



Mieux connaître les zoonoses émergentes, regard sur notre monde.

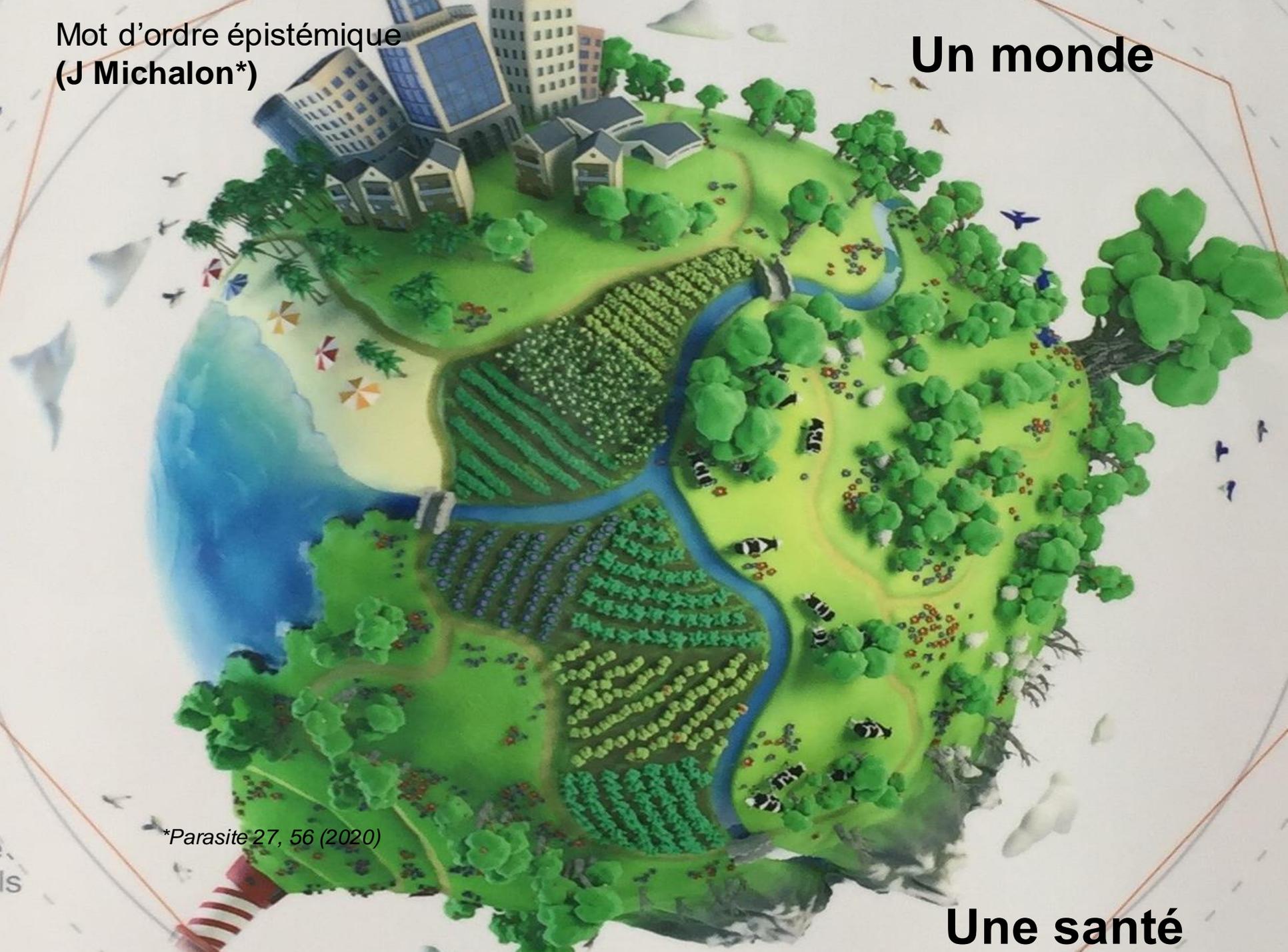
Pascal Boireau

Laboratoire de santé animale, ANSES
Campus d'Alfort-EnvA et de Normandie
et
Université de Jilin, RP Chine



Mot d'ordre épistémique
(J Michalon*)

Un monde



**Parasite 27, 56 (2020)*

Une santé

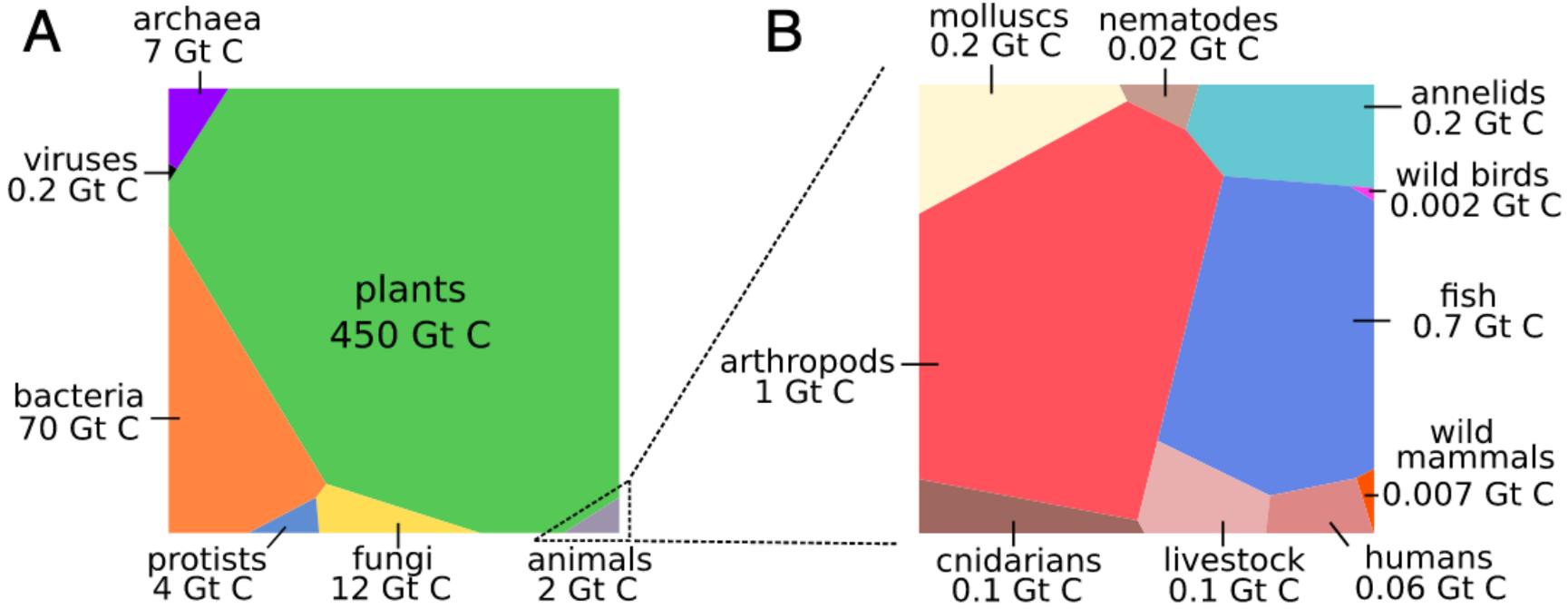
Dans quel monde sommes nous?



Des animaux et des hommes, Shanghai 2019

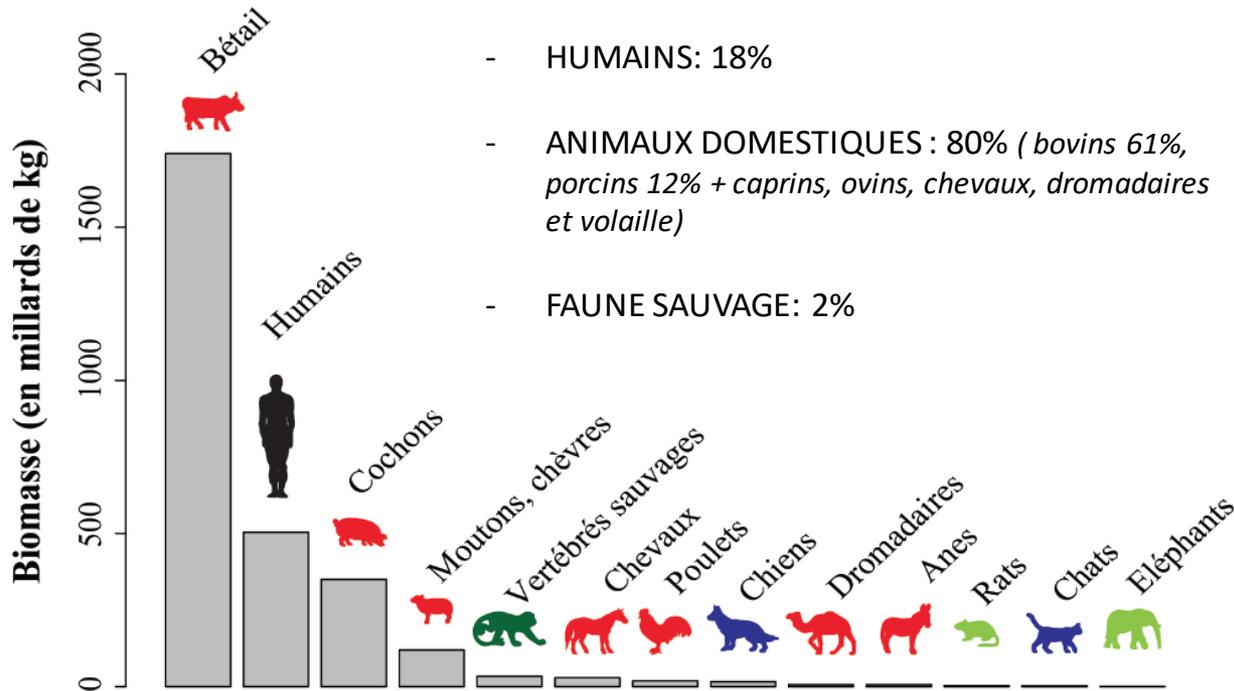
Représentation graphique de la biomasse globale

Bar-On YM et al 2019, PNAS



Bar-On YM et al 2019, PNAS

Une planète de mammifères dominée par les animaux de rente



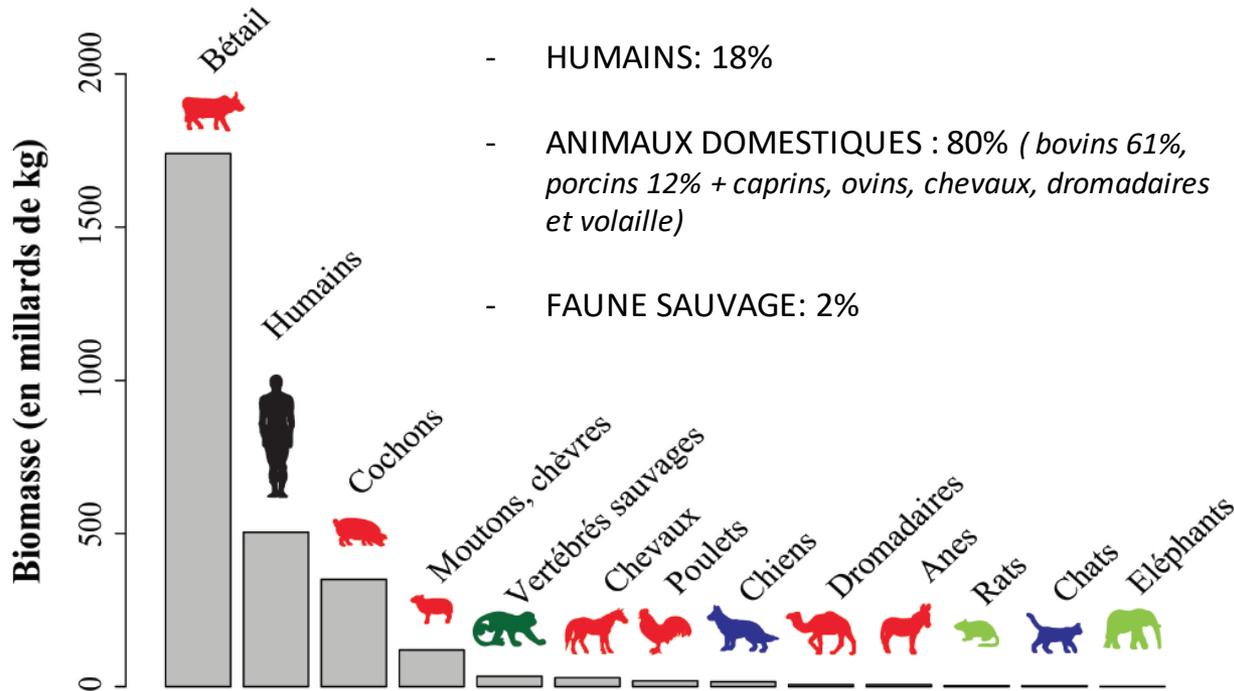
Morand S. 2016, *La prochaine peste*, Paris: Fayard, p. 208

(réalisé d'après Smil V., 2002, *The Earth's Biosphere. Evolution, Dynamics, and Change*, MIT Press)

Zoonoses-échanges d'agents pathogènes



Une planète de mammifères dominée par les animaux de rente

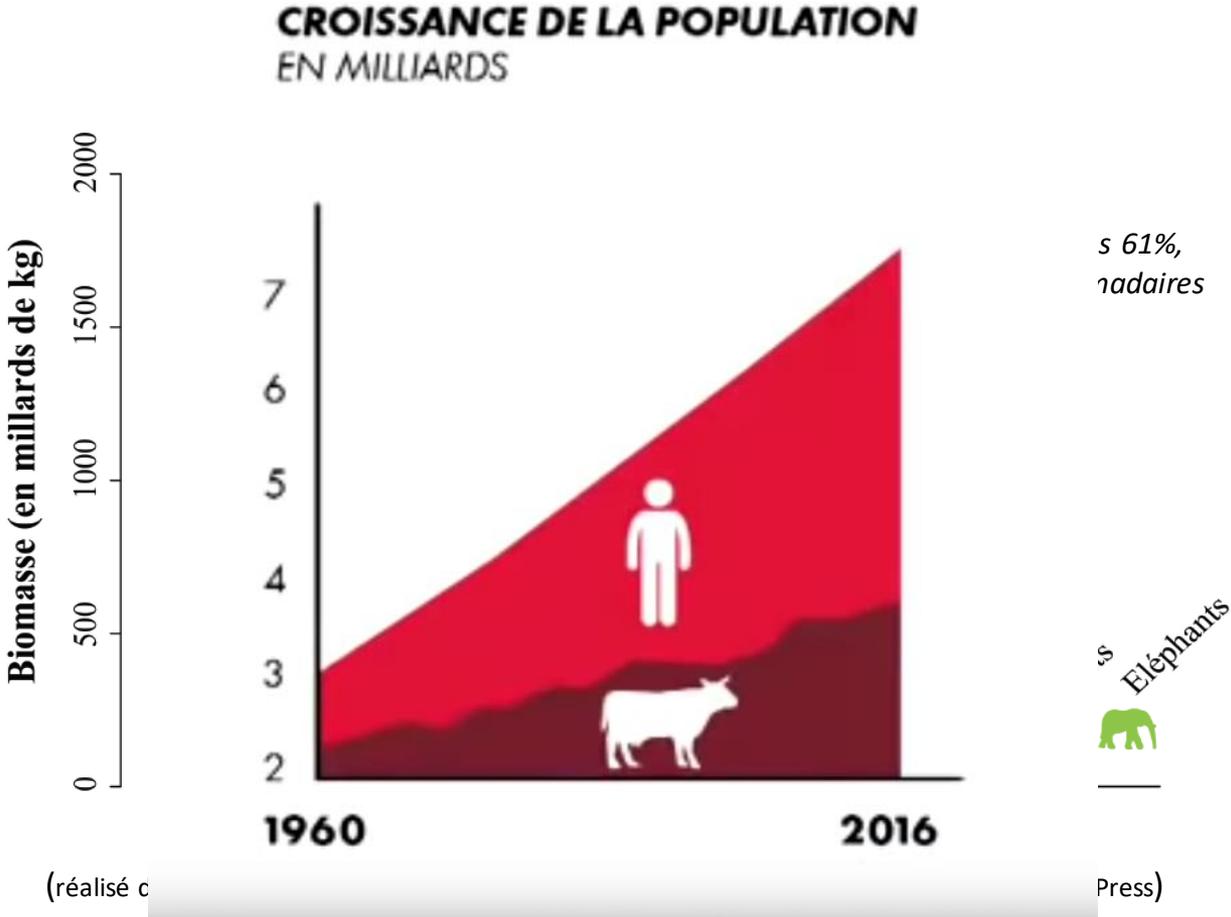


Morand S. 2016, *La prochaine peste*, Paris: Fayard, p. 208

(réalisé d'après Smil V., 2002, *The Earth's Biosphere. Evolution, Dynamics, and Change*, MIT Press)

Zoonoses-échanges d'agents pathogènes

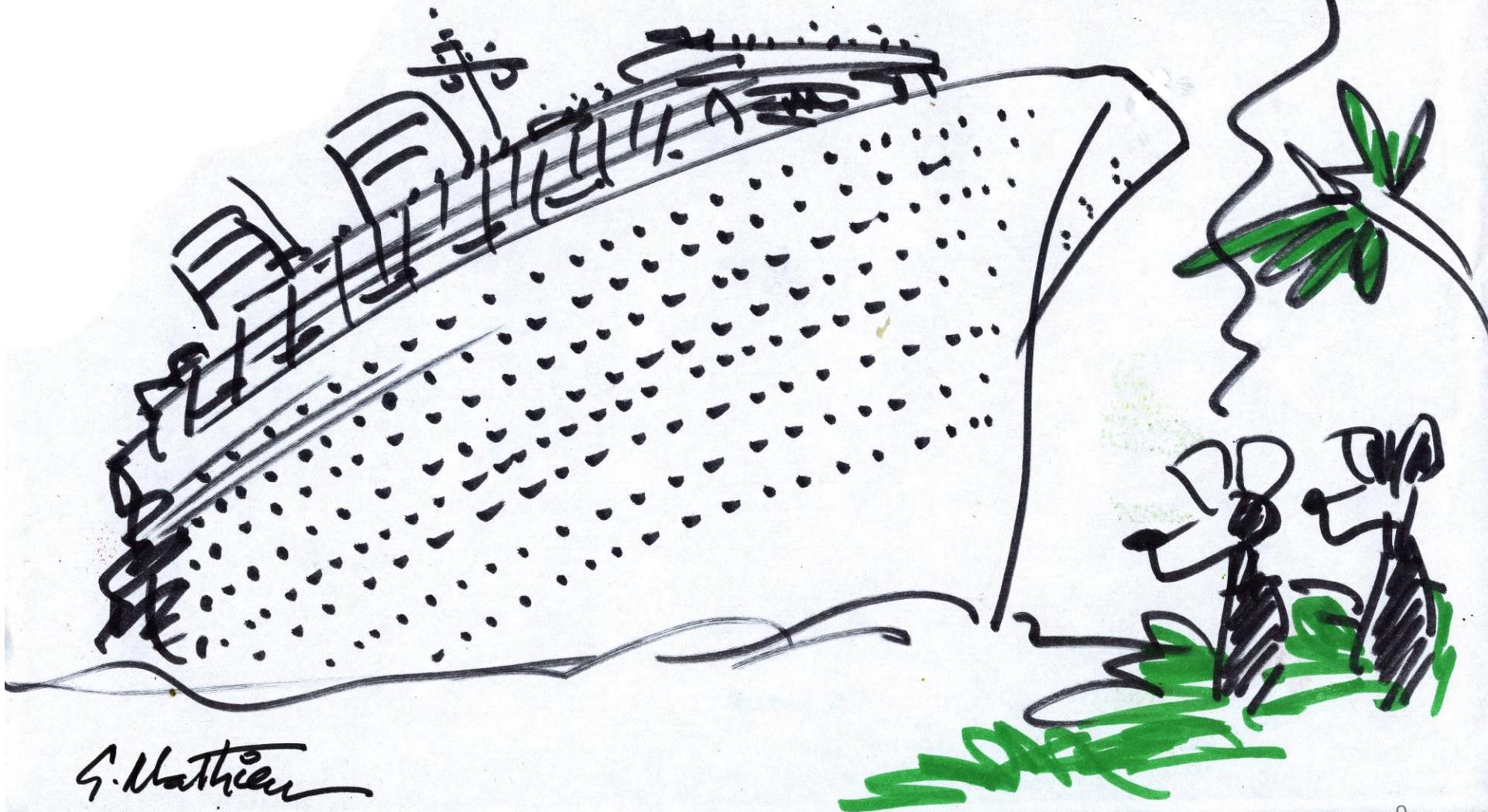
Un monde de vertébrés en croissance sur une planète de surface constante, aux réserves limitées.



Zoonoses-échanges d'agents pathogènes

PANDEMIÉ

...ET C'EST NOUS
L'ESPÈCE
A' PROBLÈMES
??



