



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes

5 mai 2025



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

# Biodiversité

## Complexité, paradoxes et holisme

Séminaire 1  
Les invasions biologiques et l'épidémiologie



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

# Biodiversité

## Complexité, paradoxes et holisme

Séminaire 1

Les invasions biologiques et l'épidémiologie



**Christophe DIAGNE**

*Chargé de recherche de Classe Normale (CRCN)*

*Thématique : relations biodiversité – changements anthropiques*

[christophe.diagne@ird.fr](mailto:christophe.diagne@ird.fr)





COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

# Biodiversité

## Complexité, paradoxes et holisme

Séminaire 1

Les **invasions biologiques** et l'épidémiologie



PERSONNE

**Franck Courchamp**

Écologue et chercheur au Laboratoire d'Écologie Systématique & Évolution

Cours 1

5 mai 2025

10h – 11h



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

# Biodiversité

## Complexité, paradoxes et holisme

Séminaire 1

Les invasions biologiques et l'**épidémiologie**





COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

**Epidémiologie ?**



**Définition & Évolution**

**« L'épidémiologie est l'étude de la distribution et des déterminants des maladies dans les populations humaines »**

*Dictionary of Epidemiology (1983)*

**John M. Last (1926–2011), Médecin épidémiologiste & Professeur de santé publique**



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

**Epidémiologie ?**



**Définition & Évolution**

« *L'épidémiologie est l'étude de la distribution et des déterminants des maladies dans les populations humaines* »

*Dictionary of Epidemiology (1983)*

John M. Last (1926–2011), Médecin épidémiologiste & Professeur de santé publique

## 1854 – Naissance de l'épidémiologie moderne

Lors d'une épidémie de choléra à Londres, **John Snow**, médecin anglais, identifie une **pompe à eau contaminée** comme source de la maladie. Son enquête repose sur l'**observation**, la **cartographie** et la prise en compte de l'**environnement**

➤ Ce travail marque le début de l'analyse des maladies à l'échelle **populationnelle**.



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

**Epidémiologie ?**



**Définition & Évolution**

- **Définition classique** centrée sur **les humains** (santé publique)
- Évolutions conceptuelles et disciplinaires
  - **Épidémiologie vétérinaire** : maladies animales (animaux domestiques ou d'élevage, etc.)
  - **Épidémiologie végétale** : maladies des plantes (agriculture, foresterie, etc.)
- **Vision moderne plus intégrative** (« **Epidémiologie environnementale** »)
  - **Interconnexion des différentes santés** → approche **intégrée** « Une seule santé » (concepts *One Health*, *EcoHealth*, *Planetary Health*)
  - **Décloisonnement des disciplines** (ex. éco-épidémiologie, épidémiologie évolutionniste, épidémiologie comportementale)



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

**Epidémiologie ?**



**Définition & Évolution**

- **Définition classique** centrée sur **les humains** (santé publique)
- **Évolutions conceptuelles et disciplinaires**
  - **Épidémiologie vétérinaire** : maladies animales (animaux domestiques ou d'élevage, etc.)
  - **Épidémiologie végétale** : maladies des plantes (agriculture, foresterie, etc.)
- **Vision moderne plus intégrative** (« **Epidémiologie environnementale** »)
  - **Interconnexion des différentes santés** → approche **intégrée** « Une seule santé » (concepts *One Health*, *EcoHealth*, *Planetary Health*)
  - **Décloisonnement des disciplines** (ex. éco-épidémiologie, épidémiologie évolutionniste, épidémiologie comportementale)



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

**Epidémiologie ?**



**Définition & Évolution**

- **Définition classique** centrée sur **les humains** (santé publique)
- **Évolutions conceptuelles et disciplinaires**
  - **Épidémiologie vétérinaire** : maladies animales (animaux domestiques ou d'élevage, etc.)
  - **Épidémiologie végétale** : maladies des plantes (agriculture, foresterie, etc.)
- **Vision moderne plus intégrative (« Epidémiologie environnementale »)**
  - **Interconnexion des différentes santés** → approche **intégrée** « Une seule santé » (concepts *One Health*, *EcoHealth*, *Planetary Health*)
  - **Décloisonnement des disciplines** (ex. éco-épidémiologie, épidémiologie évolutionniste, épidémiologie comportementale)



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

### Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**
- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

• **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**

- Message 1
- Message 2
- Message 3



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

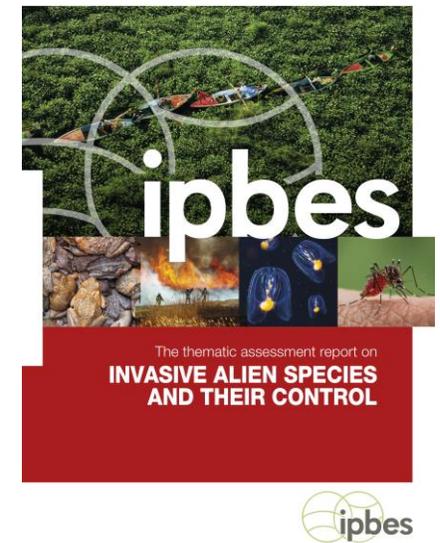
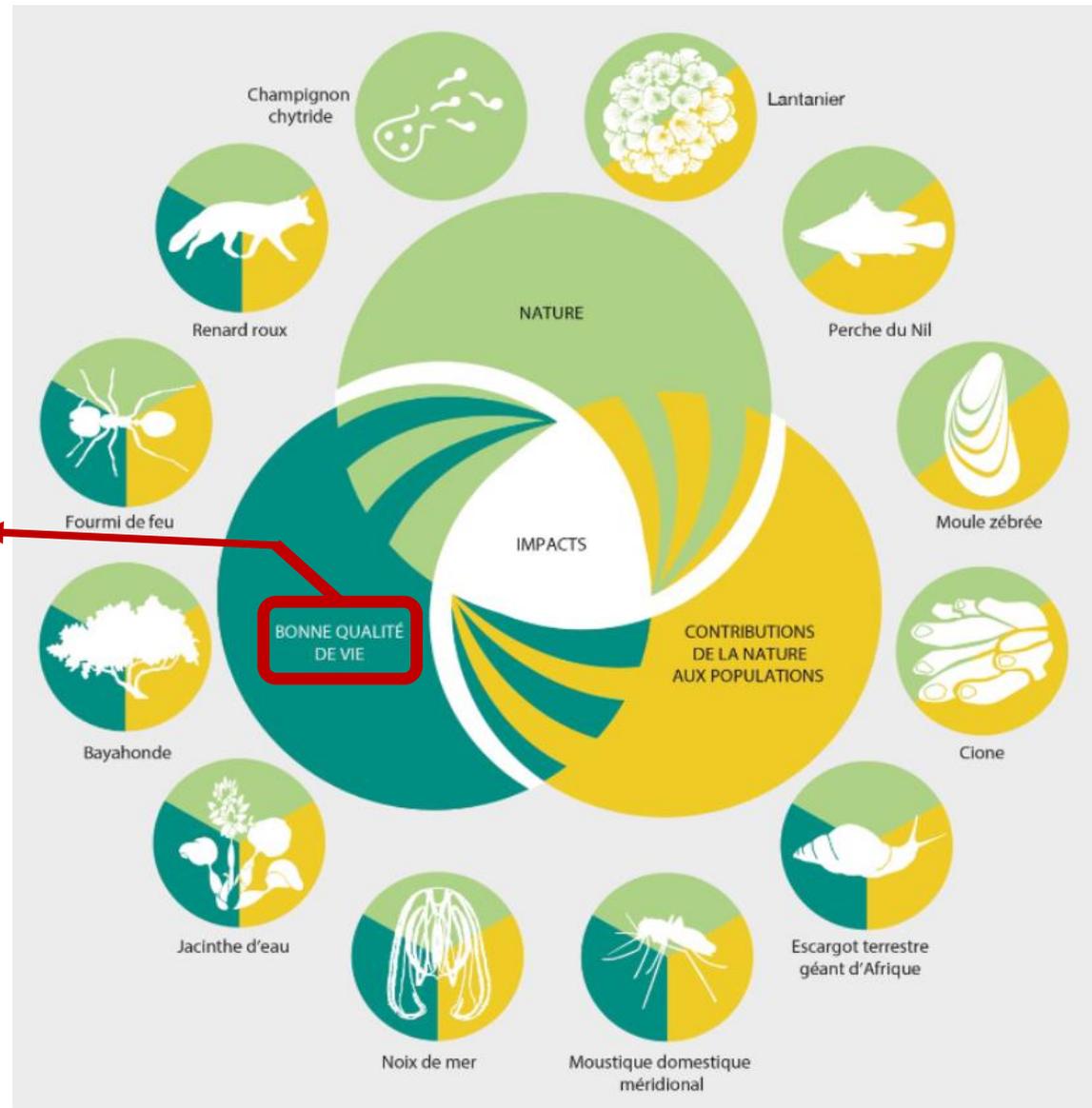
## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**

- **Message 1** : les invasions biologiques ont des impacts épidémiologiques directs et indirects
- Message 2
- Message 3

Bonne qualité de vie



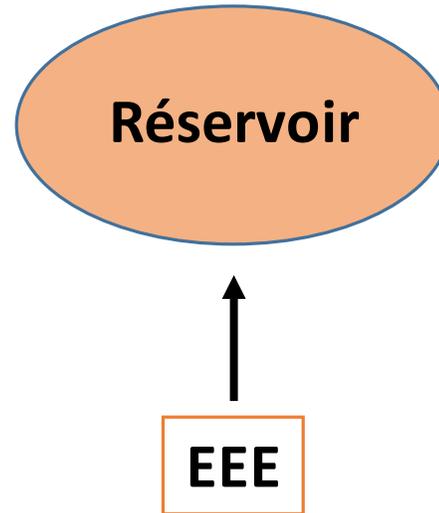
→ De **nombreux** impacts épidémiologiques **directs** et **indirects** sont largement **documentés** dans la littérature scientifique

## **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies



« organisme dans lequel un pathogène peut persister durablement sans provoquer forcément de maladie, mais d'où il peut se transmettre à d'autres organismes »  
*Ex. : certaines EEE hébergent des virus responsables de fièvres hémorragiques*

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Trans**
- char

bactéries,



© Rathater / Wikimedia commons

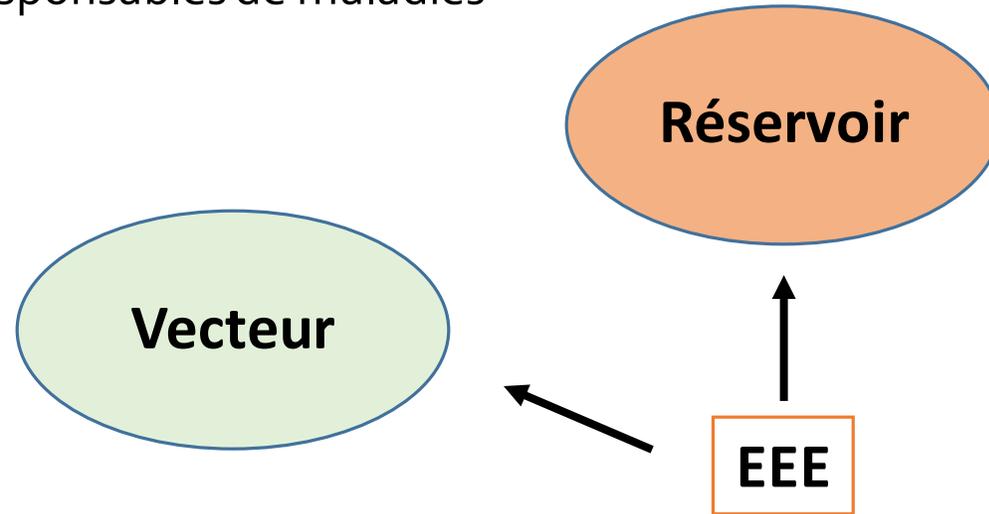
- ### Rongeurs commensaux
- rat noir *Rattus rattus*
  - rat brun *Rattus norvegicus*
  - souris domestique *Mus musculus*

Originaires d'**Asie**, ils sont aujourd'hui présents quasiment **partout** dans le monde. Ces espèces sont porteuses de **pathogènes** dont certains sont responsables d'**infections graves** chez l'humain comme la leptospirose, la peste ou les schistosomiases.

Ex. : certaines EEE hébergent des virus responsables de fièvres hémorragiques

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies



« organisme (souvent un arthropode) qui transporte mécaniquement un agent pathogène d'un hôte à un autre »

*Ex. : certaines tiques transmettent des bactéries responsables de la maladie de Lyme*

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transm**  
char

bactéries,



© M. M. Karim / Wikimedia commons

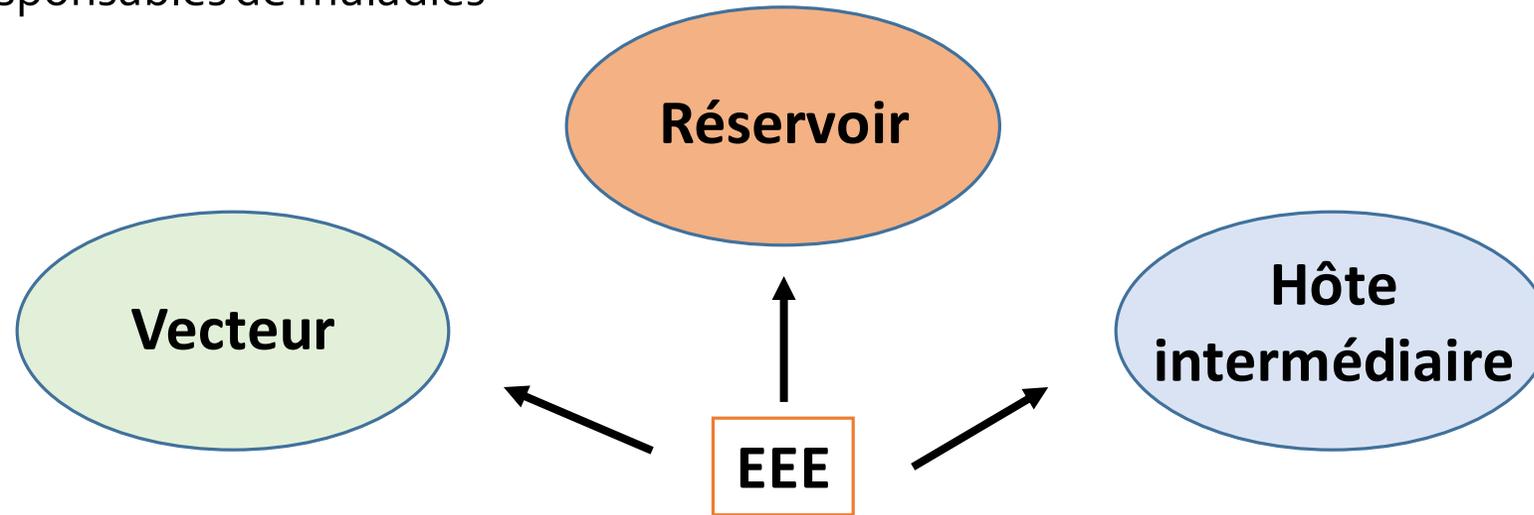
### **Moustique tigre** *(Aedes albopictus)*

Originnaire des *forêts tropicales d'Asie du Sud-Est*, ce moustique s'est adapté à divers environnements et a étendu son aire de répartition (**Afrique, Amérique & Europe**) grâce à la mondialisation. Il **pique** les **êtres humains** et peut être vecteur de **virus** comme ceux de la dengue, du chikungunya, ou de la fièvre jaune.

Ex. : certaines tiques transmettent des bactéries responsables de la maladie de Lyme

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies



« organisme dans lequel un pathogène effectue une partie de son cycle bio-écologique avant d'infecter un hôte définitif »

*Ex. : des EEE peuvent héberger des stades larvaires de parasites humains*

### Impacts : oui, mais comment ?

- **Transp**  
char

bactéries,



### **Moule zébrée** (*Dreissena polymorpha*)

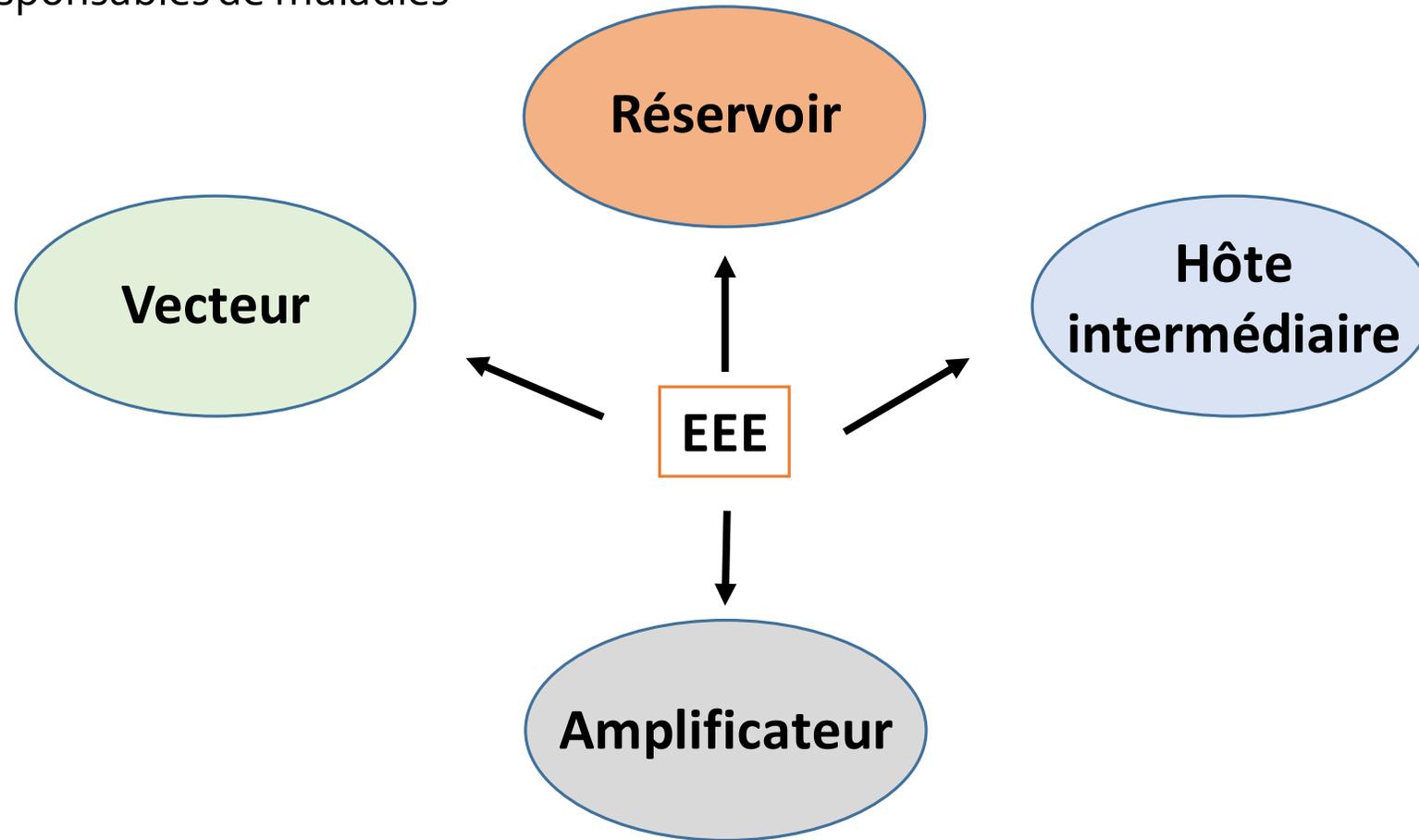
Originnaire d'**Amérique du Nord**, elle s'est implantée dans de nombreux écosystèmes aquatiques d'**Europe**. En tant qu'hôte intermédiaire, elle **héberge** des **stades larvaires** de parasites comme **Anguillicola crassus**, un nématode affectant les anguilles. Sa présence **facilite** donc la **transmission du parasite** et contribue au **déclin de populations d'espèces locales**.

