

Infections virales émergentes et zoonoses

Professeur Vincent MARECHAL

Centre de Recherche Saint-Antoine - PARIS

vincent.marechal@upmc.fr

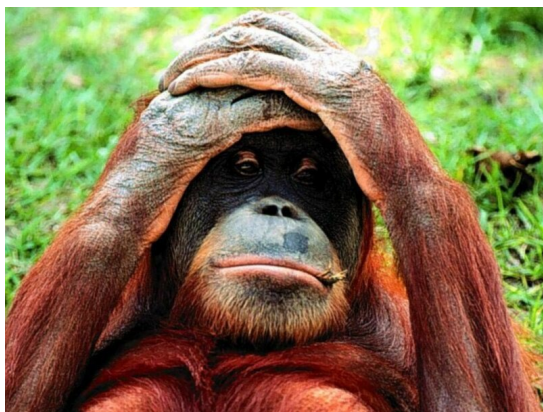
Brève histoire des épidémies

- **Premières épidémies au néolithique** (développement de l'agriculture et des populations humaines) (-10.000)
- **Adaptation de la rougeole à l'homme** (-6000, origine canine ou bovine)
- **Les premières « pestes » antiques** apparaissent avec le développement des villes et des voies de circulation
- **Des vagues épidémiques** traversent l'Europe et l'Asie
 - => sélection de populations résistantes (immunité / sélection de caractères innés)
- Peste noire – grande peste (1347)
- Découverte de l'Amérique (1492)
 - Variole exportée sur le territoire américain
 - Syphilis importée en Europe

**Comment circulent les maladies
infectieuses ?**

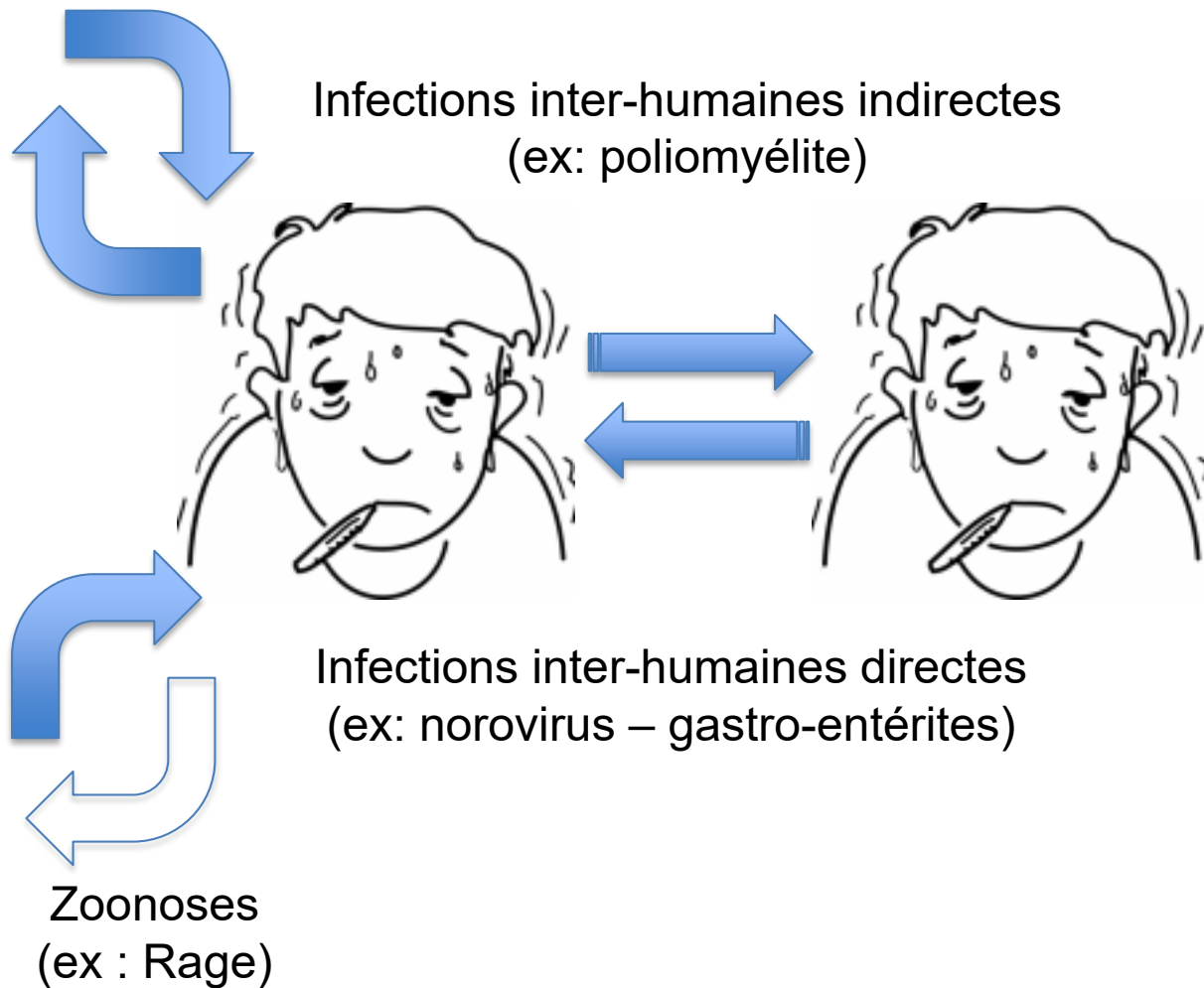


*Environnement
(Eaux usées)*



Réservoirs animaux

« One health » Une seule santé



**Le XXème siècle signe-t-il la fin des
maladies infectieuses ?**

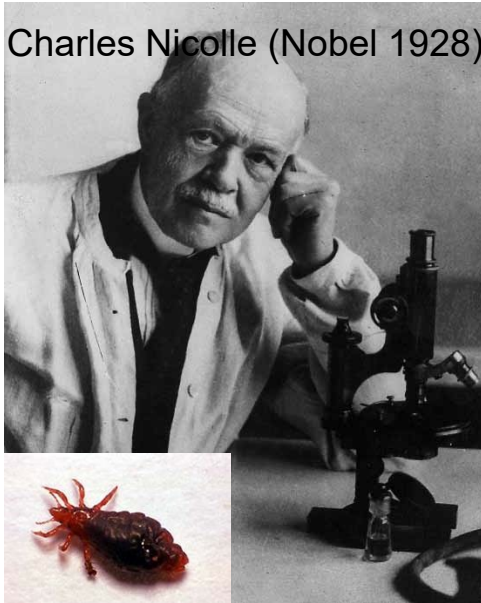
Réseaux d' assainissement



A.Yersin (Chine, 1894)



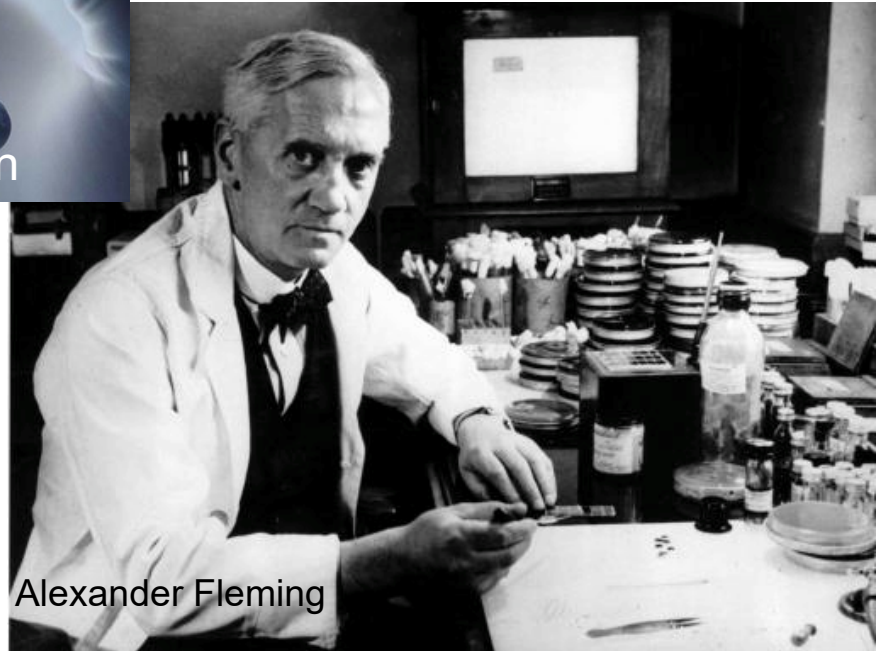
Charles Nicolle (Nobel 1928)



vaccination



Alexander Fleming



Eradication de la variole



Ramses V (3000 ans)



Parchemin signé à Genève, le 9 décembre 1979, par les membres de la Commission d'éradication de la Variole certifiant que la variole a été éradiquée dans le monde entier (source : OMS)

Infections émergentes

Qu'est-ce qu'une infection émergente ?

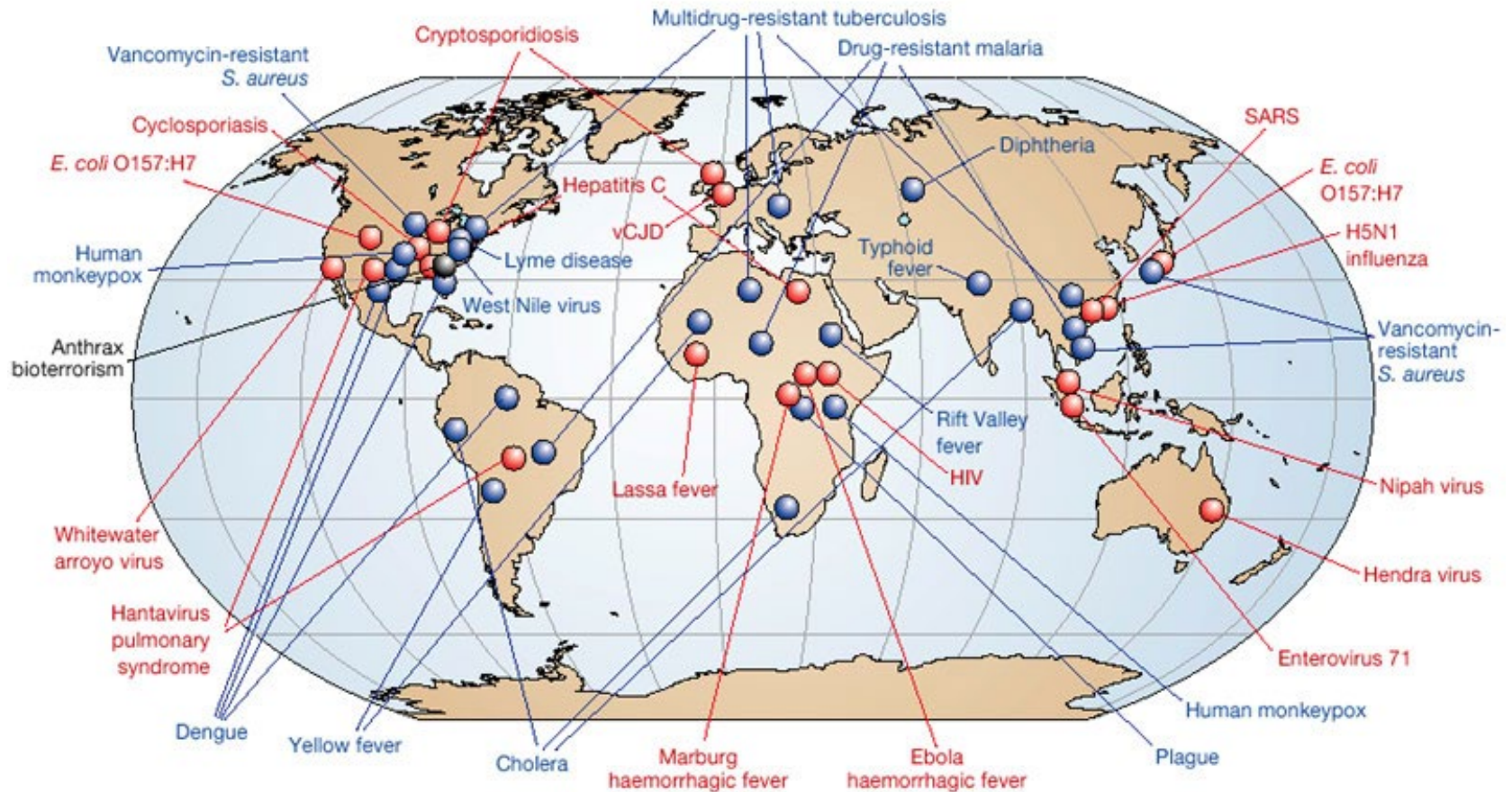
- Nouvelle maladie : SRAS, VIH, COVID-19 ...
- Maladie connue, qui change de comportement :
 - Augmentation brutale du nombre de cas
 - Virulence accrue
 - Changement de territoire
 - Passage de l'animal à l'homme

335 maladies émergentes entre 1940-2004

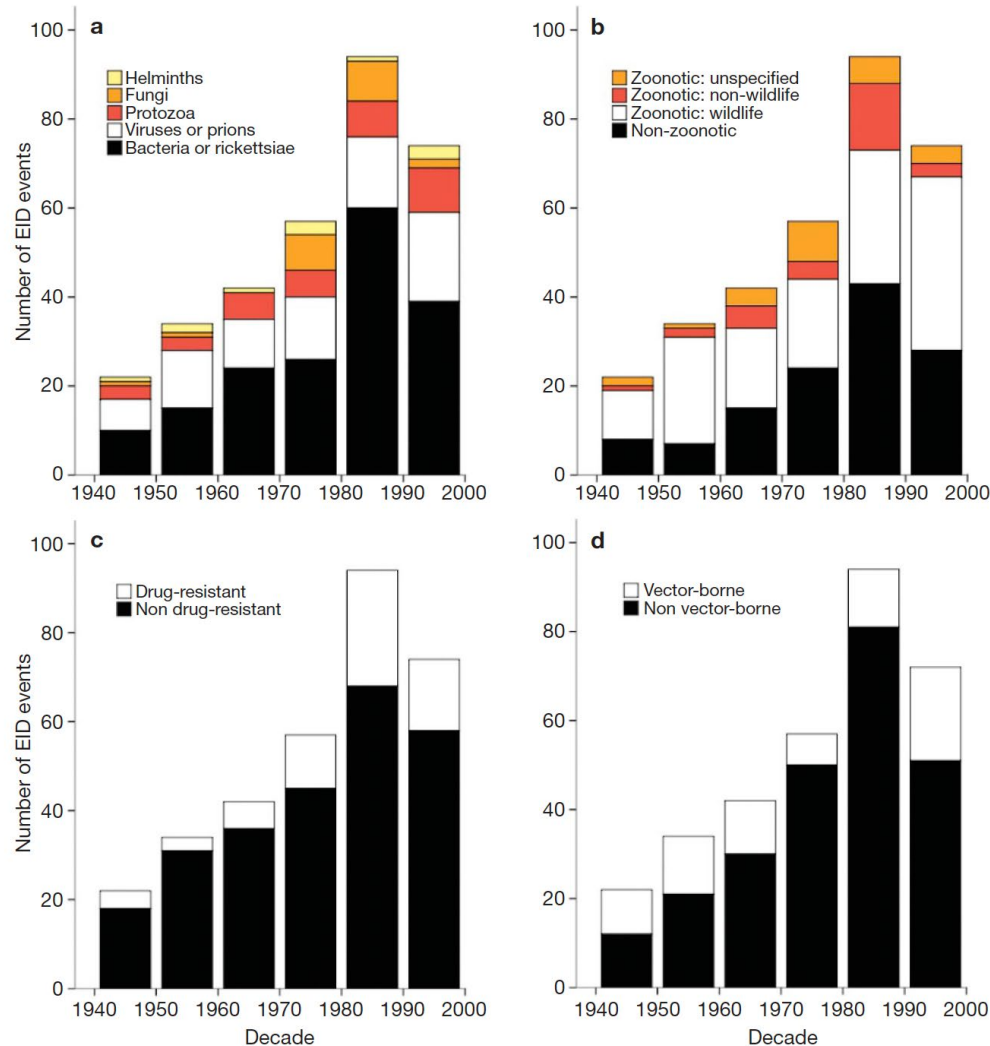
1500 agents pathogènes connus chez l'homme, dont 180 émergents ou ré-émergents

Peut-on les anticiper... et les prévenir ?

Infections émergentes (*rouge*), ré-émergentes (*bleu*) ou volontairement réintroduites (*noir*)



Incidence des MIE (1940-2000)



Une problématique qui touche tous les domaines de l'infectiologie

As the climate changes, the risk also increases for health threats such as:

- Anaplasmosis
- Anthrax
- Antibiotic-resistant infections
- Cryptosporidiosis
- Dengue
- Ehrlichiosis
- Fungal diseases like valley fever and histoplasmosis
- Giardiasis
- Hantavirus
- Harmful algal bloom-associated illness
- Lyme disease
- Plague
- Rabies
- Spotted fever rickettsiosis
- Salmonellosis
- Vibriosis
- West Nile virus disease



Priorités proposées par le *Centers for Disease Control and Prevention* (nov. 2022) - US

Quelles sont les M.I.E prioritaires en France (mars 2023) ?