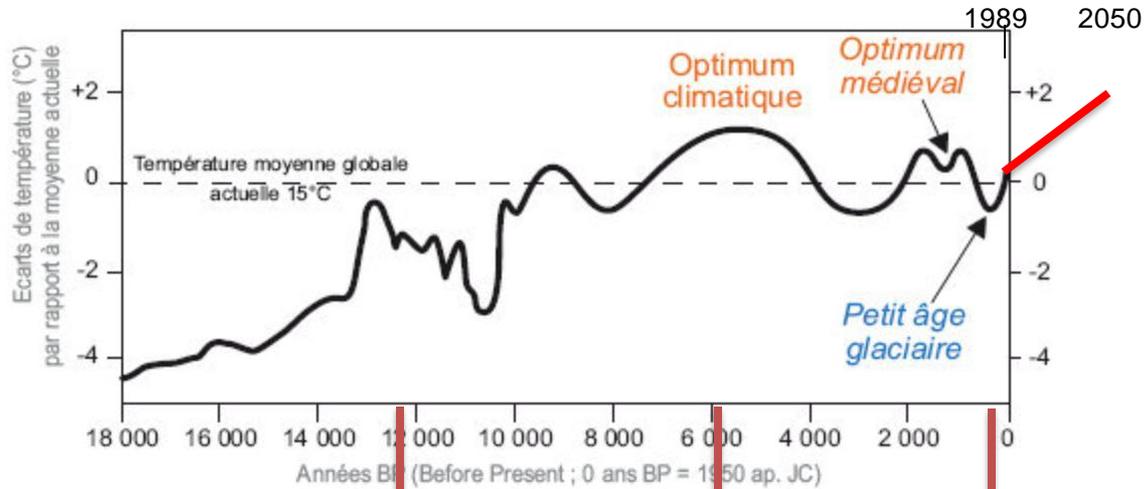
G. Mathieu

Comment sommes nous arrivés à cette densité d'animaux domestiques? Croissance et technologie

Ecart de température période glaciaire-aujourd'hui: 5-6° C



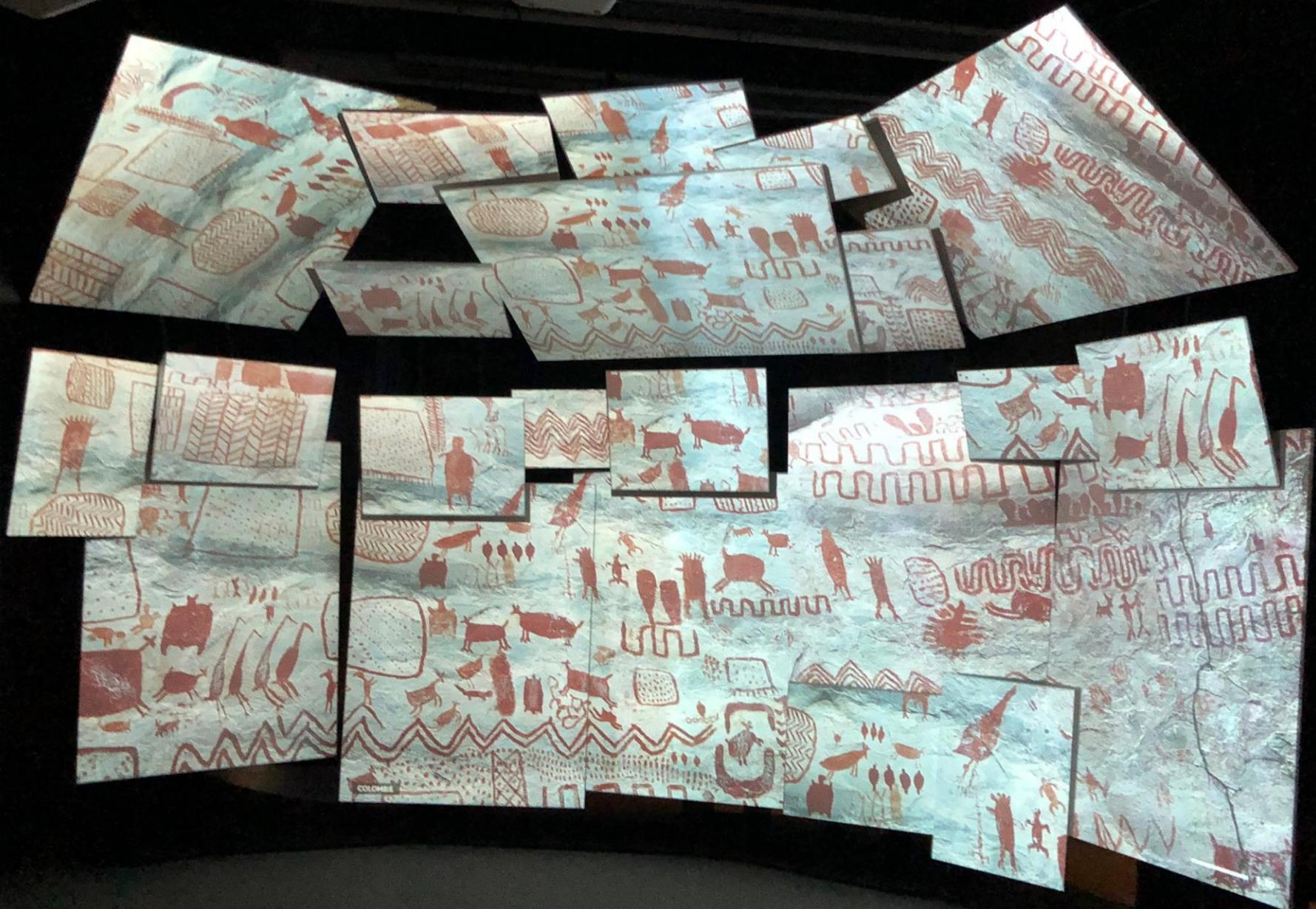
Température



Nomadisme Domestication Cheval Energie fossile

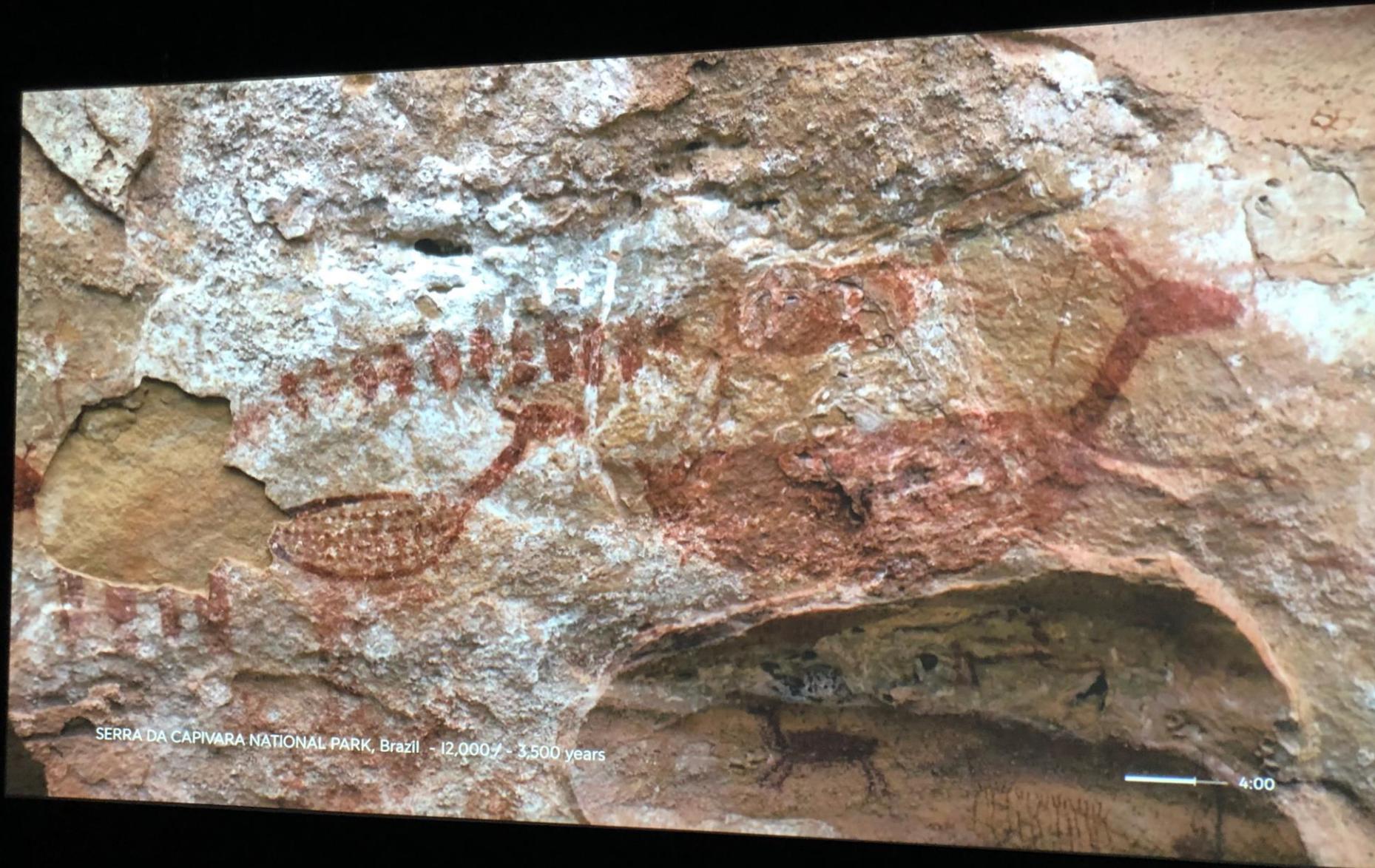


Avant la domestication



Avant la domestication, quelque soit le continent





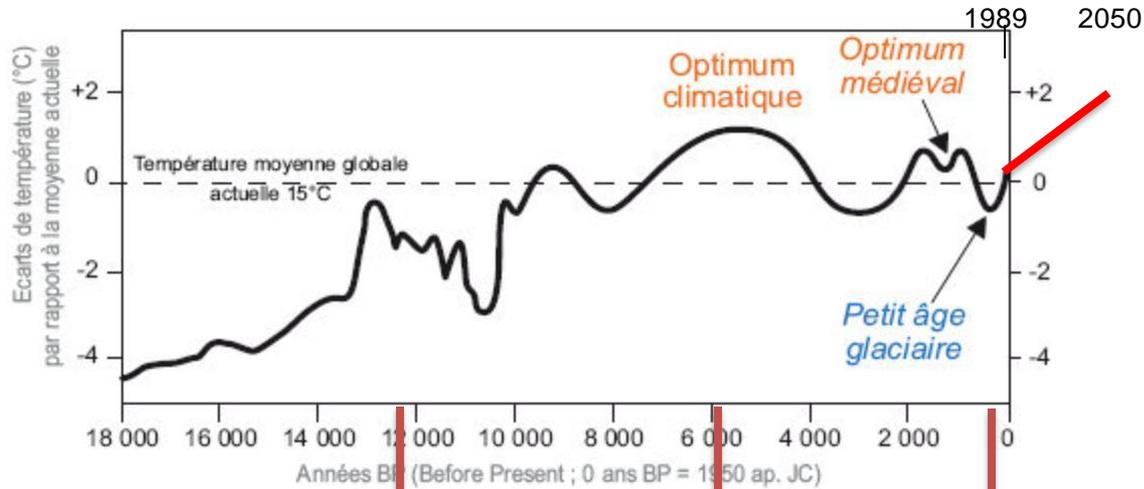
Signes et animaux deux sources d'inspiration pour les humains

Comment sommes nous arrivés à cette densité d'animaux domestiques? Croissance et technologie

Ecart de température période glaciaire-aujourd'hui: 5-6° C



Température

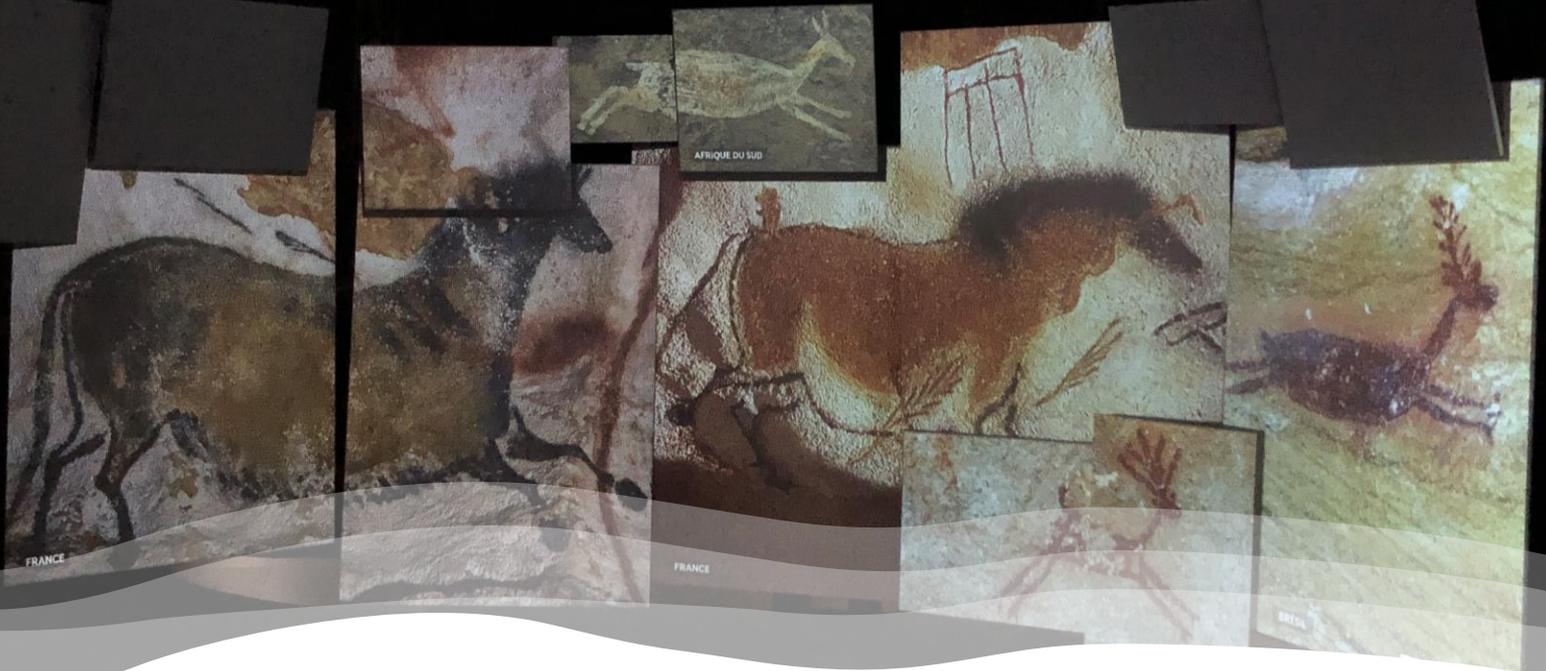


Nomadisme Domestication Cheval Energie fossile

Petit et al, 2000 (doi:10.3334/CDIAC/cli.006)



C Colomb,



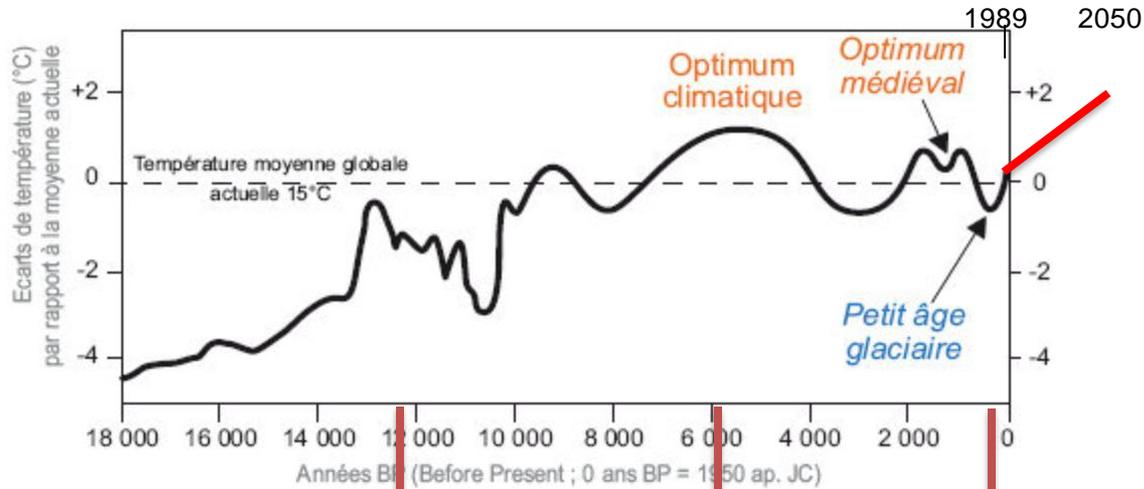
Grande admiration et grande conquête par une domestication tardive, inégale sur terre.

Comment sommes nous arrivés à cette densité d'animaux domestiques? Croissance et technologie

Ecart de température période glaciaire-aujourd'hui: 5-6° C



Température



Nomadisme Domestication Cheval Energie fossile

Petit et al, 2000 (doi:10.3334/CDIAC/cli.006)



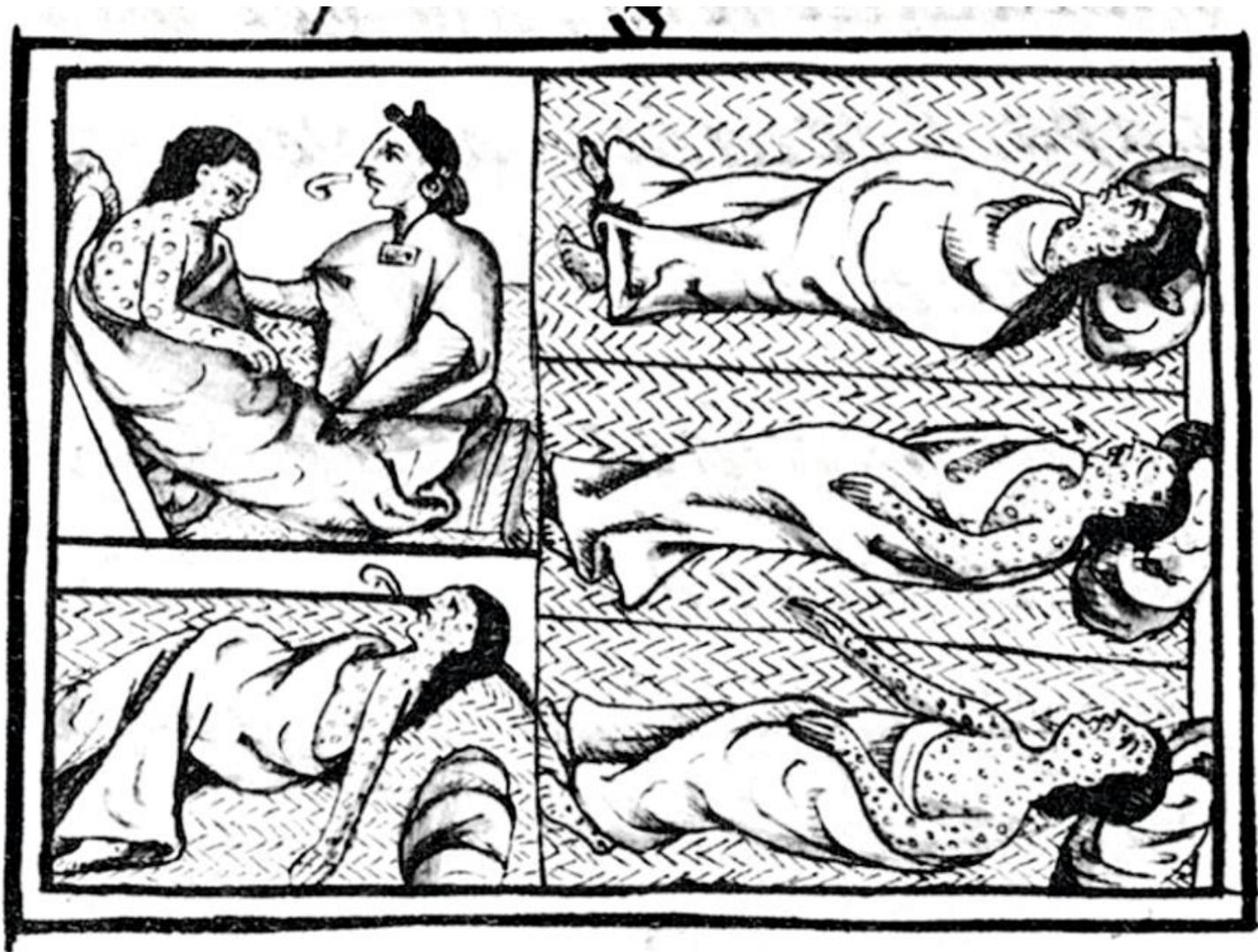
C Colomb,

H Cortes entrant à Tenochtitlan





Tenochtitlan, fresque murale de Diego Rivera (1945)