© Lamiot / Wikimedia commons

Ex. : des escargots exotiques peuvent héberger des stades larvaires de parasites humains

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies



« organisme qui favorise la circulation des pathogènes en perturbant les équilibres écologiques »  
Ex. : certaines EEE éliminent des espèces locales qui freinaient naturellement la transmission

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transp**  
char

bactéries,



### **Cochon sauvage** *(Sus scrofa)*

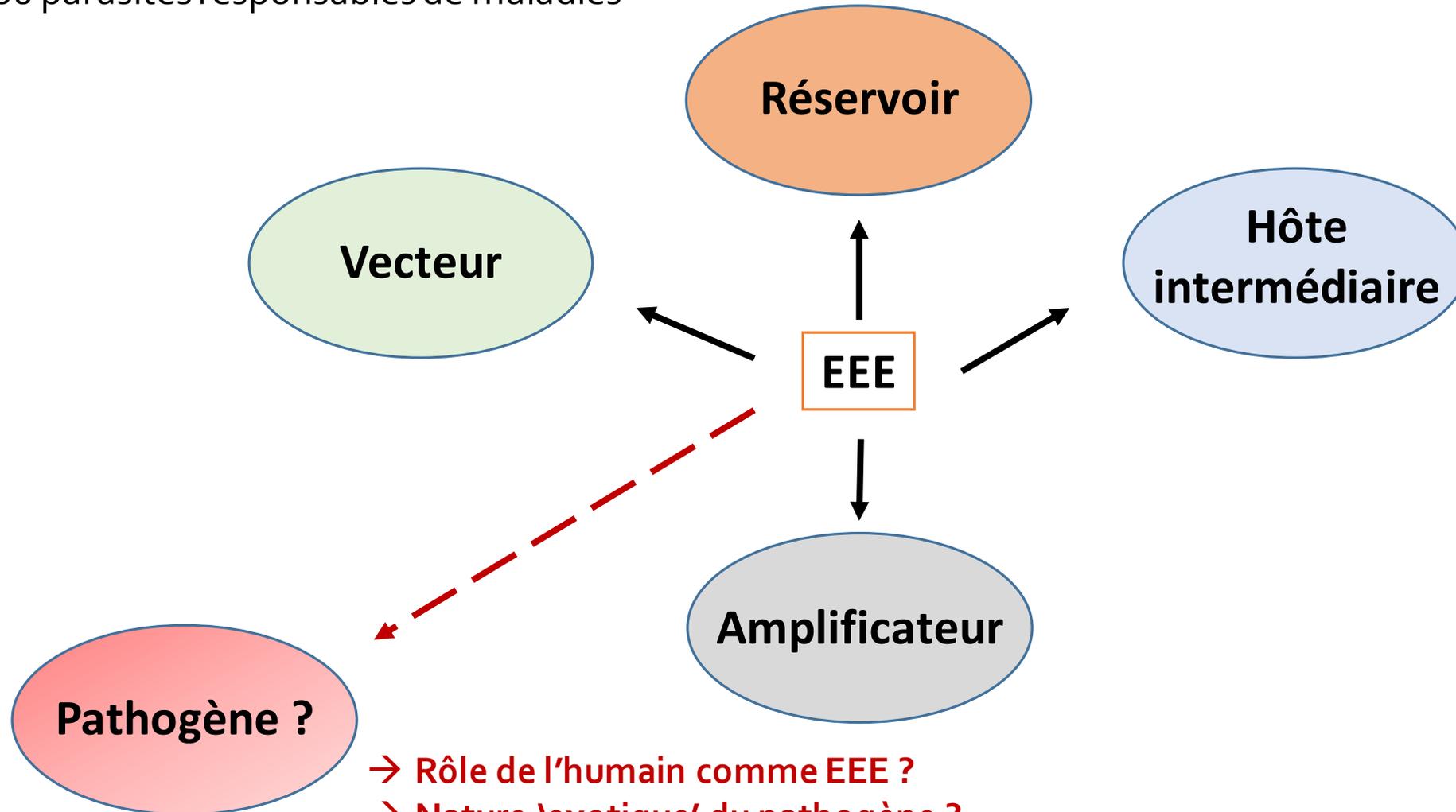
Introduit dans de **nombreuses régions** du monde, son **comportement** de fouisseur **modifie** fortement les sols forestiers. Ses creusements créent des mares temporaires favorables à la **prolifération** de moustiques tels que *Culex quinquefasciatus*, vecteur du **parasite Plasmodium relictum** responsable du **paludisme aviaire**, une maladie qui **décime** les oiseaux forestiers endémiques. Le sanglier agit ainsi comme **facilitateur mécanique**, en générant des **habitats propices au vecteur**.

© Michael Gäbler / Wikimedia commons

Ex. : certaines EEE éliminent des espèces locales qui freinaient naturellement la transmission

## Impacts : oui, mais comment ?

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies



- Rôle de l'humain comme EEE ?
- Nature 'exotique' du pathogène ?
- Virus = organisme vivant ?

## **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies
- **Production de toxines** : certaines EEE libèrent des substances chimiques nocives ou mortelles pour d'autres êtres vivants



## **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies
- **Production de toxines** : certaines EEE libèrent des substances chimiques nocives ou mortelles pour d'autres êtres vivants
- **Déclenchement d'allergies** : des molécules produites par les EEE (ex. pollen, poils) peuvent provoquer des réactions allergiques

## Impacts : oui, mais comment ?

• Trans

char

• P

viv

• D

réa



© G. U. Tolkiehn / Wikimedia commons

### Ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)

Venue d'**Amérique du Nord**, cette plante s'est **largement répandue** en **Europe** et en **Asie**. Elle produit un **pollen extrêmement allergisant**, responsable de **troubles respiratoires graves**, comme la **rhinite allergique** ou l'**aggravation de l'asthme**. Chaque année, des **millions de personnes** en Europe sont affectées.

stéries,

res

des

## **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies
- **Production de toxines** : certaines EEE libèrent des substances chimiques nocives ou mortelles pour d'autres êtres vivants
- **Déclenchement d'allergies** : des molécules produites par les EEE (ex. pollen, poils) peuvent provoquer des réactions allergiques
- **Atteintes physiques** : piqûres, morsures ou blessures dus à certaines EEE

## Impacts : oui, mais comment ?

• Transm... bactéries,  
cham...

• P... res  
viva...

• D... les  
réa...

• A...

### Fourmi de feu (*Solenopsis invicta*)

Originaires d'**Amérique du Sud**, elle est aujourd'hui présente dans plusieurs régions des **États-Unis**, d'**Australie**, de **Chine** et plus récemment d'**Europe**. Elle provoque de **violentes piqûres** pouvant entraîner des **réactions allergiques graves**, voire des **chocs anaphylactiques** chez l'humain.



© Stephen Ausmus / Wikimedia commons

### **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies
- **Production de toxines** : certaines EEE libèrent des substances chimiques nocives ou mortelles pour d'autres êtres vivants
- **Déclenchement d'allergies** : des molécules produites par les EEE (ex. pollen, poils) peuvent provoquer des réactions allergiques
- **Atteintes physiques** : piqûres, morsures ou blessures dus à certaines EEE
- **Atteintes mentales** : la présence ou la menace d'une EEE peut générer du stress, de l'anxiété ou un sentiment d'insécurité

## Impacts : oui, mais comment ?

• Transm... bactéries,  
cham...

• P... res  
viva...

• D... les  
réa...

• A... ent

• A... ent  
d'in...



© Gilles San Martin / Wikimedia commons

### Jussie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora*)

Originale d'**Amérique du Sud**, elle envahit les plans d'eau et zones humides à travers l'Europe. En plus de **perturber** les écosystèmes aquatiques et les usages agricoles, sa prolifération dense **bloque** les **activités récréatives** comme la baignade ou la pêche, **altère** le **paysage**, et **génère stress, sentiment d'impuissance et perte de lien** au territoire chez certains riverains.

### **Impacts : oui, mais comment ?**

- **Transmission de pathogènes** : certaines EEE peuvent introduire ou amplifier la circulation des virus, bactéries, champignons ou parasites responsables de maladies
- **Production de toxines** : certaines EEE libèrent des substances chimiques nocives ou mortelles pour d'autres êtres vivants
- **Déclenchement d'allergies** : des molécules produites par les EEE (ex. pollen, poils) peuvent provoquer des réactions allergiques
- **Atteintes physiques** : piqûres, morsures ou blessures dus à certaines EEE
- **Atteintes mentales** : la présence ou la menace d'une EEE peut générer du stress, de l'anxiété ou un sentiment d'insécurité
- **Insécurité alimentaire** : les EEE peuvent compromettre l'accès à la nourriture et/ou à l'eau en détruisant les cultures, en consommant les denrées alimentaires stockées, ou en polluant les milieux

## Impacts : oui, mais comment ?

- Transm...
- Cham...
- Pr...
- Viva...
- D...
- Réa...
- At...
- At...
- d'in...
- In...
- rav...



© E. Zimmermann / Wikimedia commons

### Légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*)

Depuis *les Amériques*, la légionnaire d'automne a atteint *l'Afrique, l'Asie et l'Australie*. Cet insecte ravageur s'attaque à des **cultures essentielles** comme le maïs, le sorgho et le riz, compromettant la **sécurité alimentaire** de millions de personnes, particulièrement dans les pays en développement.

bactéries,  
res  
les  
ent  
EE



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



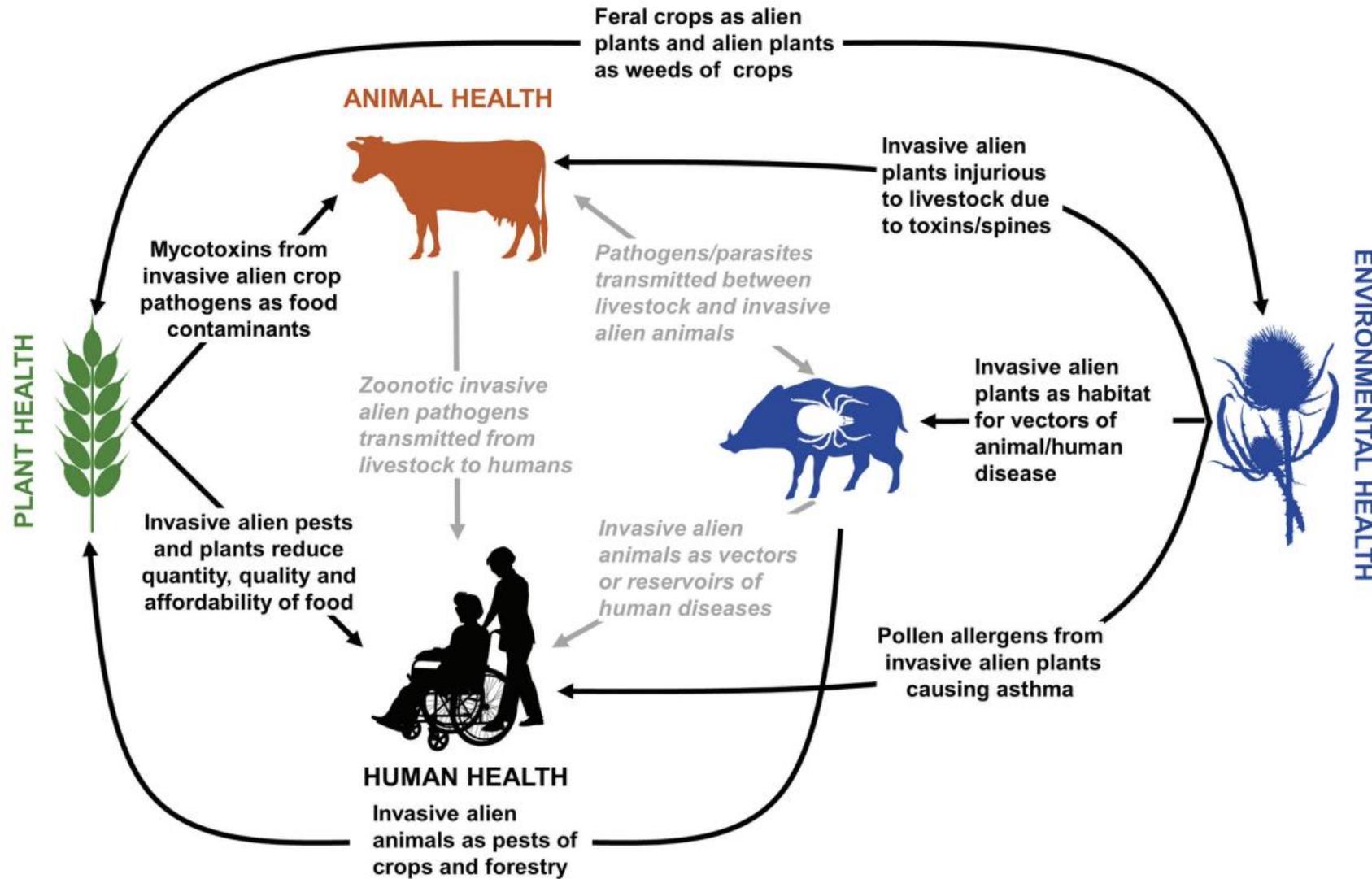
Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**

- **Message 1** : les invasions biologiques ont des impacts épidémiologiques directs et indirects
- **Message 2** : il existe des connexions fortes et multidimensionnelles entre invasions et épidémiologie



(Message 2.1)

→ Les **espèces exotiques envahissantes** affectent **toutes** les **dimensions** de la **santé**

(Message 2.2)

→ Il existe des **similitudes** entre les **stades**,  
**processus** et **mécanismes**

- **d'émergence des agents de maladies**

&

- **d'invasion par des espèces exotiques envahissantes**



Stages for  
emergent  
zoonotic viruses  
(e.g., SARS-CoV-2)

(Message 2.2)

→ Il existe des **similitudes** entre les **stades**,  
**processus** et **mécanismes**

**d'émergence des agents de maladies**

&

**d'invasion par des espèces exotiques  
envahissantes**

Stages for  
biological  
invasions





Stages for  
emergent  
zoonotic viruses  
(e.g., SARS-CoV-2)



Evolution of the pathogen in the wild  
Increased reservoir of one or more wild species

**Processus de sélection dans les communautés de réservoirs**



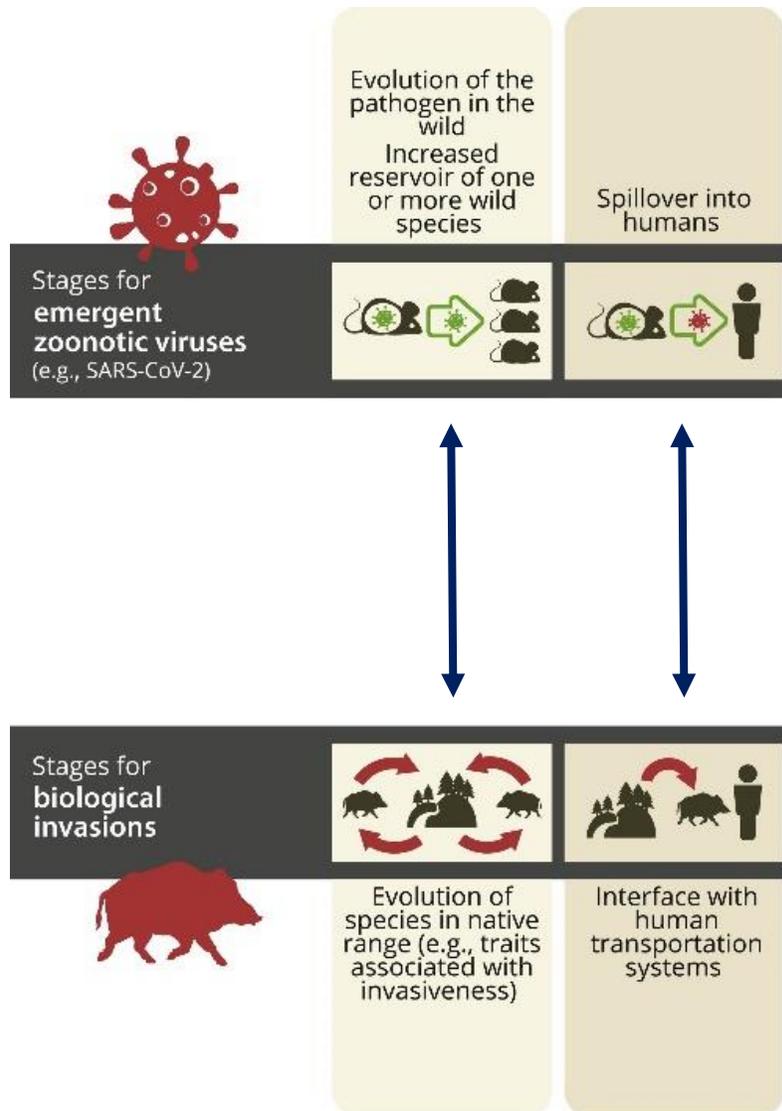
Stages for  
biological  
invasions



Evolution of species in native range (e.g., traits associated with invasiveness)