VIRUS

- Arenaviridae : Genus Mammarenavirus (Lassa virus)
- Nairoviridae : Genus Orthonairovirus (Crimean Congo Hemorrhagic Fever virus)
- Phenuiviridae : Genus Phlebovirus (Rift Valley Fever virus)
- Hantaviridae : Genus Orthohantavirus (Andes & Sin Nombre viruses)
- Coronaviridae
- Filoviridae (Ebola & Marburg viruses)
- Flaviviridae : Genus Flavivirus (Zika, Dengue, Fièvre jaune & West Nile viruses)
- Orthomyxoviridae (Influenza viruses)
- Pneumoviridae (RSV)
- Paramyxoviridae (Nipah & parainfluenza viruses)
- PoXviridae (Monkeypox & Camelpox viruses)
- Togaviridae (Chikungunya virus)

BACTERIES

- *Francisella tularensis tularensis*
- *Yersinia pestis*
- *Bacillus anthracis*
- *Burkholderia mallei*

PATHOGENE X

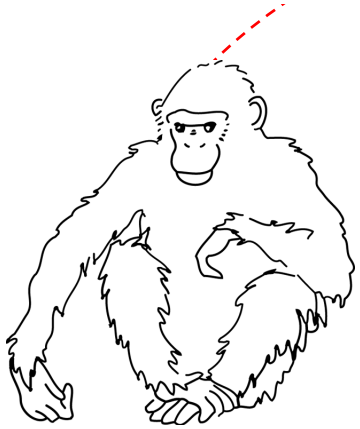
Rôle des animaux dans les infections virales émergentes

**Virus strictement humain
(réservoir humain)**



Ex : Rhinovirus, virus des
Hépatite A, B, C,
poliovirus...

zoonose



Hôte intermédiaire
et/ou vecteur

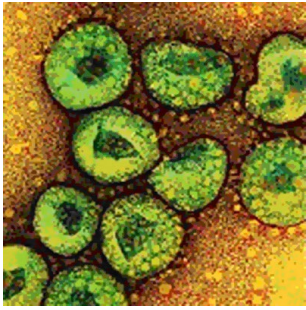


**Virus animal pouvant
être transmis à
l'homme (réservoir
animal)**

Ex : Virus Ebola, rage,
grippes, SARS-CoV...

Coronavirus émergents

SARS et MERS



Virus du SRAS



- **Maladie :**

- **Origine** : région de Guangdong en novembre 2002
- 21 février 2003 : pneumonie atypique chez un voyageur (Hôtel Métropole HK), puis cas à Singapour, Hanoi...
- ALERTE OMS dès le 12 mars 2003
- 17 mars 2003 : L'OMS mobilise 11 laboratoires pour identifier l'agent infectieux
- 16 avril : le réseau de laboratoires identifie le SRAS-cov
- **plus de 8000 cas survenus dans 27 pays, dont 774 décès.**
- **L'OMS considère que "la flambée mondiale de SRAS est endiguée" mais précise : "la menace subsiste et les recherches doivent se poursuivre ».**

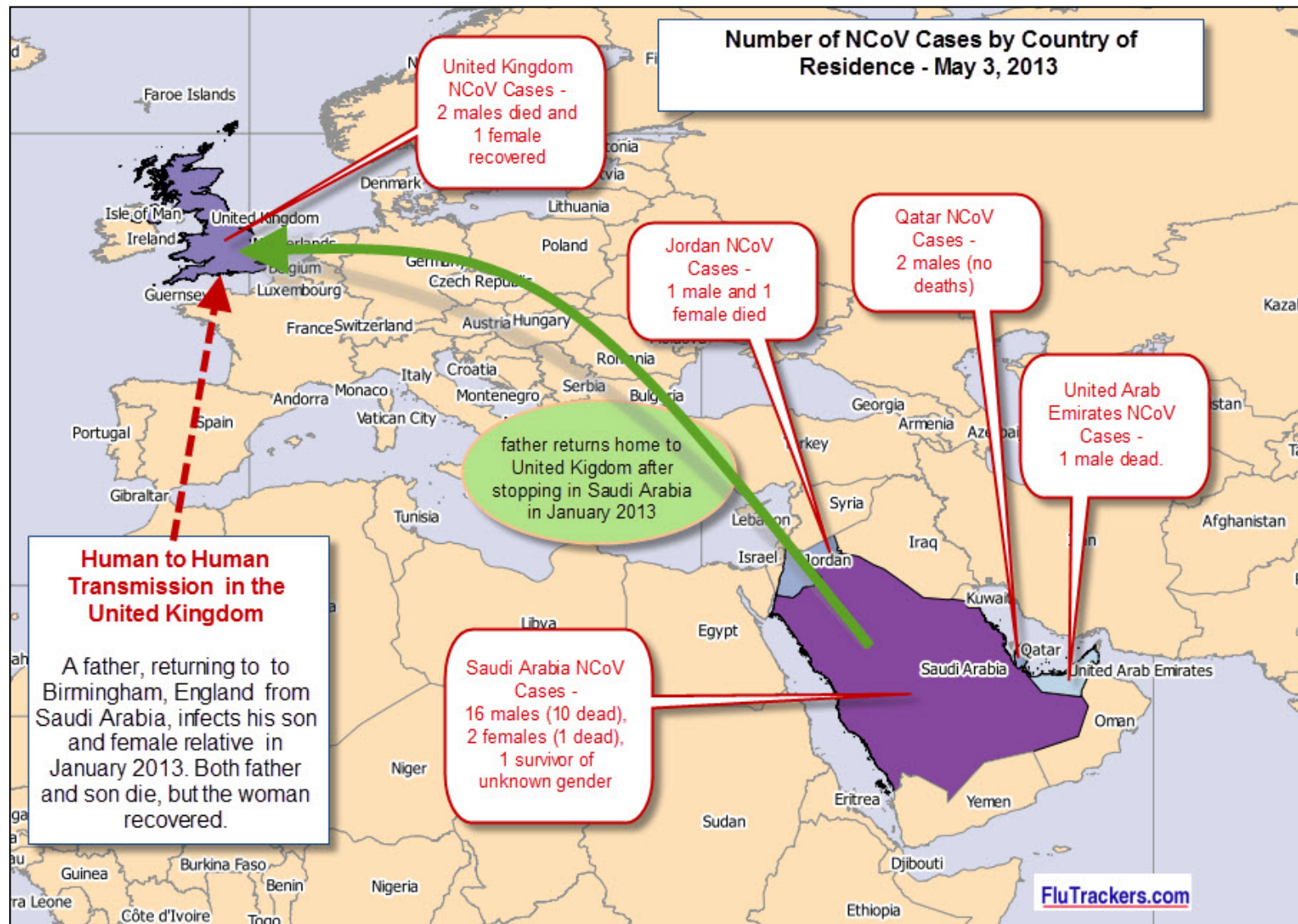
- **Epidémiologie**

- Fin 2003 : la civette est désignée comme animal réservoir
- 2005 : deux études suggèrent que le réservoir est la chauve-souris



Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV)

- 1^{er} cas : troubles respiratoires sévères (Jeddah, Arabie saoudite, juin 2012)
- De septembre 2012 au 22 octobre 2013 : 156 cas confirmés dont 66 mortels
- 9 pays concernés (données OMS)
- Introductions multiples dans les populations humaines, origine animale:
 - Hérissons et chauves-souris en Chine, en Europe, en Afrique du Sud, en Thaïlande et au Mexique
 - Dromadaires en Egypte.
- Transmission inter-humaine actuellement
- Incubation 5 jours
- Des mesures sanitaires simples semblent suffisantes pour enrayer la transmission inter-humaine



Novembre 2019

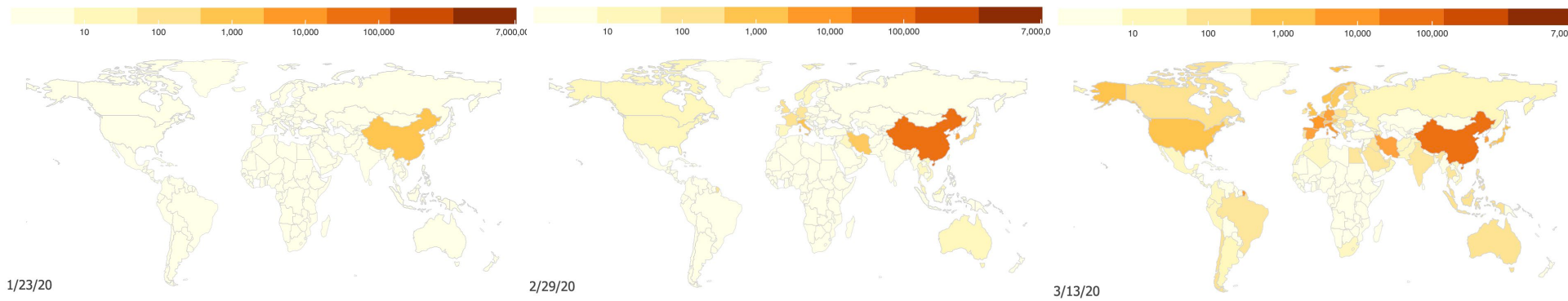
1ers cas décrits Wuhan (Province Hubei, Chine)

Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China

W. Guan, Z. Ni, Yu Hu, W. Liang, C. Ou, J. He, L. Liu, H. Shan, C. Lei, D.S.C. Hui, B. Du, L. Li, G. Zeng, K.-Y. Yuen, R. Chen, C. Tang, T. Wang, P. Chen, J. Xiang, S. Li, Jin-lin Wang, Z. Liang, Y. Peng, L. Wei, Y. Liu, Ya-hua Hu, P. Peng, Jian-ming Wang, J. Liu, Z. Chen, G. Li, Z. Zheng, S. Qiu, J. Luo, C. Ye, S. Zhu, and N. Zhong, for the China Medical Treatment Expert Group for Covid-19*

Guan et al. NEJM 2020





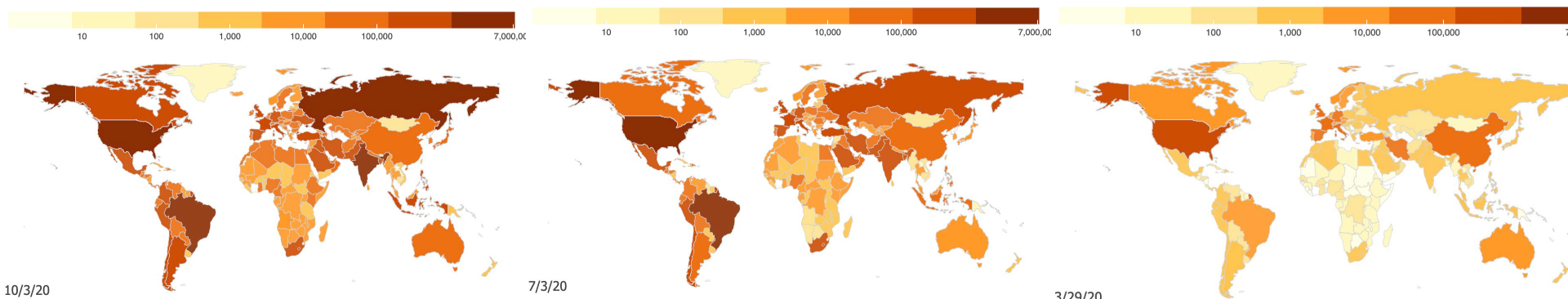
23 janvier



29 février



13 mars



3 octobre



3 juillet



29 mars

HCoV-229E

Possible origin: bats
Intermediate host: camelids?
Clinical features: Usually self-limiting respiratory infection. Pneumonia has been reported in immunocompromised patients

HCoV-NL63

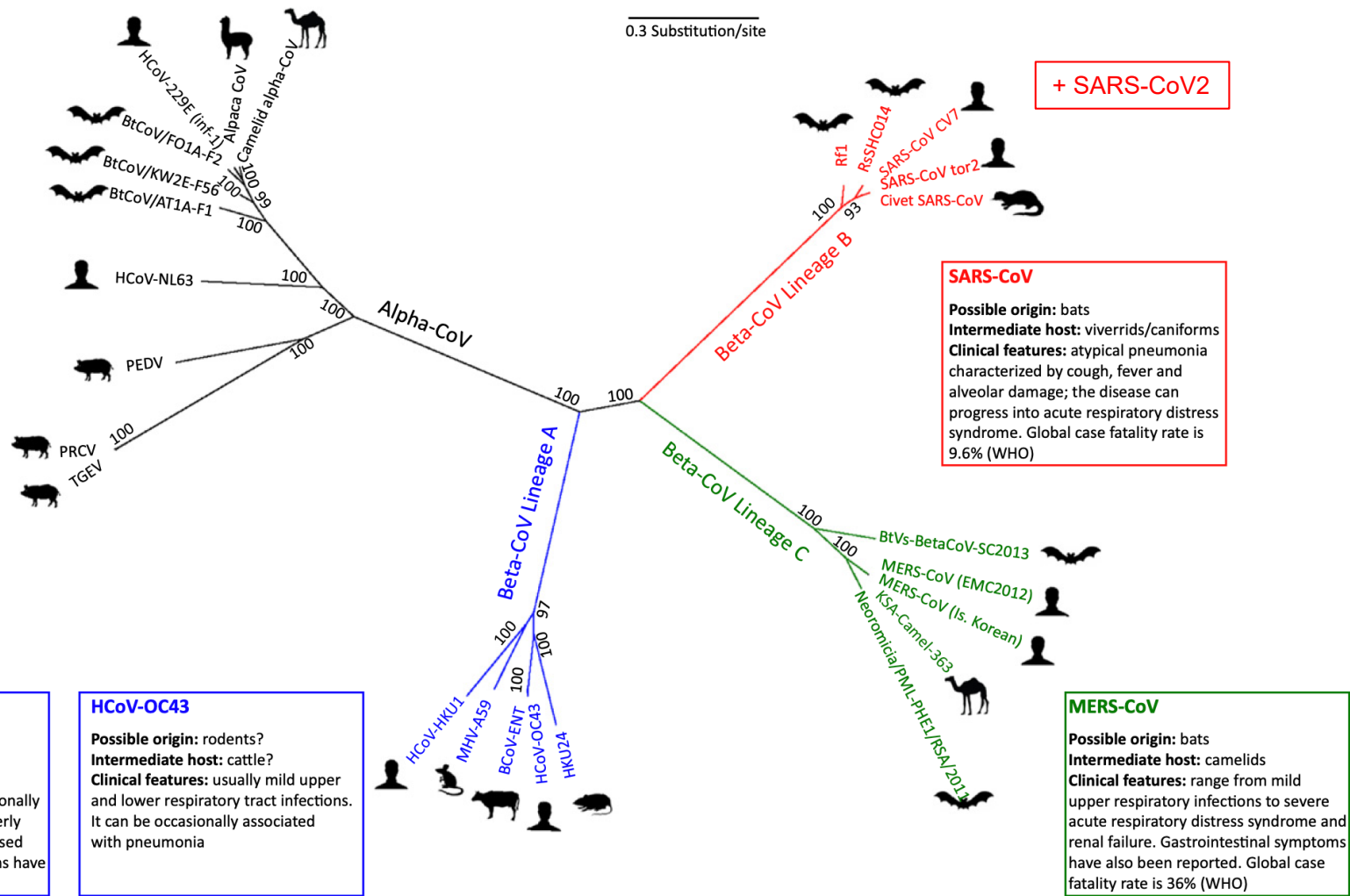
Possible origin: bats?
Intermediate host: unknown
Clinical features: usually self-limiting respiratory disease with rhinorrhea, cough, and fever. It can be associated with obstructive laryngitis in children

HCoV-HKU1

Possible origin: rodents?
Intermediate host: rodents?
Clinical features: usually mild respiratory disease; it can occasionally cause pneumonia in infants, elderly subjects, and immunocompromised patients. Gastroenteric symptoms have also been reported.

HCoV-OC43

Possible origin: rodents?
Intermediate host: cattle?
Clinical features: usually mild upper and lower respiratory tract infections. It can be occasionally associated with pneumonia



Ceux avec lesquels nous vivons depuis longtemps

- **HCoV**s 229E et OC43, connus depuis les années 1960.
- **HCoV**s NL63 et HKU1, identifiés en 2004 et 2005 respectivement.
- Distribution mondiale, épidémies hivernales.
- **Infections respiratoires hautes** (rhinite, laryngite, otite) ou **basses** (bronchite, bronchiolite ou pneumopathies) sans gravité le plus souvent.
- Origine zoonotique; adaptation ancienne chez l'homme ?