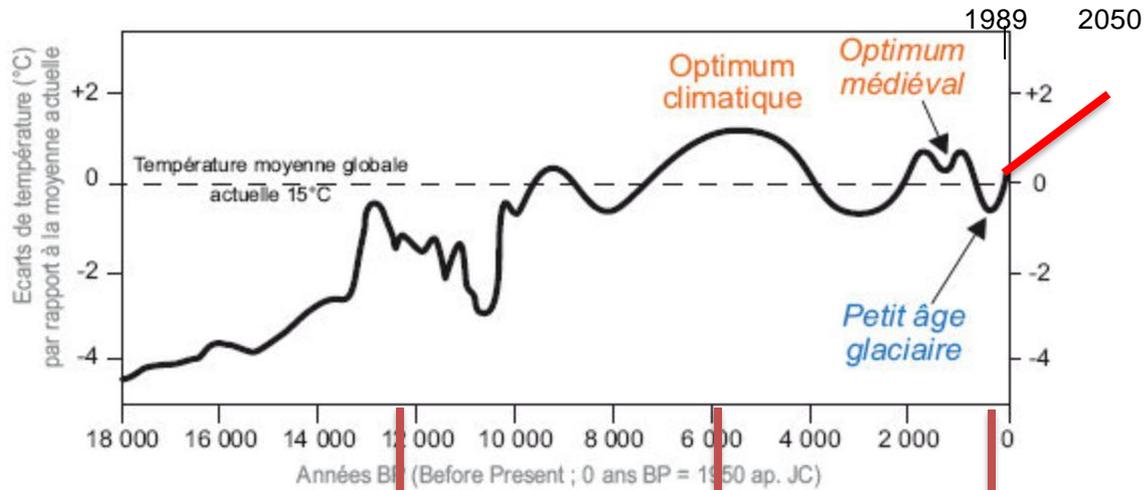
Indiens touchés par la variole (Bernardino de Sahagún, 1499-1590)

Comment sommes nous arrivés à cette densité d'animaux domestiques? Croissance et technologie

Ecart de température période glaciaire-aujourd'hui: 5-6° C



Température



Nomadisme Domestication Cheval Energie fossile

Petit et al, 2000 (doi:10.3334/CDIAC/cli.006)



C Colomb,

Domestication → passage d'un pathogène des animaux à l'Homme

Peste bovine → rougeole



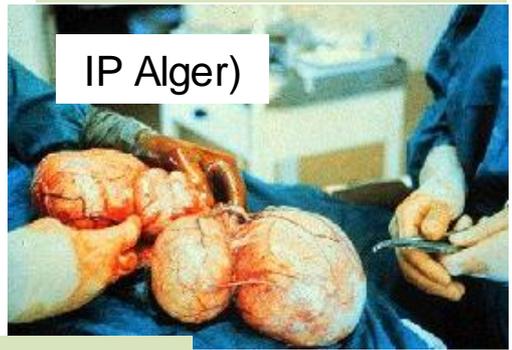
Tuberculose « bovine »



Chien → rage

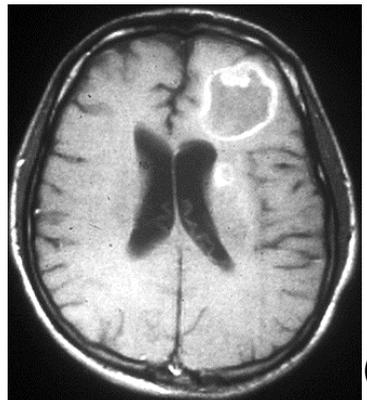


kyste hydatique



Leishmaniose viscérale

Bovins → *Cysticercus bovis*



Chat → toxoplasmose

(sante.ujf-grenoble)



Domestication → passage d'un pathogène des animaux à l'Homme

Peste bovine → rougeole



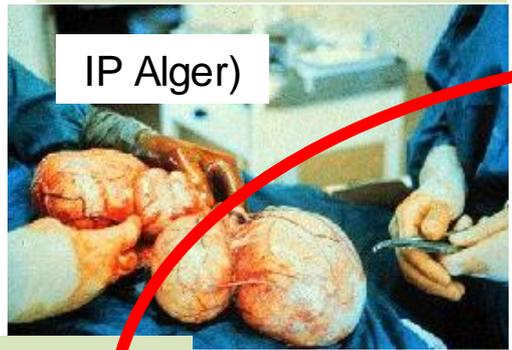
Tuberculose « bovine »



Chien → rage

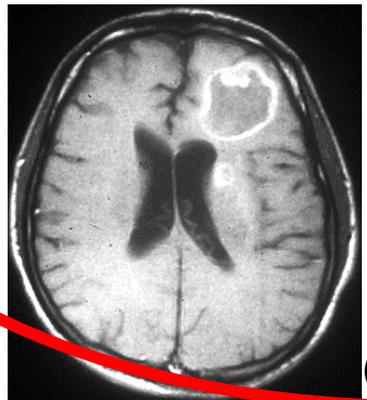


kyste hydatique



Leishmaniose viscerale

Bovins → *Cysticercus bovis*



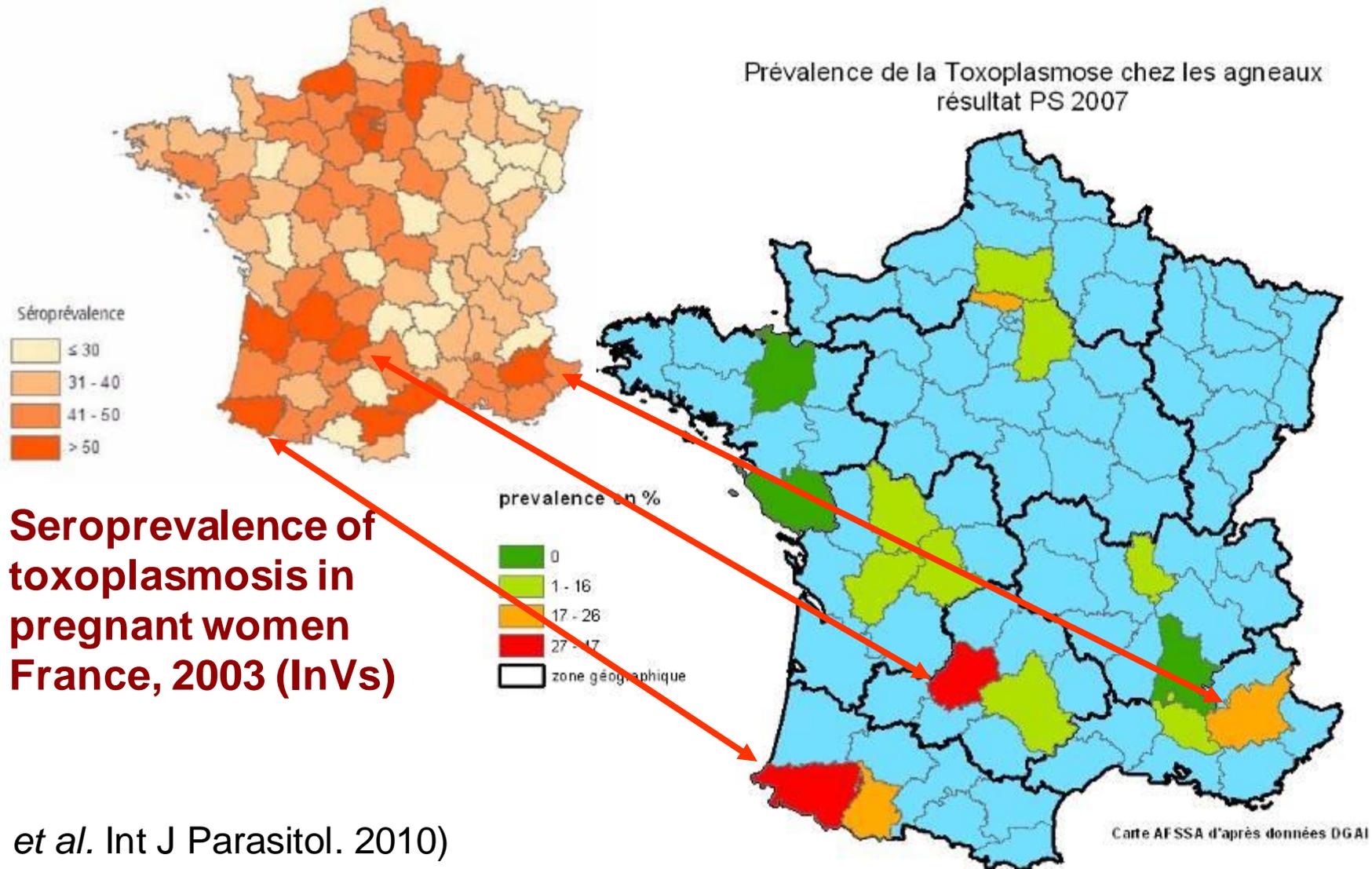
Chat → toxoplasmose

(sante.ujf-grenoble)



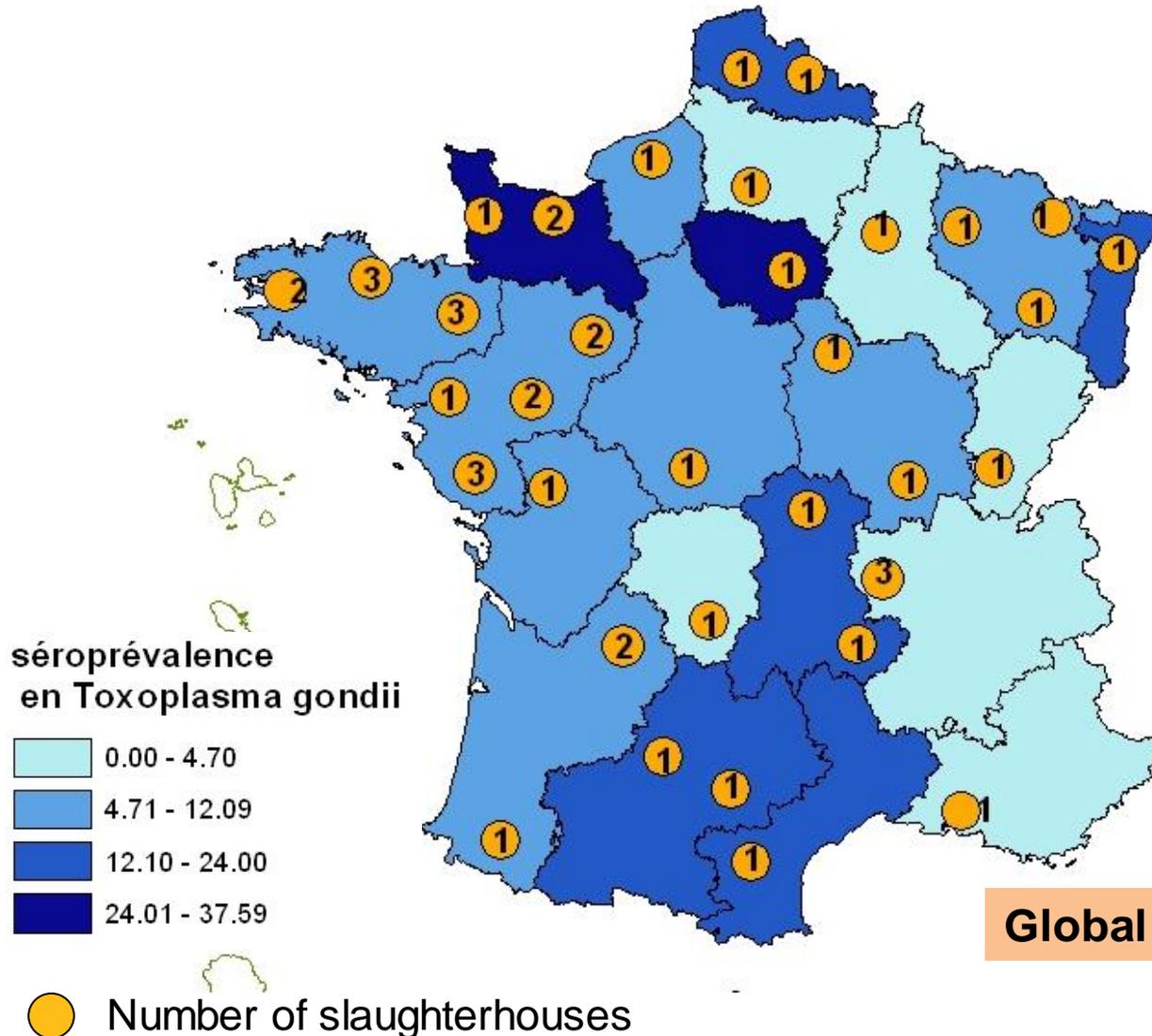
Toxoplasma chez les ovins

Distribution of prevalence



Toxoplasma chez les bovins

Seroprevalence evaluation in bovine



Veals < 8 months

3 – 11 % positive

Adults

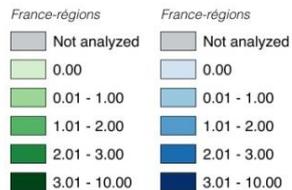
15 – 29 % positive

Global positivity = 15.9 %

Et chez les porcins



**PAS d'effet
significative de la
région**



	Hors-sol			Plein-air X4.7		
	Porcelet	Charcutier	Réforme	Porcelet	Charcutier	Réforme
Prévalence	2.3%	2.3%	10.5%	0%	8.2%	28.6%
Nb. animaux (2013)	109885	22538598	285184	3634	340483	6877
Prévalence pondérée	2.46%	2.85%	13.41%	ND(5)	6.31%	ND(7)
Prévalence	3.7%			8.7%		
Nb. animaux (2013)	22.933.667			350.994		
Prévalence pondérée	3%			6.3%		

- **41 souches de génotype II en RFLP (EU et ailleurs)**

Prévalence pondérée(%) dans régions analysé

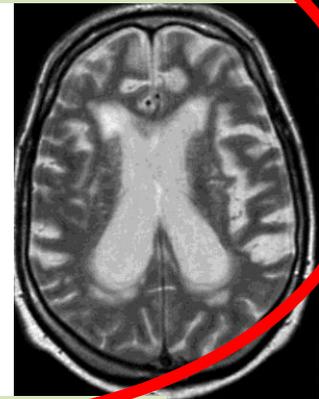
Domestication → passage d'un AZ des animaux à l'Homme

Ex.: bovins

Peste bovine → rougeole



Tuberculose « bovine »

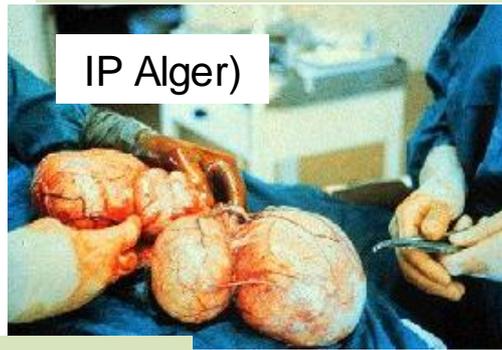


Chien → rage



(CDC)

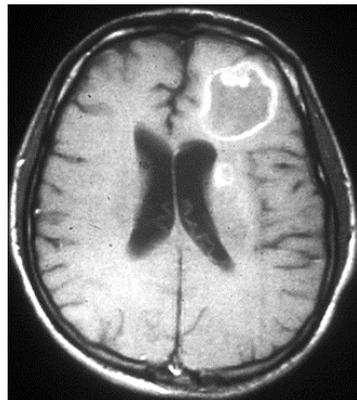
kyste hydatique



IP Alger)

Leishmaniose viscérale

Bovins → *Cysticercus bovis*



Chat → toxoplasmose

(sante.ujf-grenoble)



Domestication → Passage d'un agent de l'Homme aux animaux et maintien de la capacité d'être retransmis à l'Homme

M. prototuberculosis

Expansion populations humaines hors d'Afrique de l'Est (Wirth *et al.*, 2009)
≈40 000 ans av. JC

Complexe tuberculosis

Domestication bovinés



≤ 9000 ans av. JC

M. tuberculosis

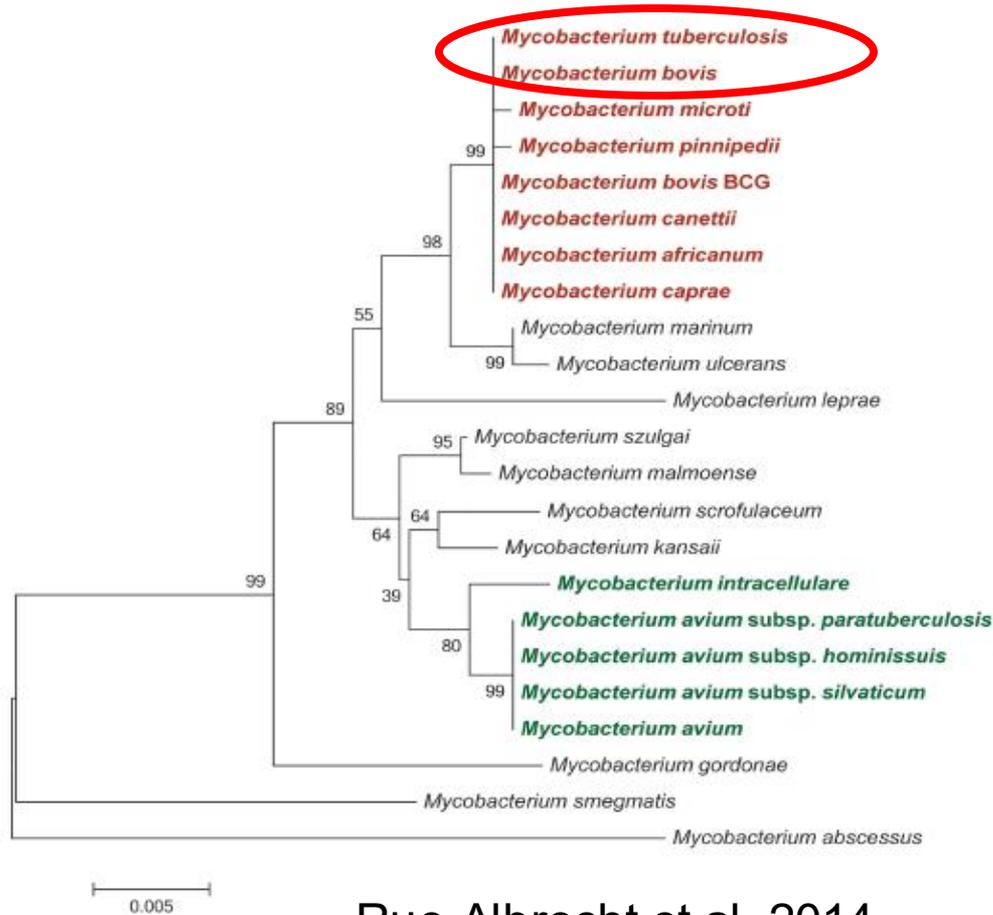
M. bovis

Explosion populations & révolution industrielle
190 ans

Expansion épidémique

- Initialement = agent pathogène pour l'**Homme** :

Ex. *M. bovis* (99,95% identité avec *M. tuberculosis*)

