Déplacement de l'espèce vers le nord, prolongeant le seuil climatique
- Augmenter le taux de multiplication
- Diminuer la taille des adultes
- Diminuer la période d'incubation extrinsèque des agents pathogènes
- Changements dans les régimes de précipitations, et donc dans les gîtes larvaires*
- Changements dans la dynamique saisonnière

Altizer et al., 2013
Mordecai et al., 2013

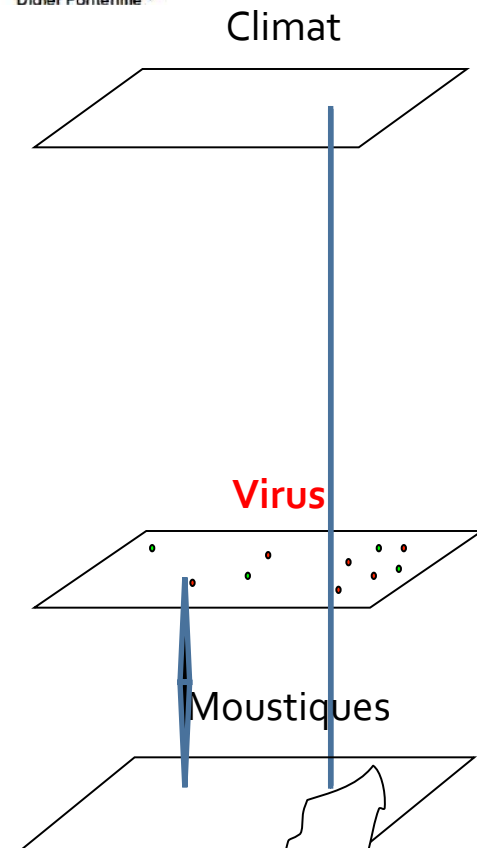


Episodes cévenoles et abondance des moustiques

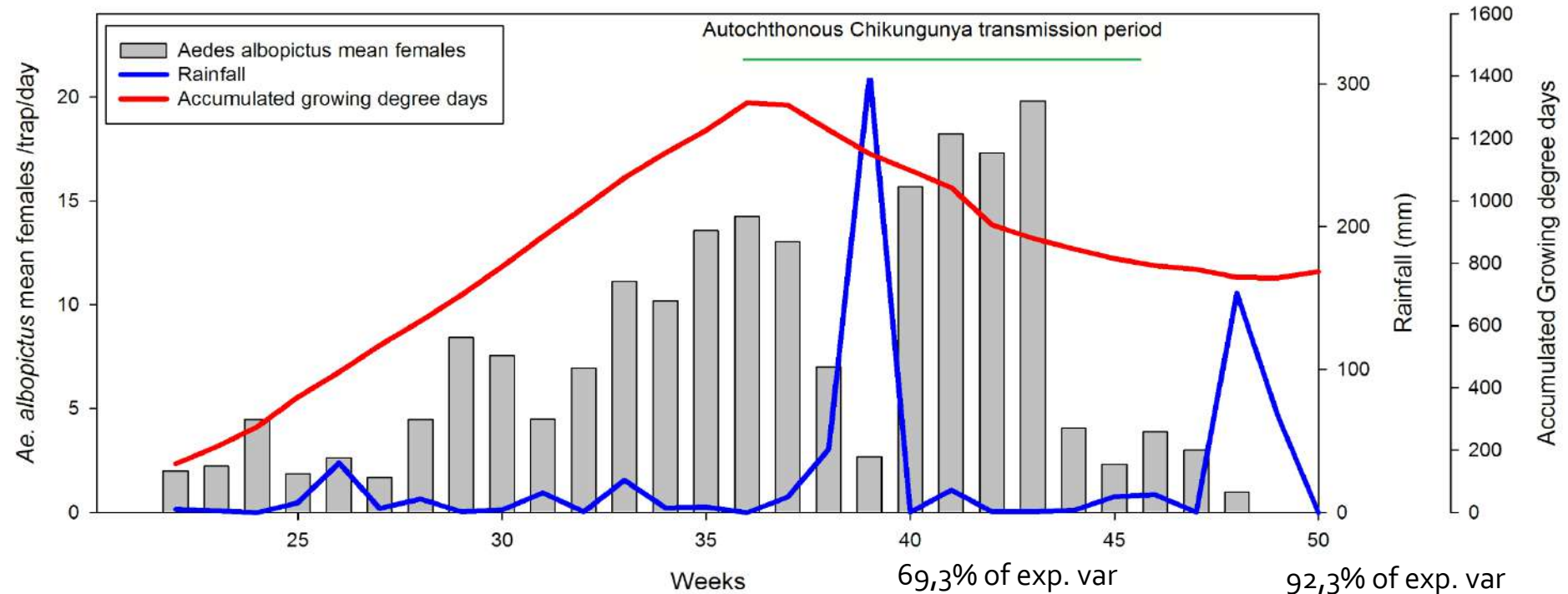
RESEARCH ARTICLE

Autochthonous Chikungunya Transmission and Extreme Climate Events in Southern France

David Roiz^{1*}, Philippe Boussès¹, Frédéric Simard¹, Christophe Paupy¹,
Didier Fontenille^{1,2}