Ceux qui ont émergés récemment

- **SARS-CoV (2002 - Chine) :**
 - **Syndrome Respiratoire Aigu Sévère**
 - Réservoir : **chauve souris** / hôte intermédiaire : **civette**
 - 8.096 cas, 774 décès (10% létalité)
- **MERS-CoV (2012 – Arabie saoudite) :**
 - **Syndrome Respiratoire du Moyen-Orient**
 - Réservoir possible : **dromadaire**
 - 1.219 cas, 449 morts (37% létalité)
- **SARS-COV2 (2019 - Chine) :**
 - **COVID-19**
 - Réservoir : **chauve-souris** (?)
 - Hôte intermédiaire : **pangolin** (?) => **plutôt non**
 - 7.553.182 cas, 423.349 décès (5,6% létalité)
 - Pandémique depuis mars 2020

Franchissement récent
de la barrière d'espèce



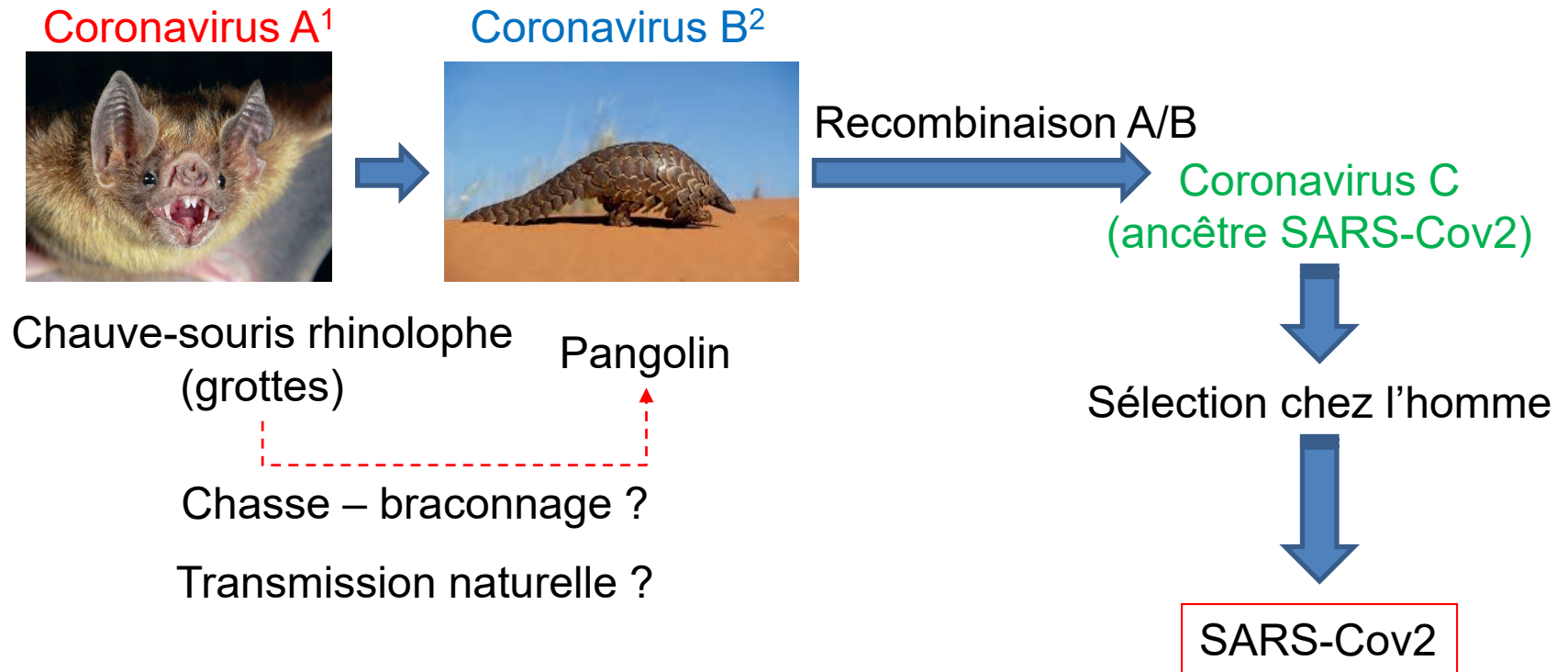
Le SARS-CoV2 admet un large spectre d'hôtes potentiels

- En laboratoire : chien, **chat**, **furet**, **hamster**, plusieurs singes (macaque rhesus, cynomolgus, grivet, marmoset), lapin, **musaraigne arboricole**, chauves-souris...
- Détection in natura : chien, chats, tigres et lions (zoo Bronx), **visons**

En rouge : peuvent transmettre le virus en laboratoire

En bleu : les animaux infectés peuvent retransmettre le virus à l'homme

Scénario initial



¹ : la souche de chauve-souris la plus proche (RatG13) présente plus de 95% d'homologie avec le SARS-CoV-2, mais de nombreuses différences dans la région RBD de la protéine Spike

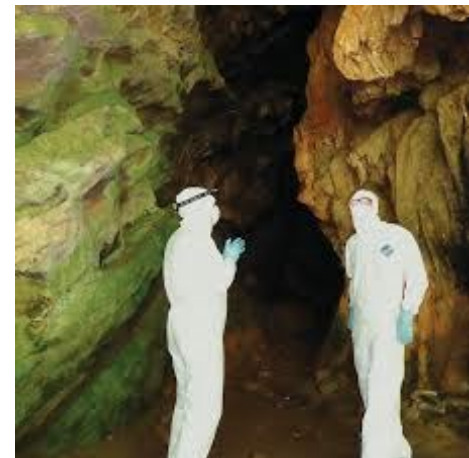
² : des souches isolées chez les pangolins présentent une grande proximité avec le RBD

Scenario alternatif (I)

Contamination accidentelle d'un
préleveur de l'équipe du Dr. Shi
Zhengli ?



Depuis le SRAS (2003) la Chine est experte sur la
recherche des réservoirs des coronavirus
Le P4 de Wuhan héberge une grosse collection de
virus



Scenarios alternatifs (II)... peu étayés



Depuis le SRAS (2003) la Chine est experte sur la recherche des réservoirs des coronavirus
Le P4 de Wuhan héberge une grosse collection de virus



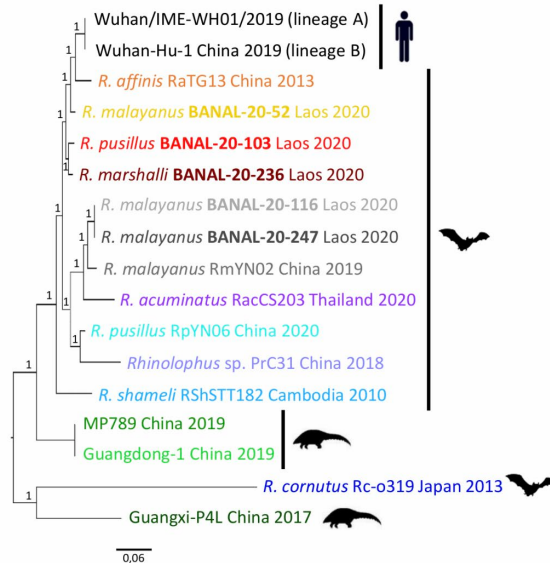
- Libération accidentelle d'un virus ?
- Construction du SARS-Cov2 à partir d'un virus de chauve-souris (expériences gain de fonction) ?

Scénario alternatif (III)

A.

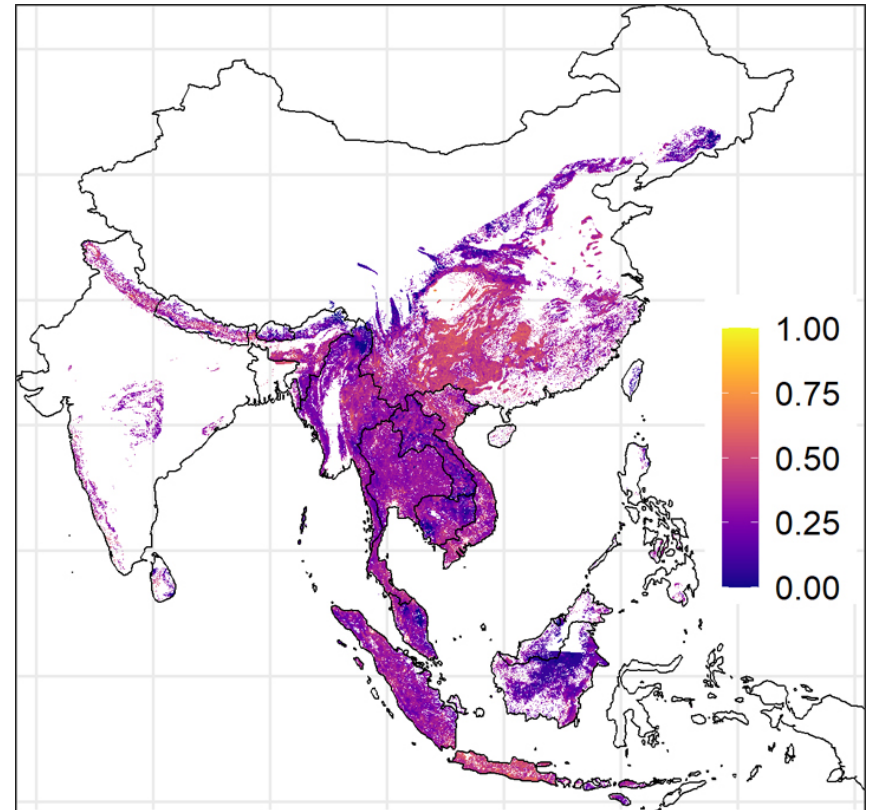


B.



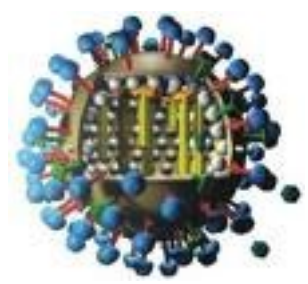
Les ancêtres les plus proches du SARS-CoV-2 ont été identifiés chez des chauve-souris, au Laos
La souche actuelle pourrait provenir de recombinaisons multiples entre souches de chauve-souris
L'homme aurait pu se contaminer directement dans les grottes (exploitation du guano, tourisme, chasse...)

- Le SARS-CoV-2 aurait donné lieu à **deux introductions distinctes au moins** (souches A et B), qui seraient survenues sur des marchés aux animaux différents [Xiao, X. *et al. Sci. Rep.* **11**, 11898 (2021)].
- Une étude récente suggère que près de **400.000 infections humaines par des coronavirus proches du SARS-CoV-2 surviendraient chaque année**, notamment en Chine du Sud, au Vietnam, au Cambodge, à Java et sur d'autres îles d'Indonésie (Sanchez et al. MEDRXIV (2021) 10.1101/2021.09.09.21263359)



Risque relatif de passage à l'Homme
(Sanchez et al.)

Les grippes



Virus de la grippe

- **Maladie** connue depuis l'antiquité
- Pandémie de 1918 : 40 millions de morts
- Dujarric de la Rivière (I.P.) montre que l'agent grippal est un « **virus filtrant** » (1918)
- Goodpasture **cultive le virus** sur œuf embryonné (1931)
- Jonas Salk produit le **premier vaccin**, administré au corps expéditionnaire américain (1944-45)

Hopital de campagne
1918-Kensas



Grippe espagnole (1918-19)

- 20-40 millions de morts
- Taux mortalité 2,5% (0,1% grippe « normale »)
- Virus analysé après « archéo-virologie » (2005)
- Virus aviaire adapté à l'homme...

3 pandémies au XXe siècle :

- 1918 (G.espagnole)-H1N1
- 1957 (G.asiatique)-H2N2 (Ab !)
- 1968 (Hong-Kong)-H3N2 (Ab !)

Grippe aviaire (H5N1) :

- Influenza type A
- 90-100% mortalité (oiseaux)
- 273 cas humains- 167 morts
- Transmission interhumaine difficile

Grippe mexicaine (H1N1) :

- Influenza type A
- Risque de pandémie (2009)



① Chronologie d'apparition du virus

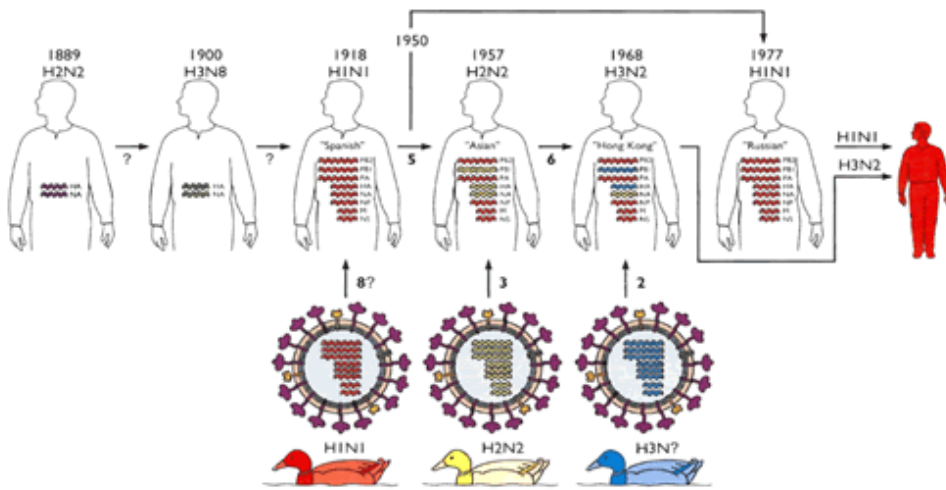
○ Continent atteint par la pandémie

① Origine hypothétique



Apparition de la souche mortelle

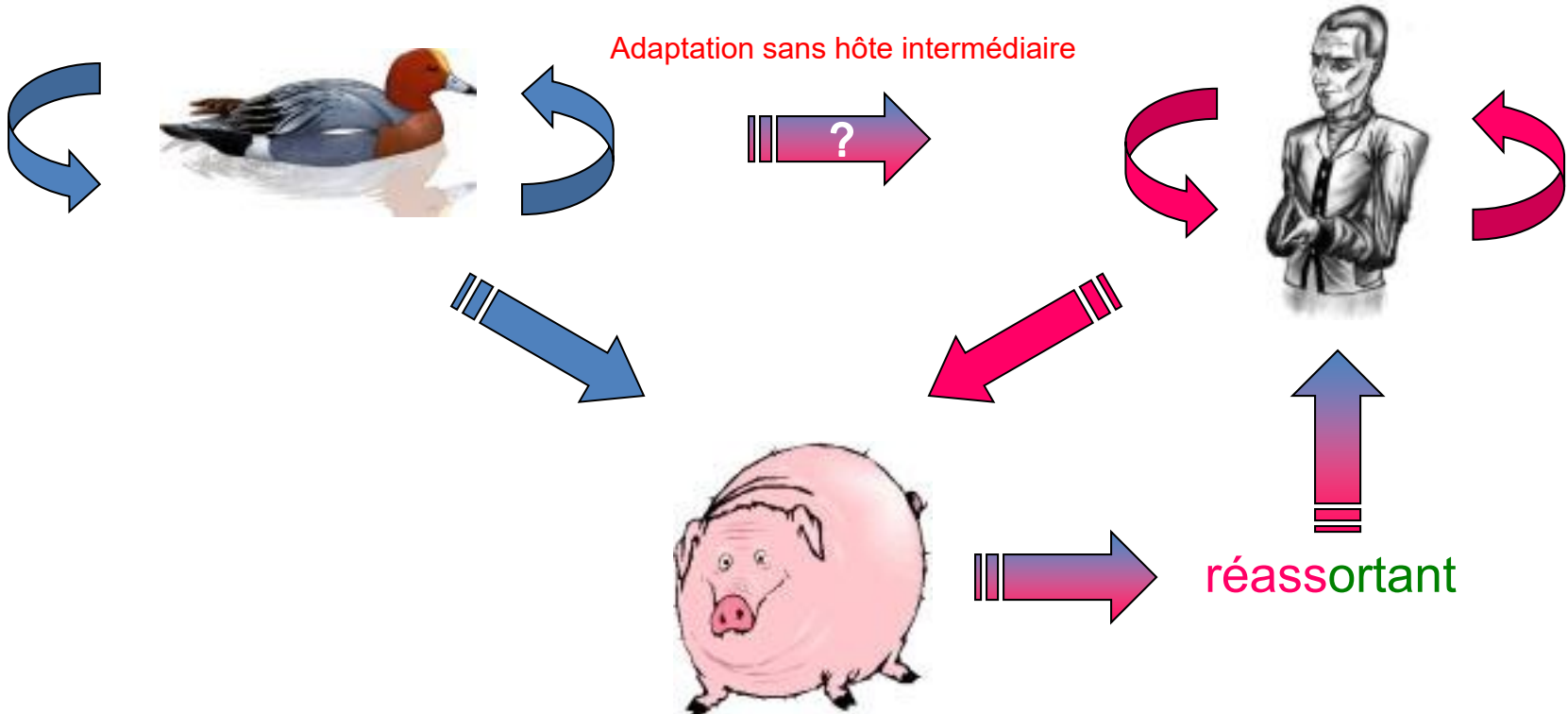
→ Propagation du virus



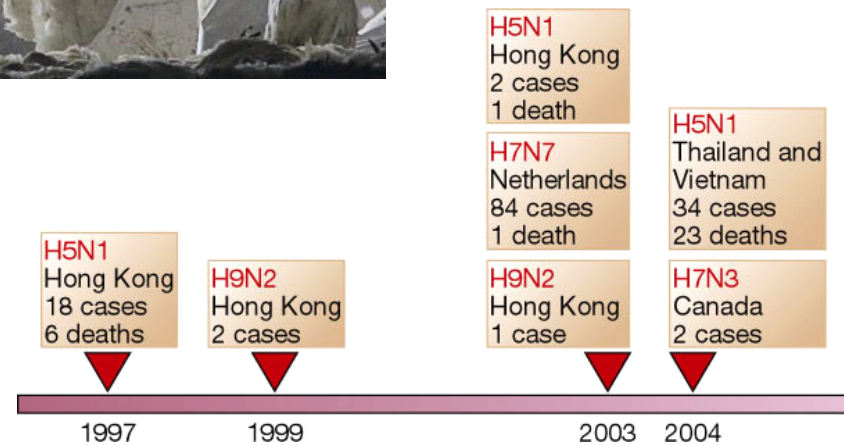
Les pandémies grippales sont souvent associées à des infections dues à des virus ré-assortants
(Virus chimère : oiseaux-hommes)
Influenza de type A : 16 HA - 9 NA différents