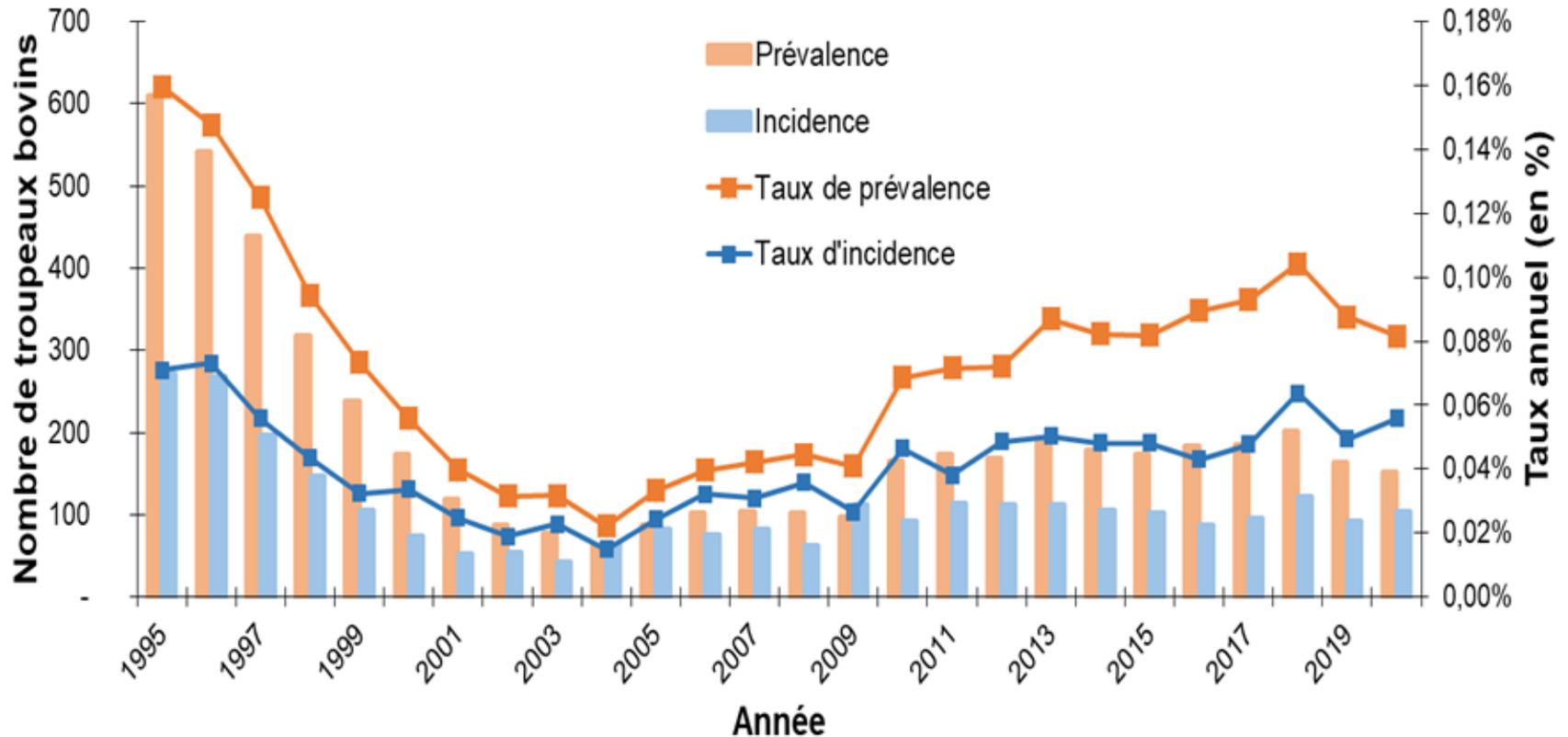


Rue-Albrecht et al, 2014

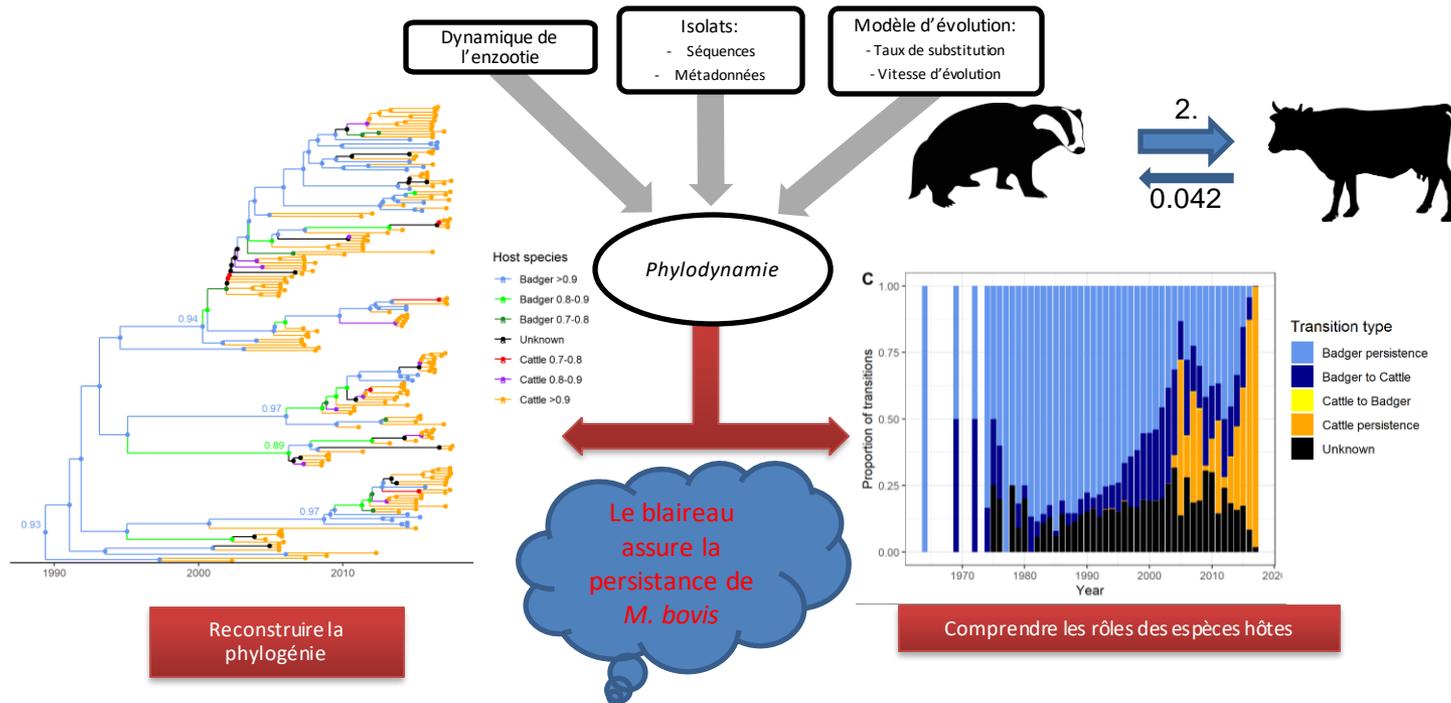
Pouvoir zoonotique = survivance de cette filiation

ÉVOLUTION DE LA PREVALENCE ET DE L'INCIDENCE DE LA TUBERCULOSE BOVINE DE 1995 A 2018 EN FRANCE METROPOLITAINE

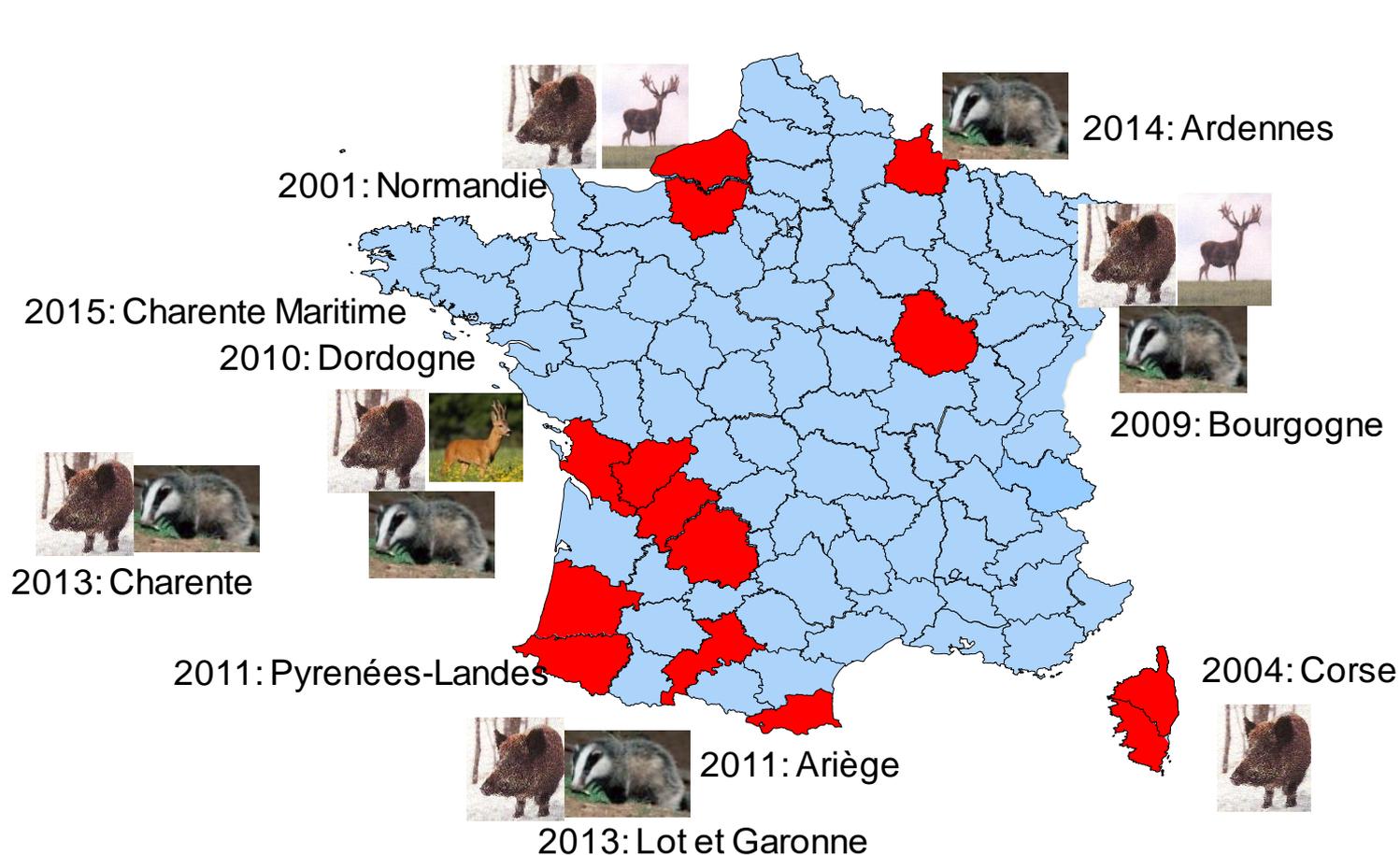
(Source: Delavenne et al., 2021)



- Zone d'enzootie, système multi-hôtes
 - Rôle des blaireaux dans la transmission de la tuberculose aux bovins ?
 - Pertinence des mesures de lutte dirigées contre la faune sauvage ?



La tuberculose n'est plus seulement un problème de bovins, mais un problème d'espèces multi-hôtes Le contrôle doit cibler à la fois les espèces domestiques et sauvages



Mot d'ordre épistémique
(J Michalon*)

Un monde

Maladie infectieuse=déséquilibre

Global, individuel.

Y a t il des marqueurs d'émergence?

**Parasite 27, 56 (2020)*

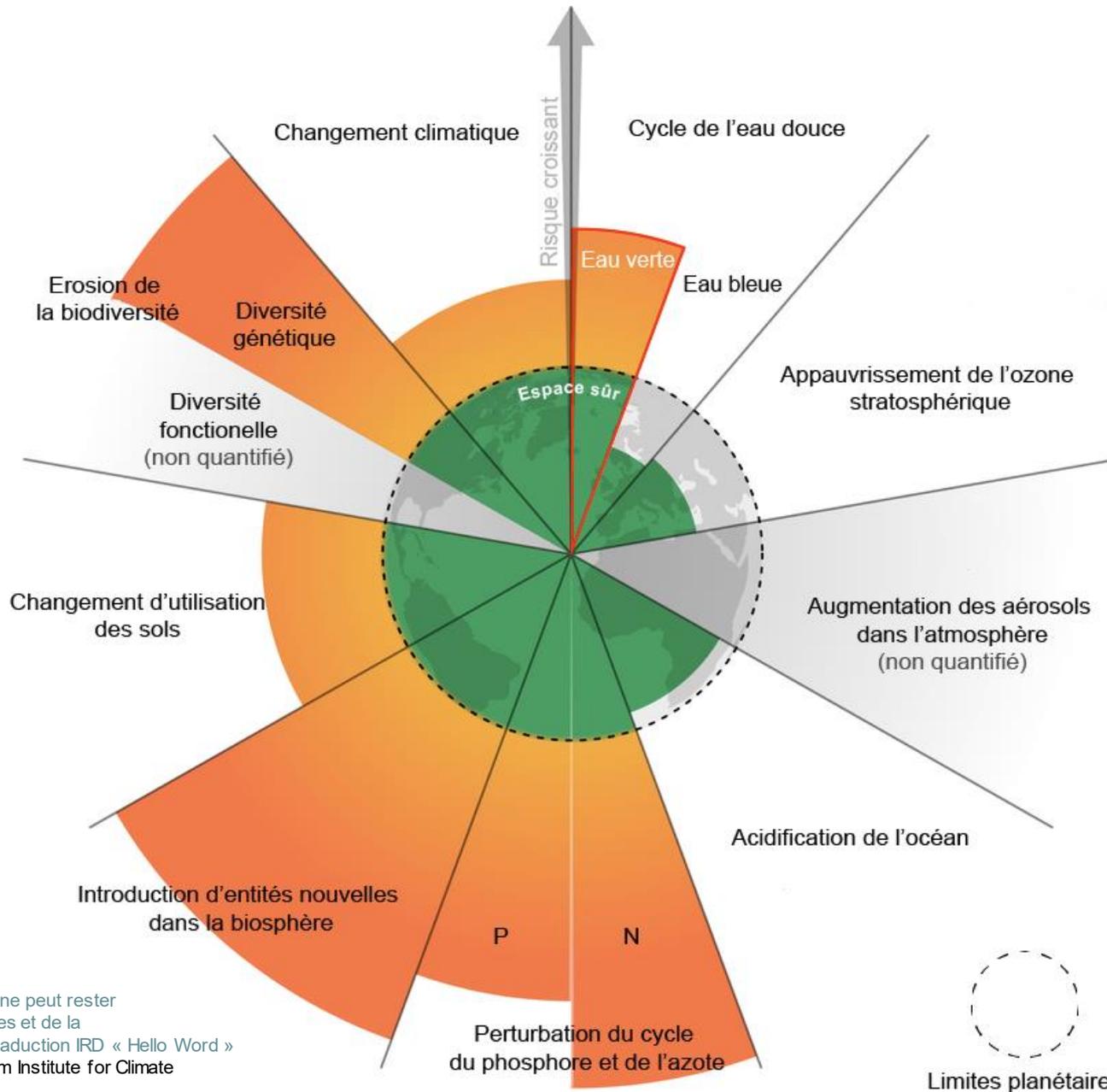
Une santé

Changements de l'environnement...guerre,
révolutions, l'amplification des maux

Les 5,5 limites planétaires dépassées



Malawi



« L'écosystème planétaire ne peut rester stable en l'état des pratiques et de la pression des sociétés. » Traduction IRD « Hello Word » (Johan Rockström, Potsdam Institute for Climate Impact Research)

Limites planétaires

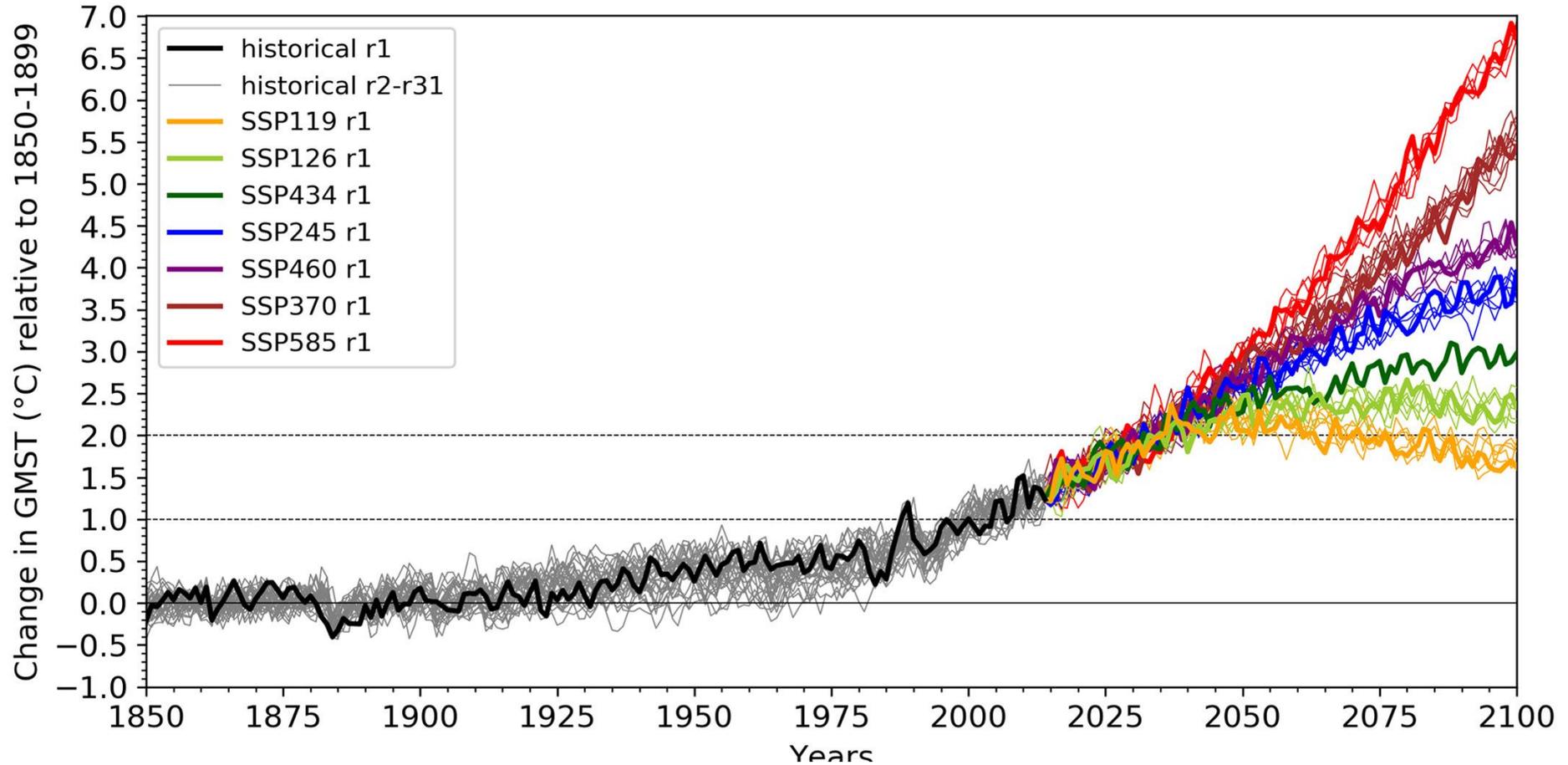
Conséquences impact homme-environnement
sur les maladies infectieuses



Luis Zerbini, 2011

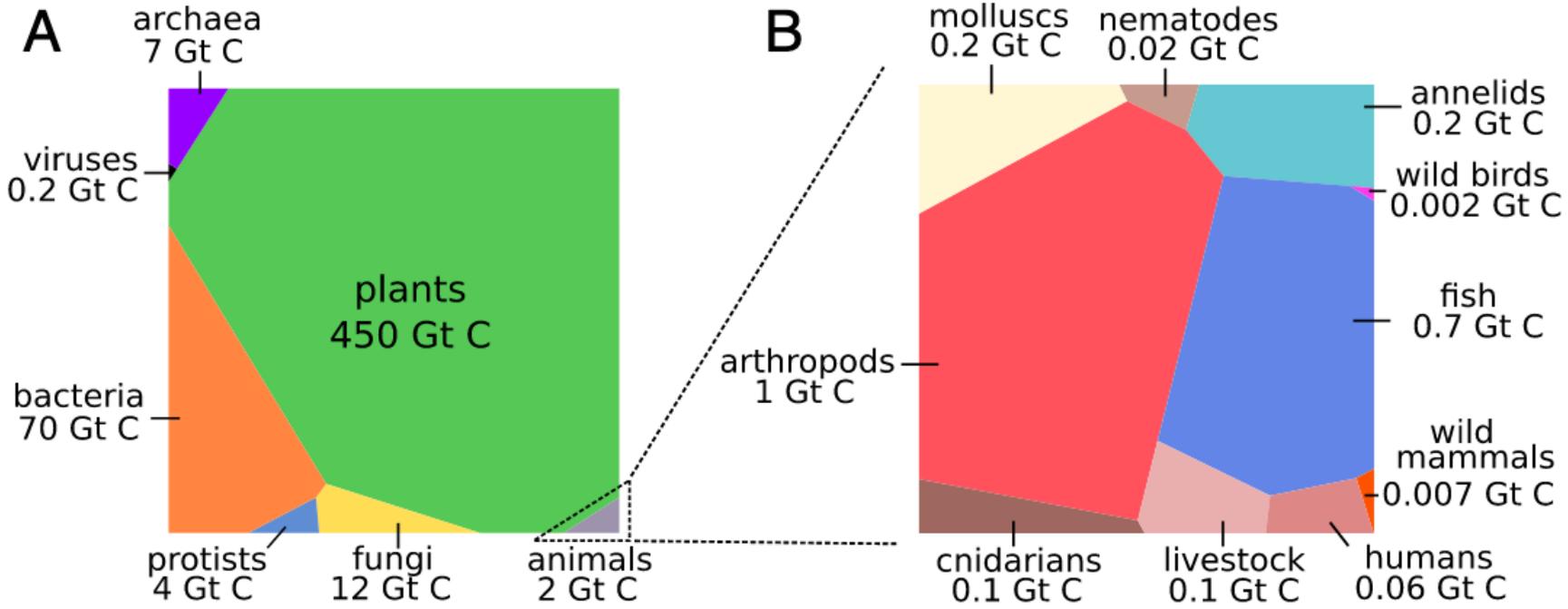
Présentation et Evaluation du modèle climatique IPSL-CM6A-LR

Températures de surface et différents scenarios tous>2 en 2050

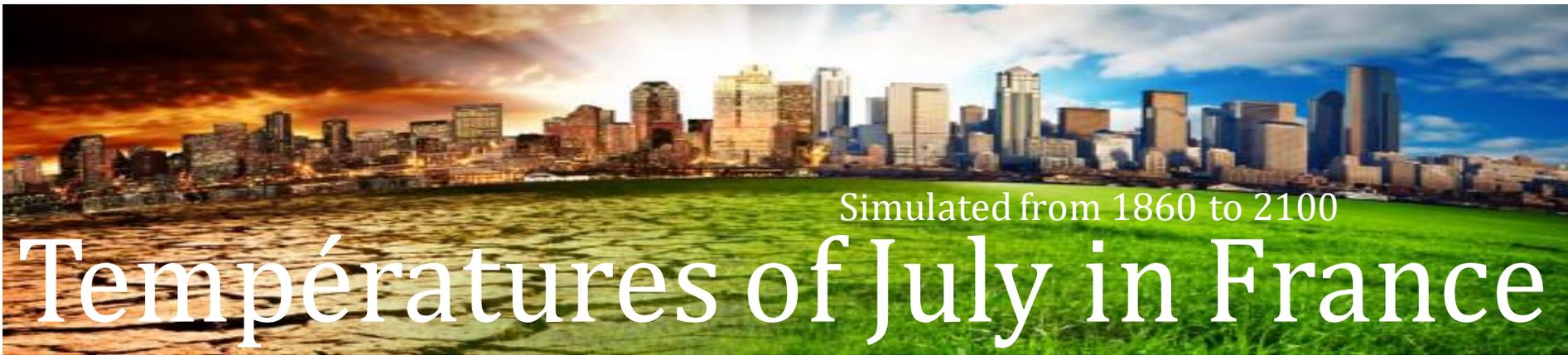


Représentation graphique de la biomasse globale

Bar-On YM et al 2019, PNAS

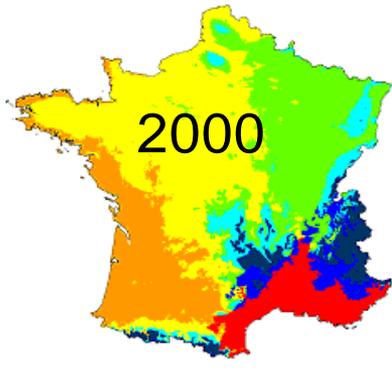


Bar-On YM et al 2019, PNAS

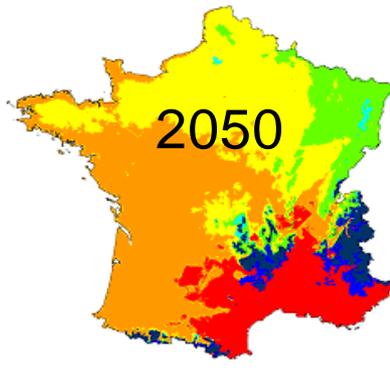


Simulated from 1860 to 2100

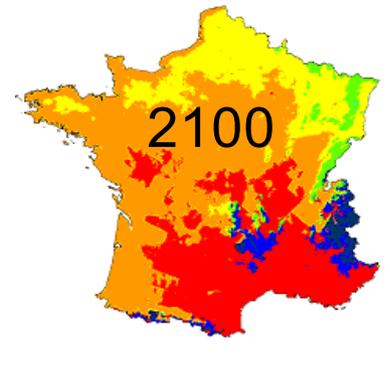
Températures of July in France



2000



2050



2100

-  group 1: green alder (*Alnus viridis*)
-  group 2: grey alder (*Alnus incana*)
-  group 3: silver fir (*Abies alba*)
-  group 4: beech (*Fagus silvatica*)
-  group 6: Spanish chestnut (*Castanea sativa*)
-  group 7a: maritime pine (*Pinus pinaster*)
-  group 8: evergreen oak (*Quercus ilex*)

Possible evolution of forest cover to 2100

Source INRAE Nancy





Un monde avec des espèces invasives

Wild mammals in France



Deers
Roes
Boars

X 3.8 IN 20 YEARS

X 3.2 IN 20 YEARS

X 4.7 IN 20 YEARS



Quel impact ?