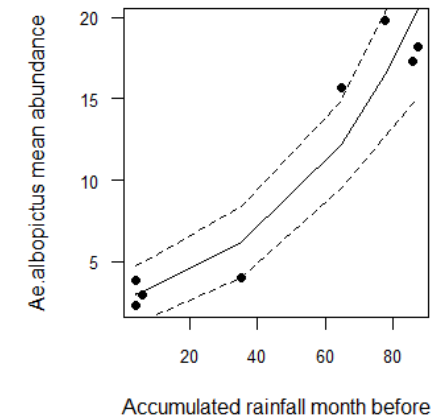
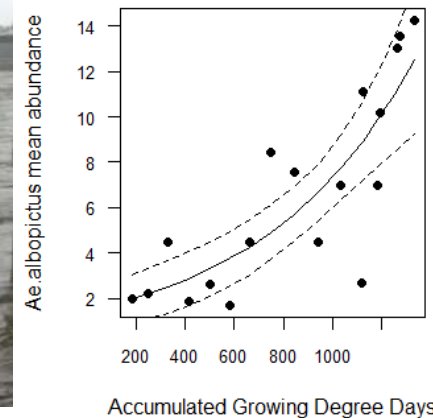


Période de transmission de chikungunya autochtone et évènement extrêmes climatiques



69,3% of exp. var
Before extreme rainfall

92,3% of exp. var
After extreme rainfall



5. Changement climatique et maladies vectorielles

Les arguments **simplistes et généralistes ne sont pas adéquats**

C'est un sujet controversé - de débat

Notre compréhension des mécanismes reste partielle

Les effets sont complexes - l'analyse de longues séries chronologiques est nécessaire

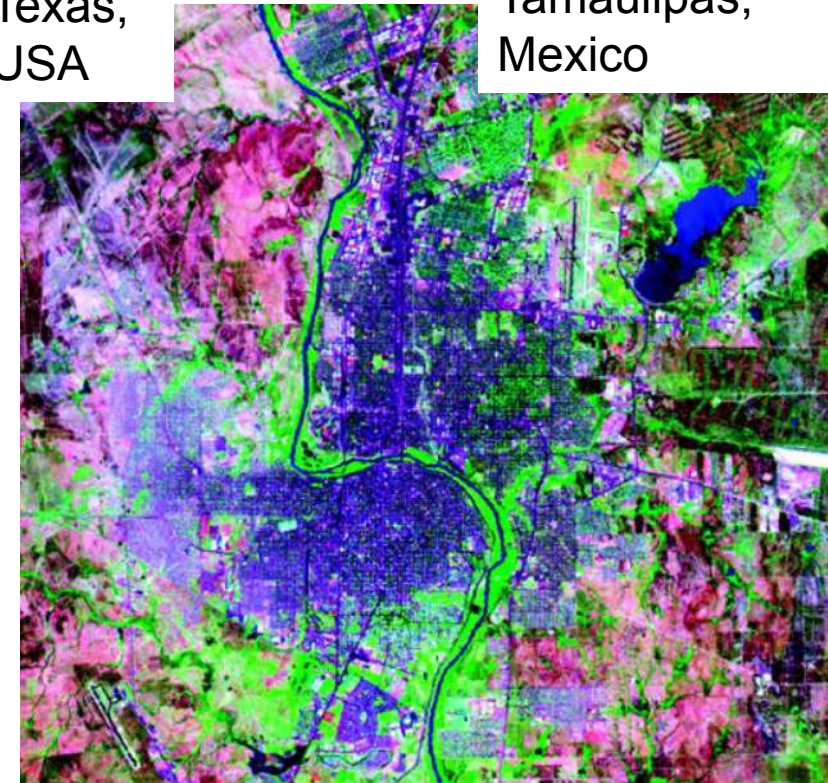
Les effets sont non-linéaires – les approches linéaires surestiment l'effet à températures élevés