Virus aviaire

Virus humain



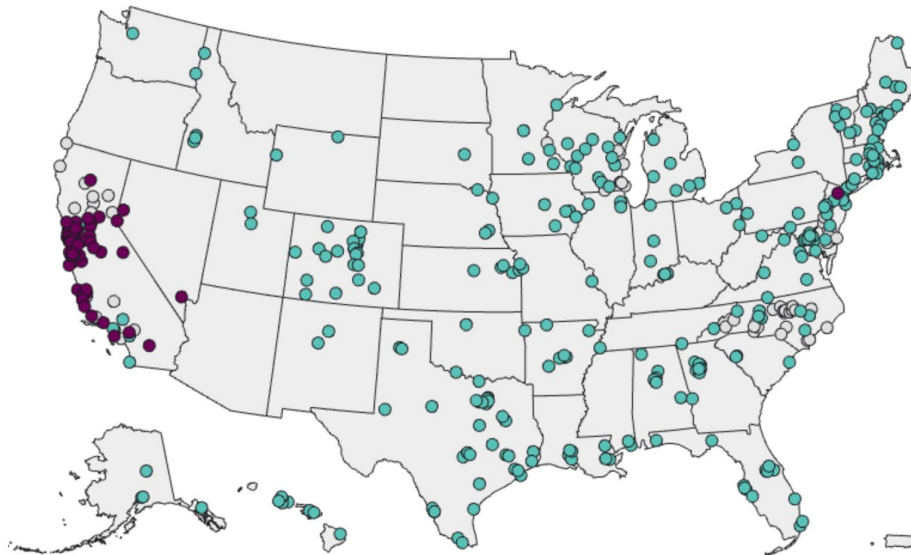
Aviculture et grippe aviaire



Cas humains de grippe aviaire (1997-2004)

Une circulation active de virus H5N1 en 2024

- 74 cas humains d'IAHP A(H5N1) en 2024
- Etats-Unis (60 cas) : contacts vaches laitières, volailles
- 10 cas au Cambodge liés à un nouveau réassortant dont 9 cas sévères
- Circulation active dans les cheptel Bovin (US) (adaptation inhabituelle aux mammifères) et dans l'avi-faune sauvage
- Des mutations d'adaptation dès le premier passage à l'Homme
- Pas de transmission inter-humaine avérée, mais risque ++
- **Suivi chez l'Homme, les animaux et dans les eaux usées**



Source : CDC

Fièvres hémorragiques et rongeurs

Impact de l'agriculture : virus Hantaan

- 1951: les troupes de l' ONU contractent une maladie inconnue, mortelle dans 5 à 10% des cas (fièvre hémorragique de Corée)
- Signes : fièvre hémorragique + syndrome rénal
- 1950-53 : 3000 soldats sont touchés
- Maladie à Hantavirus
- Virus hébergés par la souris des champs *Apodemus agrarius*
 - Développement des rizières => pullulation d' *Apodemus*
 - Déjections riches en virus -> aérosol -> infection par voie respiratoire

Nouveaux animaux de compagnie

—

Nouveaux risques sanitaires

Epidémie de Monkeypox aux Etats-Unis

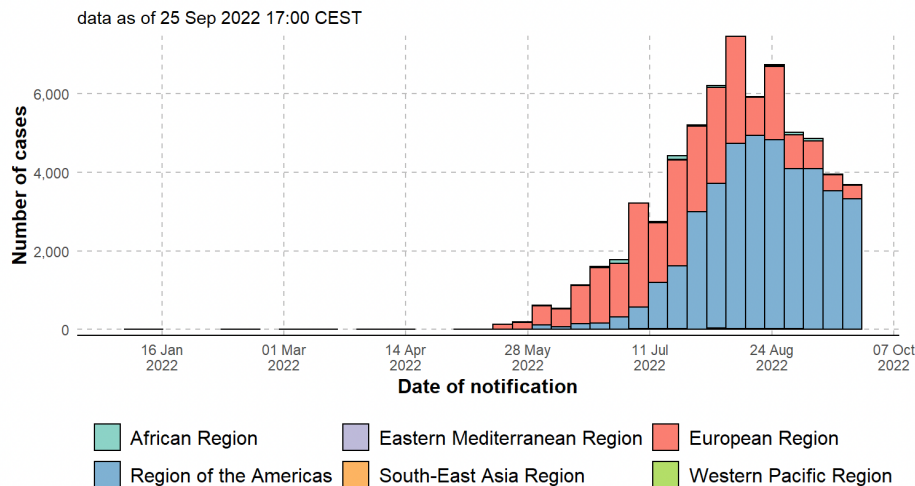
- 2003 : 37 cas humains d'une infection qui évoque la variole. Aucun décès.
- Contexte politique tendu (bio-terrorisme ?)
 - Importation de rongeurs sauvages du Ghana (*rat de Gambie*, le mâle pèse 2 kg)
 - Contamination de chiens de prairie chez les commerçants (USA)
 - Contaminations des propriétaires des chiens de prairie



Epidémie de Monkeypox en Europe

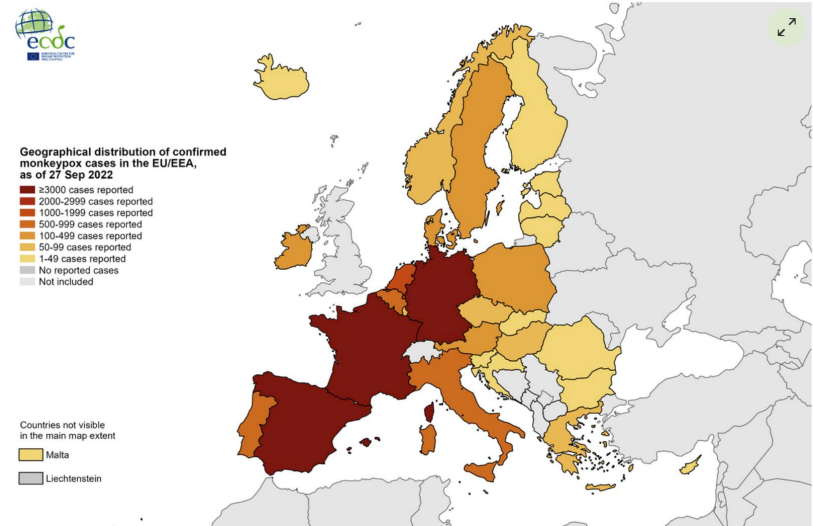
- OMS signale 1 cas de variole du singe chez un britannique de retour du Nigeria
- Le nombre de cas augmente : 3999 cas au 27 sept.2022 en France
- Plus de 66.000 cas dans 106 pays au 27 sept. 2022
- Vaccination des cas à risque
- Les cas sont principalement des HSH

Epidemic curve shown for cases reported up to 25 Sep 2022 to avoid showing incomplete weeks of data.



Source: WHO

Geographical distribution of confirmed monkeypox cases in the EU/EEA since the start of the outbreak, and as of 27 September 2022



Fièvres hémorragiques Ebola



**MARION
COTILLARD** **MATT
DAMON** **LAURENCE
FISHBURNE** **JUDE
LAW** **GWYNETH
PALTROW** **KATE
WINSLET**

NOTHING SPREADS LIKE FEAR
CONTAGION



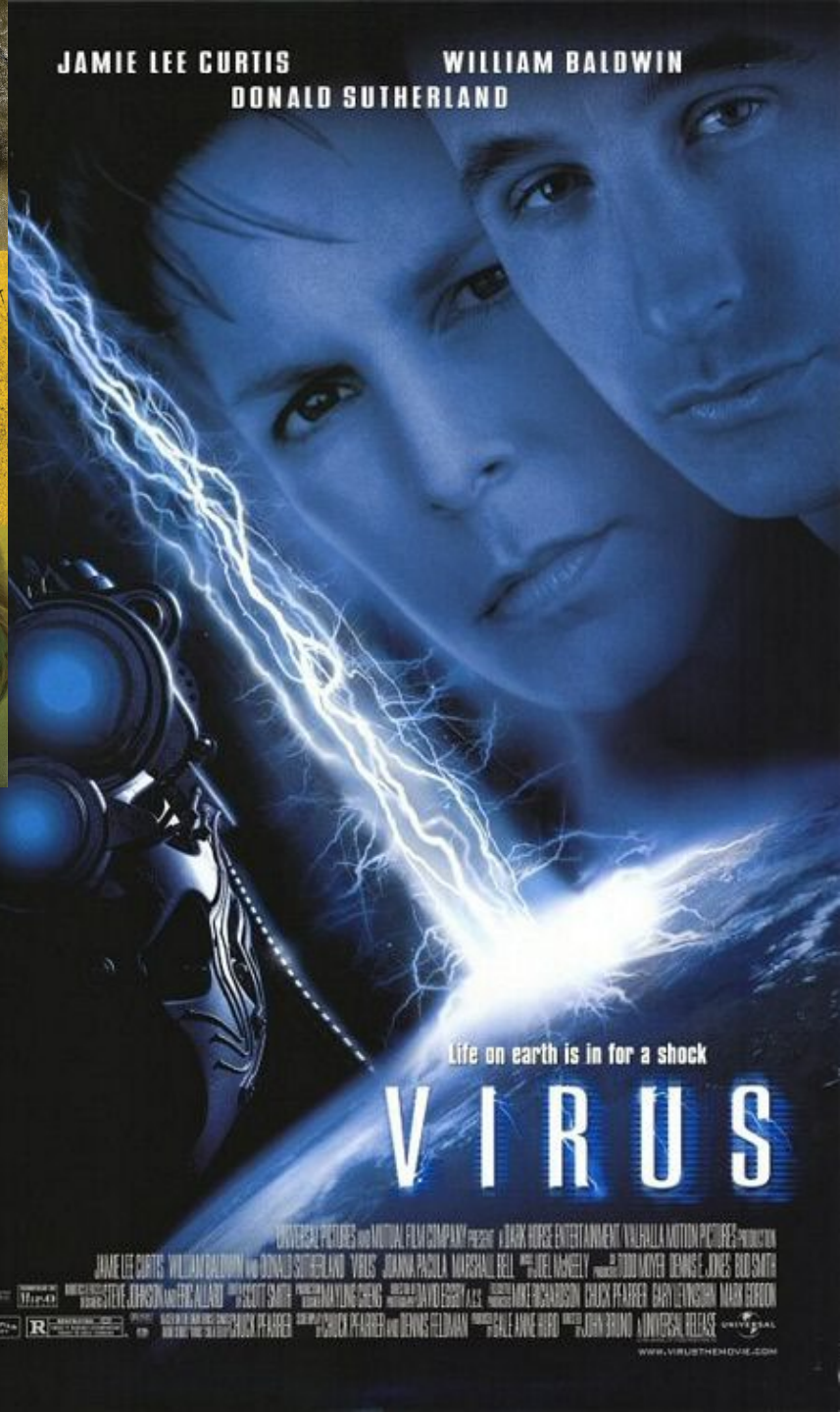
Cet animal est porteur
d'un virus mortel...
le plus grand fléau
de l'histoire s'annonce.



UN FILM DE WOLFGANG PETERSEN

ALERTE!

Restez calme.

[illegible]

JAMIE LEE CURTIS

URTIS
DONALD SUTHERLAND

Life on earth is in for a shock

VIRUS

[illegible]

WWW.VIRILITHEDROME.COM



1967 : 31 chercheurs d'un laboratoire produisant des vaccins (Marburg) se contaminent au contact de singes venant d'Ouganda.
7 en meurent...



Des épidémies sporadiques à virus de Marburg sont détectées en Afrique :
20 à 80% de décès

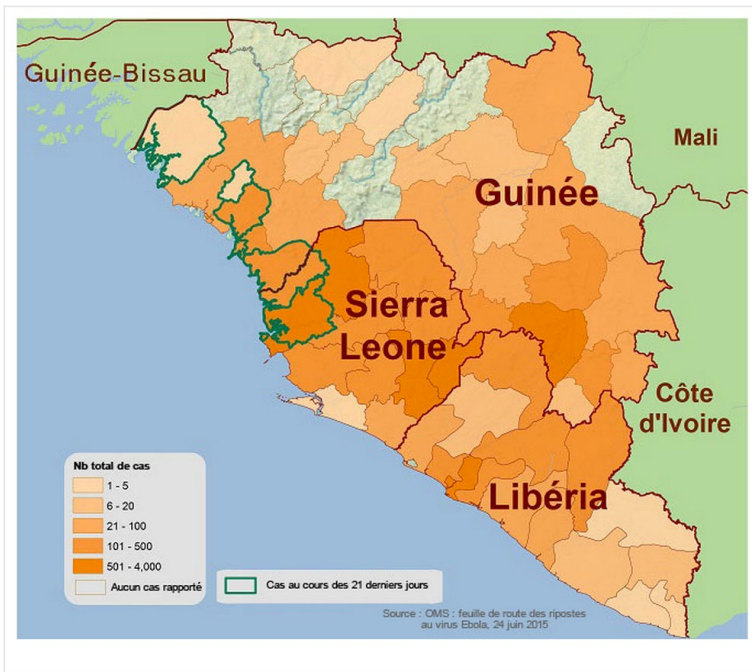
Ebola : histoire des émergences

- 1976 : Identification de la première épidémie en RdC , rivière Ebola : 150 morts pour 284 cas
- Les virus sont réintroduits régulièrement dans les populations humaines
 - Filoviridae (mononegavirales) ; 5 souches connues
 - Transmis par les liquides biologiques
 - Infection au contact des singes, puis entre humains (infections nosocomiales)
 - 2 à 21 jours d' incubation
 - Contagiosité liée à l'apparition des signes cliniques
 - 50 à 90% de mortalité
- 10eme vague épidémique a été neutralisée en RDC (été 2020) notamment grâce à un vaccin.