**Processus de sélection dans l'aire native (d'origine)**



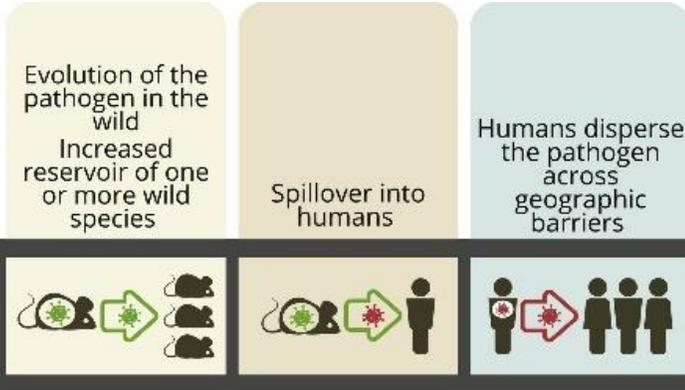


**Interface avec les humains :**  
**transmission inter-hôte**

**Interface avec les humains :**  
**transport vers l'aire d'invasion**



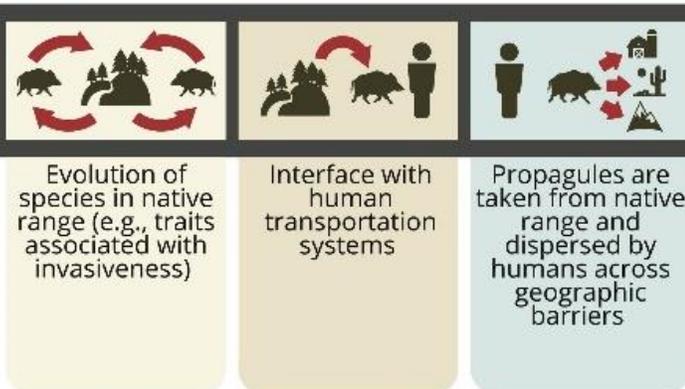
Stages for emergent zoonotic viruses (e.g., SARS-CoV-2)



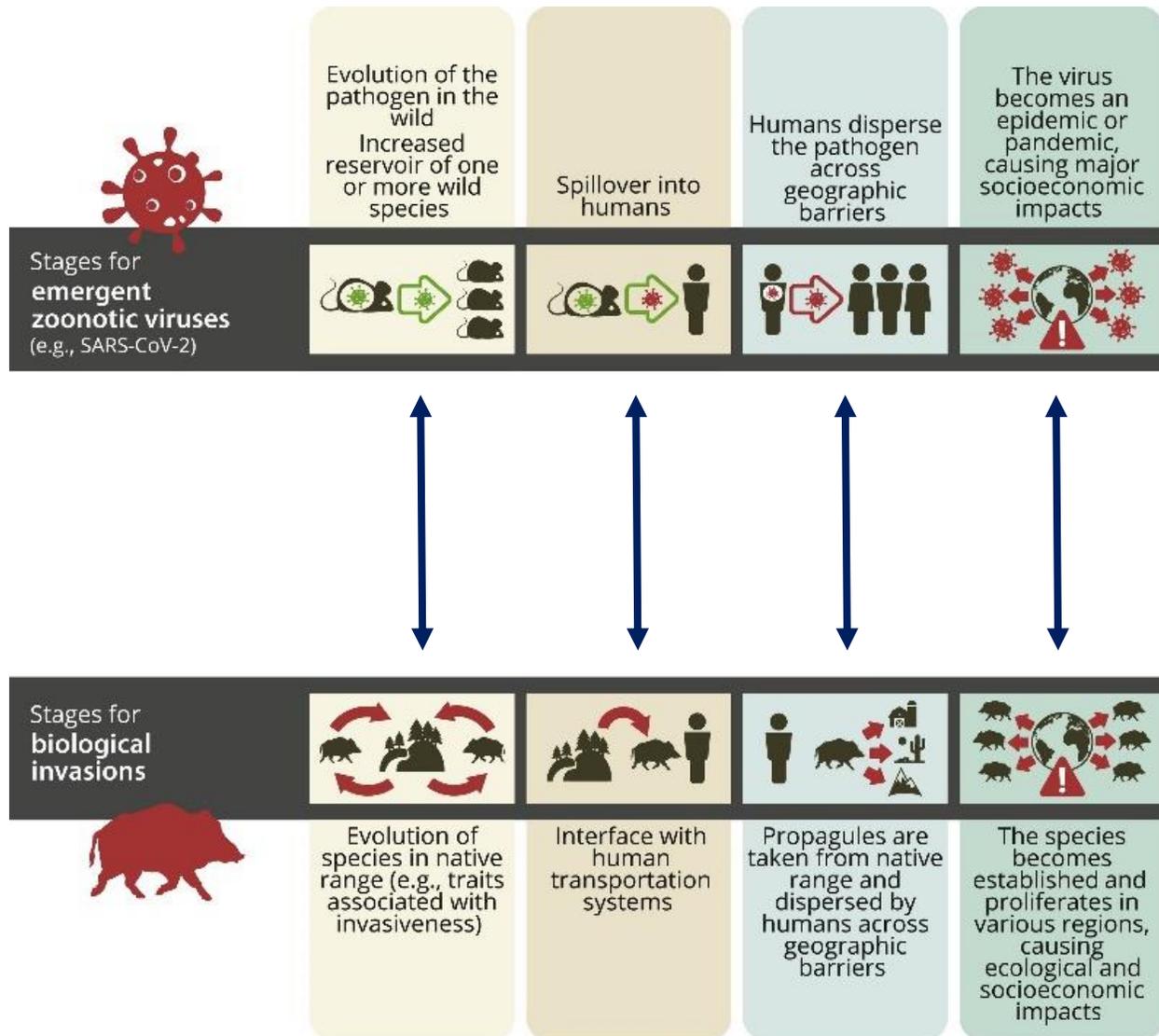
**Dispersion du pathogène dans les populations humaines**



Stages for biological invasions



**Dispersion de l'EEE dans l'aire envahie**

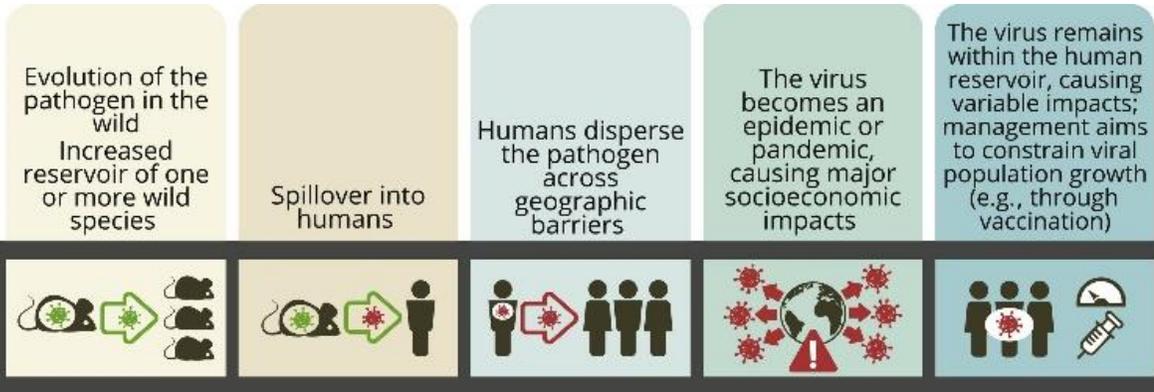


***Etablissement, prolifération puis impacts à plus large échelle***

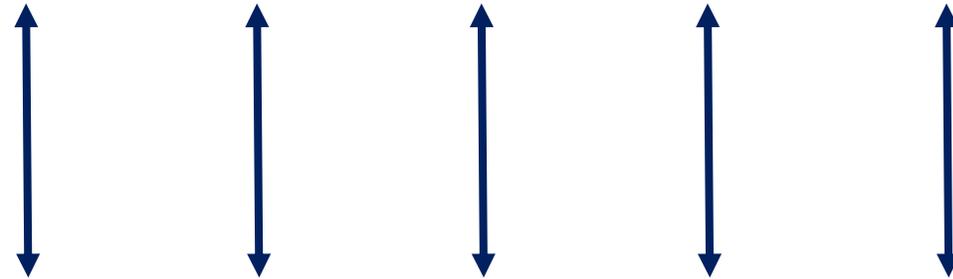
***Etablissement, prolifération puis impacts à plus large échelle***



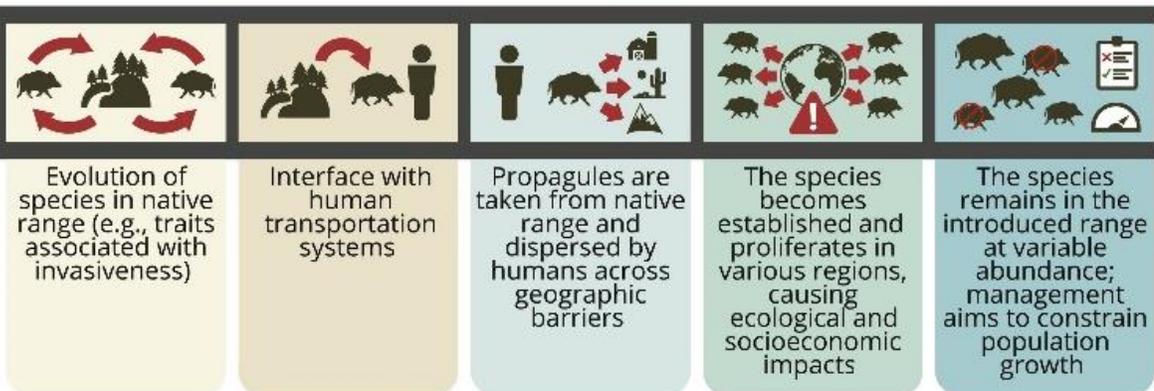
Stages for emergent zoonotic viruses (e.g., SARS-CoV-2)



**Gestion pour limiter la prolifération du pathogène (ex. vaccination des populations non-infectées)**



Stages for biological invasions



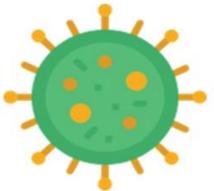
**Gestion pour limiter la prolifération de l'EEE (ex. actions locales pour réguler les populations)**



**BIOLOGICAL  
INVASIONS**

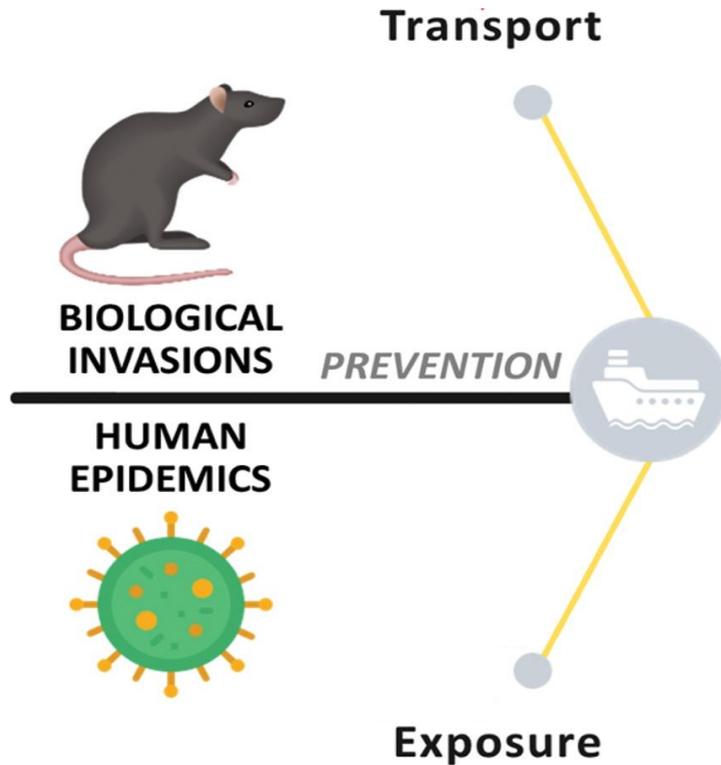
---

**HUMAN  
EPIDEMICS**



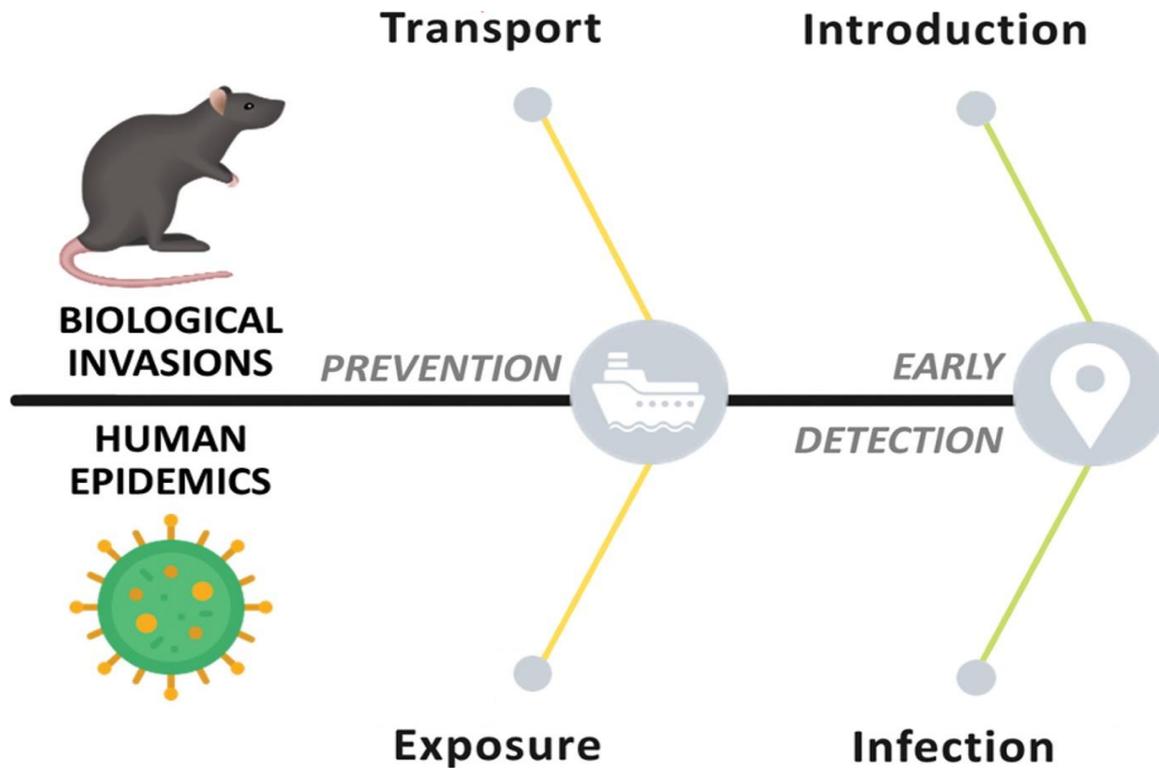
*(Message 2.3)*

→ Des actions **conjointes** peuvent **limiter** les invasions biologiques et leurs impacts épidémiologiques, et la **prévention** reste la **plus efficace** et **bénéfique à long terme**



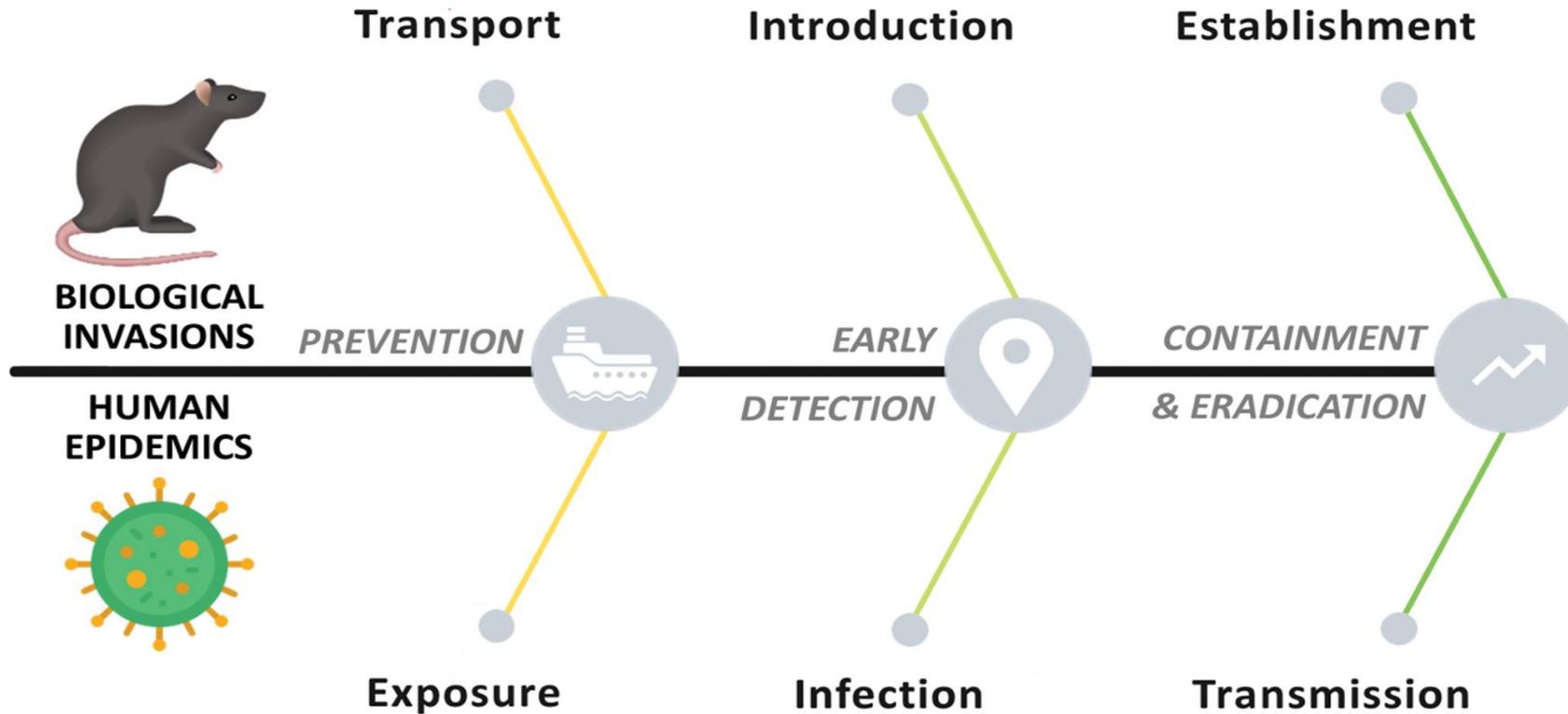
(Message 2.3)

→ Des actions **conjointes** peuvent **limiter** les invasions biologiques et leurs impacts épidémiologiques, et la **prévention** reste la **plus efficace** et **bénéfique à long terme**