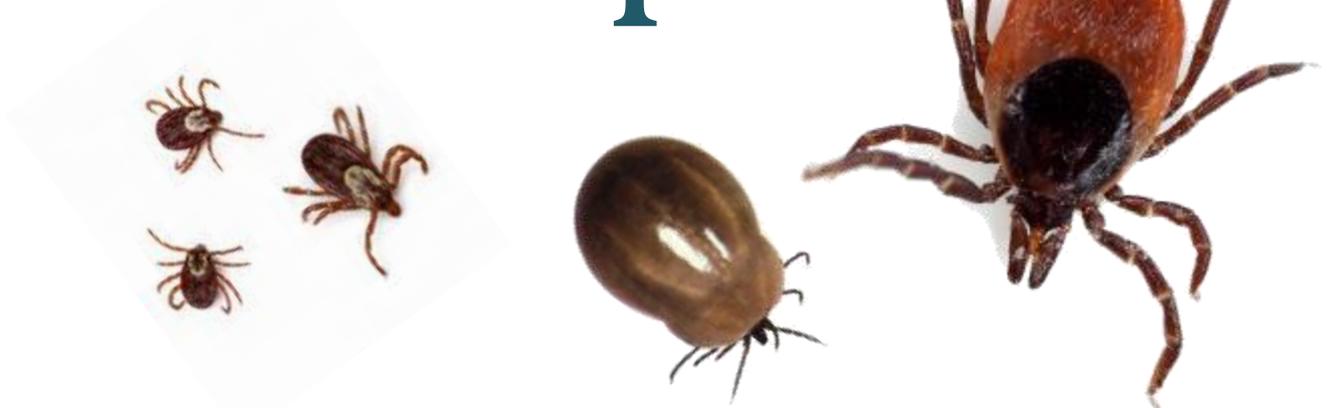
Importance des agents pathogènes
transmis par les tiques



Ixodes Ricinus



The most important **tick**
in terms of public health
in **Europe**



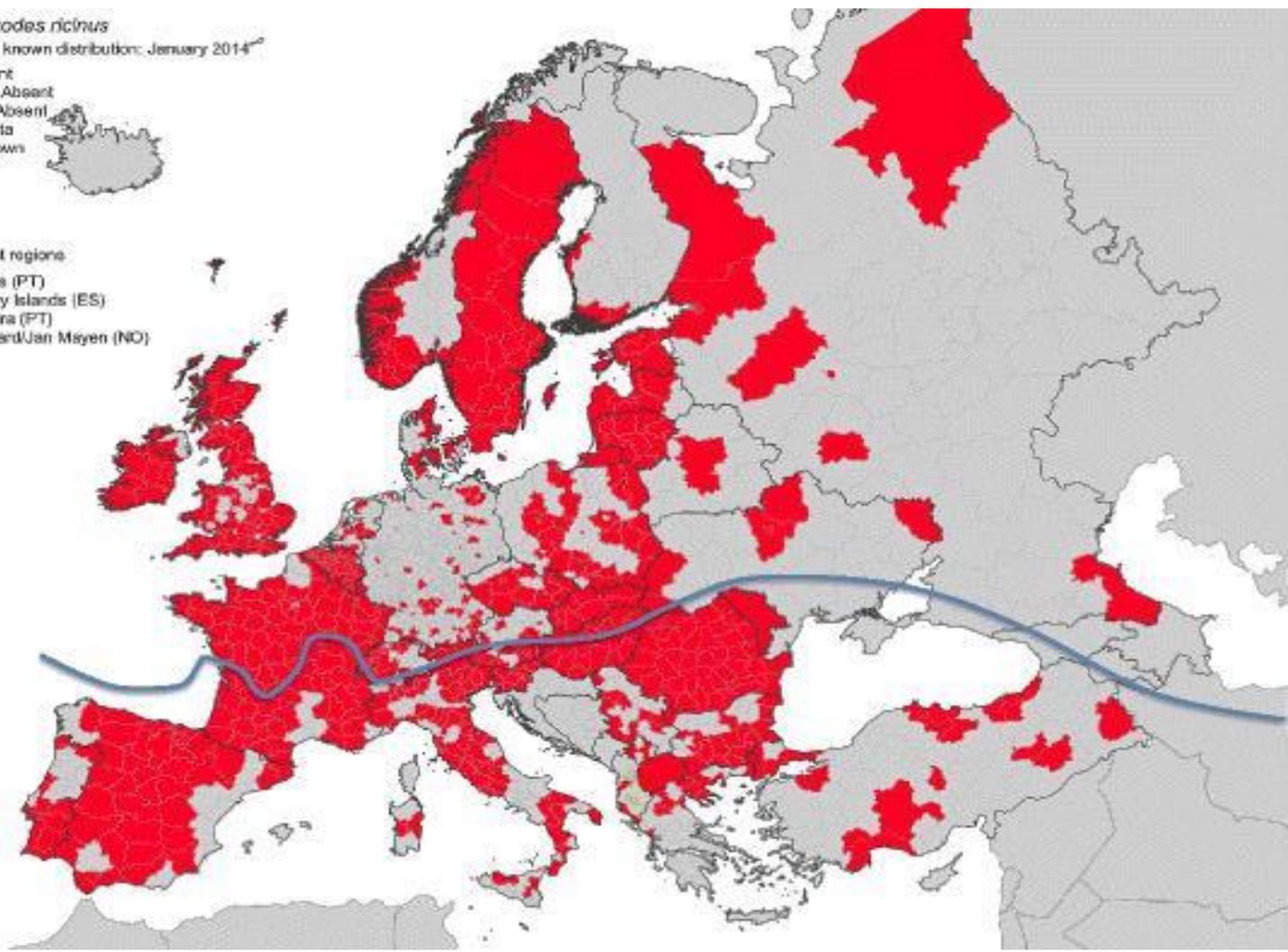


Ixodes ricinus
Current known distribution: January 2014

- Present
- Antic. Absent
- Obs. Absent
- No data
- Unknown

Outermost regions

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





Ticks and tick borne diseases

TRANSMISSION OF A WIDE VARIETY OF PATHOGENS THAN TICKS ACQUIRE DURING THEIR BLOOD MEAL ON MANY ANIMAL SPECIES

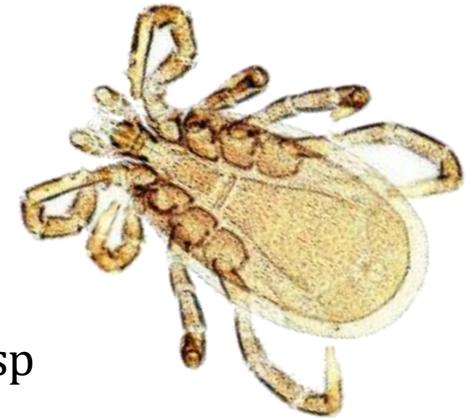
Virus Tick Borne Encephalitis Virus

Bacteria

Borrelia spp, Rickettsia spp, Ehrlichia spp, Anaplasma sp

Parasites

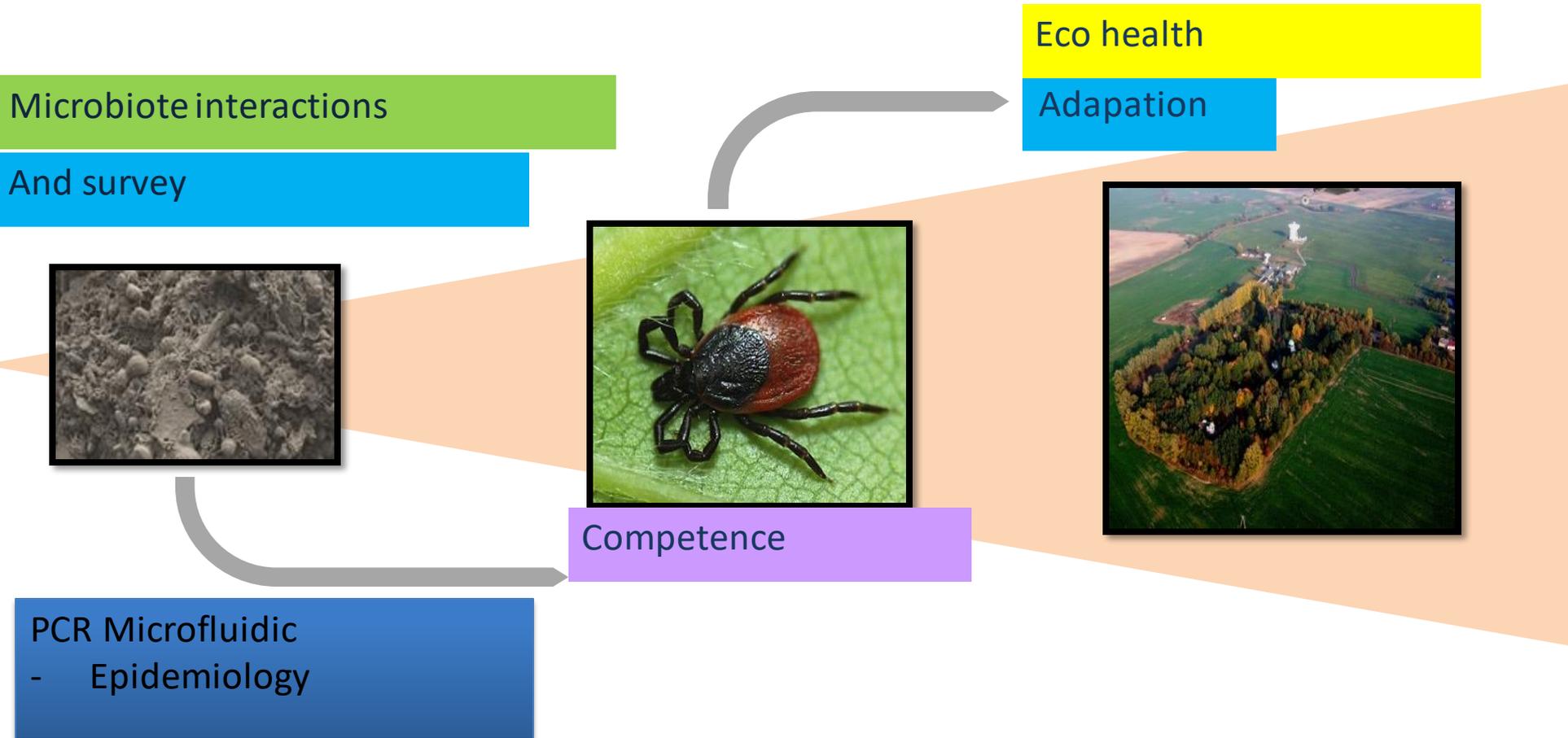
Babesia spp, Theileria spp



Encephalitis with ticks : Tick Borne Encephalitis Virus : 3.000 cases / year

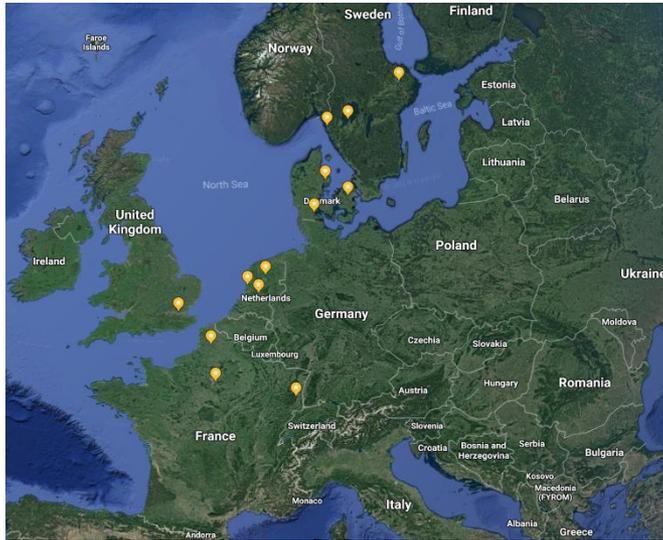
Other diseases due to "new" pathogens discovered in the last 20 years - Rickettsia spp., Babesia spp. Anaplasma spp., Bartonella spp., Candidatus Neoehrlichia mikurensis. Very poorly or not diagnosed

One health development

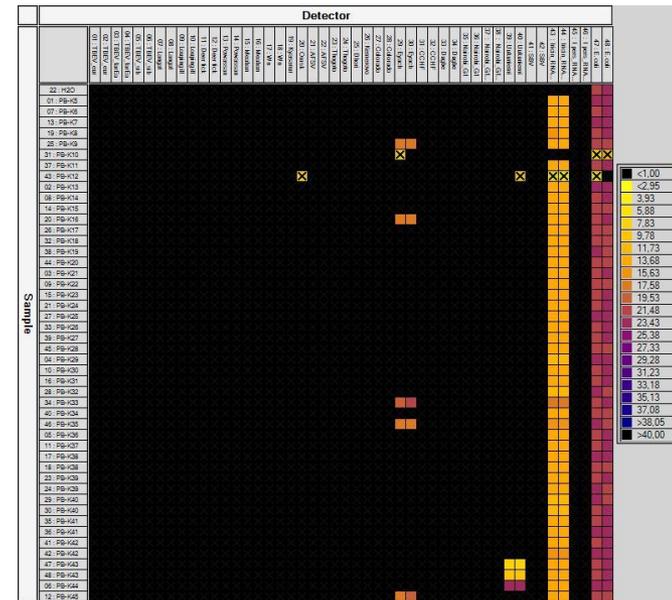


Surveillance épidémiologique à large échelle des agents pathogènes transmis par les tiques

Collecte de tiques = **13 sites** dans **5 pays européens** (Projet Européen **CoVetLab TickTools**)



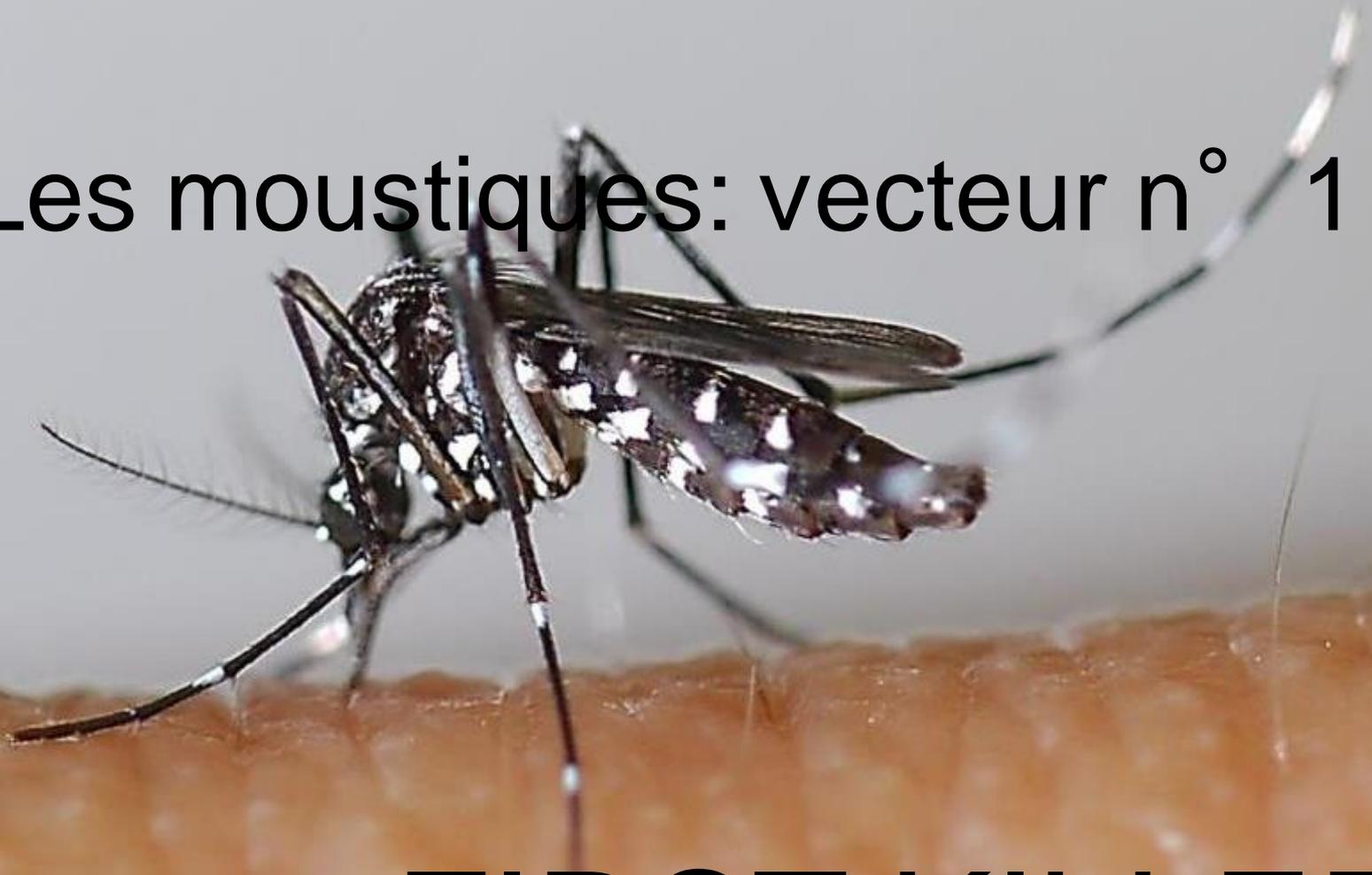
→ Analyse de **18 135** nymphes *Ixodes ricinus* (*Tique dure*) vis-à-vis de **21** virus transmis par les tiques avec une puce PCR



→ Détection **virus zoonotiques émergents/inattendus** :

- ✓ virus **Eyach** aux Pays-Bas (1^{ère} détection)
- ✓ **nouveau Orthonairovirus** en France et aux Pays-Bas

Les moustiques: vecteur n° 1



FIRST KILLER

Dengue et chikungunya en France métropolitaine : 2010, 2013, 2014, 2015 puis le WestNile s'intensifie en 2018, puis la Dengue en 2022++2023