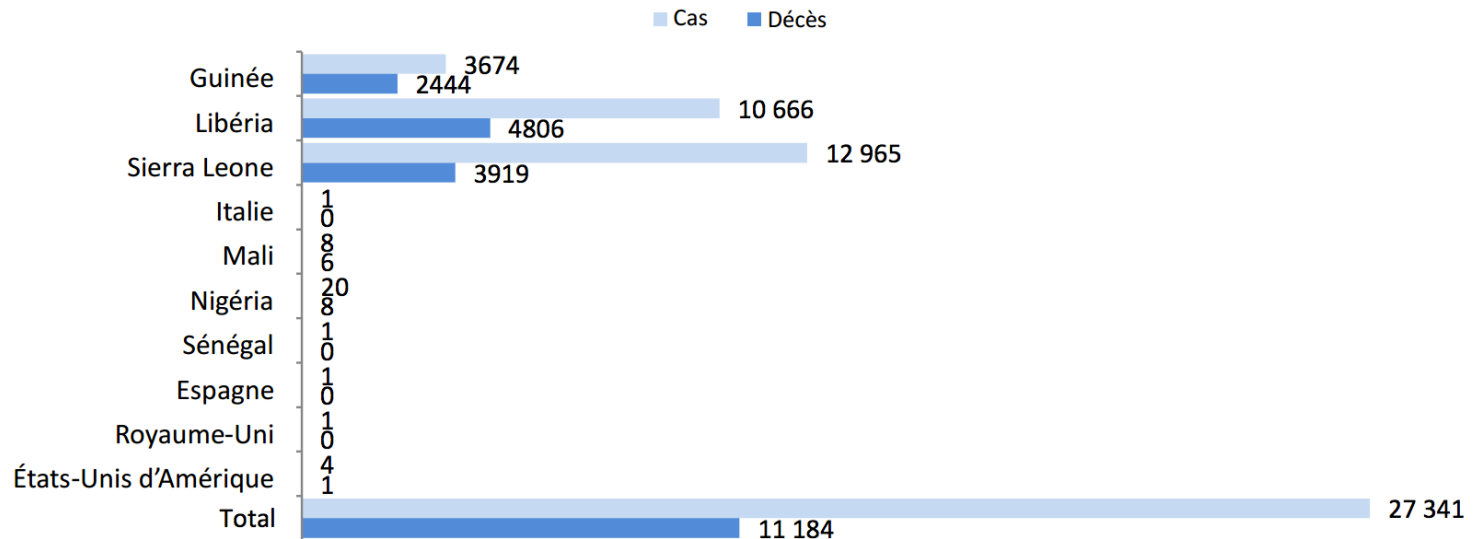


2014 : première épidémie de grande ampleur

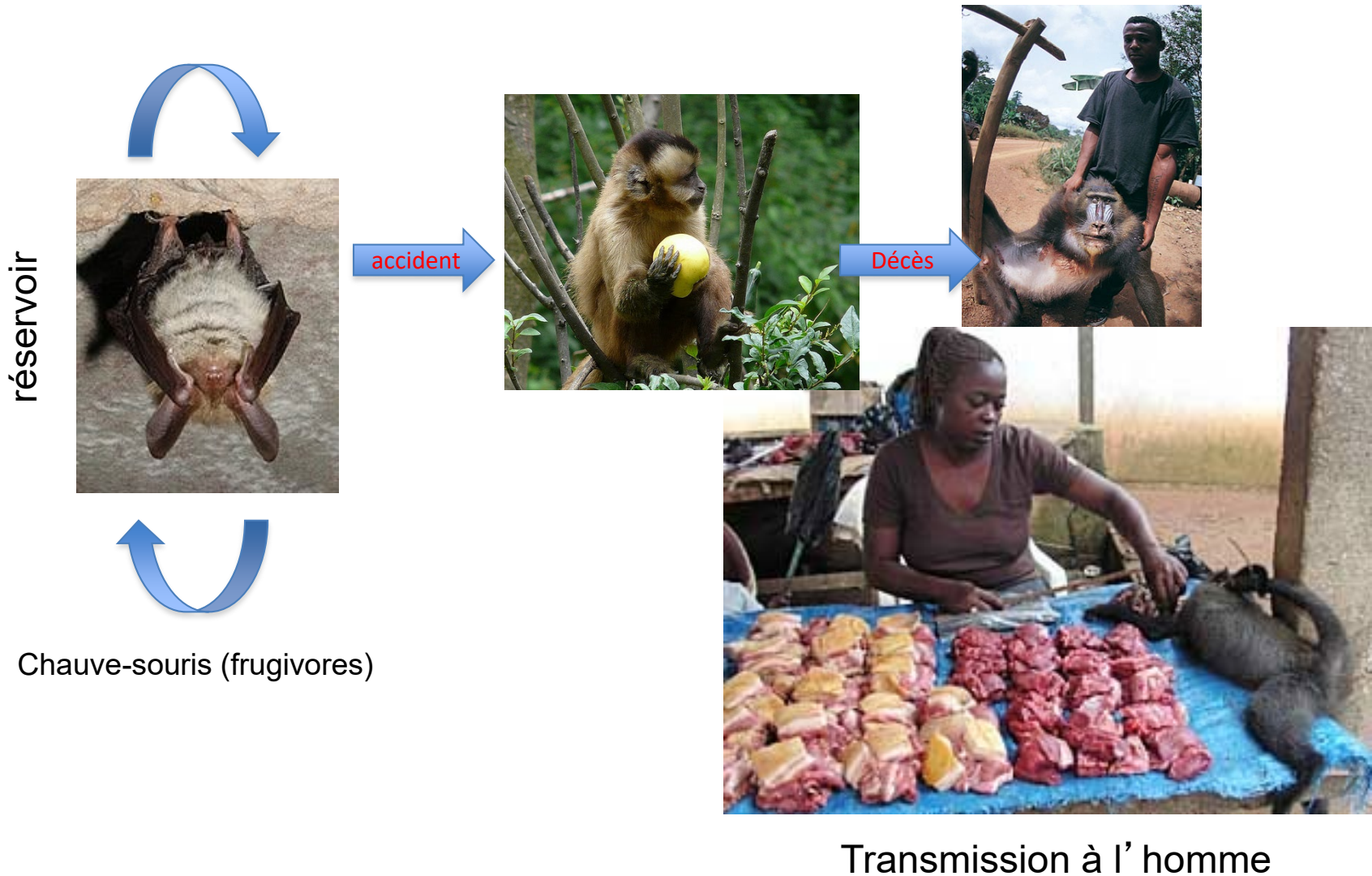
- 1ers cas signalés en Afrique de l'Ouest en mars 2014
- Initiée en Guinée, touche la Sierra Leone et le Libéria (en traversant les frontières terrestres - par le cas d'un voyageur), le Nigéria et les USA (par l'intermédiaire d'un voyageur), le Sénégal et le Mali (par l'intermédiaire de deux voyageurs). (OMS)
- 3 pays très touchés : la Guinée, la Sierra Leone et le Libéria



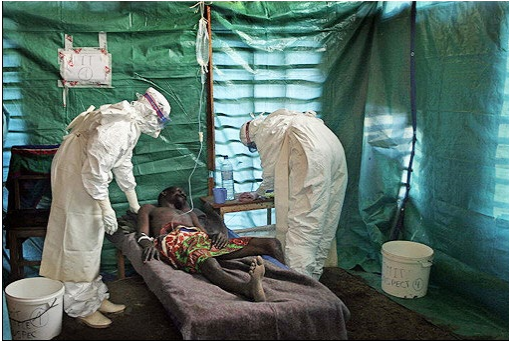
Cas confirmés, probables et suspects de maladie à virus Ebola dans le monde (données au 14 juin 2015)



Ebola : histoire des émergences



Ebola : contrôles sanitaires



Contamination du personnel médical possible



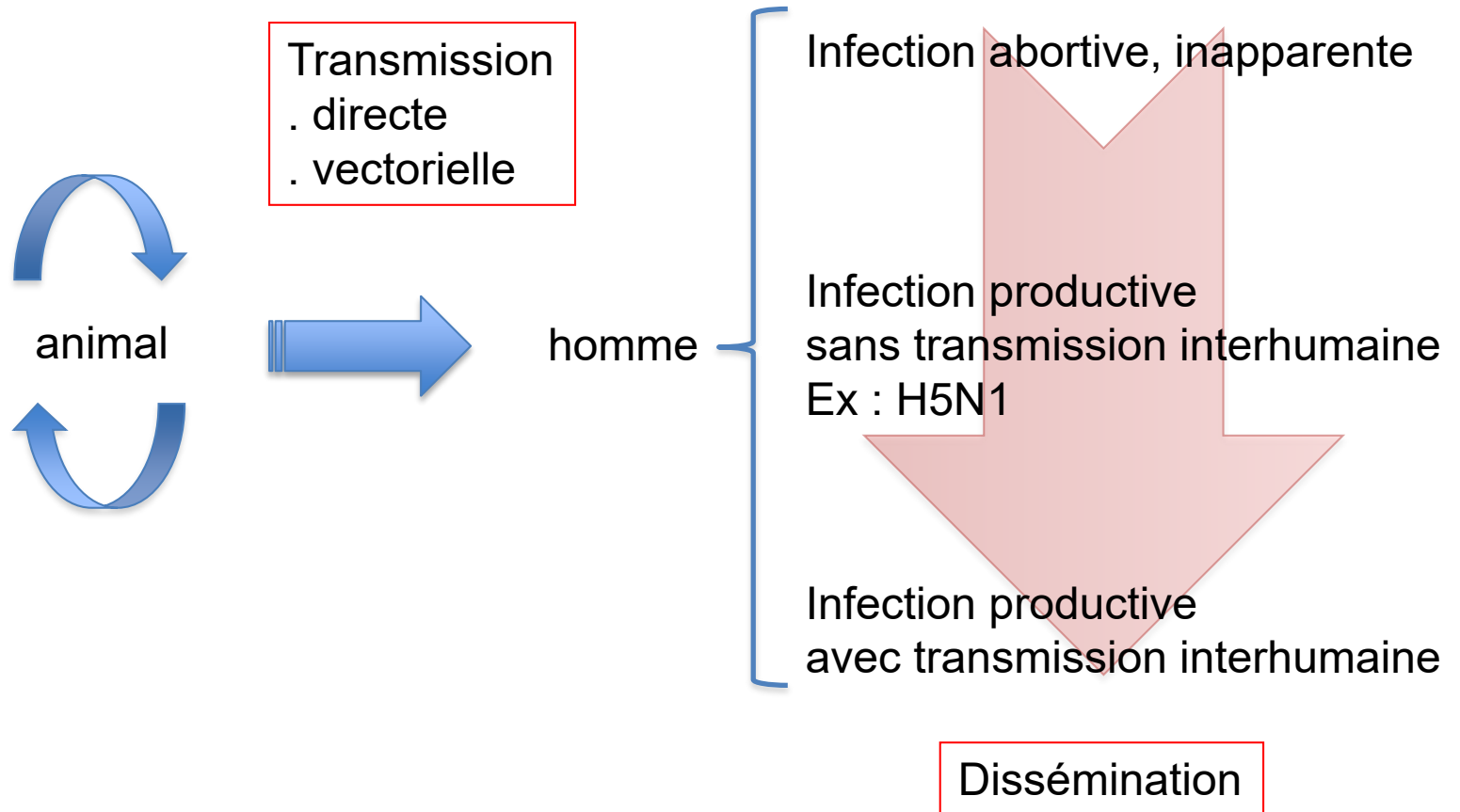
Contamination familiale fréquente



Difficultés d'intervention

D' où viennent les infections virales émergentes ?

- 60% des infections humaines émergentes auraient une origine animale
- 70% des agents impliqués viennent d' animaux sauvages
- Les animaux interviennent
 - comme réservoirs (ex : Ebola/Chauve-souris)
 - comme vecteurs (ex : Arthropodes)
- Ce sont pour l' essentiel :
 - Des virus à ARN (plastiques, donc adaptables)
 - Des virus à ADN (stables) à large spectre (ex : poxviridae)



Quels sont les clefs d'une **émergence réussie** ?

- Mise en contact du virus et de l'homme
- Adaptation du virus à l'homme (si transmission interhumaine)

**Maladies infectieuses émergentes et
changements climatiques:
une double peine ?**

Le sujet préoccupe

NIH National Library of Medicine
National Center for Biotechnology Information

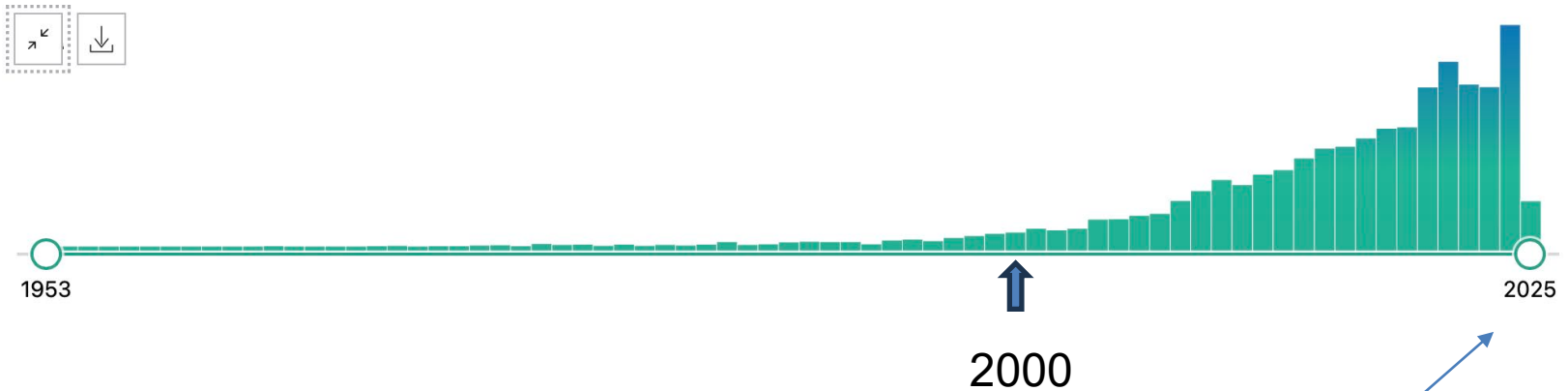
Log in

PubMed®

climate and emerging infections

Search

Advanced Create alert Create RSS User Guide



6 375 publications depuis 1953

**La saisonnalité : preuve directe
d'une relation climat et MIE ?**

Virus saisonniers : la théorie

La période automno-hivernale est humide, froide, favorable aux infections respiratoires

-> Effet sur le virus

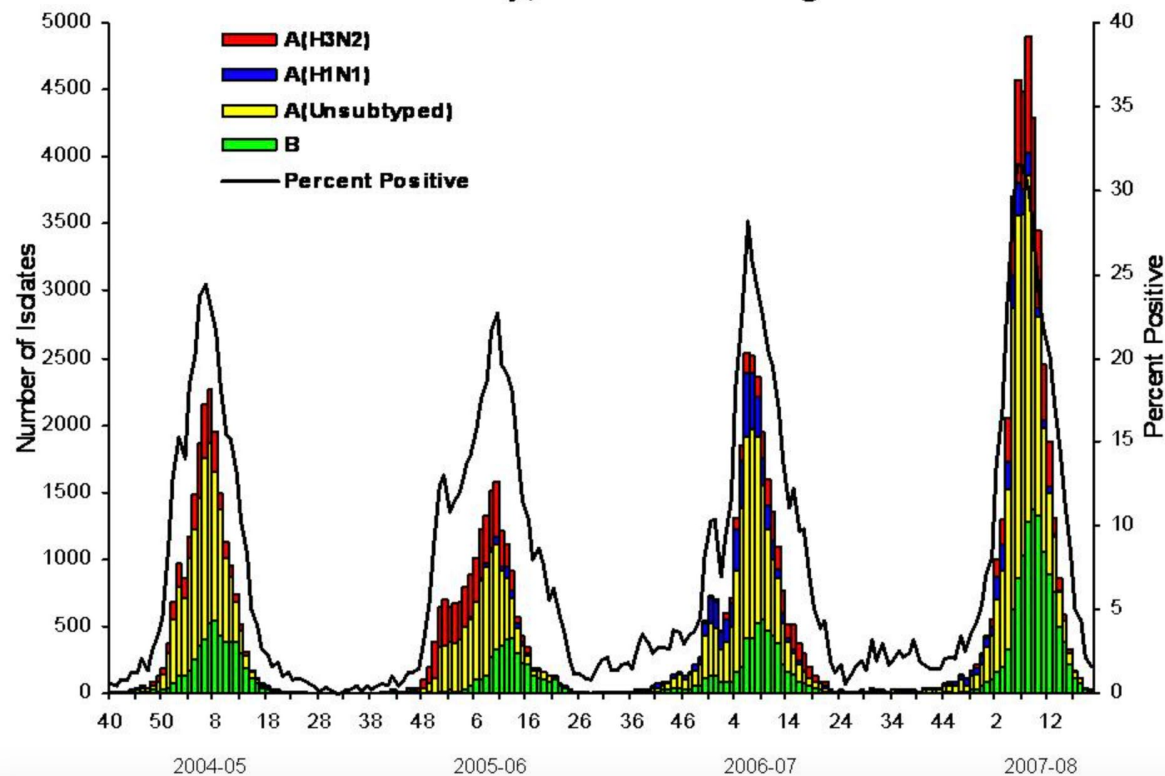
- moindre exposition aux UV (action sur le génome)
- moindre exposition à la sécheresse/chaleur (virus enveloppé)

-> Effet sur l'homme

- confinement (transmission à l'intérieur des locaux)
- fragilité S.I. (baisse illumination naturelle) (?)
- froid sec => sensibilise les voies respiratoires

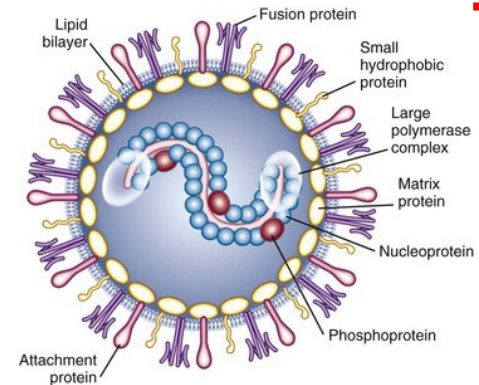
Virus influenza : saisonnalité

U.S. WHO/NREVSS Collaborating Laboratories
National Summary, 2004-05 through 2007-08

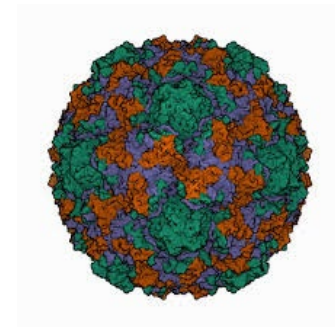
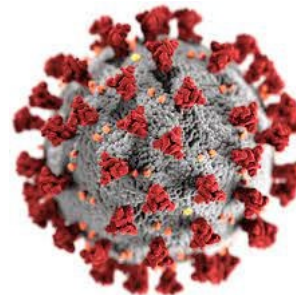


Autres infections respiratoires saisonnières

- Virus respiratoire syncytial (RSV)
- Coronavirus saisonniers
- Rhinovirus (nu)



Enveloppés



Gastro-enterites : saisonnalité

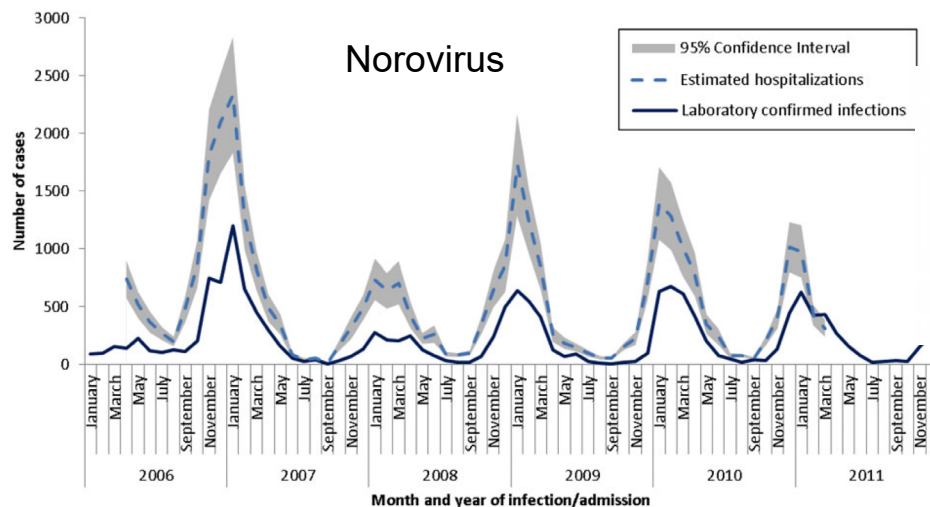
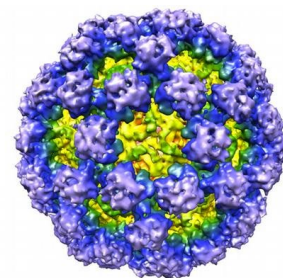
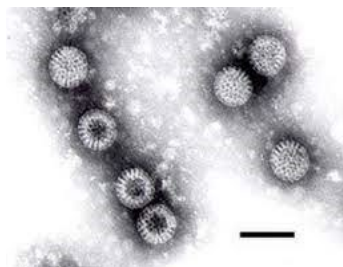


Fig. 2. Seasonal distribution of laboratory-confirmed norovirus infections reported to the National Enteric Surveillance Program (NESP) and estimated norovirus hospitalizations by month and year of admission, 2006–2011.