Les changements de comportement humain
sont également impactés par la modification globale
(gestion de l'eau pluviale)

Adaptation des espèces aux changements

Laredo,
Texas,
USA

Nuevo Laredo,
Tamaulipas,
Mexico



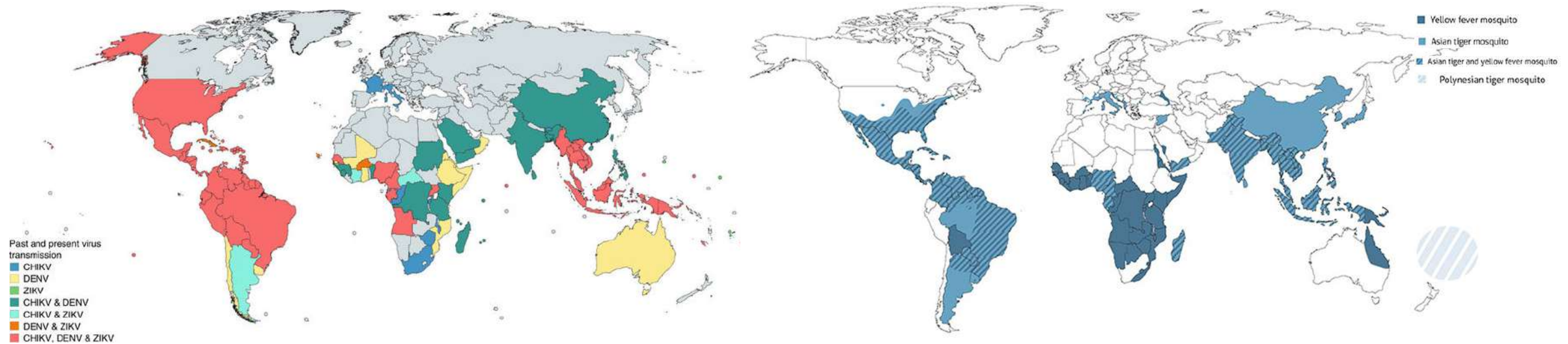
**Texas Lifestyle Limits Transmission
of Dengue Virus**

6. Réponses intégrés de contrôle vectorielle

REVIEW

Integrated *Aedes* management for the control of *Aedes*-borne diseases

David Roiz^{1*}, Anne L. Wilson², Thomas W. Scott³, Dina M. Fonseca⁴,
Frédéric Jourdain¹, Pie Müller^{5,6}, Raman Velayudhan⁷, Vincent Corbel^{1*}



**Hétérogénéité des contextes épidémiologiques
et entomologiques!**

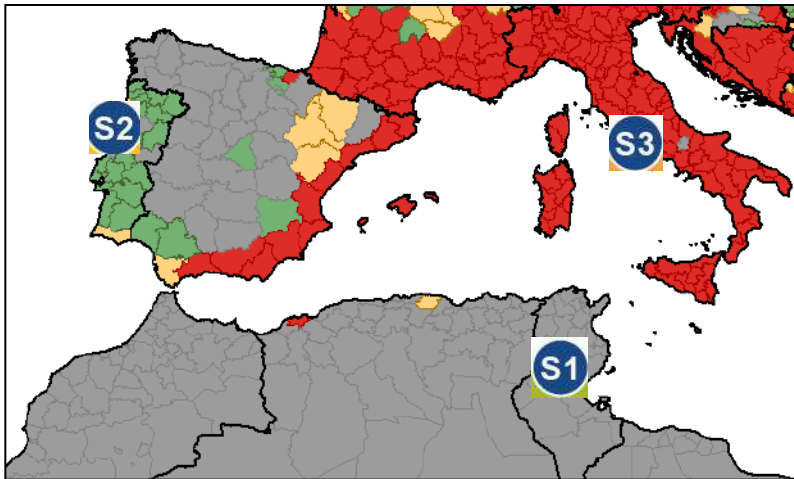
Scenarios pour le cadre de gestion intégré des Aedes



Ces scénarios de risque ont évolué avec une transition non linéaire!