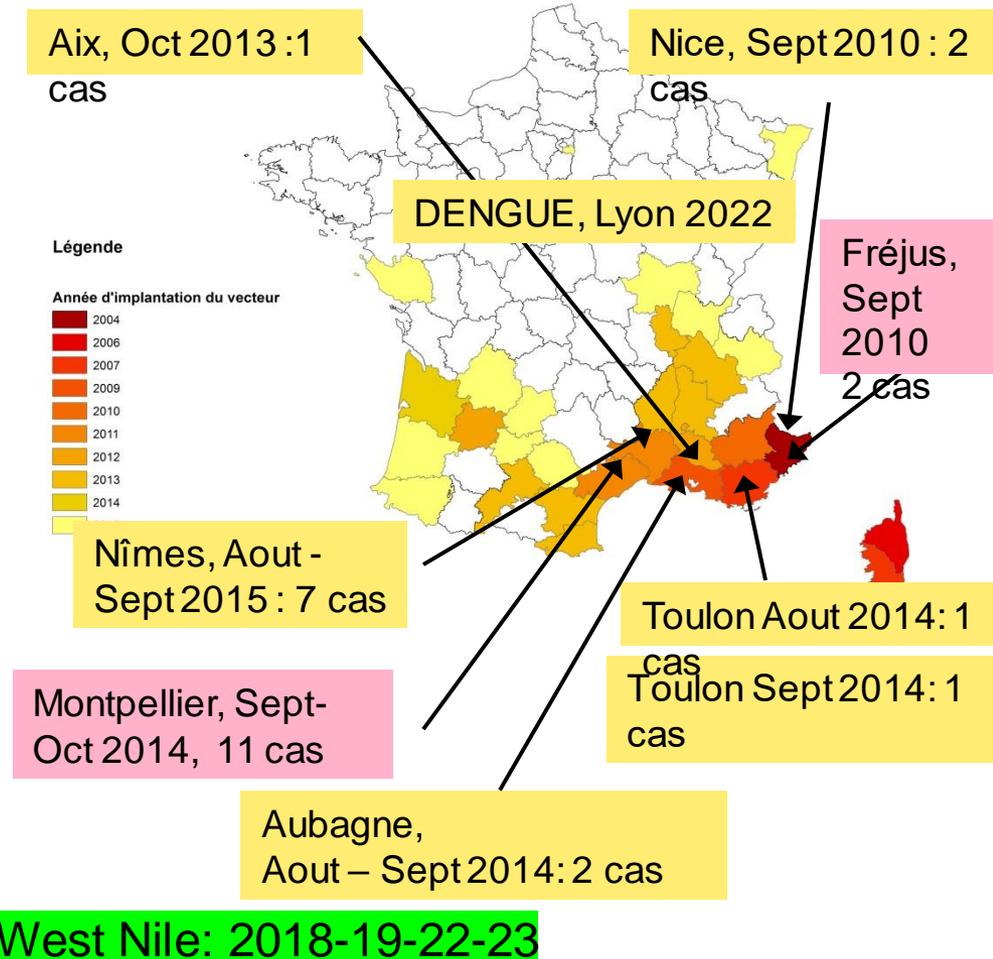
- Répétition des épisodes de transmission
- Période la plus à risque: août-septembre
- Foyers qui gagnent en fréquence et taille

CHIKUNGUNYA

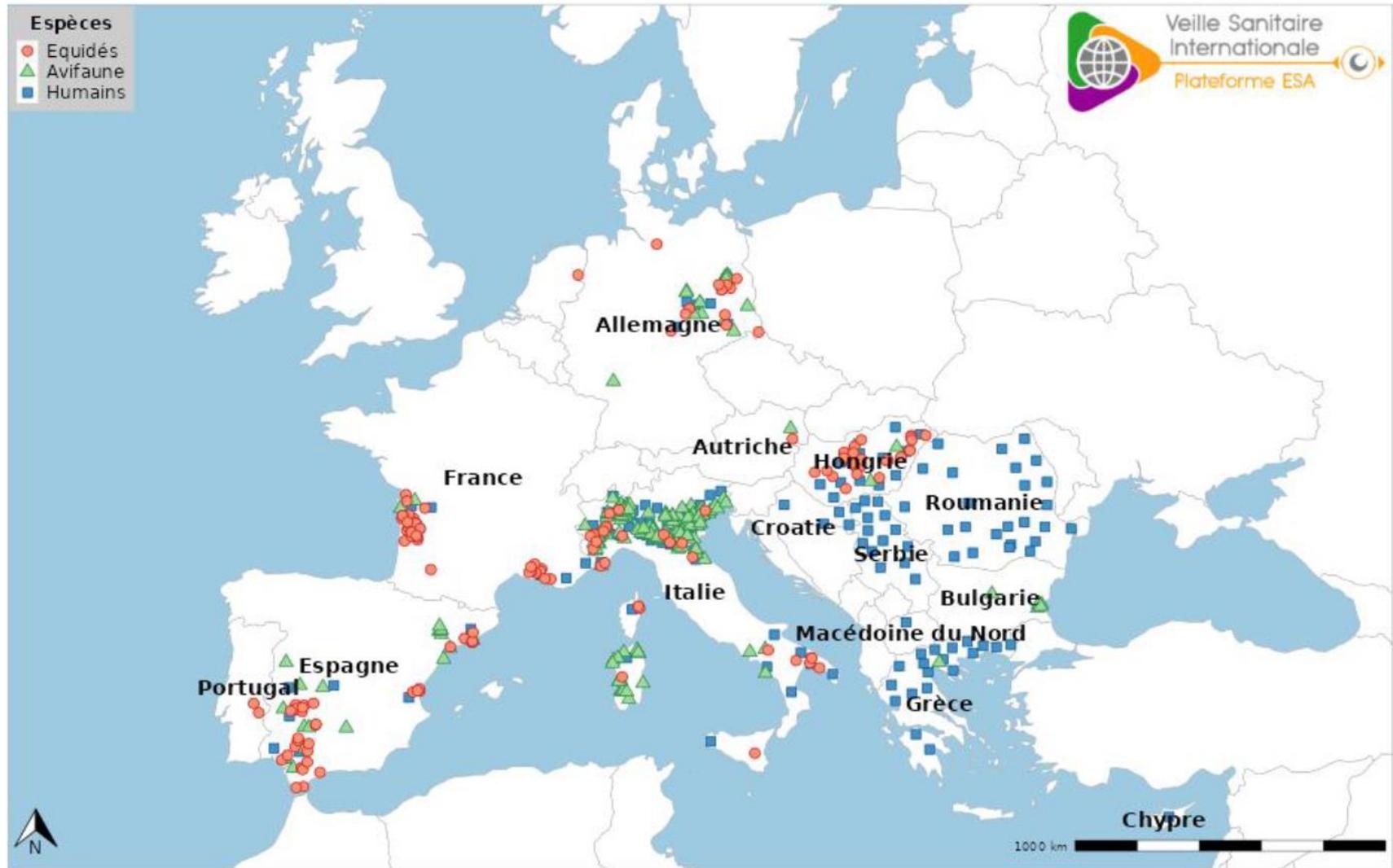
DENGUE

Santé Publique France

Départements et année d'implantation du vecteur Aedes albopictus en France métropolitaine



Foyers virus WestNile en 2023 (6 mois) (et Usutu aussi)





BLUE TONGUE VIRUS

Bluetongue is a contagious viral disease transmitted by biting midges of the genus *Culicoides* family Ceratopogonidae, affecting wild or farmed ruminants, but mainly sheep, less often goats, bovines, deer, camels and antelopes.

Reoviridae, Orbivirus

27 serotypes

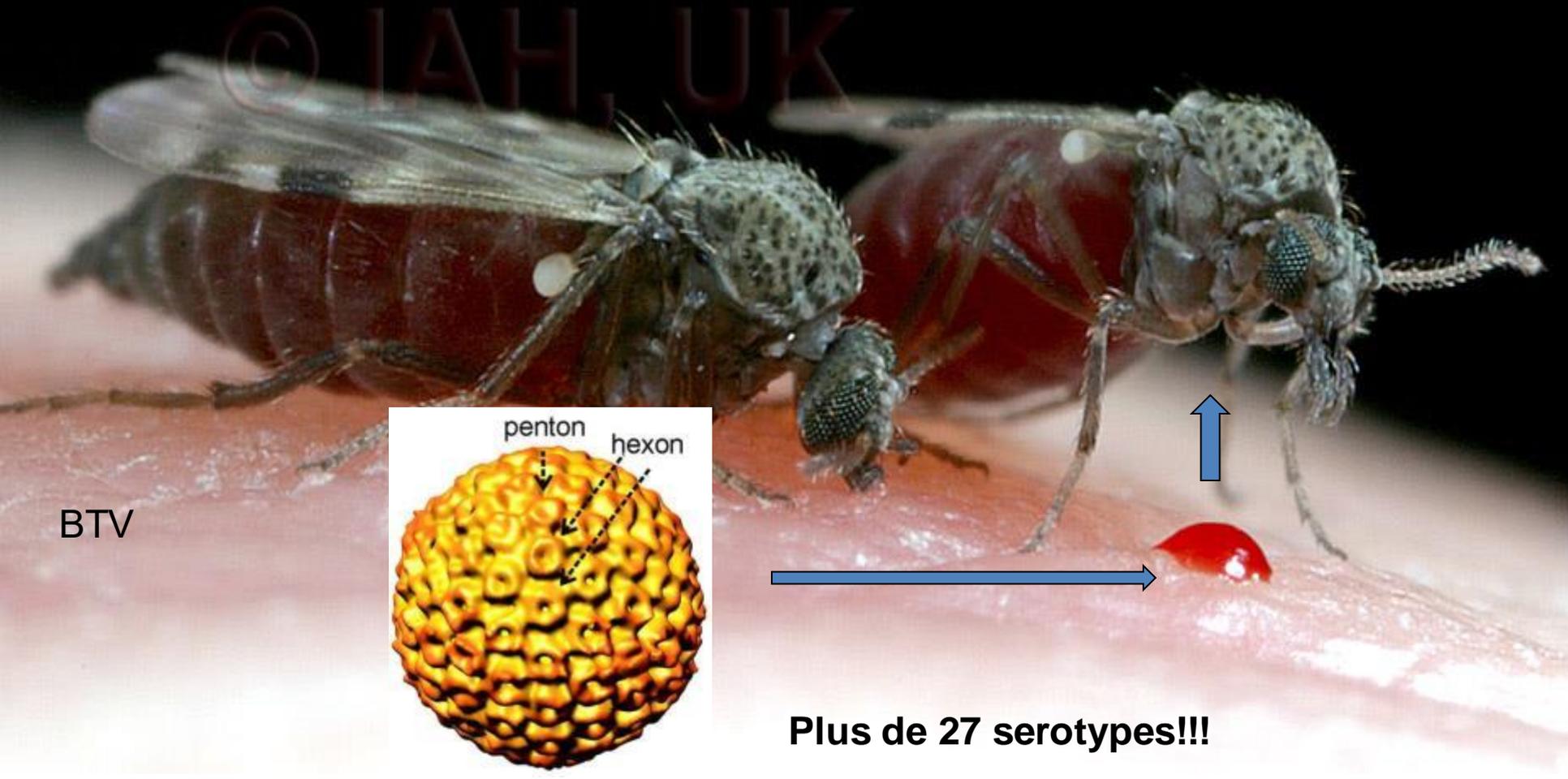
Sheep, other ruminants

Ceratopogonidae, *Culicoides* spp.

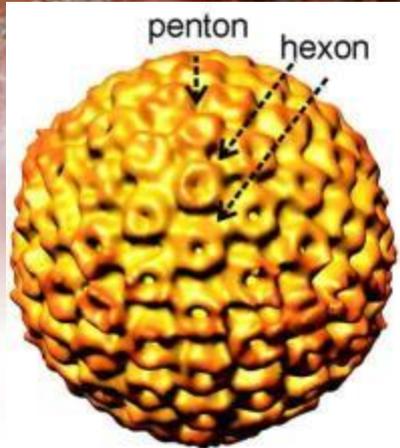
Mediterranean Area



Ceratopogonidae, Culicoides spp

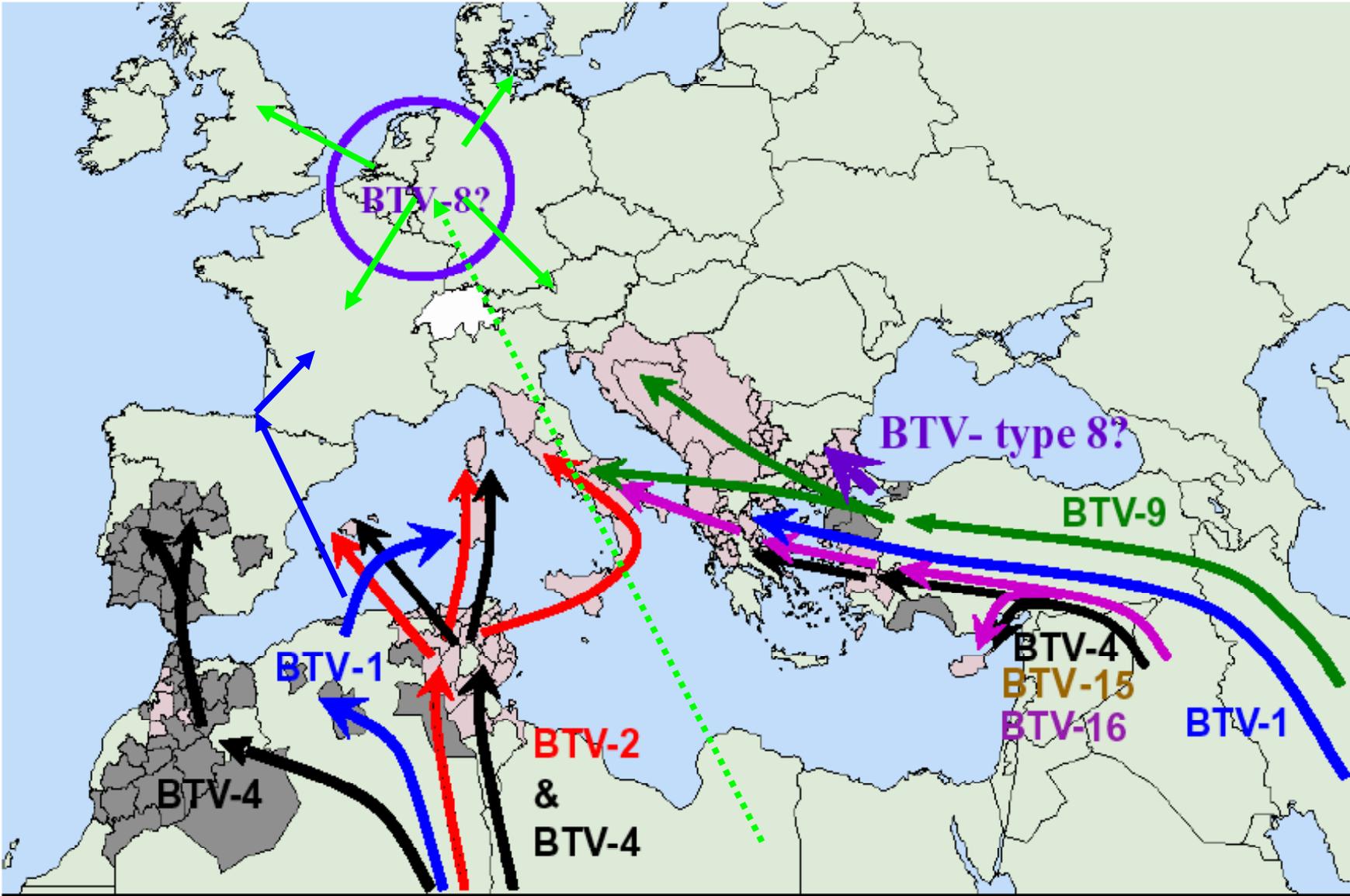


BTV



Plus de 27 serotypes!!!

Apparitions du virus BTV en Europe: 2006...2014...2023 (nouveau)chez les RUMINANTS



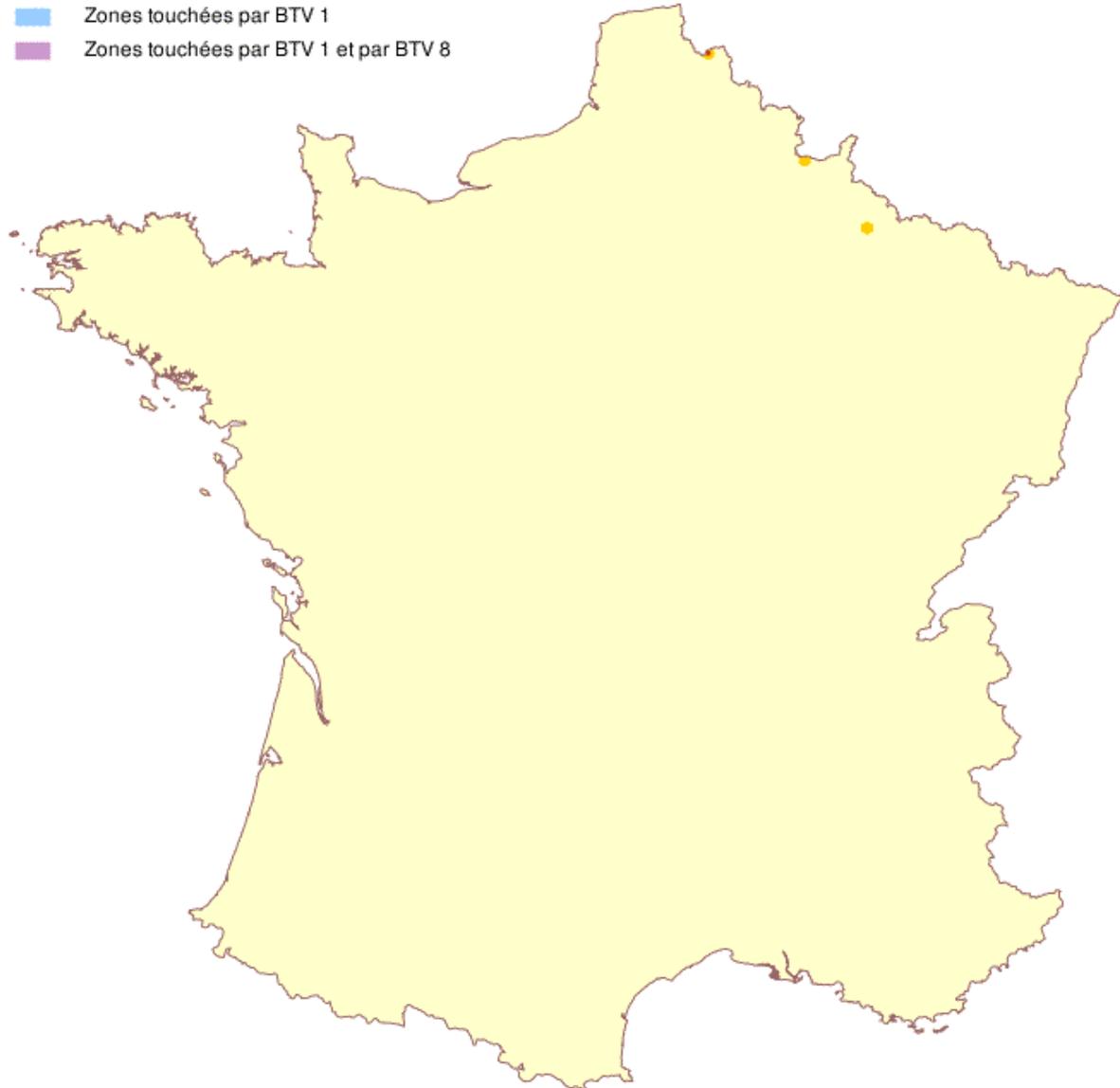
Blue tongue virus: clinique



Erosion de la langue,
oedema déclives,
Emaciation sévère



- 1 foyer par jour
- 5 foyers par jour
- Zones touchées par BTV 8
- Zones touchées par BTV 1
- Zones touchées par BTV 1 et par BTV 8