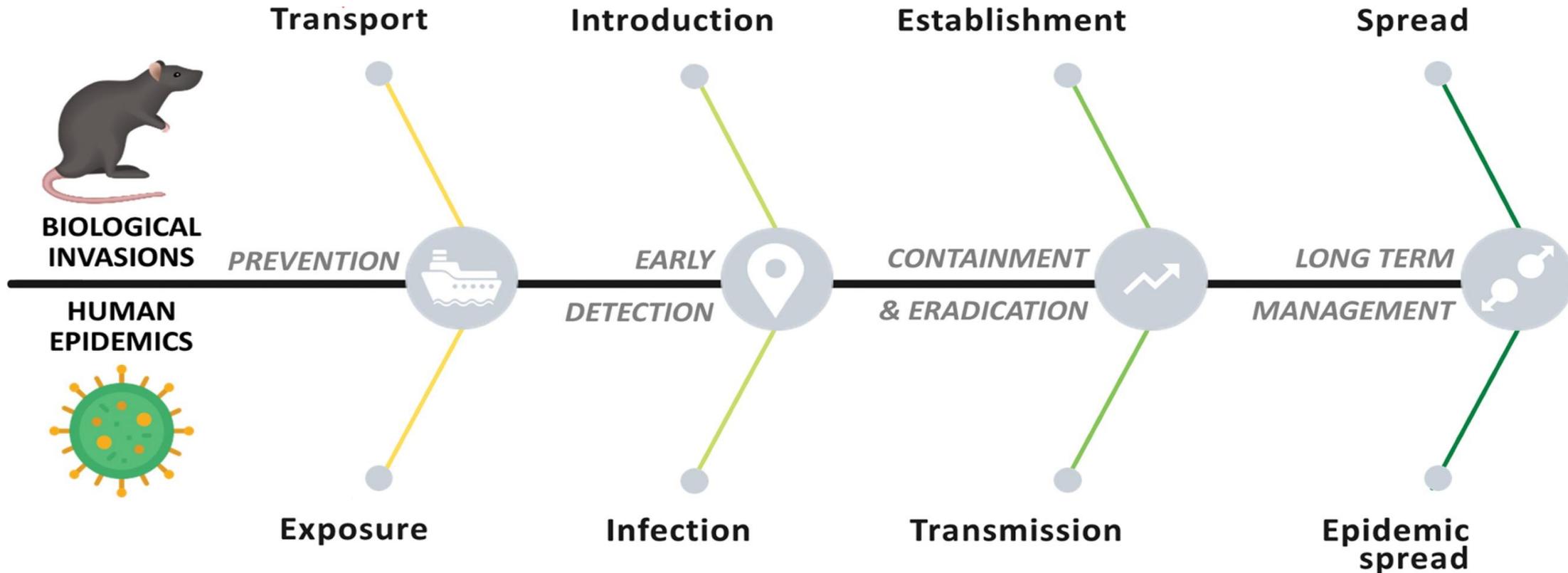
(Message 2.3)

→ Des actions **conjointes** peuvent **limiter** les invasions biologiques et leurs impacts épidémiologiques, et la **prévention** reste la **plus efficace** et **bénéfique à long terme**



(Message 2.3)

→ Des actions **conjointes** peuvent **limiter** les invasions biologiques et leurs impacts épidémiologiques, et la **prévention** reste la **plus efficace** et **bénéfique à long terme**



(Message 2.3)

→ Des actions **conjointes** peuvent **limiter** les invasions biologiques et leurs impacts épidémiologiques, et la **prévention** reste la **plus efficace** et **bénéfique à long terme**



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

### • **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**

- **Message 1** : les invasions biologiques ont des impacts épidémiologiques directs et indirects
- **Message 2** : il existe des connexions fortes et multidimensionnelles entre invasions et maladies
- **Message 3** : deux problématiques globales, un challenge pour la recherche mondiale

## Infectious disease in an era of global change

Rachel E. Baker<sup>1,2</sup>, Ayesha S. Mahmud<sup>3</sup>, Ian F. Miller<sup>1,4</sup>, Malavika Rajeev<sup>1</sup>, Fidisoa Rasambainarivo<sup>1,2,5</sup>, Benjamin L. Rice<sup>1,6</sup>, Saki Takahashi<sup>7</sup>, Andrew J. Tatem<sup>8</sup>, Caroline E. Wagner<sup>9</sup>, Lin-Fa Wang<sup>10,11</sup>, Amy Wesolowski<sup>12</sup> and C. Jessica E. Metcalf<sup>1,13</sup>

### Article

## A meta-analysis on global change drivers and the risk of infectious disease

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07380-6>

Received: 2 August 2022

Accepted: 3 April 2024

Published online: 8 May 2024

Check for updates

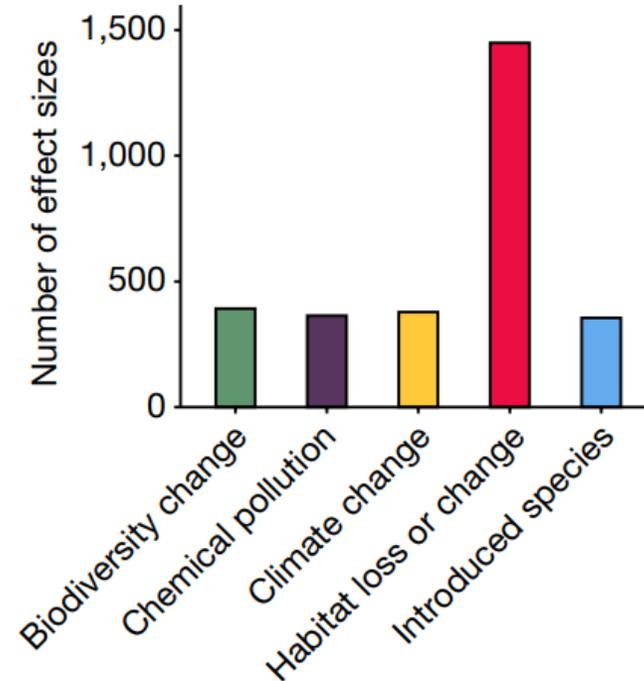
Michael B. Mahon<sup>1,2,8</sup>, Alexandra Sack<sup>1,3,8</sup>, O. Alejandro Aleuy<sup>1</sup>, Carly Barbera<sup>1</sup>, Ethan Brown<sup>1</sup>, Heather Buelow<sup>1</sup>, David J. Civitello<sup>4</sup>, Jeremy M. Cohen<sup>5</sup>, Luz A. de Wit<sup>1</sup>, Meghan Forstchen<sup>1,3</sup>, Fletcher W. Halliday<sup>6</sup>, Patrick Heffernan<sup>1</sup>, Sarah A. Knutie<sup>7</sup>, Alexis Korotasz<sup>1</sup>, Joanna G. Larson<sup>1</sup>, Samantha L. Rumschlag<sup>1,2</sup>, Emily Selland<sup>1,3</sup>, Alexander Shepack<sup>1</sup>, Nitin Vincent<sup>1</sup> & Jason R. Rohr<sup>1,2,3,8</sup>

Anthropogenic change is contributing to the rise in emerging infectious diseases,

### REVIEW

## The role of urbanisation in the spread of *Aedes* mosquitoes and the diseases they transmit—A systematic review

Antonios Kolimenakis<sup>1</sup>, Sabine Heinz<sup>2</sup>, Michael Lowery Wilson<sup>2</sup>, Volker Winkler<sup>2</sup>, Laith Yakob<sup>3</sup>, Antonios Michaelakis<sup>1</sup>, Dimitrios Papachristos<sup>1</sup>, Clive Richardson<sup>4</sup>, Olaf Horstick<sup>2\*</sup>



(Message 3.1)

→ Les **invasions biologiques** et leurs **impacts épidémiologiques** sont **amplifiés** par les **changements globaux** (ex. urbanisation, déforestation, changement climatique)



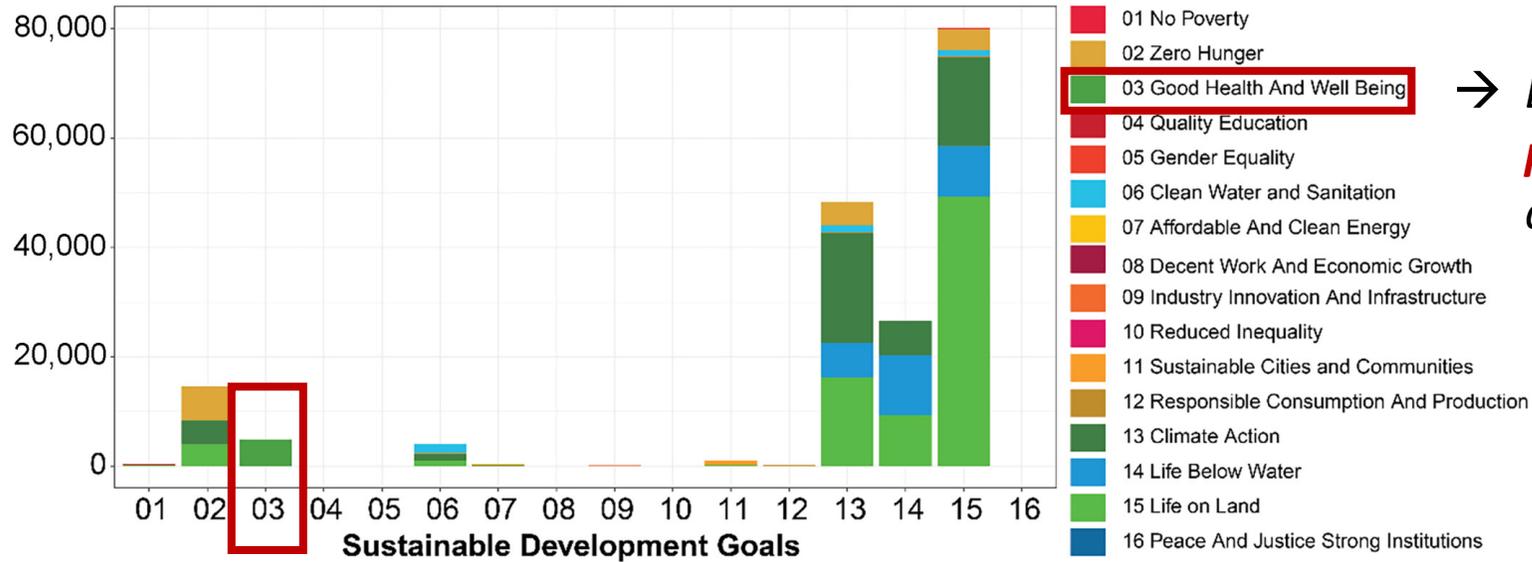
#Species with effect on SDG

— 10 species    — 50 species    — 100 species

→ Les **invasions biologiques** et les **initiatives « Une seule santé »** se rejoignent à l'**intersection** de la **science**, des **politiques publiques** et des **enjeux sociétaux**

(Message 3.2)

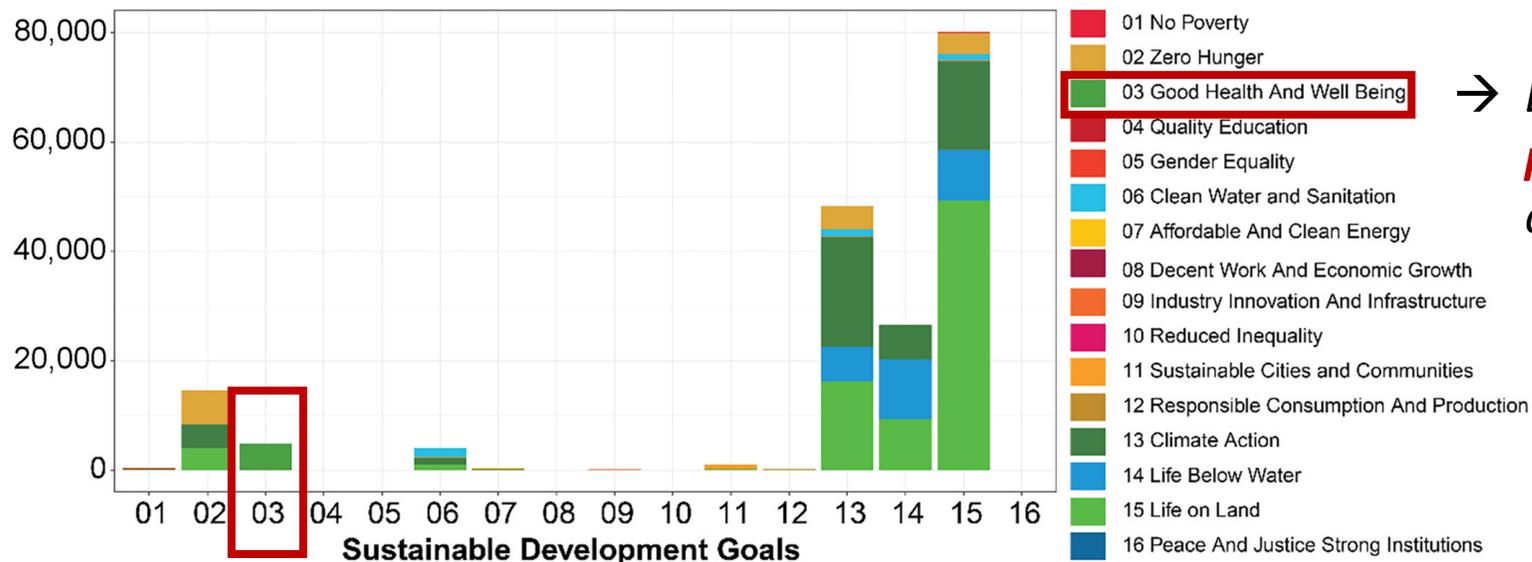
*(Message 3.3) Il existe encore de nombreuses lacunes de connaissances à combler*



→ *Les invasions biologiques sont relativement peu explorées comme menaces sanitaires dans l'agenda du développement durable*

(Message 3.3) Il existe encore de nombreuses lacunes de connaissances à combler

Lenzner et al. 2024  
People and Nature



→ Les invasions biologiques sont relativement peu explorées comme menaces sanitaires dans l'agenda du développement durable

## The role of invasive alien species in the emergence and spread of zoonoses

Helen E. Roy · Elena Tricarico · Richard Hassall · Charlotte A. Johns · Katy A. Roy · Riccardo Scalera · Kevin G. Smith · Bethan V. Purse

Freshwater Biology

## Aquatic invasive species and emerging infectious disease threats: A One Health perspective

David Bruce Conn

<sup>1</sup>Department of Biology and One Health Center, Berry College, Mount Berry, GA 30149, U.S.A.

<sup>2</sup>Department of Invertebrate Zoology, Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge, MA 02138, U.S.A.

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-022-29378-2>

OPEN

Biological invasions facilitate zoonotic disease emergences

Lin Zhang<sup>1,2,11</sup>, Jason Rohr<sup>3,11</sup>, Ruina Cui<sup>1,11</sup>, Yusi Xin<sup>4</sup>, Lixia Han<sup>5,6</sup>, Xiaona Yang<sup>7</sup>, Shimin Gu<sup>1</sup>, Yuanbao Du<sup>1</sup>, Jing Liang<sup>8</sup>, Xuyu Wang<sup>1,9</sup>, Zhengjun Wu<sup>5,6</sup>, Qin Hao<sup>2,8</sup> & Xuan Liu<sup>1,10,11</sup>✉

Functional Ecology

Functional Ecology 2022, 26, 1275–1287

doi: 10.1111/j.1365-2435.2012.02031.x

INVASIONS AND INFECTIONS

Disease emergence and invasions

Melanie J. Hatcher<sup>1,2</sup>, Jaimie T. A. Dick<sup>2</sup> and Alison M. Dunn<sup>1</sup>

→ Les travaux scientifiques sont essentiellement concentrés sur les maladies infectieuses (zoonotiques) et la sécurité alimentaire, avec relativement peu de publications sur d'autres aspects tels que la santé mentale ou les maladies non transmissibles



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

### • **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**

- **Message 1** : les invasions biologiques ont des impacts épidémiologiques directs et indirects
- **Message 2** : il existe des connexions fortes et multidimensionnelles entre invasions et maladies
- **Message 3** : deux problématiques globales, un challenge pour la recherche mondiale



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?

- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

Comment l'épidémiologie peut-elle contribuer à expliquer l'expansion des espèces exotiques envahissantes ?



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

### Les invasions biologiques et l'épidémiologie

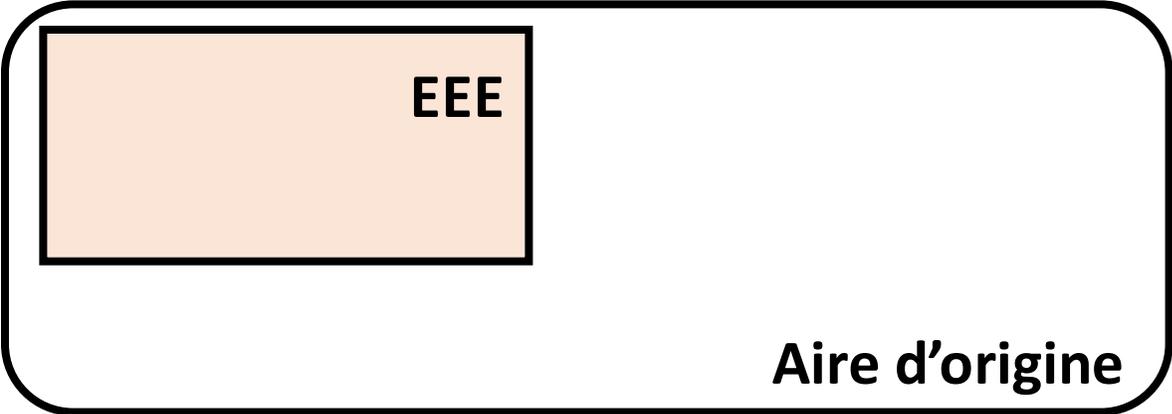
- Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?

- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

Comment l'épidémiologie peut-elle contribuer à expliquer l'expansion des espèces exotiques envahissantes ?



Comment les **parasites/pathogènes favorisent** l'introduction, l'établissement et/ou la prolifération des espèces exotiques envahissantes ?