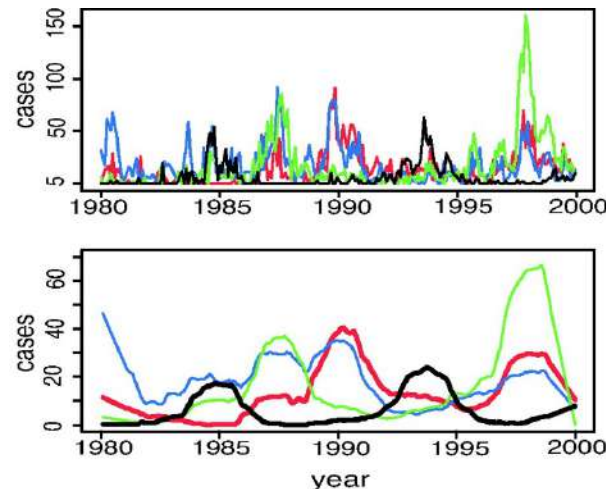
Transmission sporadique –
irrégulière, locale et imprévisible

Établi localement -
Aedes en moins de 25 km²



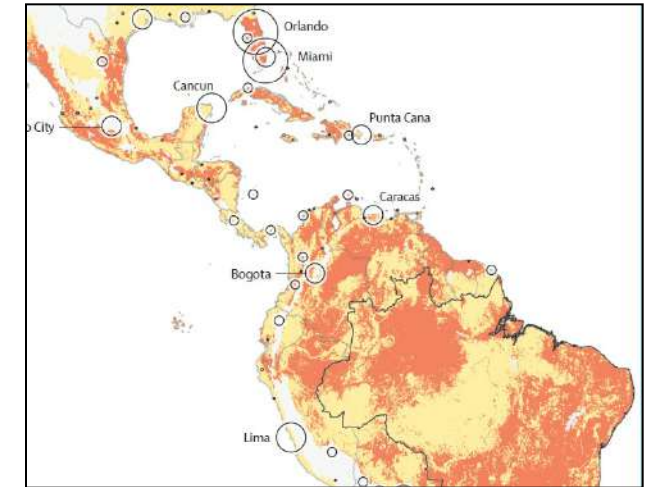
Méditerranéenne (2018)

S₄ Transmission endémique -
limité dans l'espace mais pas
dans le temps - saison de
transmission de la dengue