- Écoles
- Hôpitaux
- Impacts plus sévères chez les enfants
- Printemps



- Écoles
- Hôpitaux
- Impacts délétères chez les personnes âgées
- hiver

© DKPZ

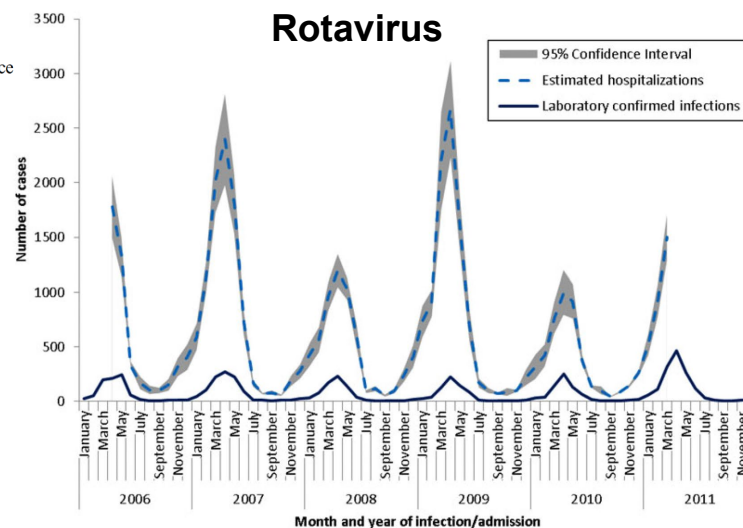
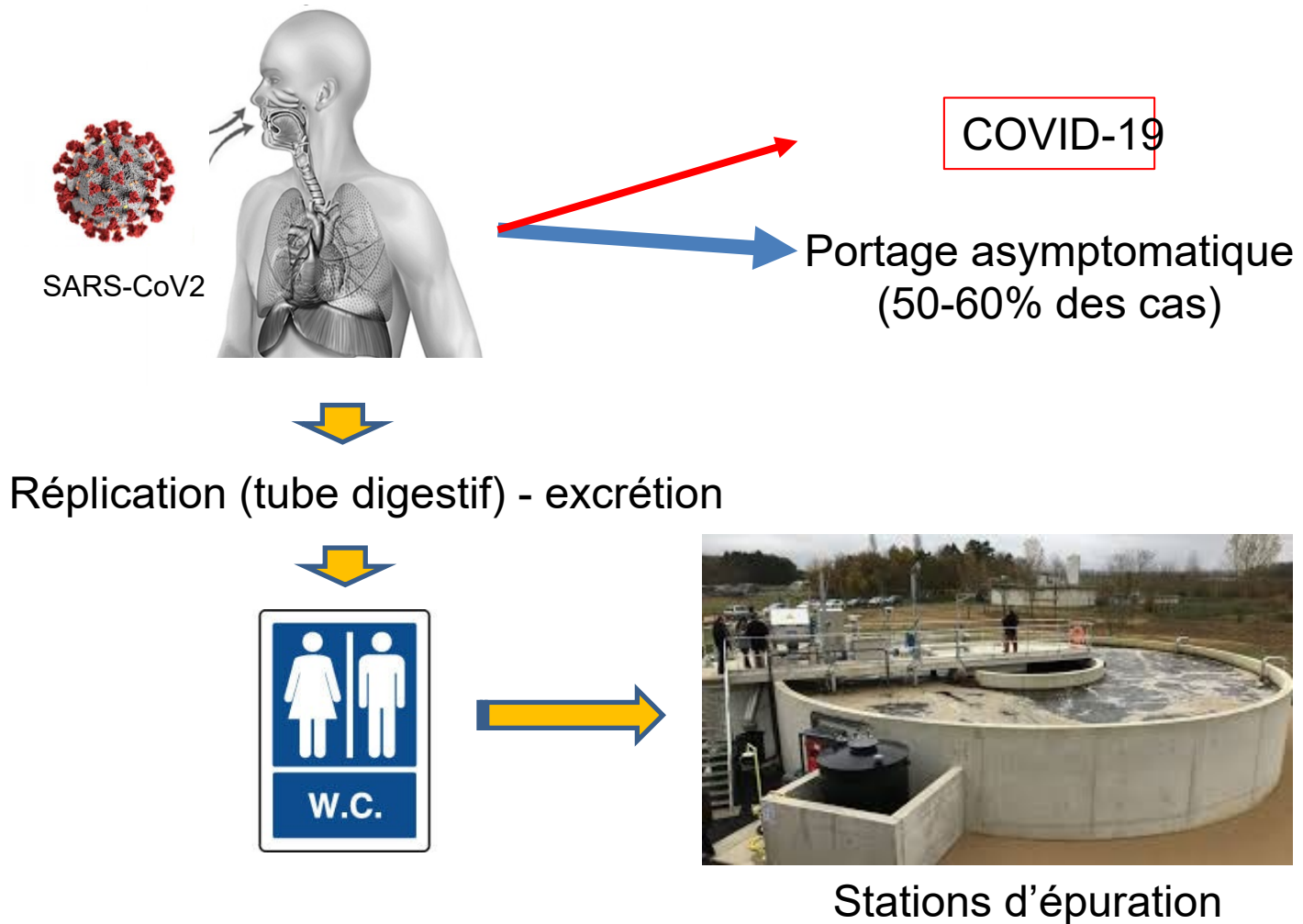


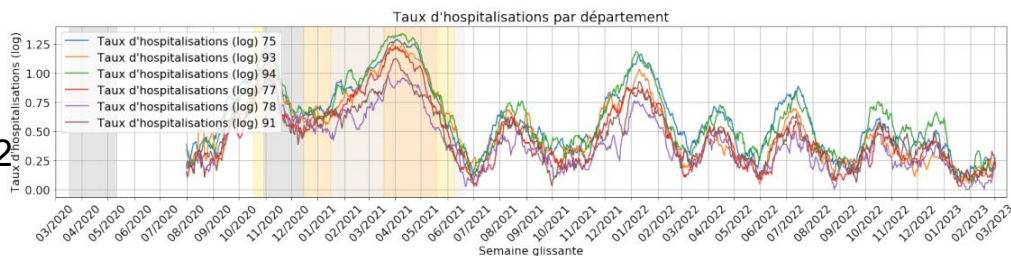
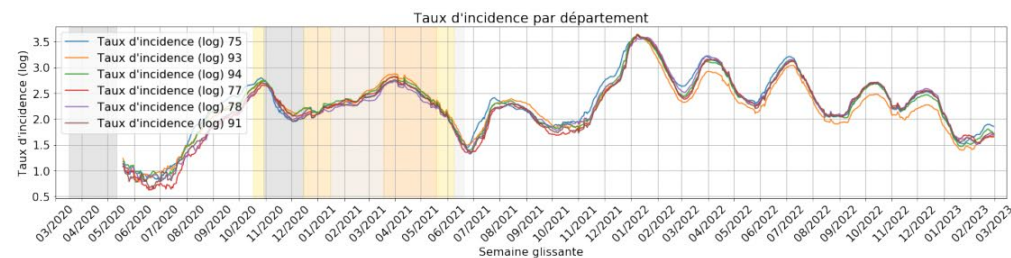
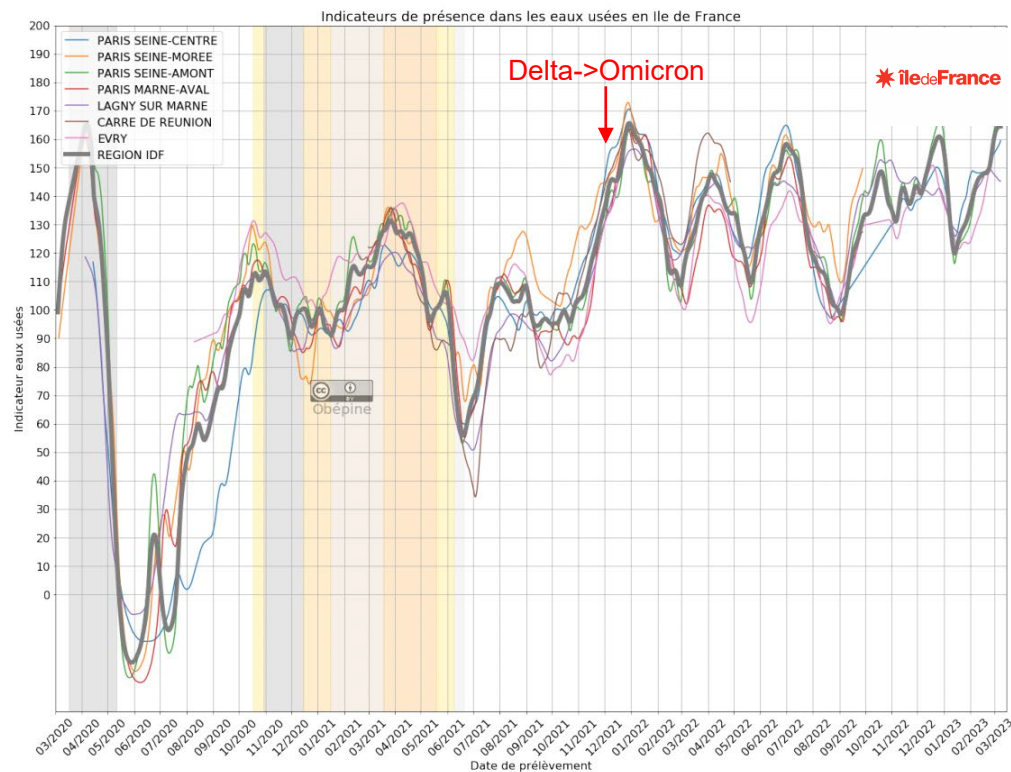
Fig. 3. Seasonal distribution of laboratory-confirmed rotavirus infections reported to the National Enteric Surveillance Program (NESP) and estimated rotavirus hospitalizations by month and year of admission, 2006–2011.

**Est-ce que le SARS-CoV-2 est
saisonnier ?**

Du SARS-CoV2 dans les eaux usées* ?



Pour l'instant,
le SARS-CoV-2
n'est pas
saisonnier

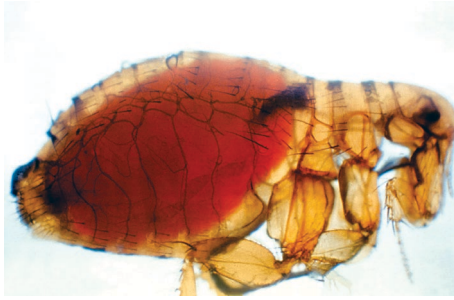


200 STEP suivies jusqu'en avril 2022
(40% pop. Française)

Impact du climat sur les infections vectorielles

Arbovirus et risques émergents

- Plus de 600 virus transmis par des arthropodes hématophages
- Plus de 100 virus pathogènes pour l'homme, surtout en zone tropicale
- Plus de 60 virus pathogènes chez les animaux
- Transmission entre vertébrés
- Facteur essentiel des émergences/réémergences virales



Puces
(Feline leukemia virus)



Taon
(Leucoses et anémies des équidés)



Anophèles
(Virus O'nyong nyong)



Aedes (albopictus, aegypti)
(Dengue, Zika)



Culex
(Encéphalite de St Louis)

- **Réplication du virus chez le vecteur ?**
- **Persistance du virus chez le vecteur ou sa descendance ?**



**Risques d'émergence(s)
chez l'homme ?**



Phlébotome
(Virus Toscana)



Tiques
(ex : Virus de Crimée-Congo)

Impact du climat sur les épidémies: Dengue, Zika, Chik.

- Dengue, chikungunya, et Zika sont transmis par les moustiques *Aedes* (*Aedes albopictus* - moustique tigre)
- Ré-/émergents dans les Amériques, en Asie du Sud-Est, dans les îles du Pacifique
- Quel est l'impact du climat sur la durée et l'impact des épidémies ?

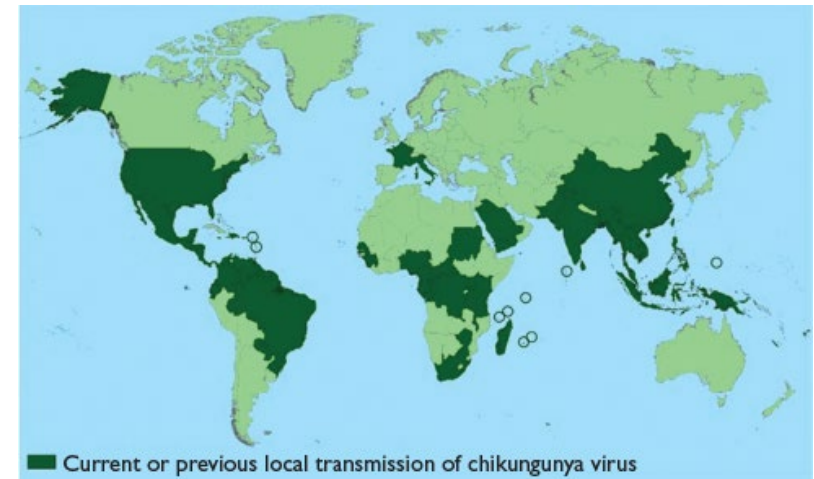
Chikungunya

- Alphavirus
- Réservoir : primates humains et non humains
- Vecteur : moustique genre *Aedes* (diurne)
- Epidémies : Afrique, Asie du sud-est, sous-continent indien
- Infection asymptomatique souvent.

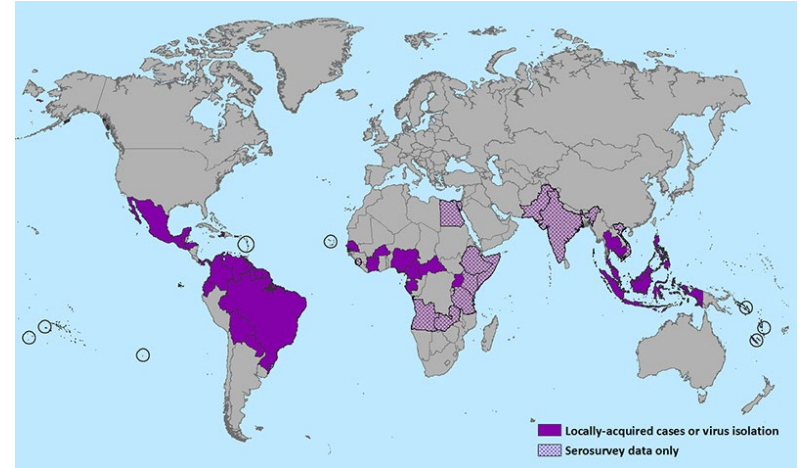


Lutte antivectorielle... chimique
(Madagascar, 2006)

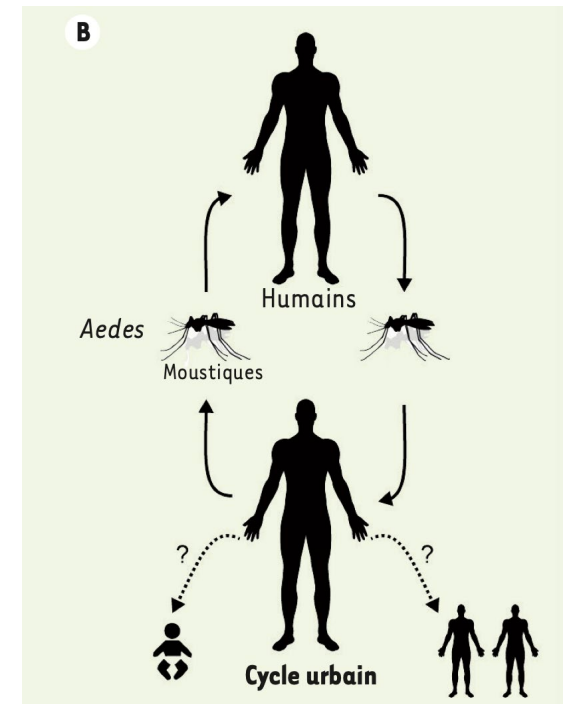
Maladie de l'homme courbé : état fébrile avec des douleurs articulaires et musculaires intenses, parfois mortelle