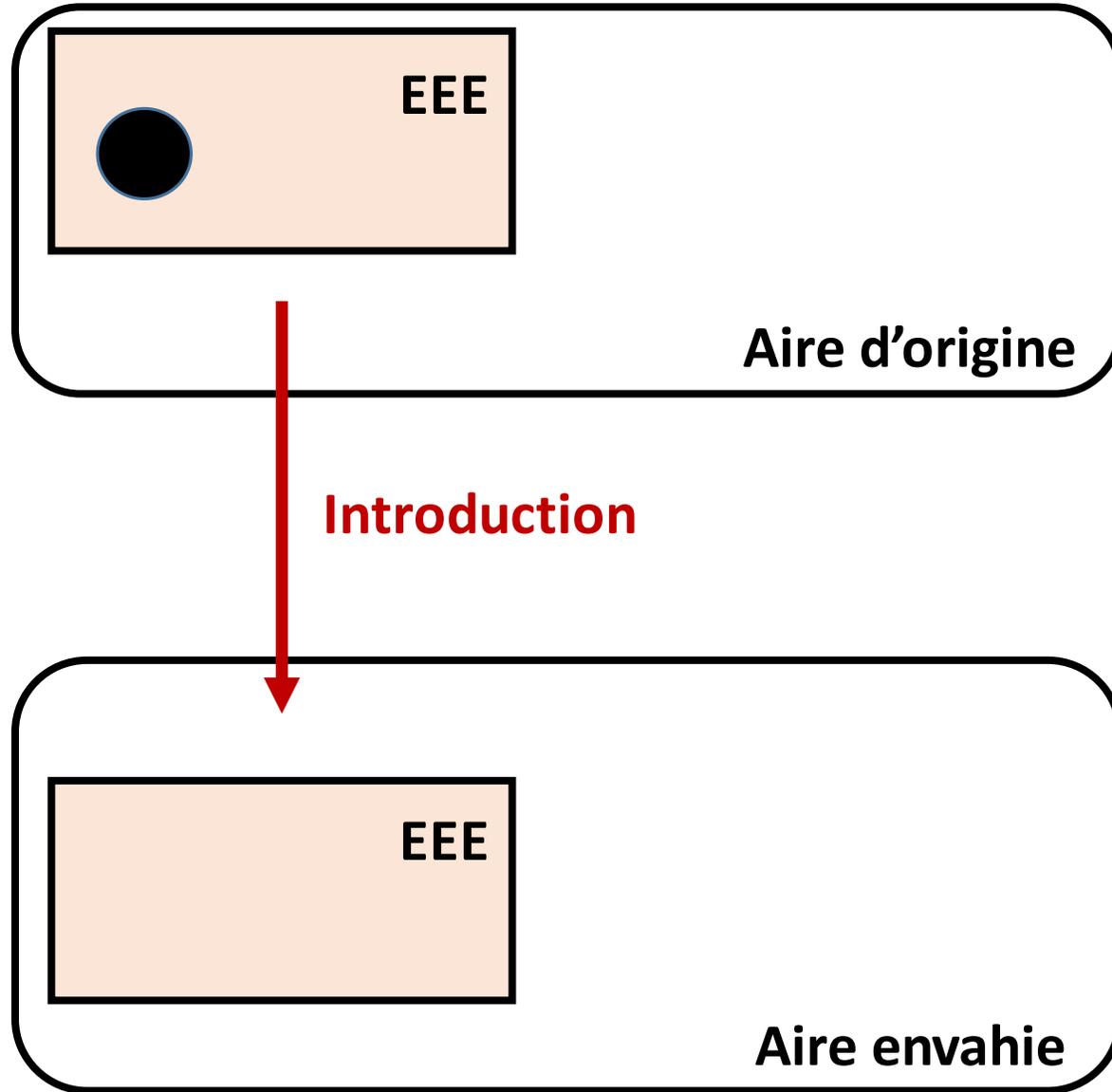


 Parasite/pathogène



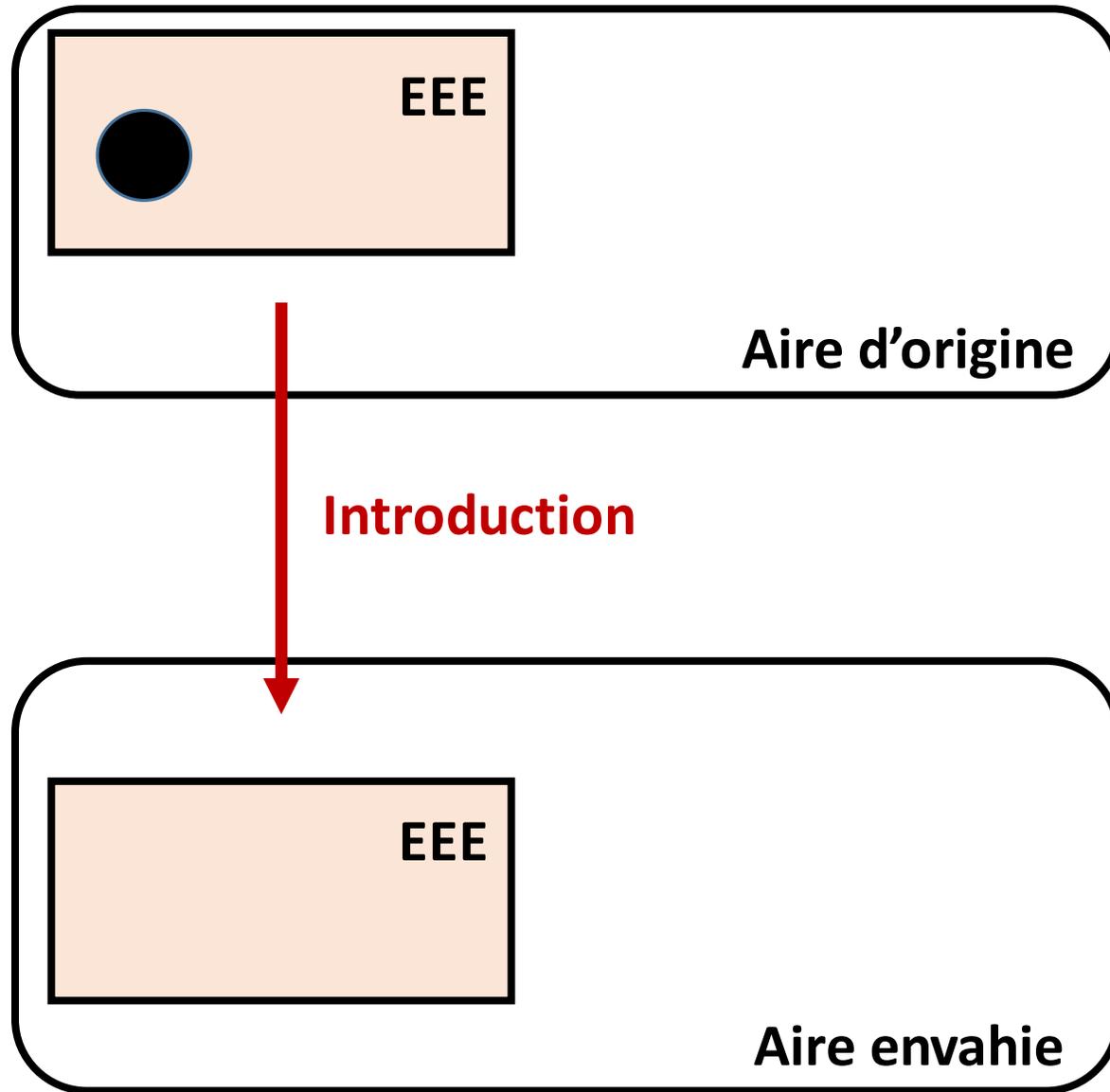
Hypothèse « Enemy Release »

Keane & Crawley 2002 *TREE*  
Torchin *et al.* 2004 *Ecol Lett*  
Brian & Catford 2023 *Ecol Lett*



● Parasite/pathogène

Hypothèse « Enemy Release »



● Parasite/pathogène

- Sélection des hôtes les moins parasités/infectés dans l'aire d'origine, car les plus performants (?)
- Adaptation/survie limitées par conditions environnementales défavorables dans l'aire envahie (ex. absence d'hôte intermédiaire)



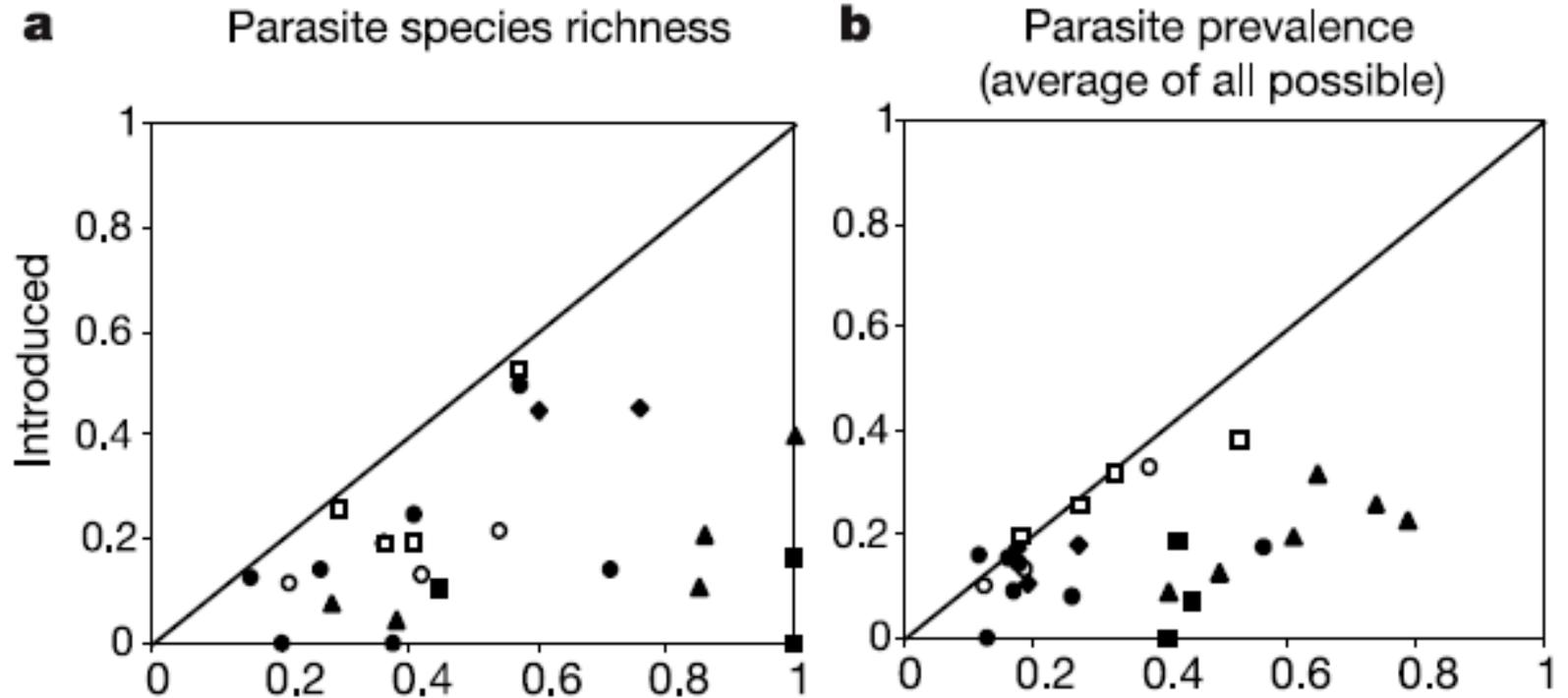
Gain sur la fitness  
+  
Réallocation énergétique vers croissance et reproduction

Hypothèse « Enemy Release »

Torchin *et al.* 2003 *Nature*

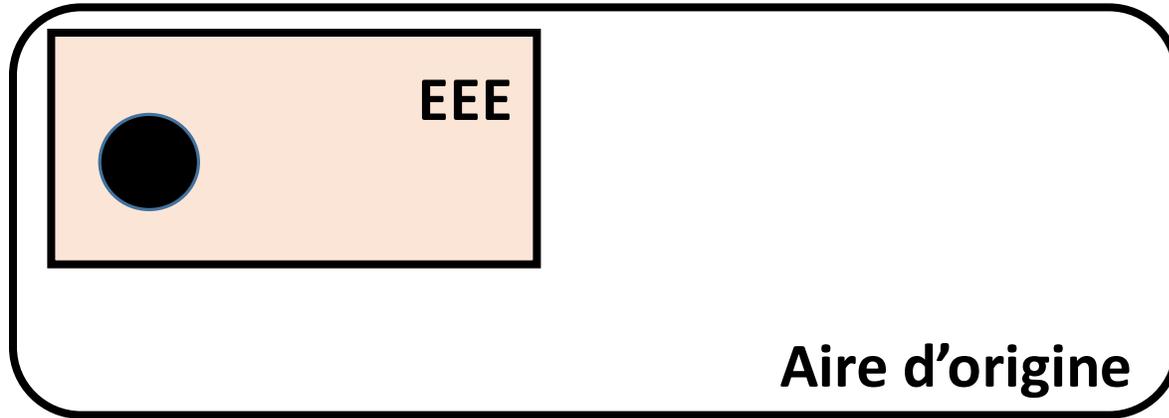
Méta-analyse

→ **26 espèces hôtes** (mollusques, crustacés, poissons, oiseaux, mammifères, amphibiens et reptiles)



« En moyenne, 12 parasites sont perdus et 3 sont gardés par les EEE »

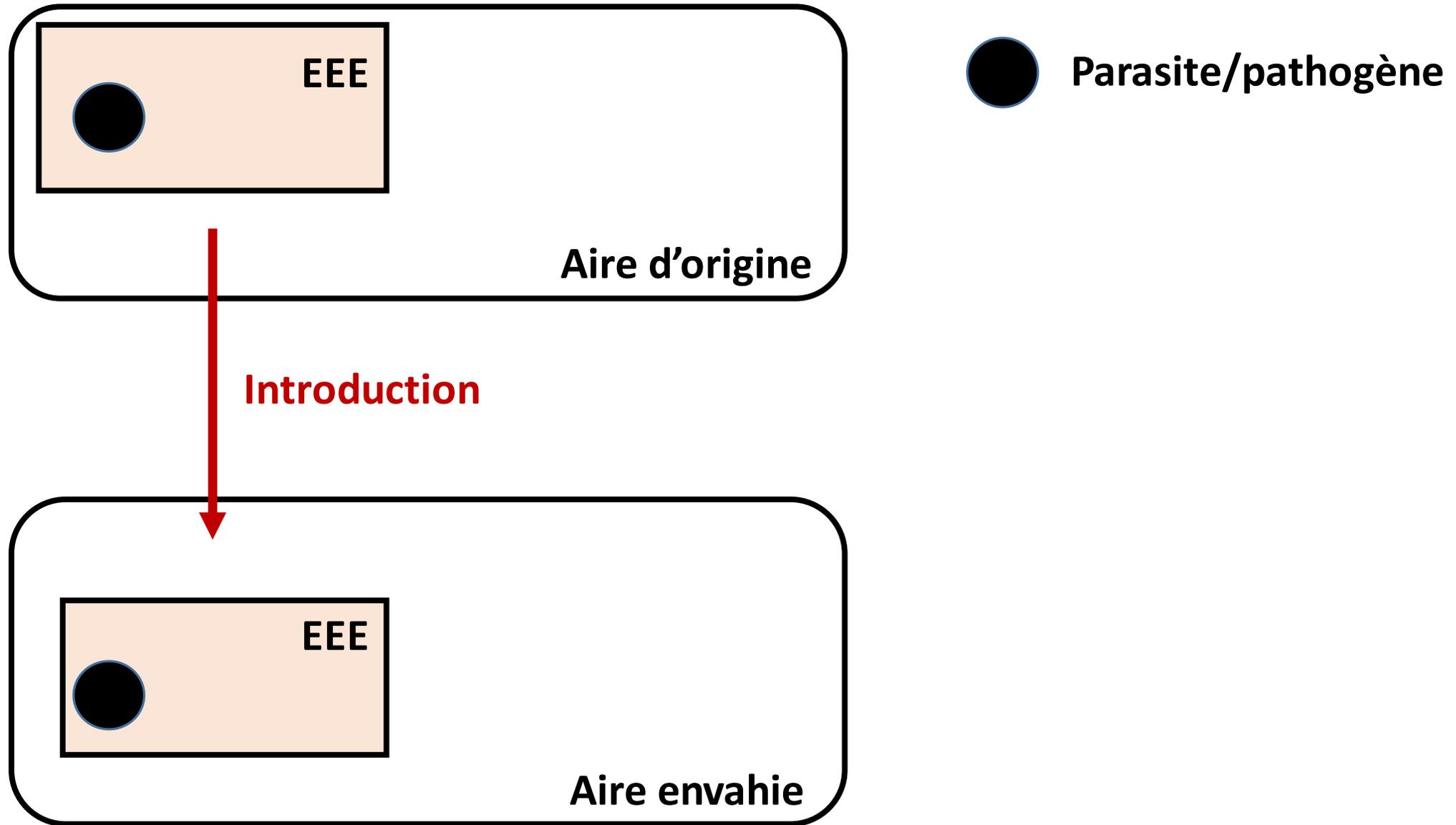
Hypothèse « Spill-over » ou « Novel Weapon »



 Parasite/pathogène

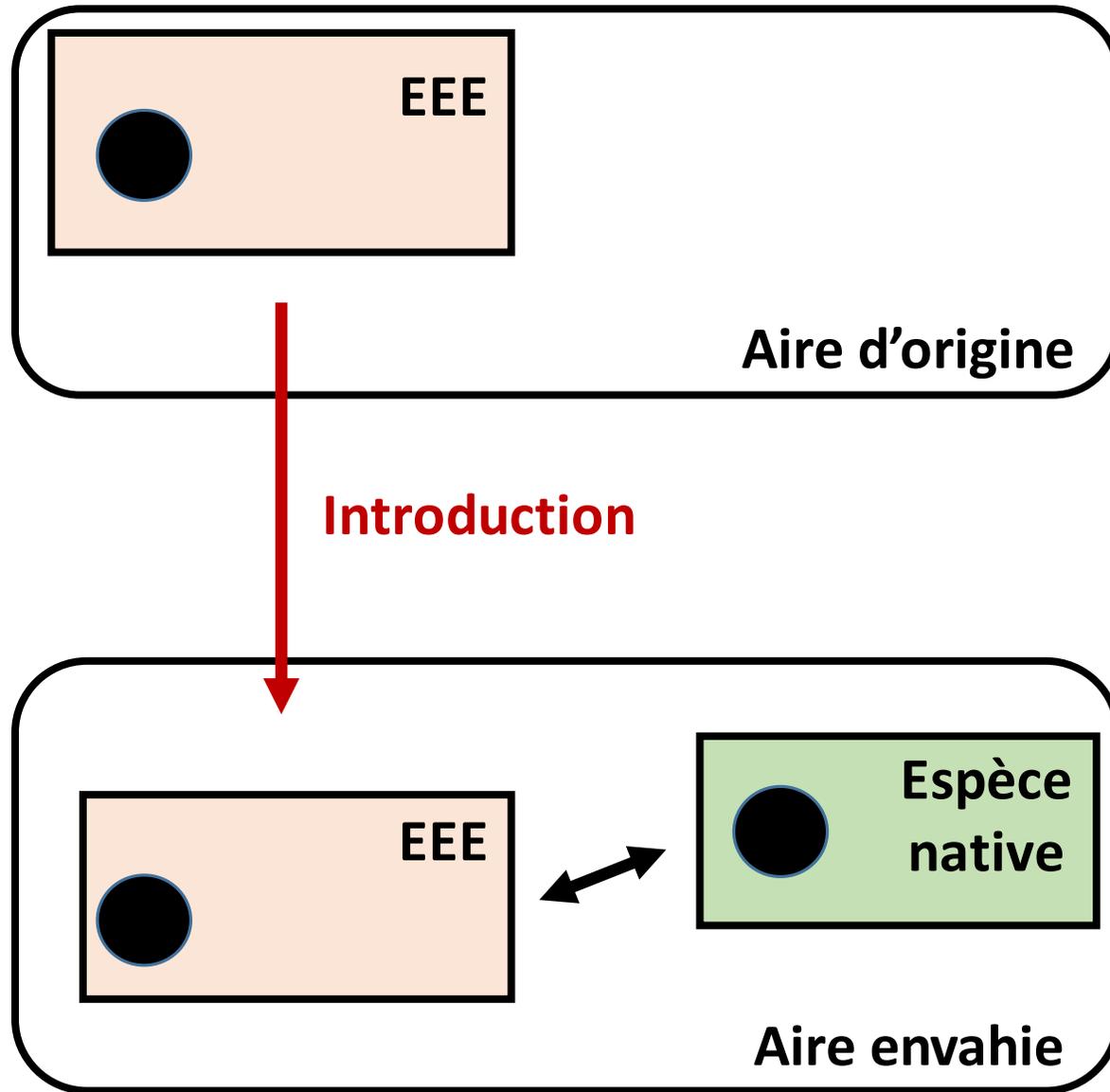


Hypothèse « Spill-over » ou « Novel Weapon »