Diffusion du virus BTV8 puis BTV1

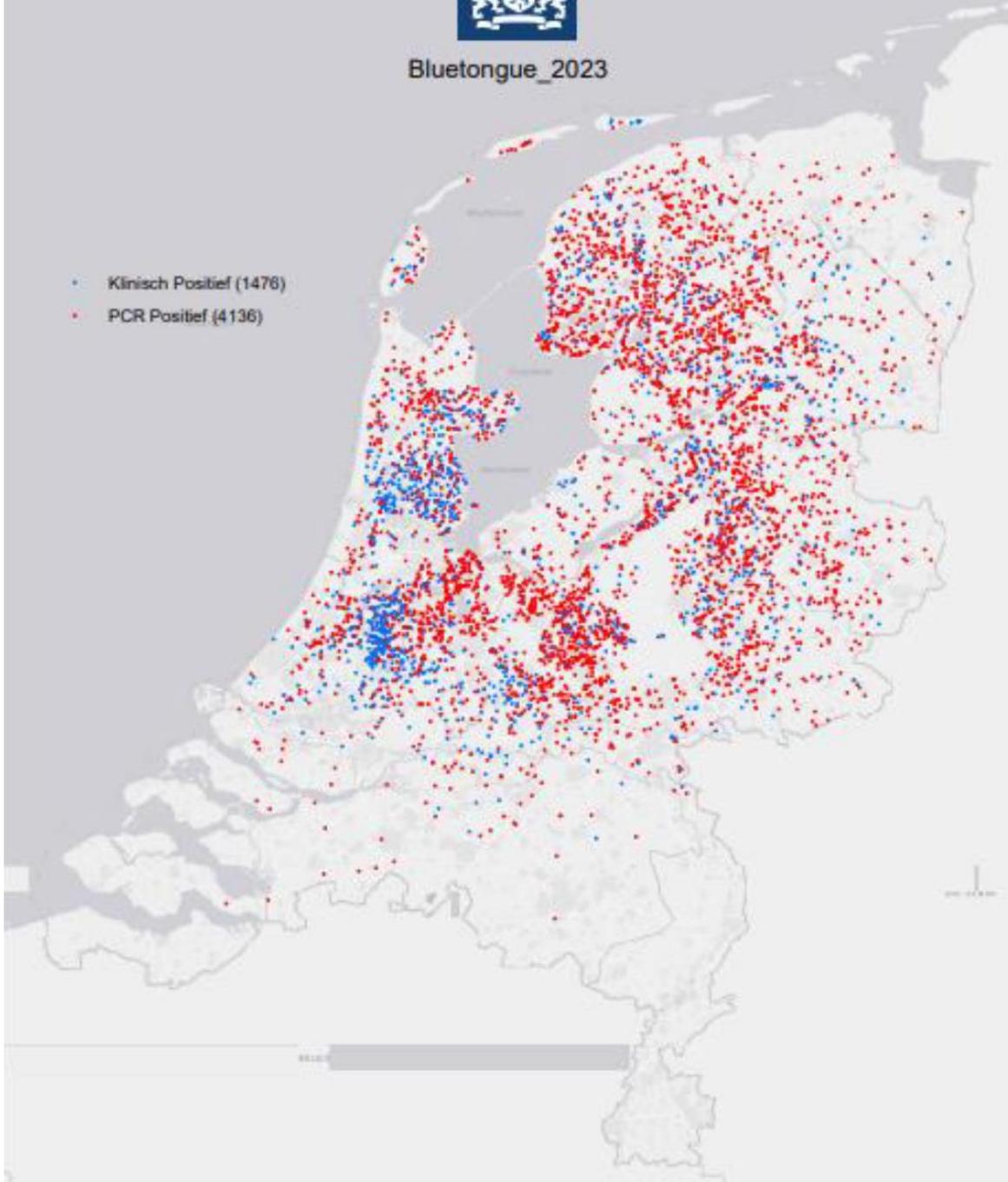
Exemple de maladie vectorielle en France

B. Durand et al, EID, 2011



Bluetongue_2023

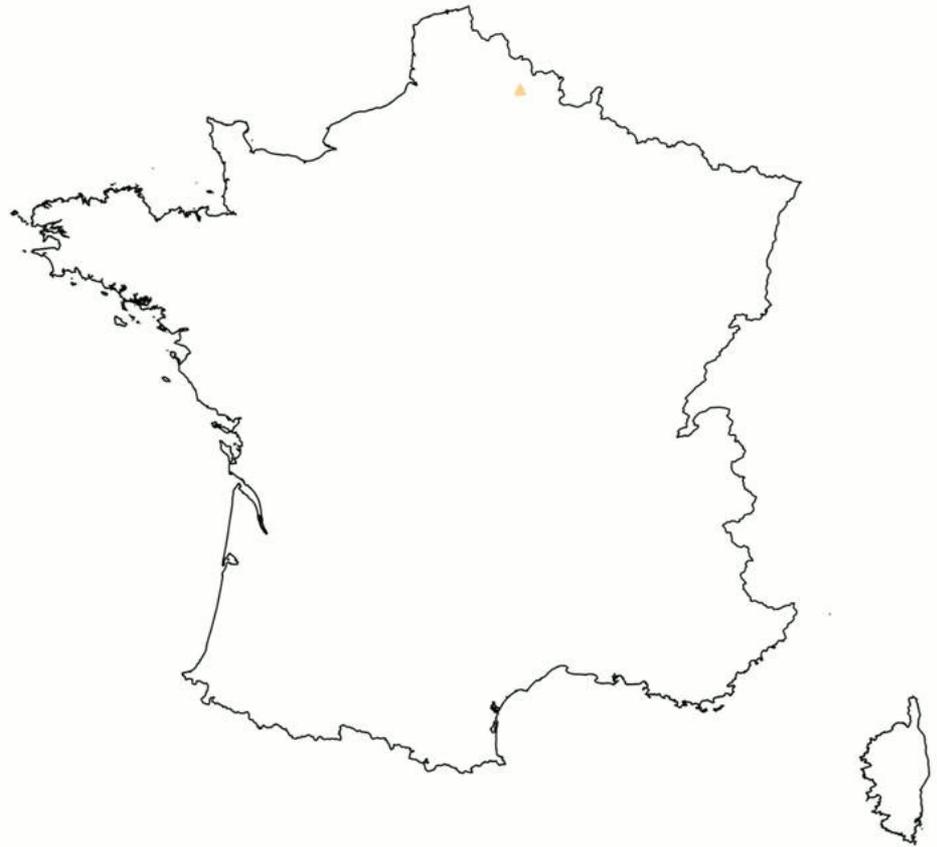
- Klinisch Positief (1476)
- PCR Positief (4136)



Nov 2023
Foyer de BTV3

Vous savez
ce qui va se passer
en France en 2024

Schmallenberg : Incidence hebdomadaire 2011-2012



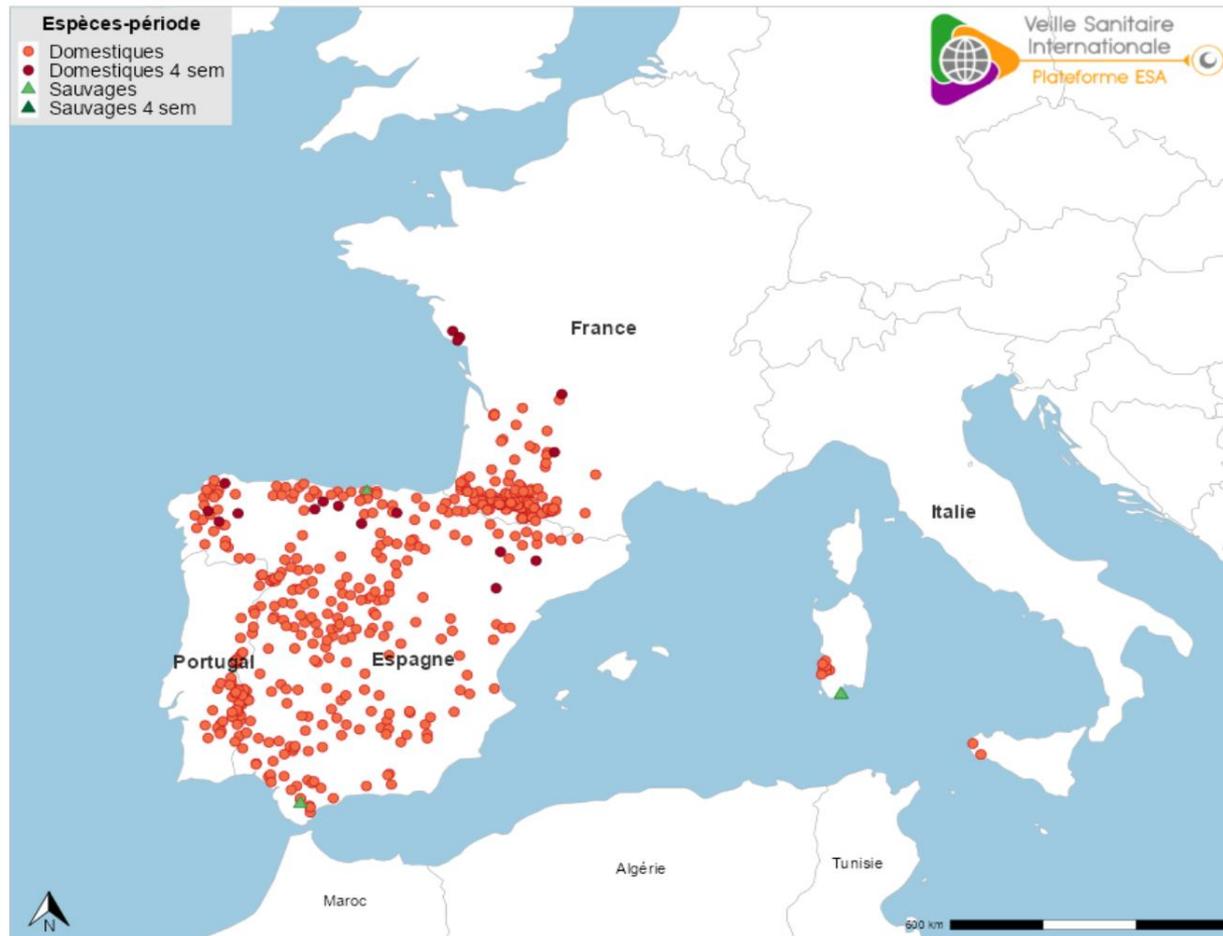
52

- Ovins
- Caprins
- △ Bovins
- ◆ Foyer confirmé
- Suspicion non confirmée

[fin décembre 2011 - début avril 2012]
(par semaine de suspicion)

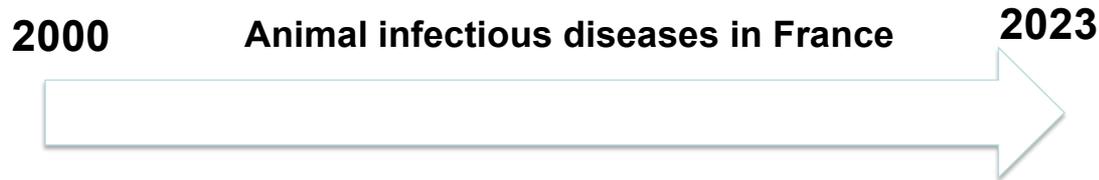
Nouvelle émergence sept 2023

Le virus de la maladie hémorragique épizootique



>3500 foyers depuis sept 2023/ RUMINANTS (bovins)

Drivers of emerging pathogens



Mycobactérium bovis	Safe		Many Hosts	Wildlife link, livestock management
Foot and mouth disease	Some foci		Unharmmed	Transportation
BTV	Unharmmed	epizootic	Enzootic?	Transportation, climate change
Schmallenberg virus		epizootic		Transportation
WestNile virus		Regular emergences		Extension area of vectors, avian link
Besnoitiose		Geographic area extension		vectors
	Other emerging pathogens , IAHP...			Wildlife link, New types of breeding
	None come from the rising sun!			Environment

Oct 2023: BTV new cases, WestNile, Maladie Hémorragique épizootique chez les ruminants (emerging disease)

Transport or human management as a cause of spreading

Facteurs d'émergences : principalement l'activité humaine

2000

Maladies infectieuses animales en France

2023



Mycobactérium bovis

indemne

multiple hôtes

Lien faune sauvage, gestion élevage

Fièvre aphteuse

Quelques foyers

indemne

Transport

FCO

indemne

épizootie

Enzootique?

Transport, changement climatique

Virus Schmallenberg

épizootie

Transport

WestNile

Émergences régulières

Aire extension des vecteurs,
lien réservoir aviaire

Usutu

Besnoitiose

Extension aire géographique

vecteur

Brucellose bovine

indemne

Cas épisodique, nouveaux isolats

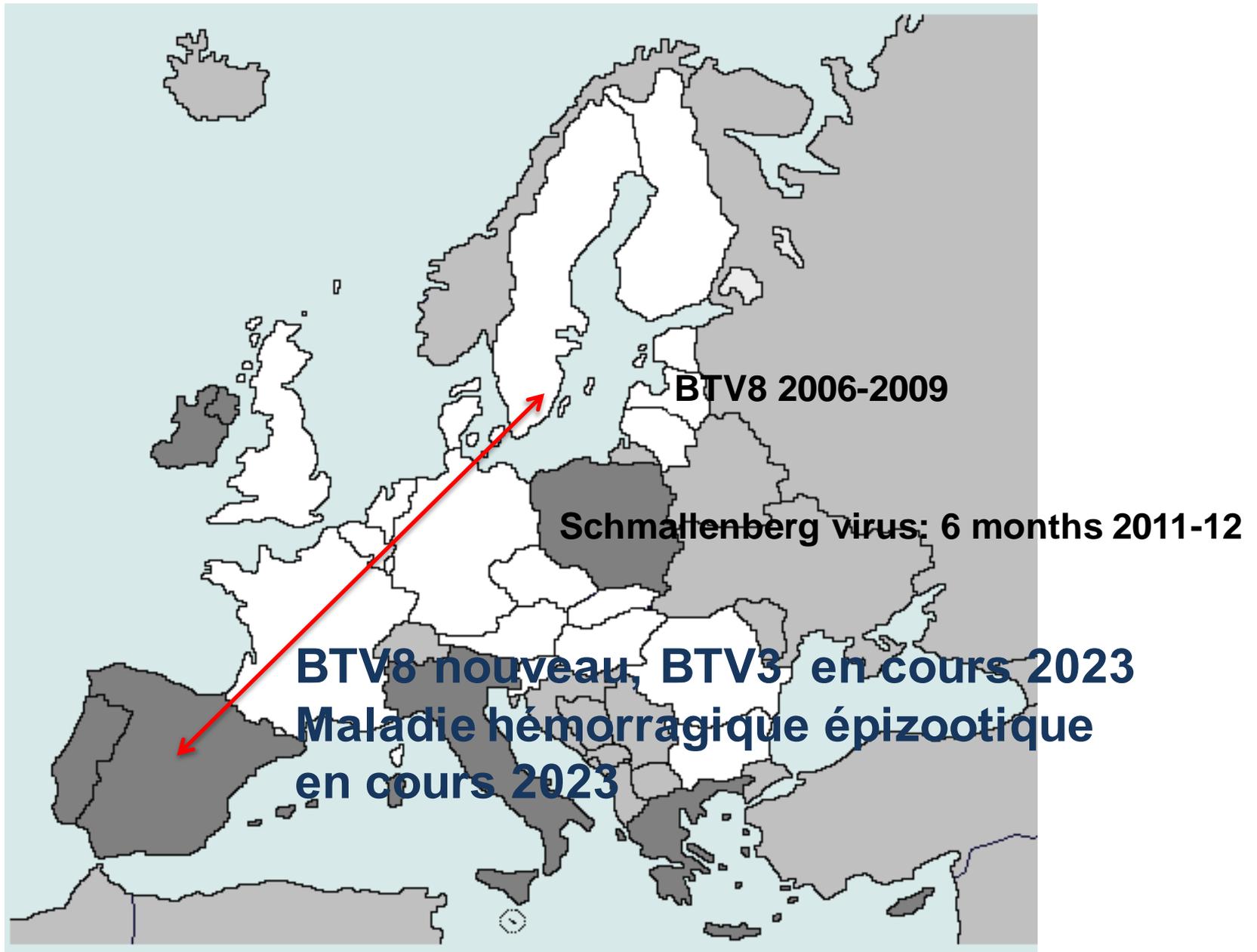
Lien faune sauvage,
Nouveaux types d'élevage

*On peut poursuivre avec IA, charbon (tellurique),
bacille de la pseudo morve*

Environnement

Oct 2023: BTV, WestNile, Maladie

Hémorragique épizootique chez les ruminants (maladie émergente)



Aux racines des émergences

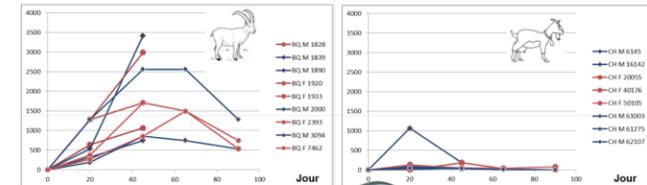
- Mécanisme d'Emergences zoonotiques récentes.
- Biodiversité et risque zoonotique.

Brucella melitensis Rev.1 vaccination generates a higher shedding risk of the vaccine strain in Alpine ibex (*Capra ibex*) compared to the domestic goat (*Capra hircus*)

Claire Ponsart^{1†}, Mickaël Riou^{2†}, Yann Locatelli^{3†}, Isabelle Jacques^{1,5†}, Alain Fadeau⁶, Maryne Jay¹, Roland Simon⁷, Ludvine Perrot¹, Luca Freddi⁸, Sylvain Breton², Thierry Chauveillat⁹, Barbara Blanc², Katis Ortiz², Colin Vior², Damien Rioult², Erwan Quémeré⁹, Pierre Sarraadin¹, Jean-Yves Chollet², Bruno Garni-Bastuji¹⁰ and Sophie Ross^{1†}

Résultats sérologiques : graphiques individuels, animaux vaccinés, 0-90 j

Titre - Fixation du complément (UI / mL)



Adultes:

10 pools de 10 adultes

Valeur médiane prévalence vraie : 93.7%

Intervalle 95% : 70.4%-99.8%



Têtards et grenouillettes :

10 pools of 20 têtards

Valeur médiane prévalence vraie : 92.6%

Intervalle 95% : 66.3%-99.7%

Point de départ: investigations de foyers

- Bouquetins
- Grenouilles



ORIGINAL RESEARCH ARTICLE | [Check for updates](#) | This full-text will be published soon. | [History](#)

Phenotypic and molecular characterization of *Brucella microti*-like bacteria from a domestic marsh frog (*Pelophylax ridibundus*)

Maryne JAY¹, Guillaume GIRAULT¹, Ludvine PERROT¹, Benoit TAUNAY¹, Thomas VUILMET¹, Frédérique ROSSIGNOL¹, Pierre-Hugues PITEL¹, Elodie PICARD¹, Claire PONSART¹ and Virginie MICK^{1*}

Meilleure connaissance des réservoirs → appui à la surveillance en lien avec le gestionnaire

BOUQUETINS: réponse sérologique + profils d'excrétion plus intenses et plus marqués après vaccination Rev.1 que chez la chèvre

Bovins en 2021

GRENOUILLES : niveaux de prévalence élevés de *B. microti* détectés dans 2 élevages (grenouilles / eau / prélèvements environnementaux)

Received: 12 April 2019 | Revised: 8 September 2019 | Accepted: 19 September 2019
 DOI: 10.1186/s13667-019-0717-0

ORIGINAL ARTICLE



Brucella microti-like prevalence in French farms producing frogs

Maryne Jay¹ | Luca Freddi⁸ | Virginie Mick¹ | Benoit Durand² | Guillaume Girault¹ | Ludvine Perrot¹ | Benoit Taunay¹ | Thomas Vuilmet¹ | Didier Azam¹ | Claire Ponsart¹ | Gina Zanella^{1*}

LNR Morve/Mélioïdose

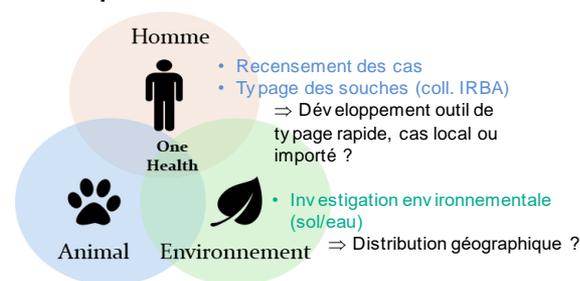
Mélioïdose

- **Maladie tropicale / Infection opportuniste**
- Endémique Asie du Sud-Est et dans le Nord de l'Australie mais également présente dans autres zones tropicales
- Incidence réelle sous-estimée [165 000 cas dont 50 % de mortalité]
- Contamination par inhalation/ingestion/contact
- **Diagnostic difficile, pas de vaccin, traitement Ab long et difficile**
- Facteurs prédisposants : **diabète**, alcoolisme, maladies chroniques

Burkholderia pseudomallei

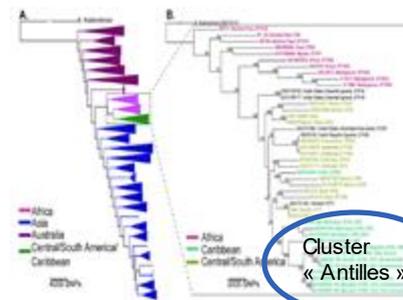
- **Bactérie saprophyte** (eau/sol)
- Dispersion en lien avec **changement climatique** (inondations, cyclones...)
- **Multi-résistante aux Ab**
- **MOT**

Concept « One Health »



Cas humains rapportés dans les Antilles

(IRBA fait office de CNR)





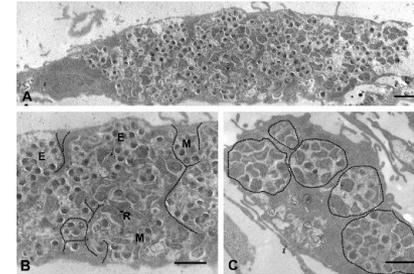
Phoenicopterus roseus

Contexte

- Détection *Chlamydia* atypique chez **flamants roses** dans un zoo
- Prélèvements réalisés en Camargue sur spécimens sauvages
- Isolement de 3 souches de *Chlamydia* sp.