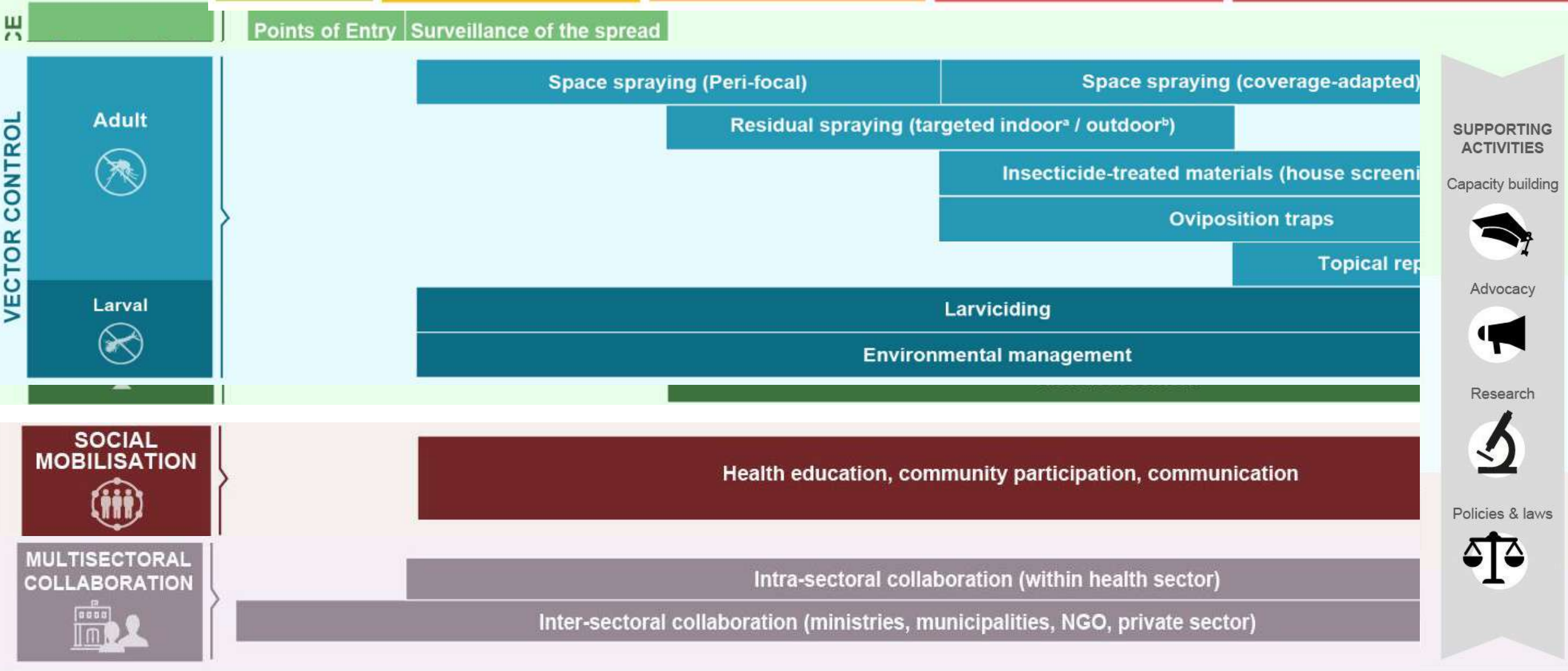


Bangkok (1980-2010)

S₅ Transmission épidémique -
limité dans le temps et
l'espace -
excès de cas normalement
attendus