Hypothèse « Spill-over » ou « Novel Weapon »

Strauss *et al* 2012 *Funct Ecol*  
Vilcinskis 2015 *Plos Pathogens*



● Parasite/pathogène

Effet délétère sur les hôtes natifs dont le système immunitaire est « naïf » pour les parasites/pathogènes

Hypothèse « Spill-over » ou « Novel Weapon »

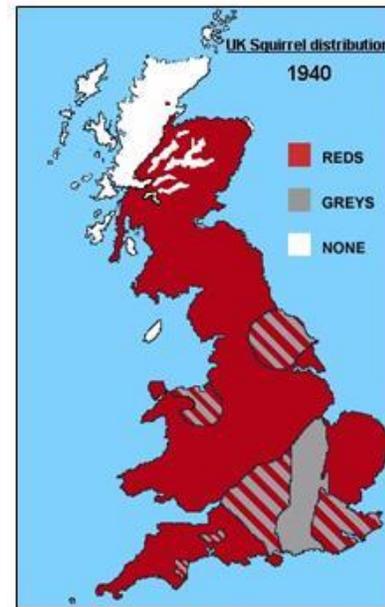


[invasive] grey squirrel  
(*Sciurus carolinensis*)

Squirrelpox virus (SQPV)



[native] red squirrel  
(*Sciurus vulgaris*)



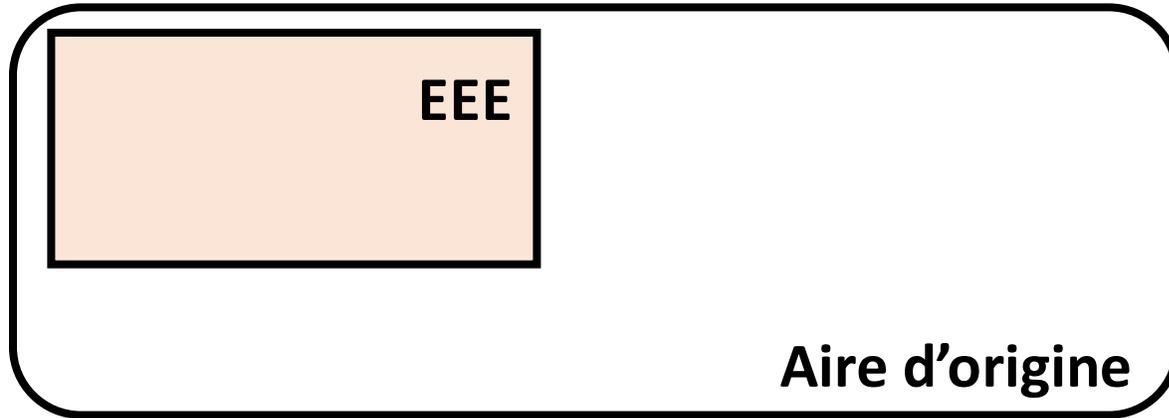
Before invasion



After invasion

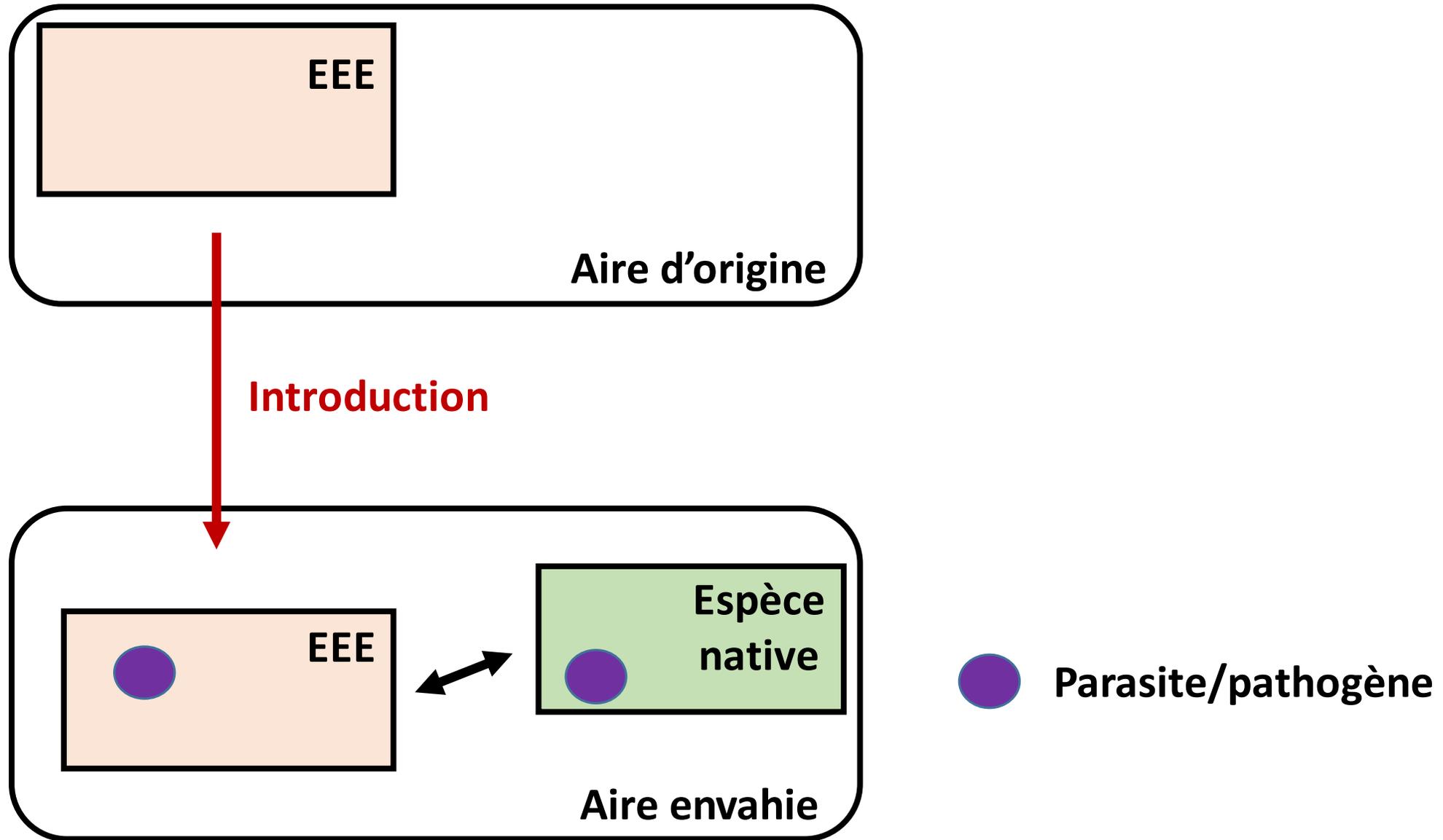
Tompkins *et al.* 2002 *PRSL*  
Chantrey *et al.* 2019 *Epidemics*

Hypothèse « Spill-back »



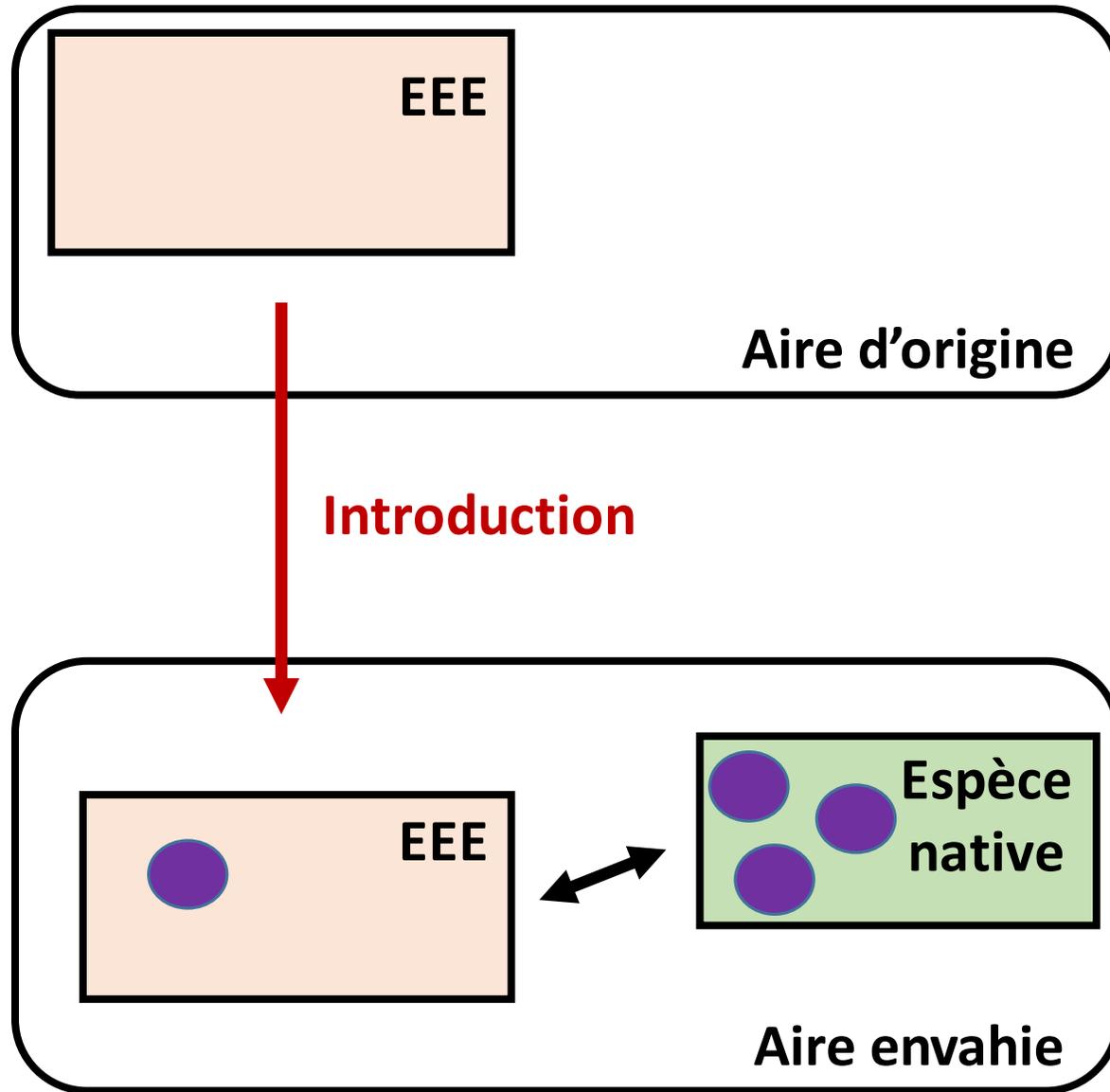
● Parasite/pathogène

Hypothèse « Spill-back »



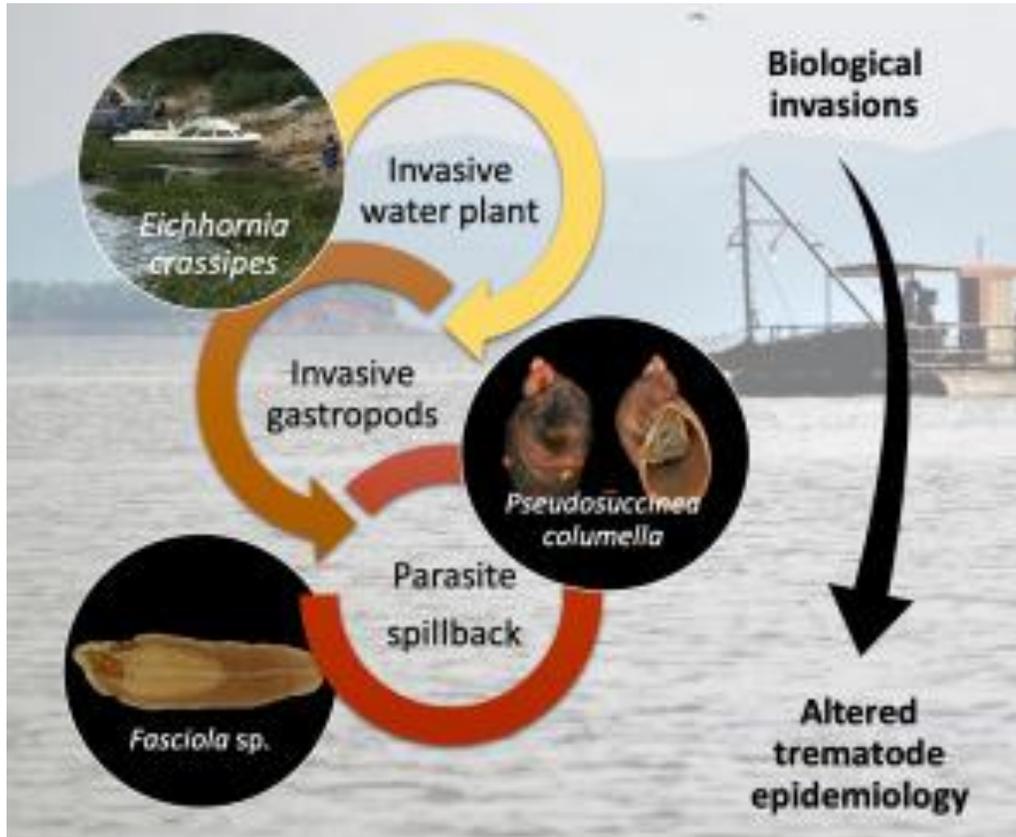
Hypothèse « Spill-back »

Kelly *et al.* 2009 *Ecology*  
Carolus *et al.* 2019 *Int J Parasitol*



Amplification de la circulation et/ou de la virulence des parasites/pathogènes portés par les hôtes natifs

● Parasite/pathogène



*Fasciola gigantica* dans le lac Kariba (Zimbabwe) – hypothèse à explorer

- **Présence dominante** (10 des 21 sites échantillonnés) de *Pseudosuccinea columella*, espèce exotique d'escargot
- **Infestation par *F. gigantica*** → rôle actif de *P. columella* dans le cycle de transmission → **Spill-back potentiel**
- **Renforcement du phénomène par une autre EEE, la jacinthe d'eau**, qui favorise la survie de *P. columella*, le protégeant des molluscicides

**Très peu d'études évaluant simultanément ces trois hypothèses dans un même système naturel...**

Très peu d'études évaluant simultanément ces trois hypothèses dans un même système naturel...



## Exemple de la souris domestique au Sénégal (Afrique de l'Ouest)



Projet ANR ENEMI, 2011-2015  
(coord. C. Brouat, IRD-CBGP)



Projet SPEED, 2019-2021  
(coord. C. Brouat, IRD-CBGP)



Projets OHM Tessekere (2017-2022)  
(coord. C. Diagne / L. Granjon, IRD-CBGP)

Diagne et al. 2016 *Int J Parasitol*

Diagne et al. 2017 *Sci Rep*

Diagne et al. 2017 *VBZD*

Brouat et al. 2018 *Parasite*

Cassan et al. 2018 *Plos Neg Dis*

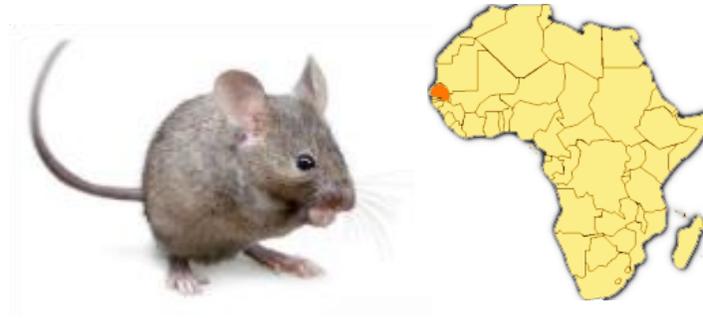
Diagne et al. 2020 *Biol Inv*

Diagne et al. 2021 *Front Vet Sci*

Très peu d'études évaluant simultanément ces trois hypothèses dans un même système naturel...