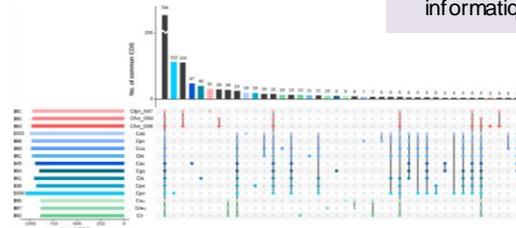
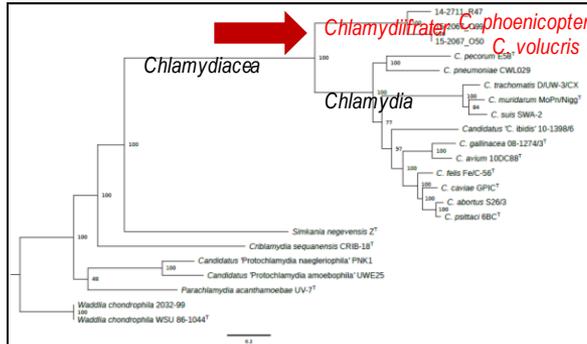
⇒ WGS (16S, 23S, MLST, ANIb, TETRA, POP....) + Microscopie électronique

1 nouveau genre (*Chlamydiifrater*)
2 nouvelles espèces (*Cf. phoenicopteri* & *Cf. volucris*)



Développements technologiques associés

- protocoles de purification ADNg d'une bactérie parasite intracellulaire obligatoire
- Protocoles séquençages WGS Illumina et Minion pour disposer des séquences génomiques complètes
- Outils d'analyse bio-informatique



Collaborations : Friedrich-Schiller-Universität, Friedrich-Loeffler-Institut, Anses Identypath, Anses Ploufragan, University of Maryland, Mediterranean Institute for Advanced Studies, Tour du Valat, Bioparc, Zoo de Paris

Systematic & Applied Microbiology (2020)

1/ Description de l'alerte



Avril à Juin 2020,
Département de l'Ain
44 cas suspects d'infection
autochtones à **TBEV**
Investigateurs = CNR
Arbovirus, ARS

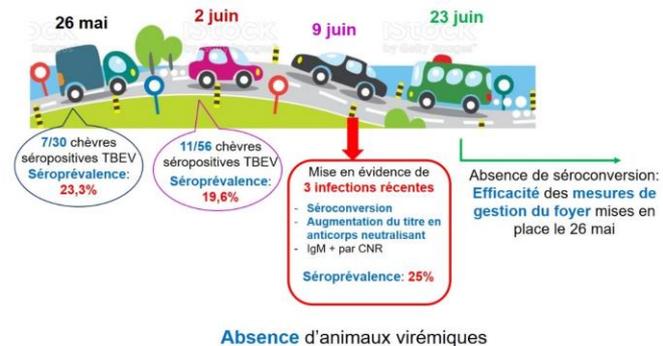
→ **33 cas positifs confirmés**
(ELISA + VNT test)

→ **41 cas consommation** de **fromages** ou de faisselles à base de **lait cru de chèvre** provenant d'un unique élevage à Condamine, Ain.

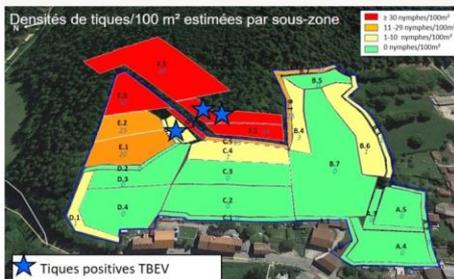
→ **fromage** de chèvre détecté **positif** par PCR pour **TBEV**

2/ Enquête chez les animaux de l'élevage / Séroprévalence élevée (UMR Virologie)

Analyses hebdomadaire d'échantillons de **sérums, sangs et laits (+ LSAI impliqué)**



3/ Enquête environnementale dans l'élevage incriminé (Anses Nancy, UMR Virologie, UMR BIPAR)



- **prévalence** de **TBEV** dans les tiques par RT-PCR: **0,33%** (n=955 tiques analysées)
 - nymphes: 0.22% (IC95% : 0.03 – 0.80%), n=898
 - adultes : 1.8% chez les adultes (IC95% : 0.1 – 9,9%), n=57
- densité de tiques infectées 0.37/100 m²
- **Isolement virus et caractérisation génome** (seq Minlon) = **Sous Type Européen**
- Résultats proches des données d'Alsace (Bournez et al 2020 a et b).

2003 ECHANGE DE DENRÉES D'ORIGINE ANIMALES

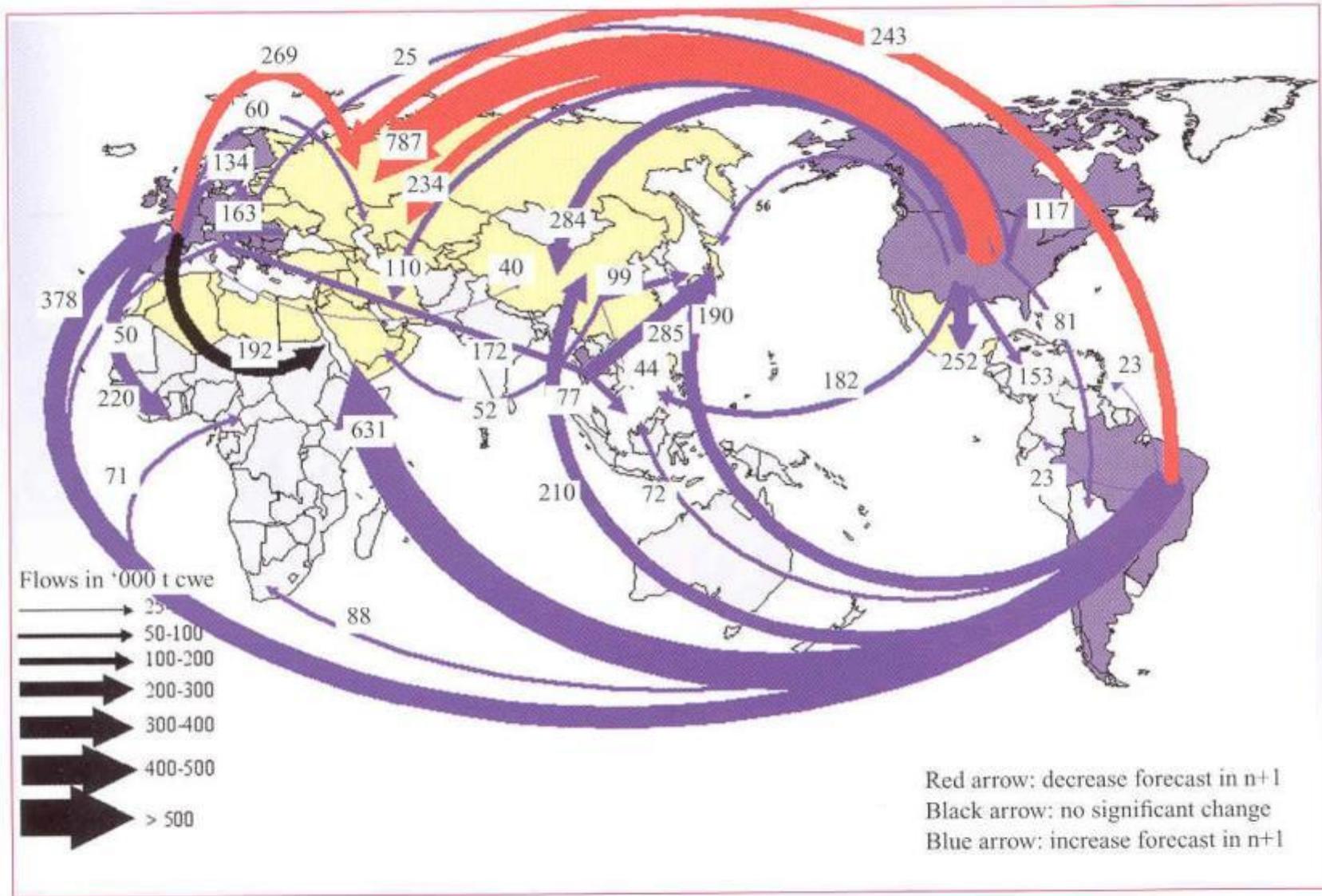


Figure 13 : Carte mondiale schématisant les flux d'échange de viande de volaille en milliers de tonnes équivalent-carcasse ('000 t cwe) en 2003. L'épaisseur des flèches est fonction de l'importance des échanges (voir chiffres en regard des flèches), leur couleur indiquant les prévisions en 2004 (n+1) : rouge, diminution; bleu, accroissement et noir, sans changement.

2003 ECHANGE DE DENRÉES D'ORIGINE ANIMALES

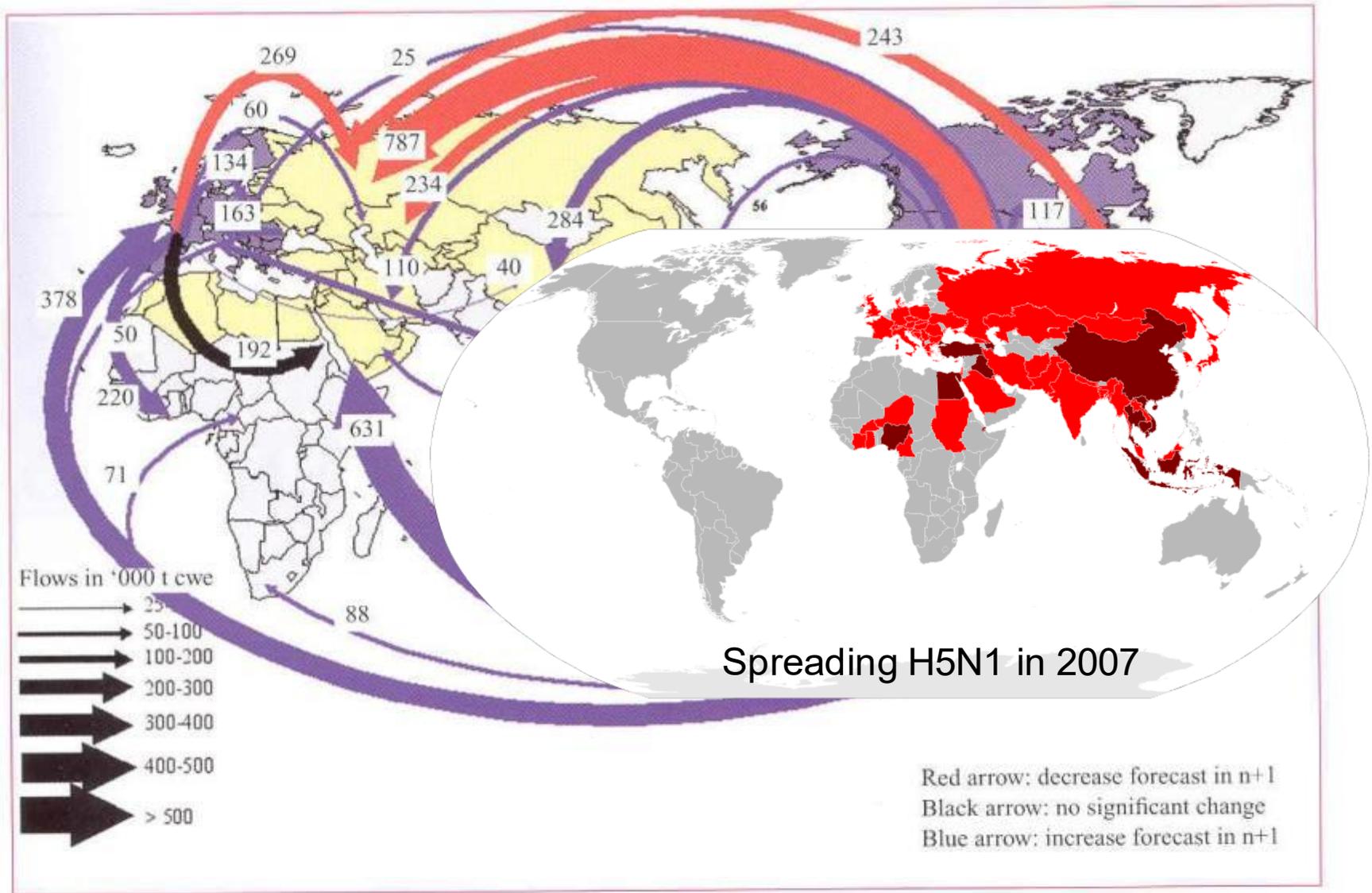


Figure 13 : Carte mondiale schématisant les flux d'échange de viande de volaille en milliers de tonnes équivalent-carcasse ('000 t cwe) en 2003. L'épaisseur des flèches est fonction de l'importance des échanges (voir chiffres en regard des flèches), leur couleur indiquant les prévisions en 2004 (n+1) : rouge, diminution; bleu, accroissement et noir, sans changement.

IAHP : saison 2022-2023

De multiples introductions dès l'été 2022

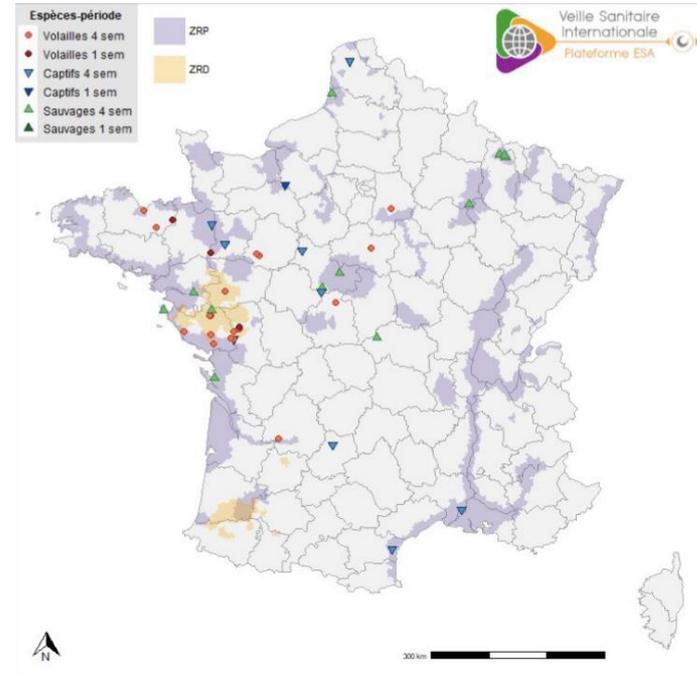
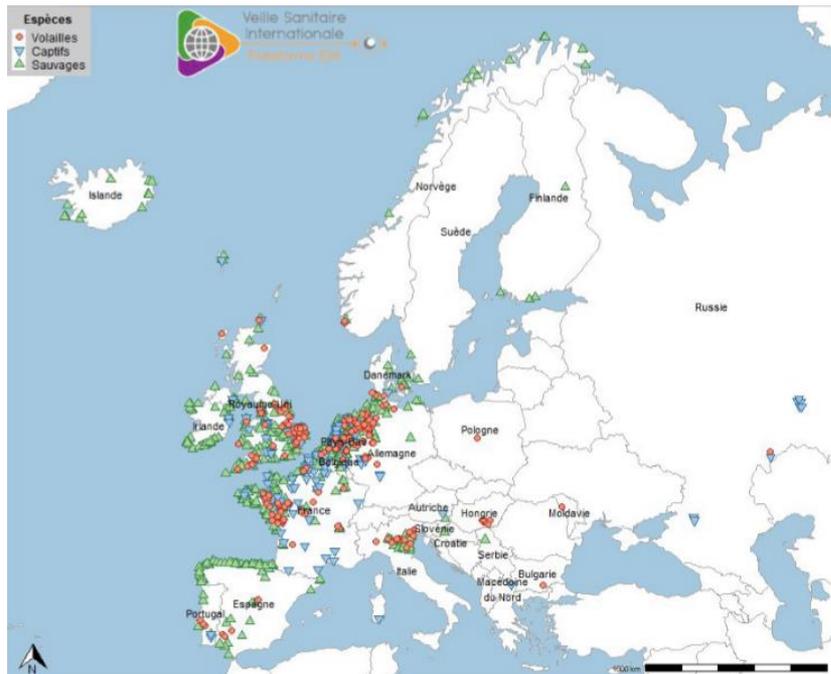
anses

Circulation +++ intense d'IAHP depuis l'été dans l'avifaune sauvage et domestique : introduction de différents génotypes.

130 cas détectés depuis le début de la saison dans l'avifaune sauvage

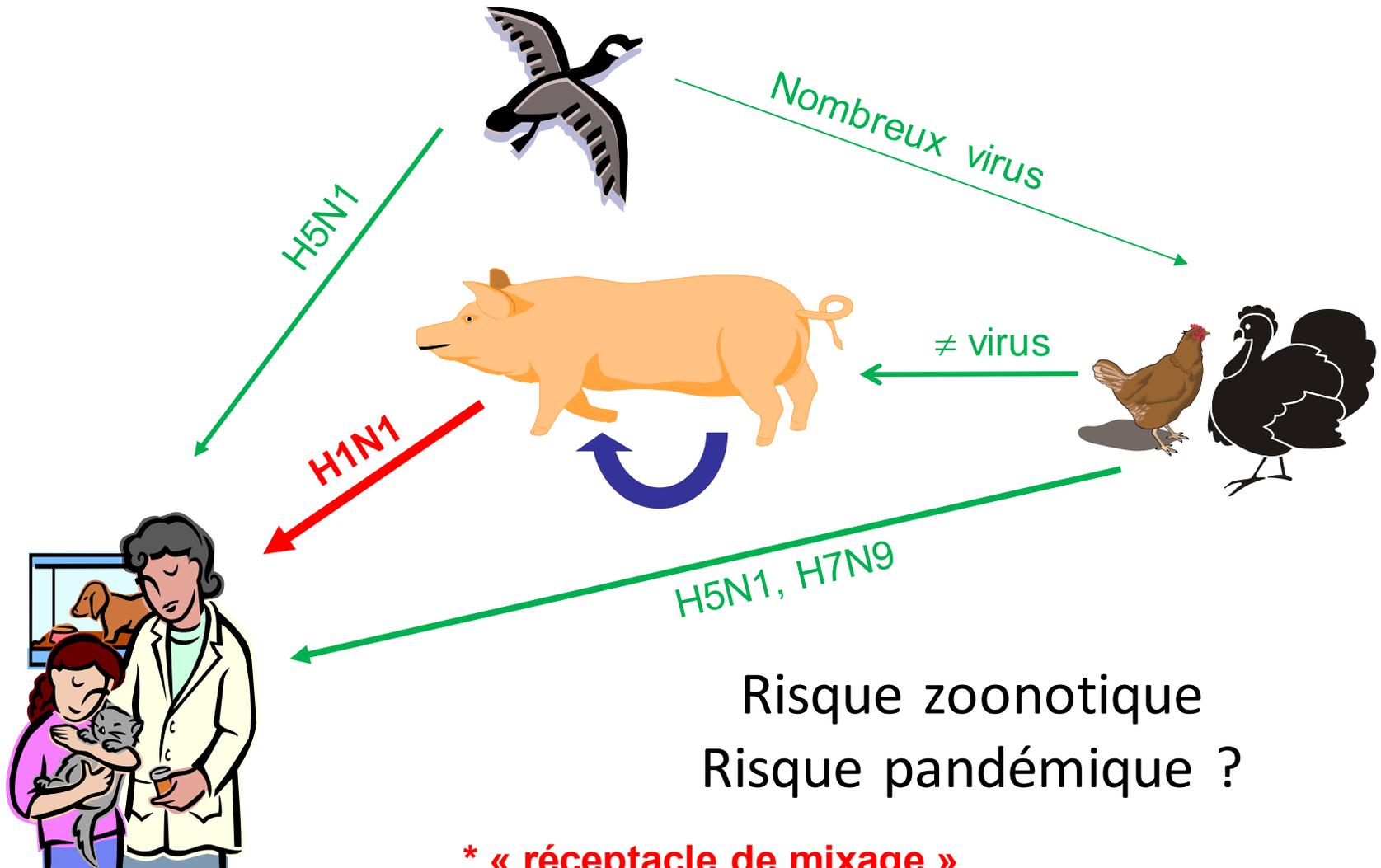
Endémisation en cours des VIA HP de différentes lignées virales en France dans l'avifaune sauvage (buses, cygnes, hérons, grèbes...) + nouvelles introductions / migrants

Situation +/- identique aux Pays-Bas, Royaume-Uni, Espagne ...



67

Animal domestique = « lieu » d'élaboration d'un agent capable d'être Z → réservoir de ce nouvel AZ pour l'Homme
Ex.: porc = « **mixing vessel*** » car récepteurs cellulaires pour virus d'oiseaux et de mammifères → virus réassortants de virus Influenza



OMS Causes de mortalité

31%

Maladies
cardiovasculaires

40

Nouvelles
molécules
depuis 1970

25%

Maladies infectieuses

45% pays a faible revenus, Afrique, Asie
63% chez le très jeune <5ans

1480

Nouvelles
molécules
depuis 1970

13% CANCERS

11% ACCIDENTS

9% RESPIRATOIRE/DIGESTIF

5% MATERNITÉ

6% AUTRE

Le plan, le mot d'ordre...

- Une épidémie: « tempête parfaite microbienne » (Smolinski MS, Hamburg MA, Lederberg J, 2003).
- Diagnostic d'une faiblesse: un plan d'actions.
- Des approches transdisciplinaires pour mieux contrôler les maladies infectieuses au niveau du/des gestionnaires de santé, mais aussi de la recherche!.

Les défis



Humilité et gérer l'activité
humaine dans un monde
contraint