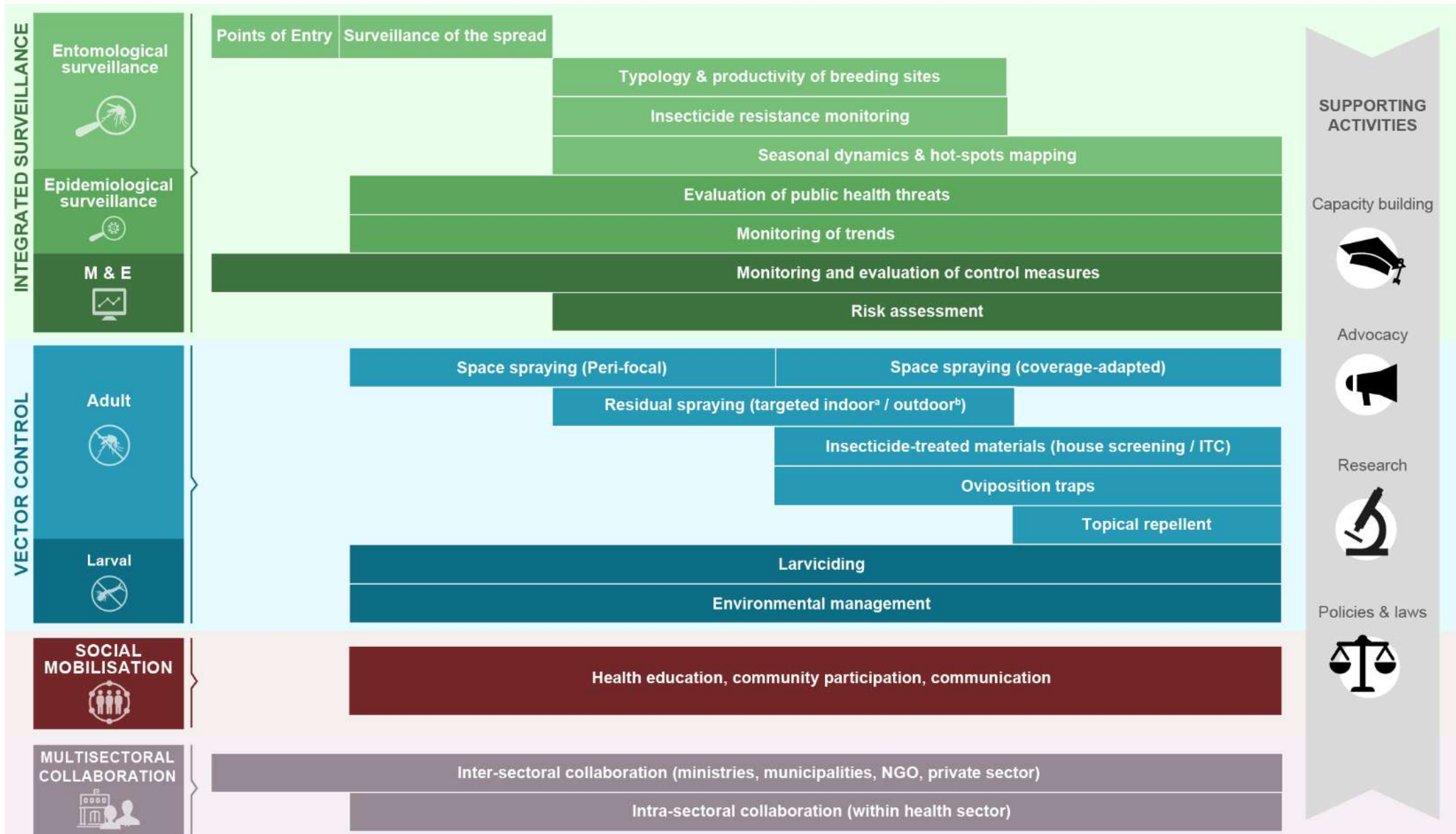


Zika (2016)



SUPPORTING ACTIVITIES

- Capacity building (Graduation cap icon)
- Advocacy (Megaphone icon)
- Research (Microscope icon)
- Policies & laws (Scales of justice icon)



7. Relations science/décideurs

Intensifier la surveillance intégrée et construire des preuves des évidences (et coûts) plus solides pour le contrôle des vecteurs pour appliquer des actions synergiques (vers non-insecticides) de manière proactive et adaptées au contexte local

Groupe vecteurs. Expertise scientifique.



- Santé humaine
- Santé animale
- Santé végétale
- Sciences sociales
- Bioéthique
-

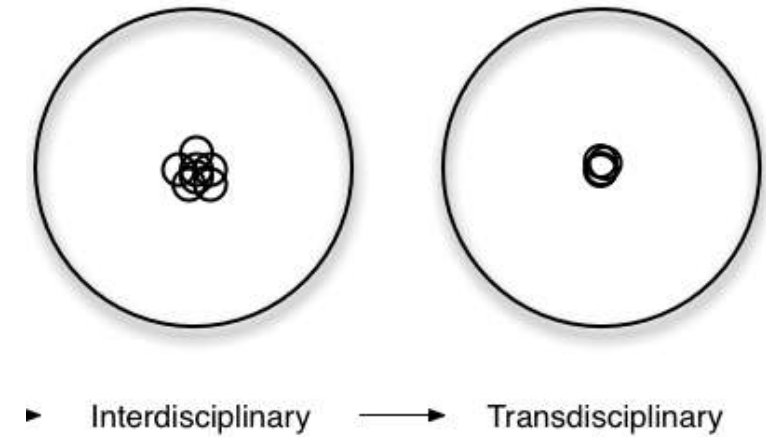


- Consultations des ministères
- Hiérarchisations
- Réponses à des épidémies
- Evaluation des stratégies de contrôle et surveillance
- Evaluation des risques / anticipation

8. Conclusions – pour y réfléchir

De la recherche interdisciplinaire....

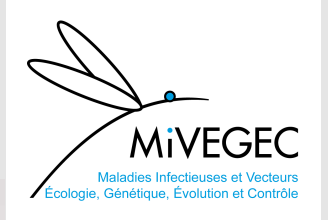
Changement global comme la cause principale
Les approches réductionnistes ne sont pas adéquats
Variabilité inter-espèce, spatiale et temporelle
De la recherche inductive aux mécanismes
On a besoin des cadres globaux
Importance de la recherche interventionnelle



...aux réponses intégrés

On a besoin de créer des évidences solides de l'efficacité du contrôle
Coordination intersectorielle et participation communautaire
Stratégies proactives et préventives: anticipation
Impact économique et cout-effectivité
Coordination science/décideurs/ citoyennes

Merci!



davidroiz@gmail.com