**Exemple de la souris domestique au Sénégal**  
**(Afrique de l'Ouest)**

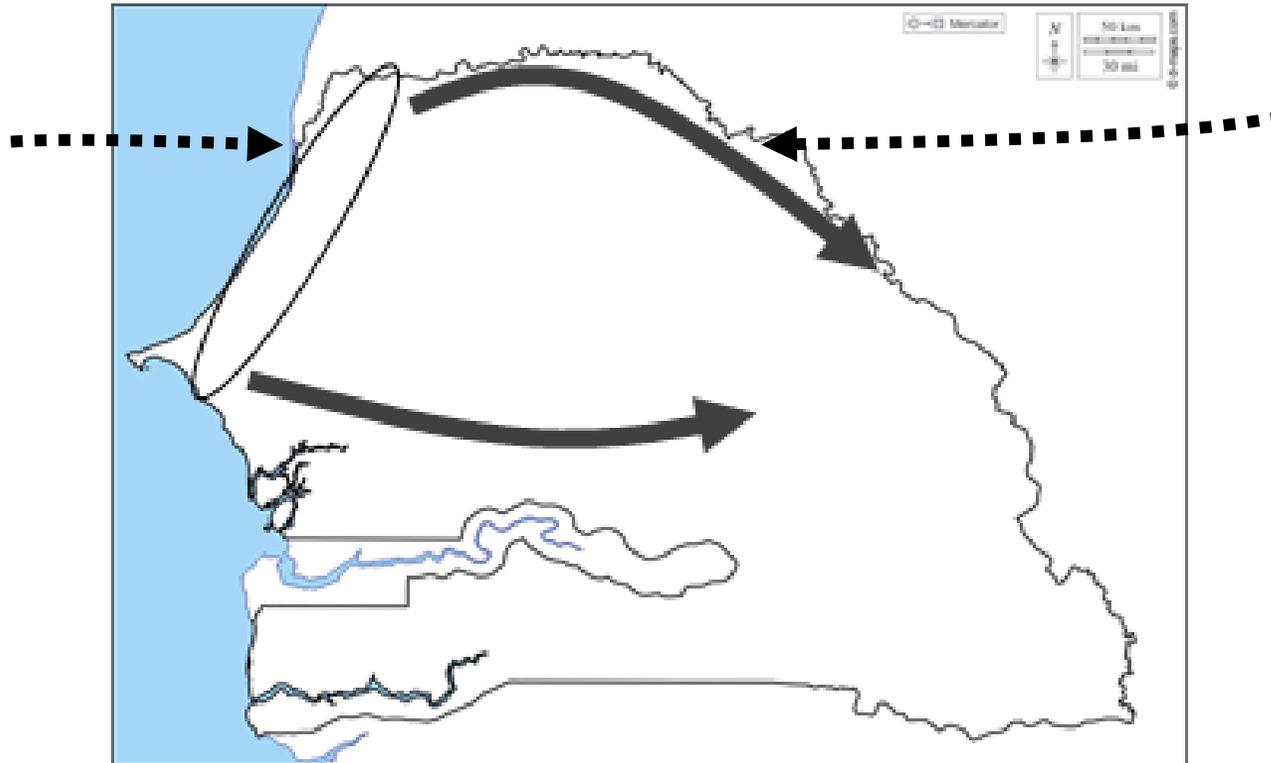


- Classée dans le « Top 10 » des EEE les plus répandues (IPBES, 2023)
- Réduction de la biodiversité native dans les zones envahies
- Porteuse d'un nombre important de parasites & pathogènes

**Exemple de la souris domestique au Sénégal**



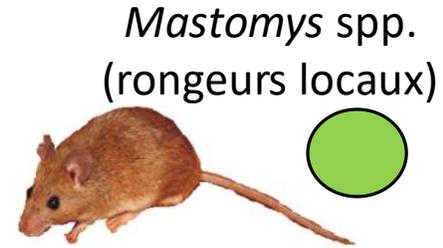
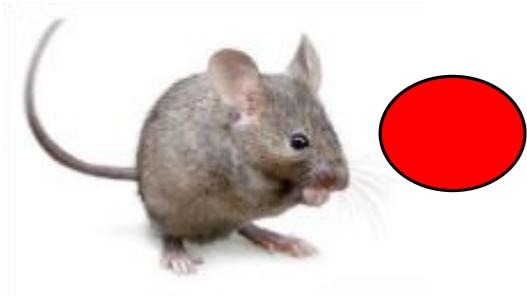
Introduction par les bateaux coloniaux (XVI<sup>e</sup> – XIX<sup>e</sup> siècles)



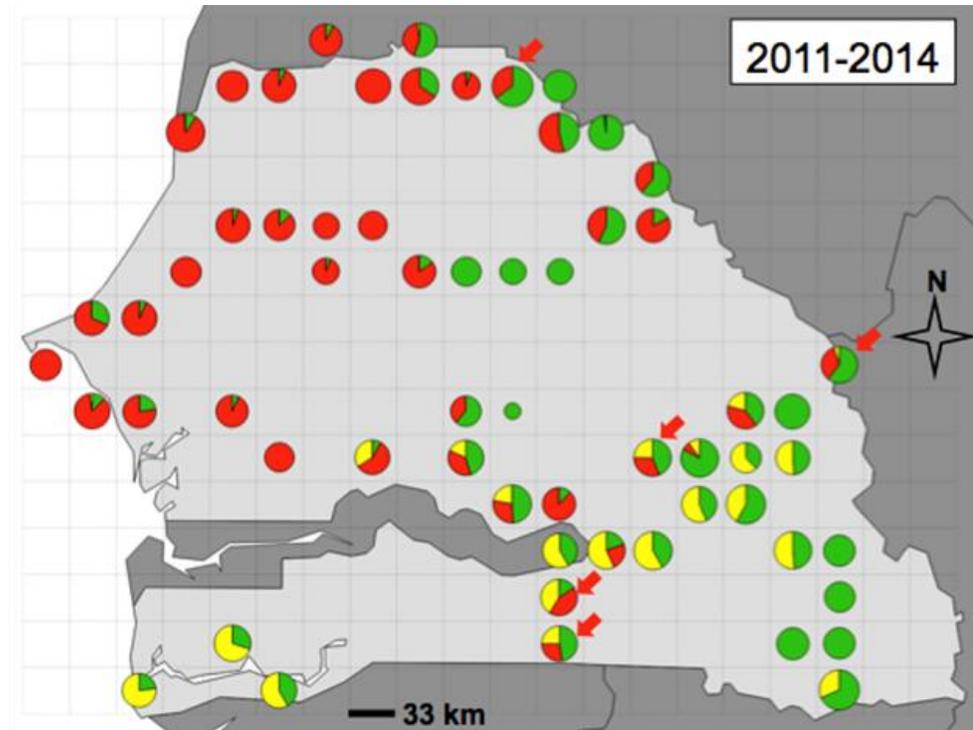
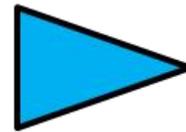
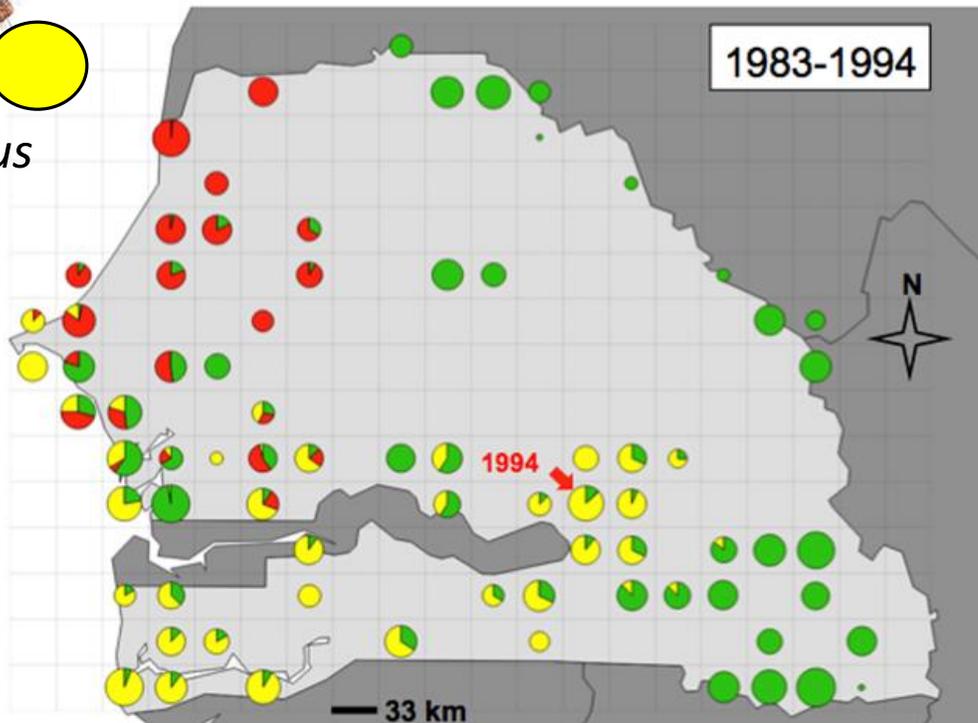
Progression continue d'Ouest en Est (depuis les années 1930)

Dalecky *et al.* 2015 *Mammal Review*  
Lippens *et al.* 2016 *Heredity*  
Diagne *et al.* 2021 *Front. Vet. Sci*

Exemple de la souris domestique au Sénégal



*Rattus rattus*  
(black rat)



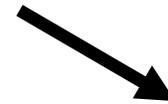
Exemple de la souris domestique au Sénégal



Invasion oui, mais comment ?



Reproduction plus  
importante ?



Comportement plus  
agressif ?



Exemple de la souris domestique au Sénégal



***Implication des parasites et pathogènes dans le succès d'invasion en cours de la souris domestique au Sénégal ?***



**Invasion oui, mais comment ?**

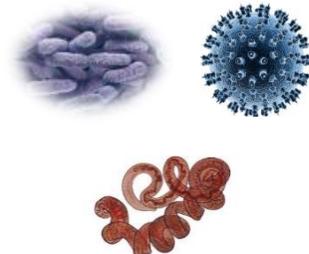
Exemple de la souris domestique au Sénégal



*Implication des parasites et pathogènes dans le succès d'invasion en cours de la souris domestique au Sénégal ?*

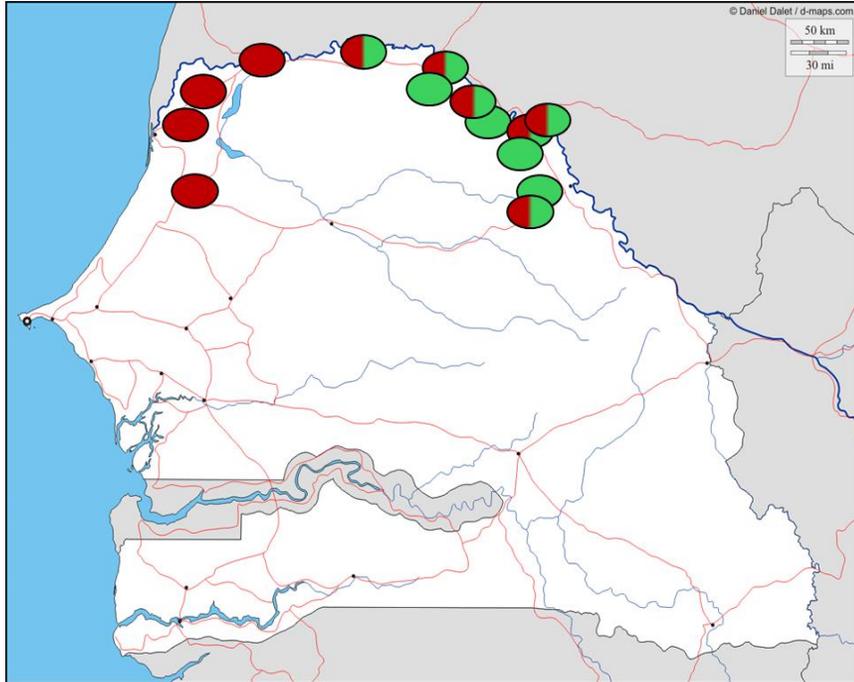


enemy-release?  
spill-over?  
spill-back?



bactéries  
**helminthes**  
protozoaires  
virus

Exemple de la souris domestique au Sénégal



*M. m.  
domesticus*

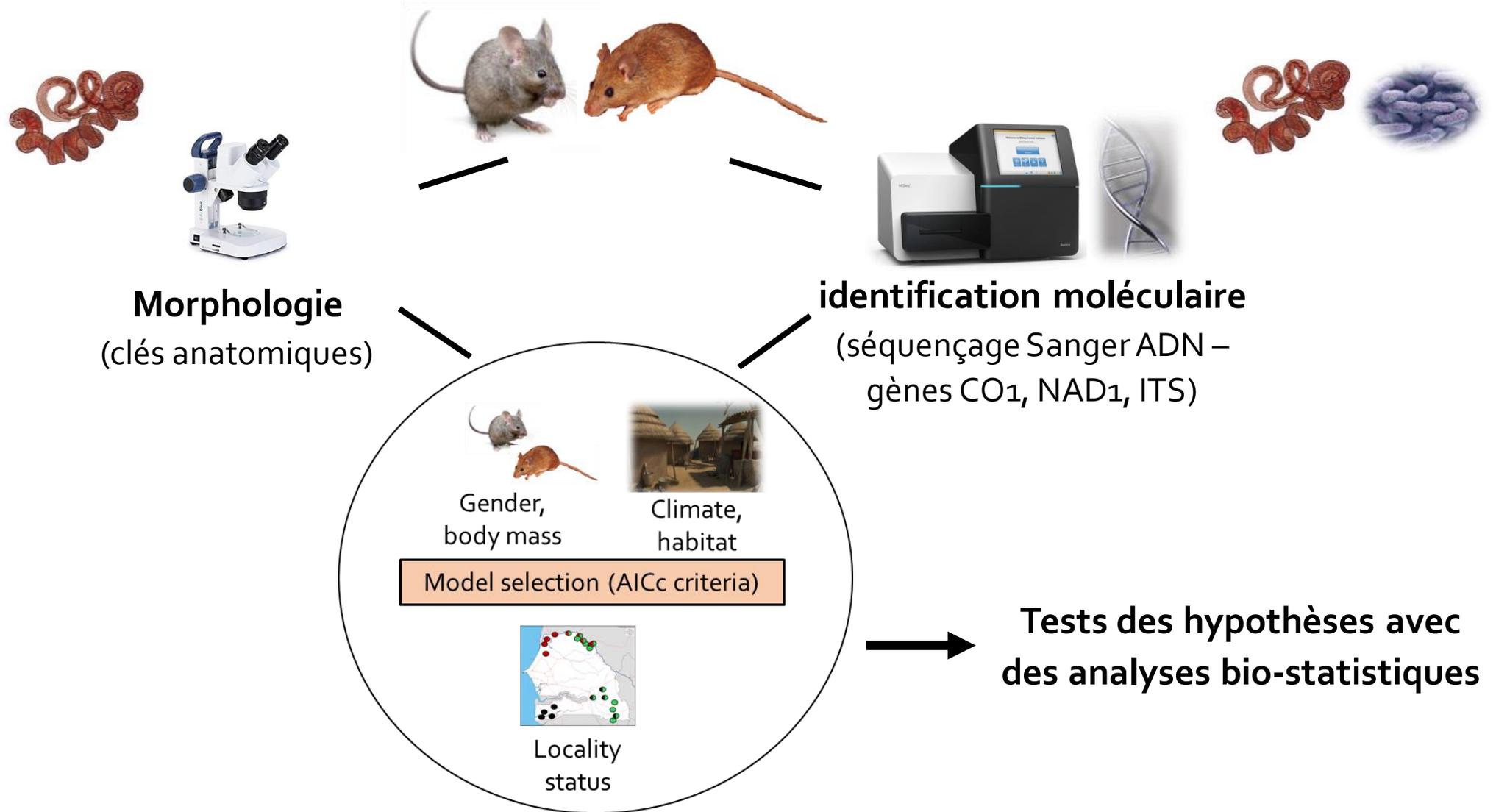


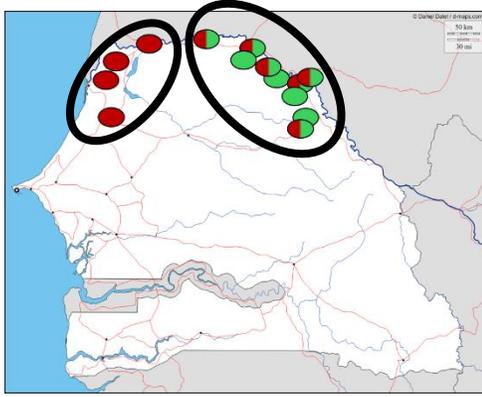
*Mastomys  
erythroleucus*

- Sites invasion ancienne (> 100 ans)
- Sites front d'invasion (< 30 ans)
- Sites non envahis

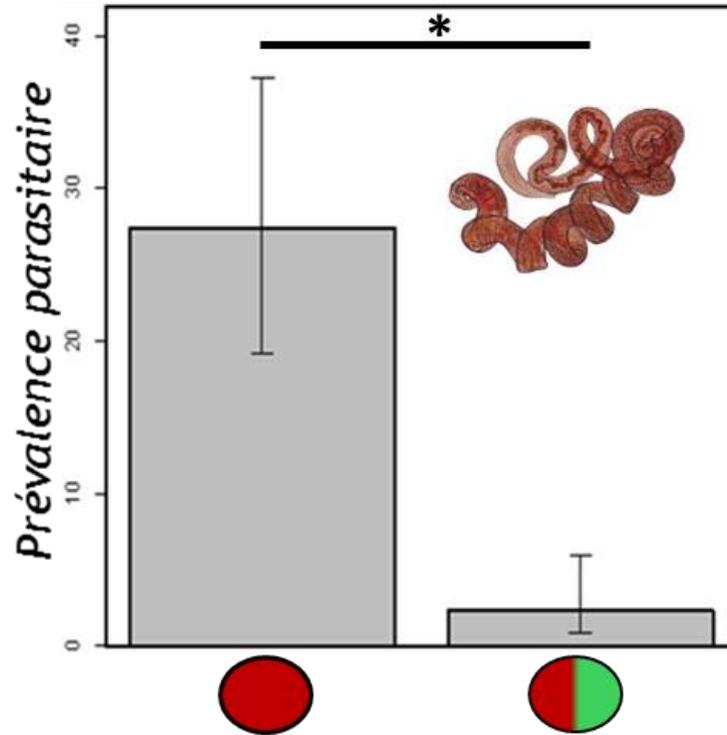
Approches comparatives en populations naturelles





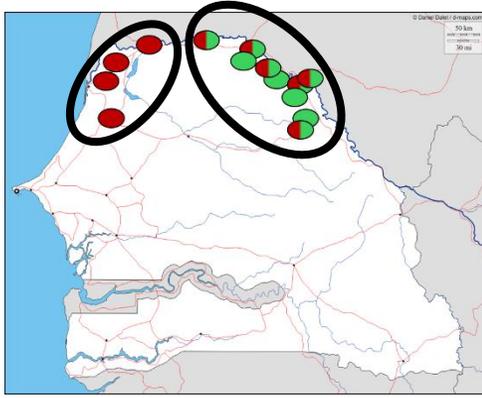


Hypothèse *Enemy release*? ✓



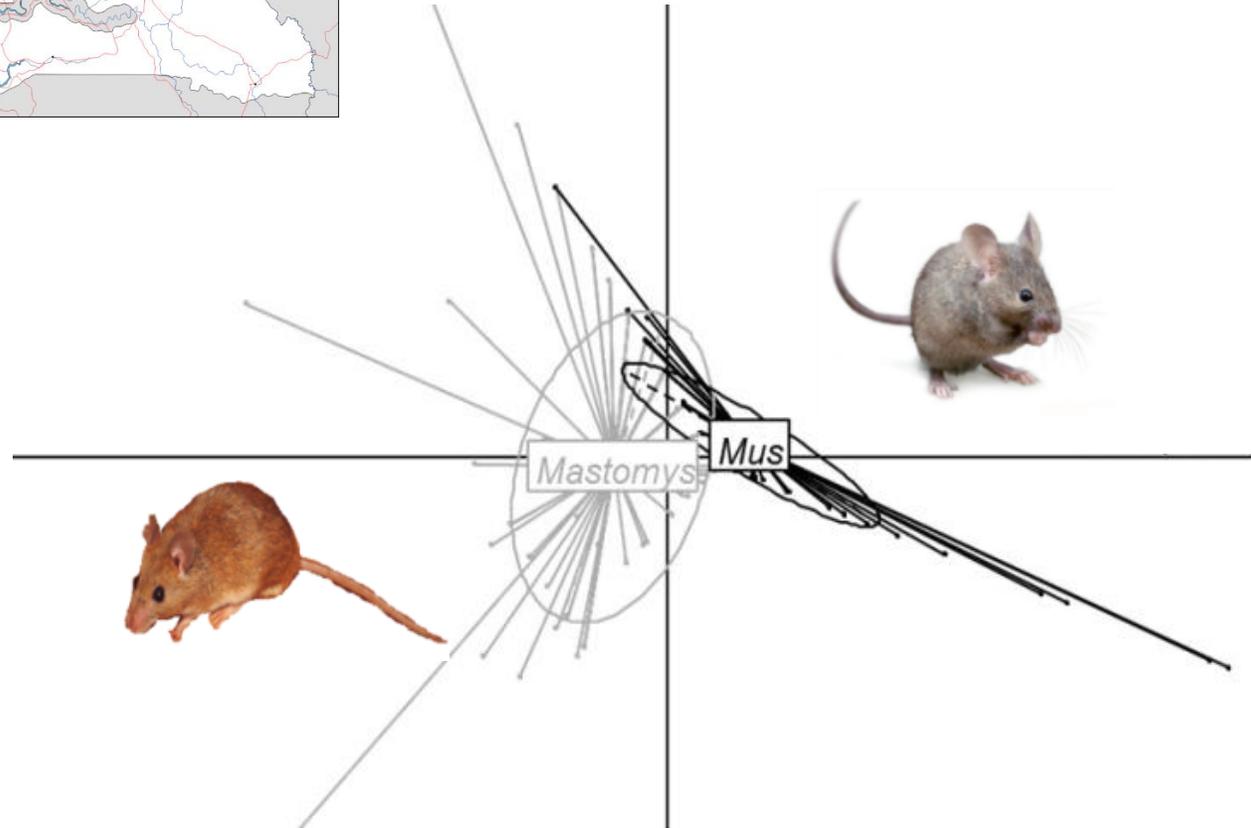
Perte de parasites  
↓  
Gain énergétique / fitness (?)