Zika

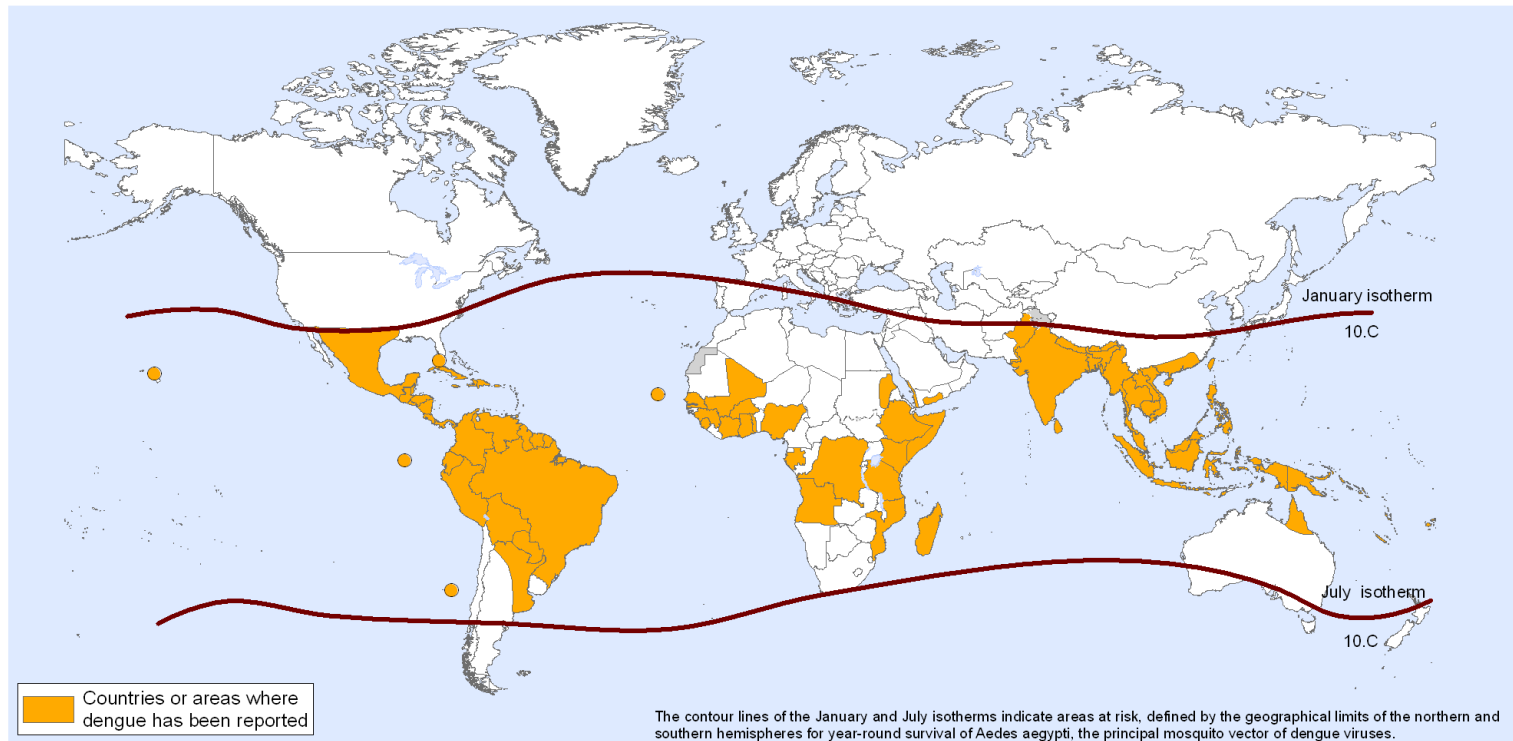


- Flavivirus
- Réservoirs variables : Cycle sylatique / Cycle urbain
- Vecteur Aedes
- Microcéphalies
 - 1-13% des cas d'infection au 1^{er} trimestre



Dengue

Dengue, countries or areas at risk, 2011



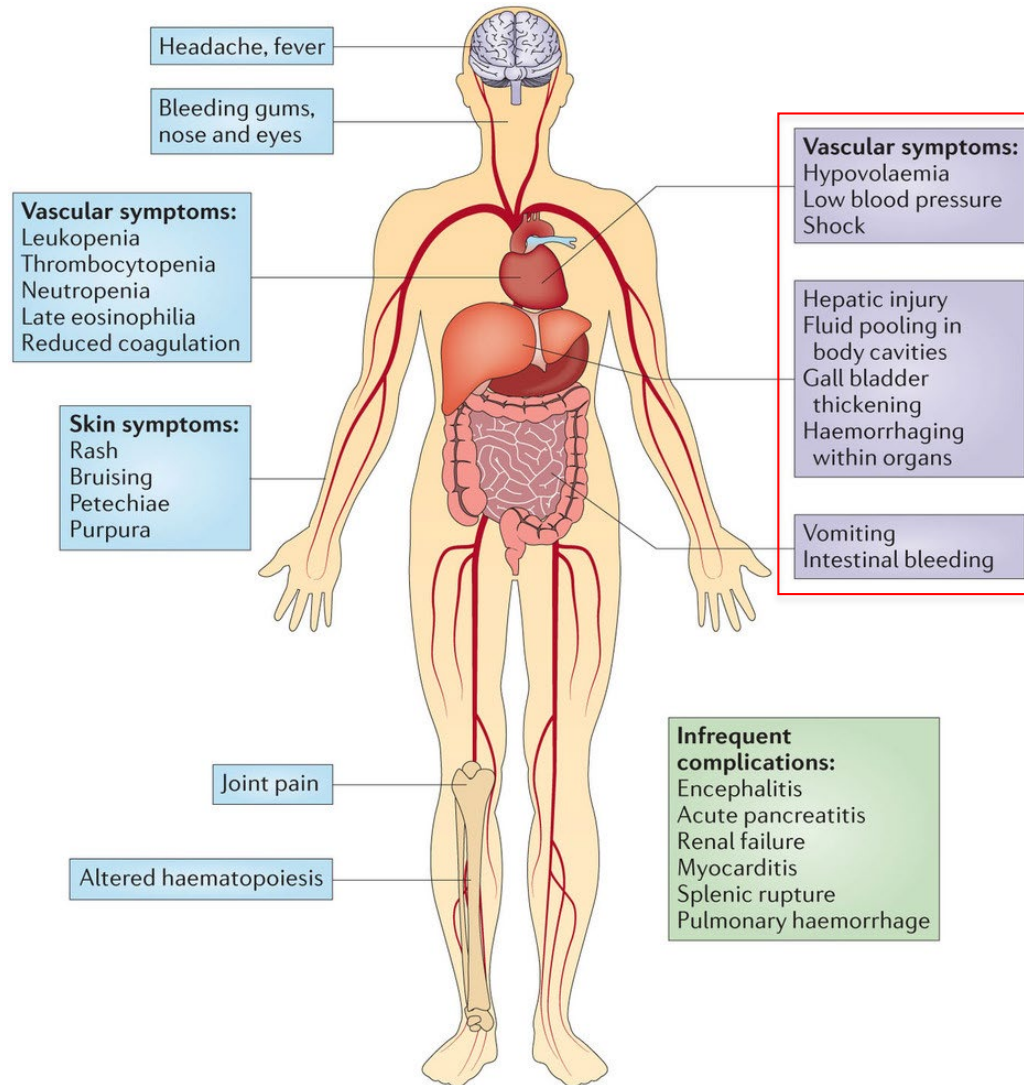
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Public Health Information
and Geographic Information Systems (GIS)
World Health Organization



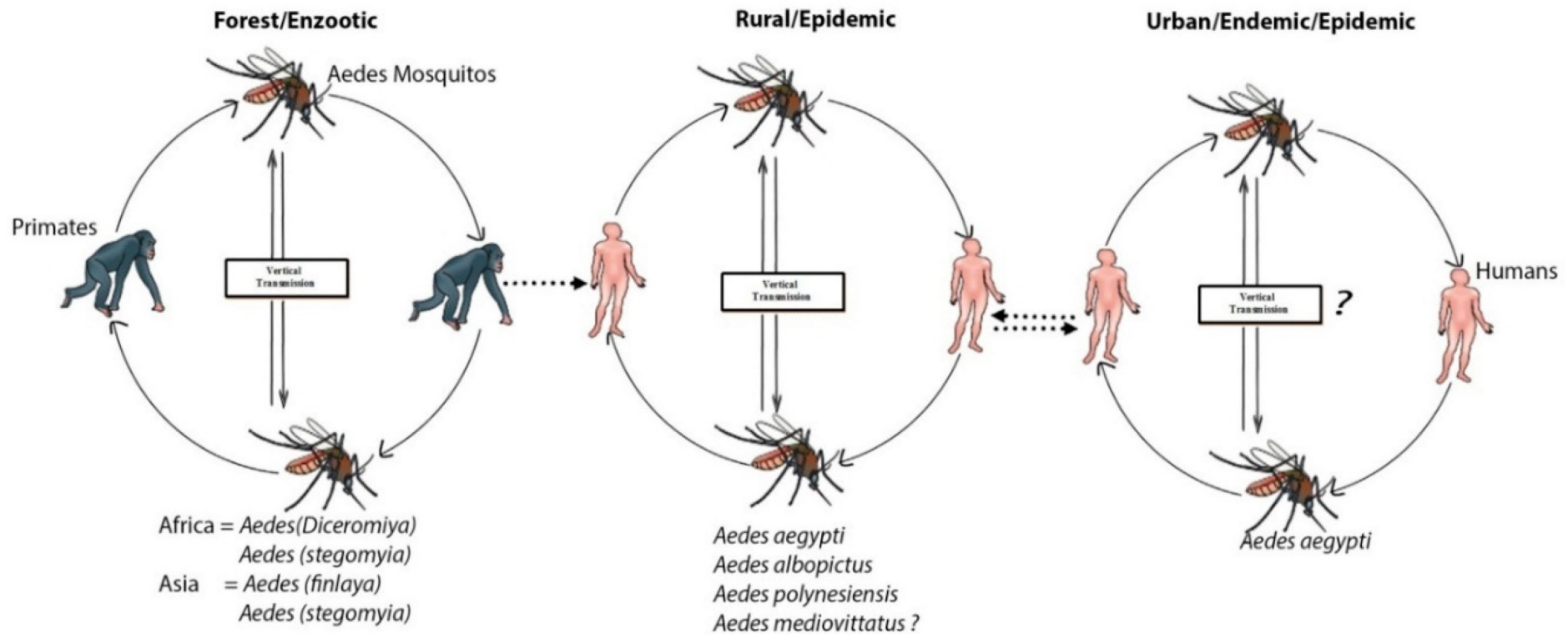
© WHO 2012. All rights reserved.

La plupart des infections sont inapparentes

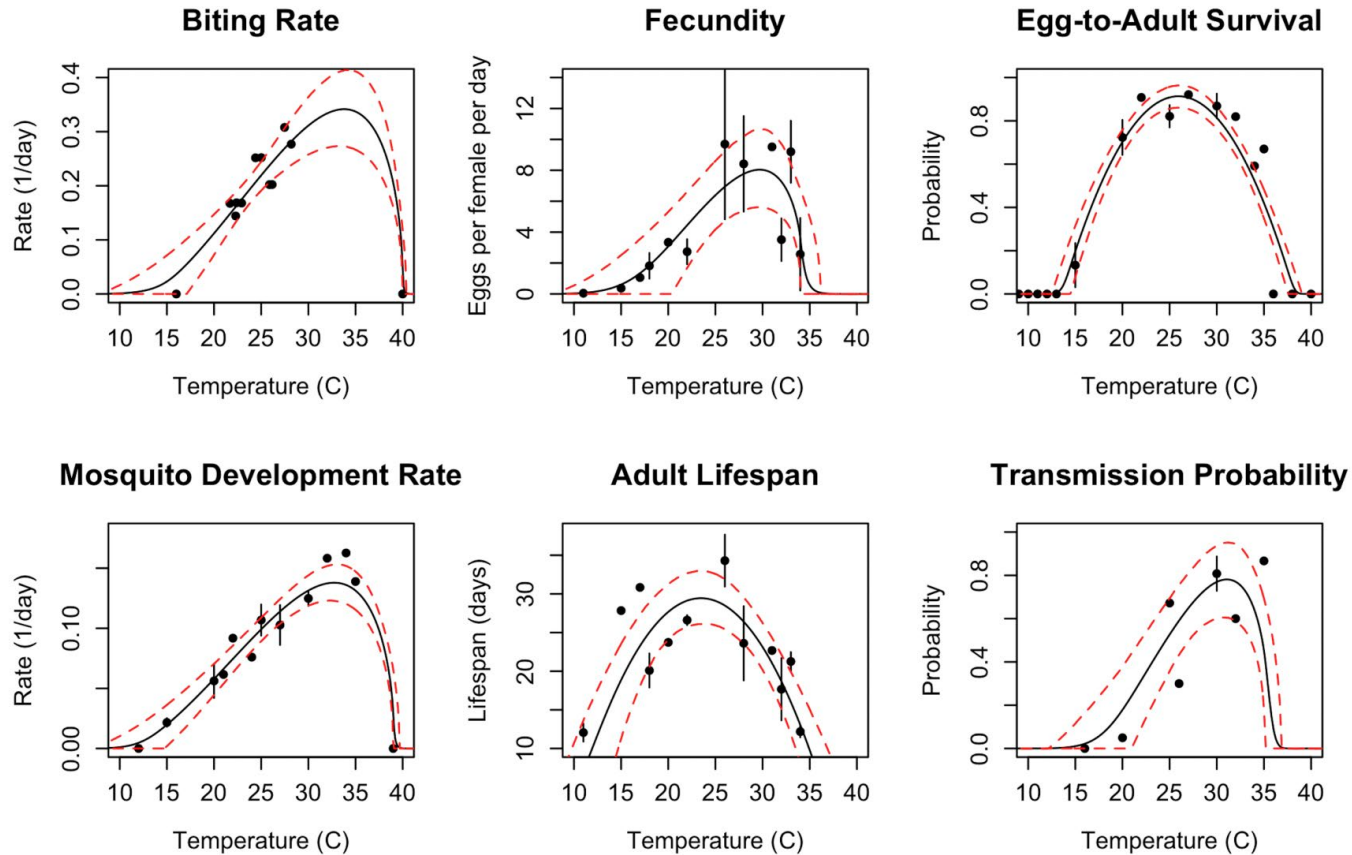


Formes graves

Rôle central du moustique

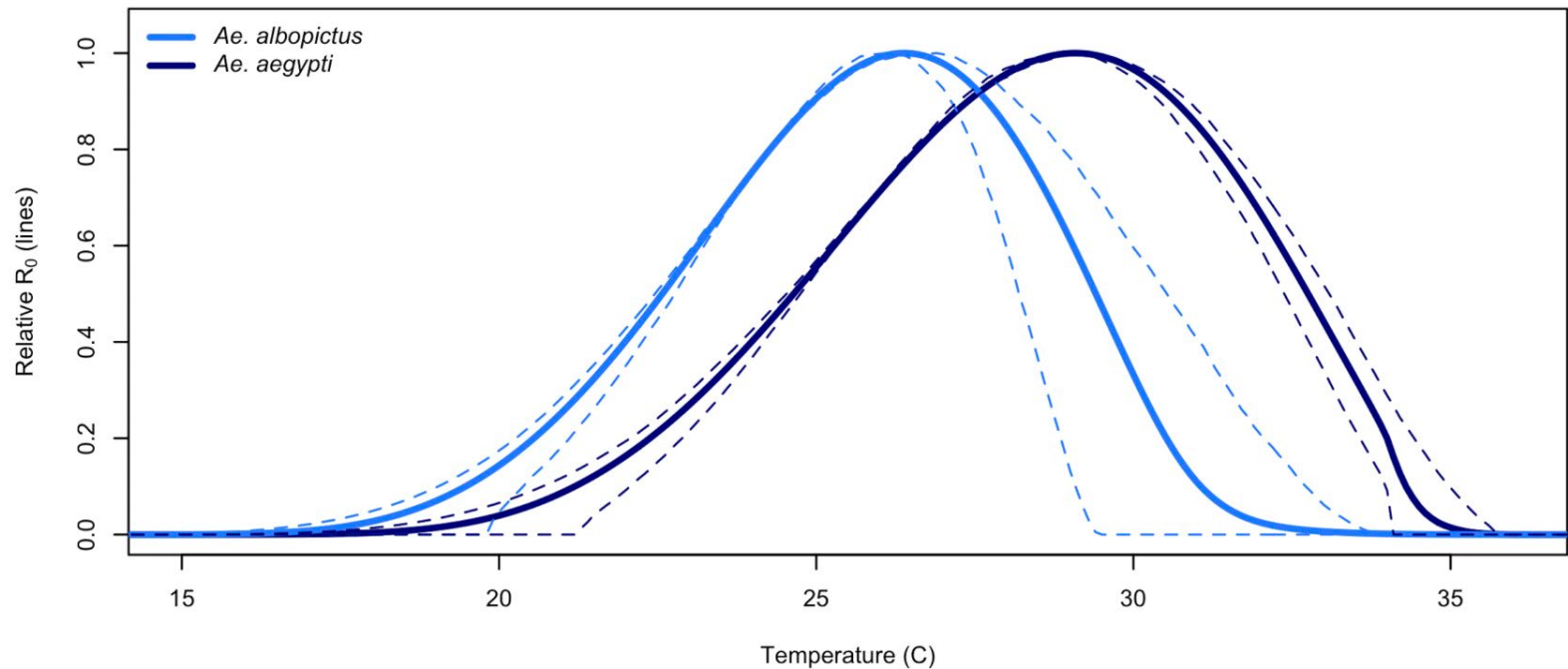


Effet de la température sur les moustiques



Effet de la température sur la transmission du virus de la Dengue par *Aedes aegypti*