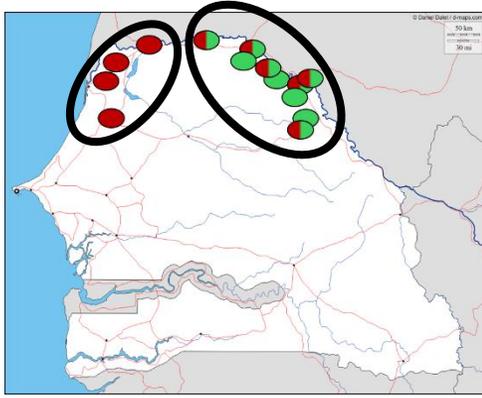


Hypothèse *Enemy release* ? ✓

Hypothèse *Spillover* ? ✗



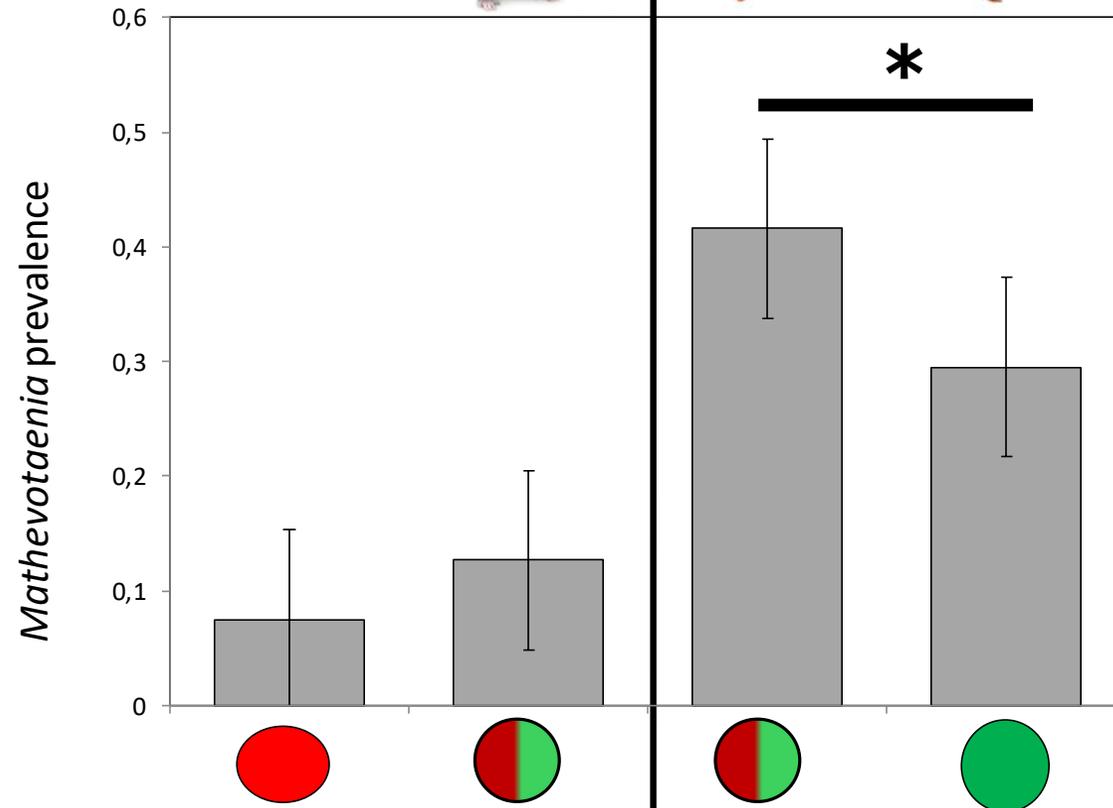
Cortèges parasitaires distincts  
(1 helminthe local partagé)



Hypothèse *Enemy release* ? ✓

Hypothèse *Spillover* ? ✗

Hypothèse *Spillback* ? ✓

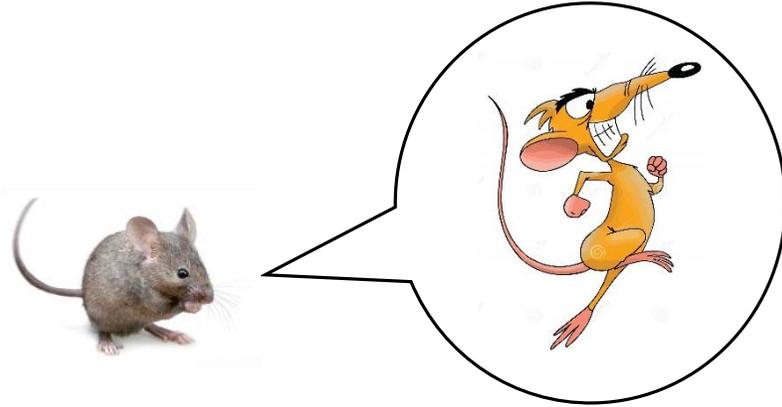


Helminthe local partagé



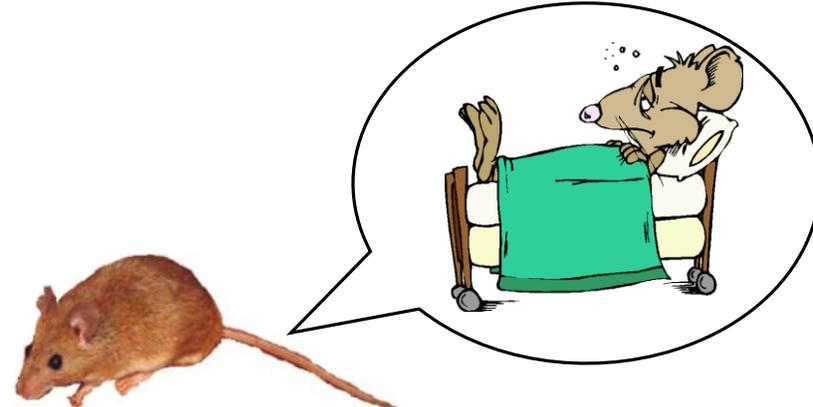
Augmentation prévalence  
chez *Mastomys*  
(après arrivée souris)

Exemple de la souris domestique au Sénégal



**“Enemy release” ?**

→ Gain énergétique / immunitaire ?



**“Spill back” ?**

→ Effets physiologiques négatifs ?

- Suivis dans le temps et dans l’espace (dans la nature)
- Approches expérimentales (en laboratoire)

Dangers bactériens zoonotiques ?



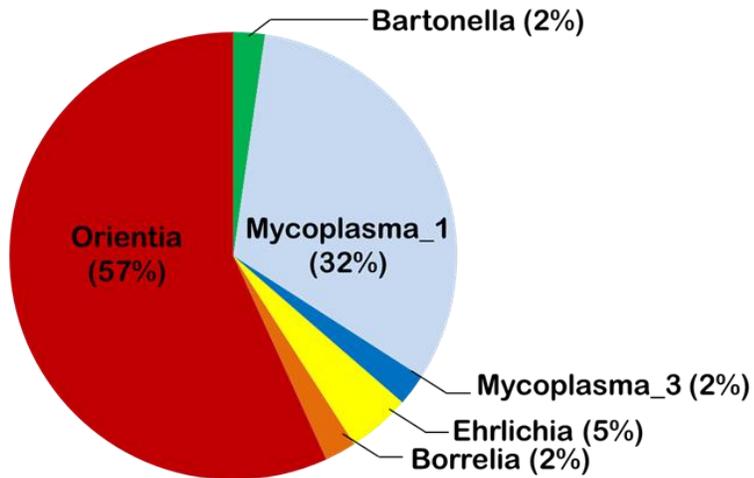
**Operational Taxonomic Units**  
(OTUs; 3% dissimilarity threshold)

## Dangers bactériens zoonotiques ?

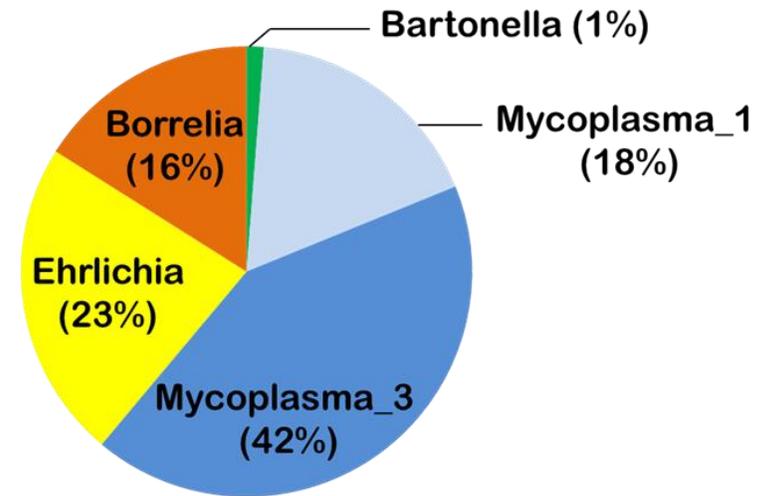


Métagénomique 16S

Operational Taxonomic Units  
(OTUs; 3% dissimilarity threshold)



Sites 'invasion ancienne'



Sites non envahis



## Dangers bactériens zoonotiques ?



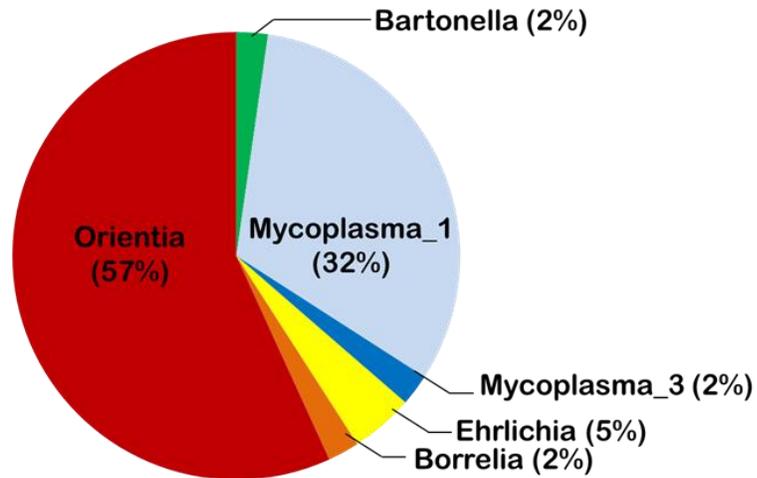
Rodent spleen



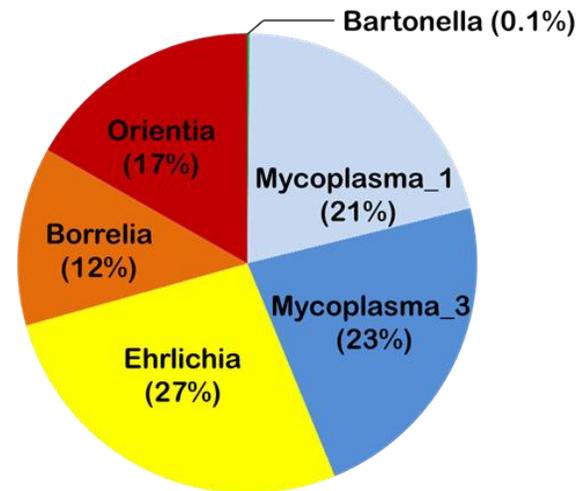
Métagénomique 16S



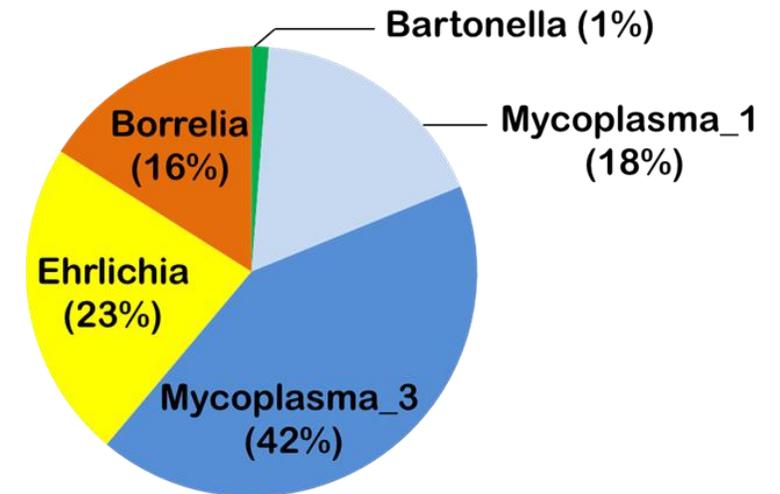
Operational Taxonomic Units  
(OTUs; 3% dissimilarity threshold)



Sites 'invasion ancienne'



Front d'invasion



Sites non envahis



Dangers bactériens zoonotiques ?



Métagénomique 16S



Operational Taxonomic Units  
(OTUs; 3% dissimilarity threshold)



*Orientia tsutsugamushi*  
(typhus des broussailles)



?





COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

### Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**
- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

*On aurait aussi pu parler...*



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**
- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

*On aurait aussi pu parler...*

- *du rôle de certaines EEE dans la dilution des risques sanitaires (« effet dilution »)*

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-47991-1>

# Reservoir displacement by an invasive rodent reduces Lassa virus zoonotic spillover risk

Received: 4 August 2023

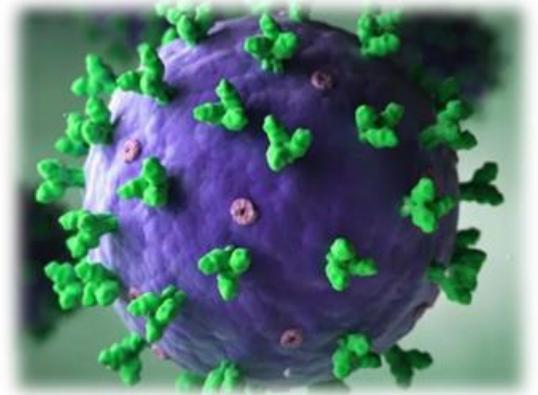
Accepted: 17 April 2024

Published online: 27 April 2024

Evan A. Eskew<sup>1</sup>✉, Brian H. Bird<sup>2</sup>, Bruno M. Ghersi<sup>2,3</sup>, James Bangura<sup>4</sup>, Andrew J. Basinski<sup>1</sup>, Emmanuel Amara<sup>4</sup>, Mohamed A. Bah<sup>5</sup>, Marilyn C. Kanu<sup>4</sup>, Osman T. Kanu<sup>4</sup>, Edwin G. Lavalie<sup>4</sup>, Victor Lungay<sup>4</sup>, Willie Robert<sup>4</sup>, Mohamed A. Vandi<sup>6</sup>, Elisabeth Fichet-Calvet<sup>7</sup> & Scott L. Nuismer<sup>8</sup>✉



© Rathater / Wikimedia commons



nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-47991-1>

## Reservoir displacement by an invasive rodent reduces Lassa virus zoonotic spillover risk

Received: 4 August 2023

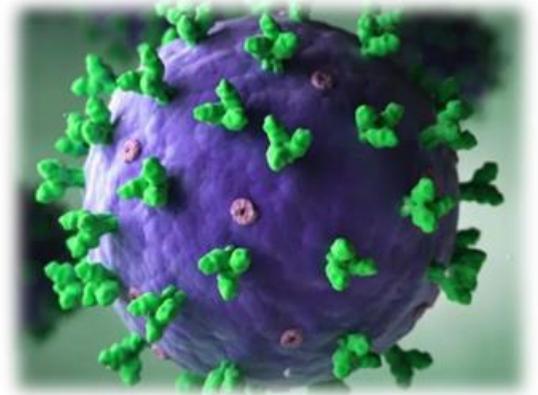
Accepted: 17 April 2024

Published online: 27 April 2024

Evan A. Eskew<sup>1</sup>✉, Brian H. Bird<sup>2</sup>, Bruno M. Ghersi<sup>2,3</sup>, James Bangura<sup>4</sup>, Andrew J. Basinski<sup>1</sup>, Emmanuel Amara<sup>4</sup>, Mohamed A. Bah<sup>5</sup>, Marilyn C. Kanu<sup>4</sup>, Osman T. Kanu<sup>4</sup>, Edwin G. Lavalie<sup>4</sup>, Victor Lungay<sup>4</sup>, Willie Robert<sup>4</sup>, Mohamed A. Vandi<sup>6</sup>, Elisabeth Fichet-Calvet<sup>7</sup> & Scott L. Nuismer<sup>8</sup>✉



© Rathater / Wikimedia commons



**Agents épidémiologiques  
introduits par le rat ??**



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**
- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

*On aurait aussi pu parler...*

- *du rôle de certaines EEE dans la dilution des risques sanitaires (« effet dilution »)*
- *de l'implication du système immunitaire des hôtes dans le nexus 'épidémiologie – invasions'*

- Perte de parasites/pathogènes le processus d'invasion

Immunité



Croissance &  
reproduction

**Energie / Métabolisme**

**>> Evolution of Increased  
Competitive Ability (EICA)**

Blossey & Notzold 1995 *J Ecol*

- Pression des parasites/pathogènes présents dans l'aire envahie

Réponses « coûteuses »  
(inflammation)



Réponses moins « coûteuses »  
(anticorps naturels)

**Immunité**

**>> EICA-refined hypothesis**

Lee & Klasing 2004 *TREE*

Cornet et al. 2016 *Evol App*



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

## Séminaire 1

# Les invasions biologiques et l'épidémiologie

- **Partie 1 = Invasions et épidémiologie: quels liens ?**
- **Partie 2 = Epidémiologie et succès des invasions biologiques**

*On aurait aussi pu parler...*

- *du rôle de certaines EEE dans la dilution des risques sanitaires (« effet dilution »)*
- *de l'implication du système immunitaire des hôtes dans le nexus 'épidémiologie – invasions'*

*et tant d'autres choses encore...*



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes



Fondation  
Jean-François  
de Clermont-Tonnerre

Séminaire 1  
Les invasions biologiques et l'épidémiologie

*Merci à toutes et tous !*