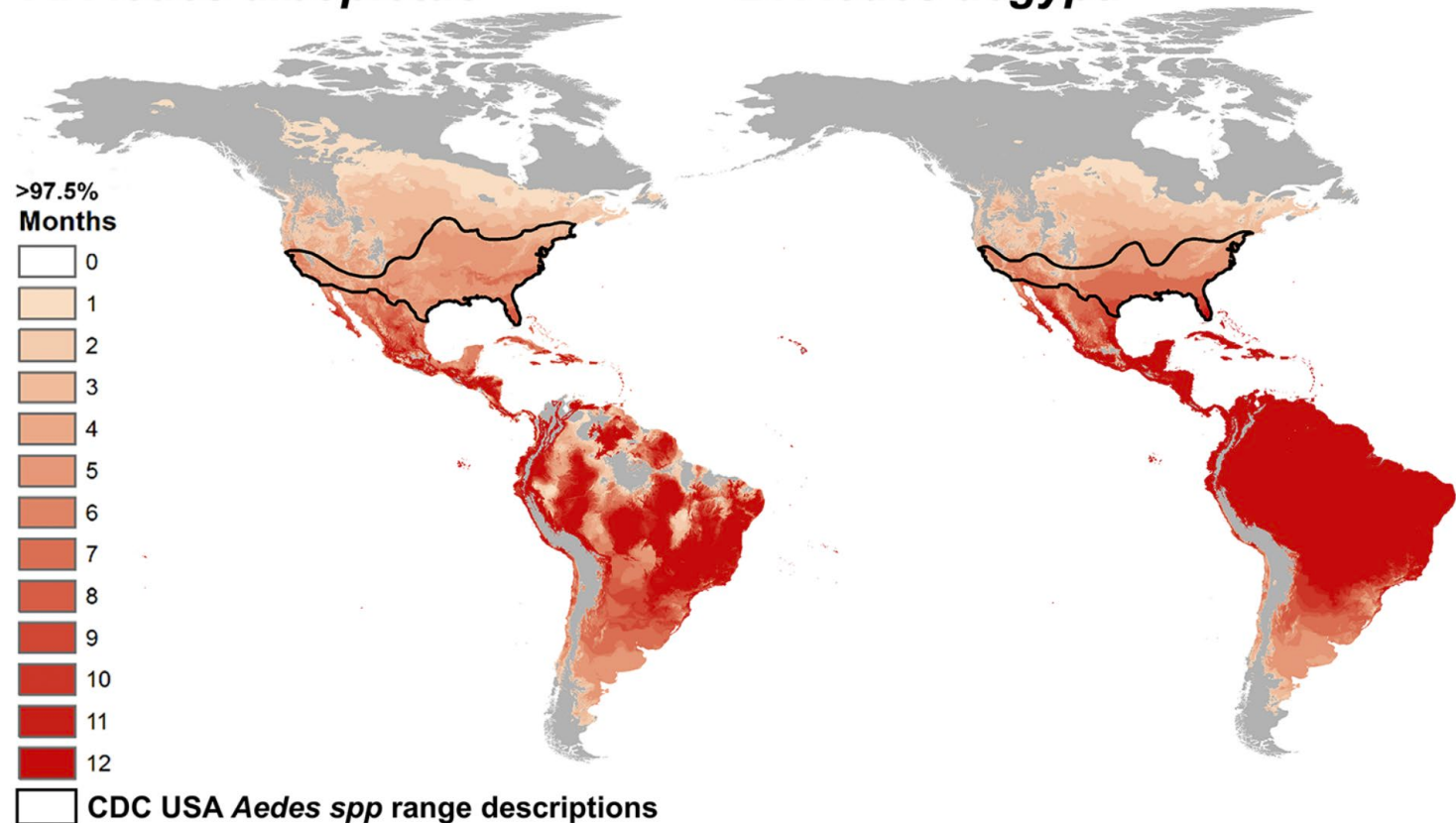
Risque de transmission (Dengue, Zika, Chikungunya)



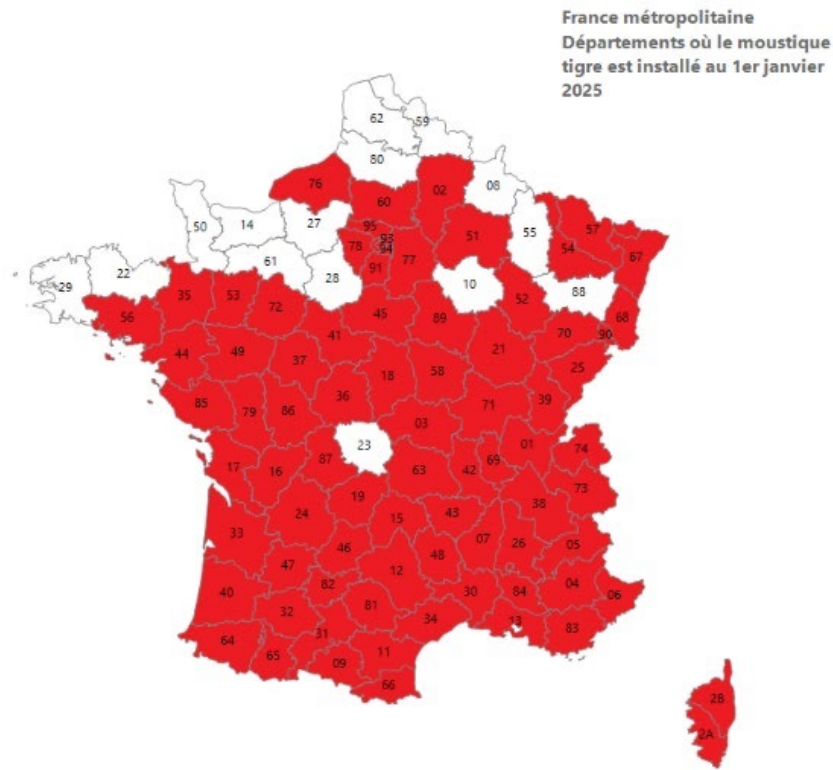
Prédiction des durées de transmission

A. *Aedes albopictus*

B. *Aedes aegypti*

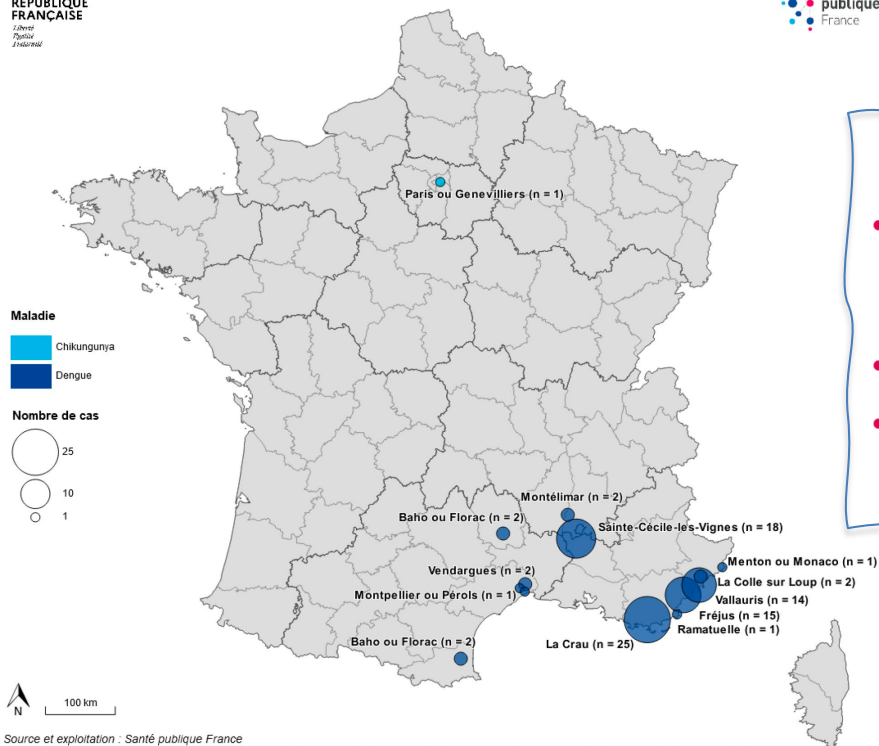


Emergence de la Dengue en France métropolitaine



- 2010 : premier cas autochtone
- 2022 : 9 foyers métropolitains
 - 65 cas autochtones
 - Occitanie, Paca, Corse

A. Albopictus a été introduit en 2004 (Alpes maritimes)



Communiqué SPF – 17 sept. 2025

- 484 cas de transmissions locales (cas autochtones) du **chikungunya** sont comptabilisés, certains pour la première fois dans de nouvelles régions.
- 21 transmissions locales de la **dengue** ont été observées.
- Le **virus West Nile** apparaît également pour la première fois dans de nouvelles régions, avec 32 cas autochtones constatés.

Un nouveau cas autochtone de chikungunya détecté à Ghisonaccia

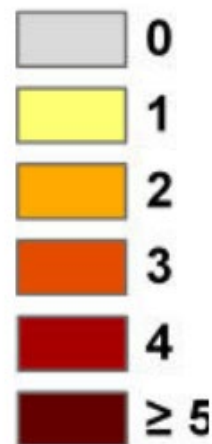
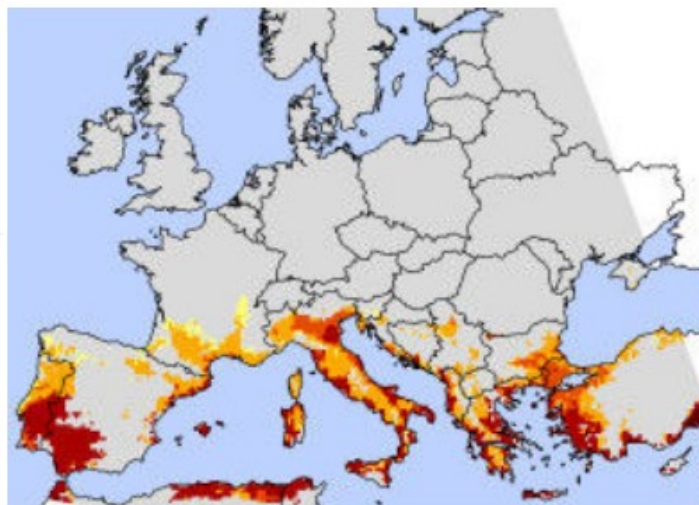
Point de situation

14 cas autochtones de chikungunya ont été détectés en Corse :

- 13 cas détectés à Grosseto-Prugna (Corse-du-Sud) (+ 2 par rapport à la semaine dernière)
- 1 cas détecté le 5 août à Ghisonaccia (Haute-Corse).

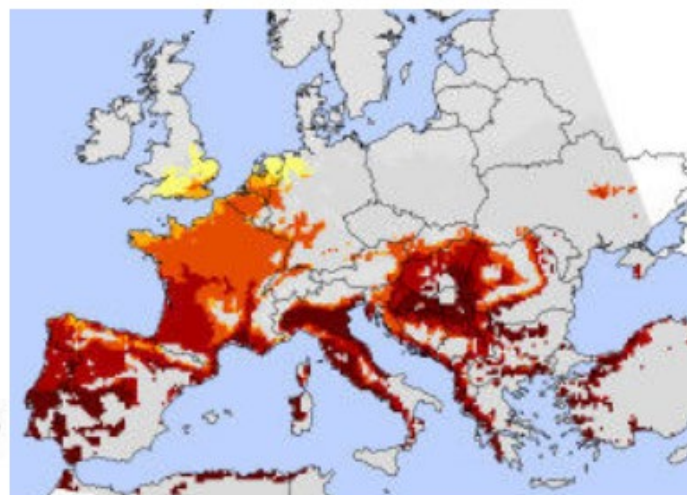
6 août 2025

2013



Mois/an

2071-2100

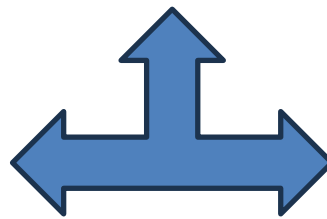


Nombre de mois par an de risque de transmission du Chikungunya
en 2071-2100 pour une élévation de température mondiale de 2.8°
par rapport à 1980-1999

Sommes-nous prêts à une surveillance intégrée ?



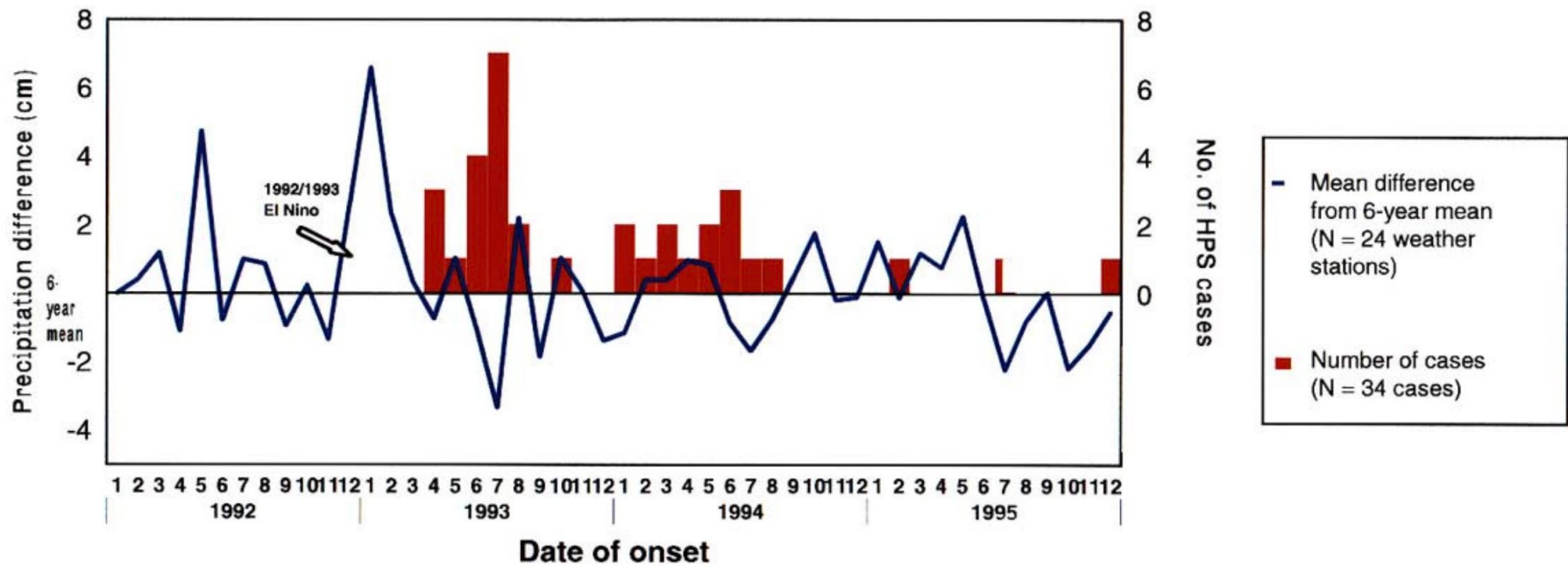
Surveillance entomologique



Surveillance des E.U.

Surveillance syndromique

**Réchauffement des régions les
plus froides**



El Nino



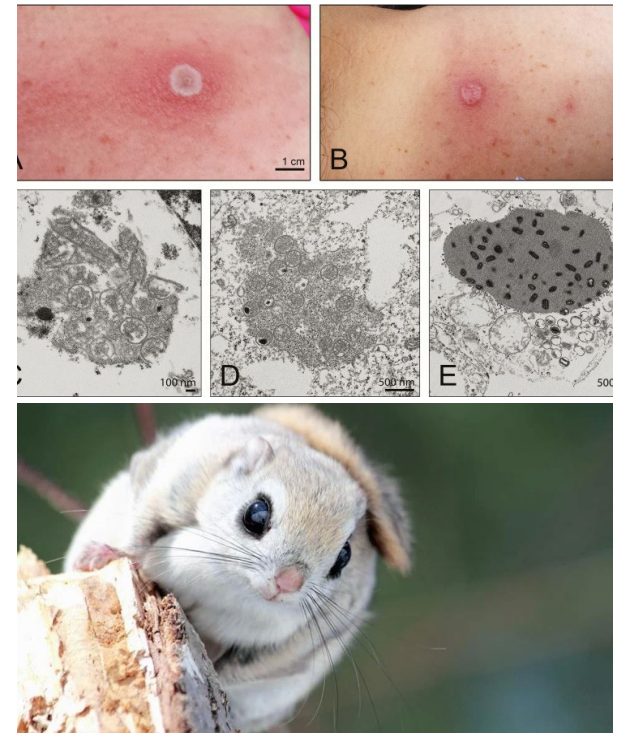
Pullulation *Peromyscus maniculatus*
(réservoir du virus Sin Nombre)

Transmission virus
Sin Nombre à
l'Homme

Alaskapox a subject of scientific intrigue while world copes with more dangerous monkeypox

Like other diseases caused by Orthopoxvirus strains, Alaskapox is found in small mammals, animal populations that can get overlooked

- Premier cas humain en 2015
- Second cas en 2020
- 2 nouveaux cas en 2022
- Réservoirs rongeurs (Grand polatouche ?) => pullulation en raison du réchauffement
- Contacts liés à des activités en extérieur



Faut-il craindre la fonte du permafrost ?

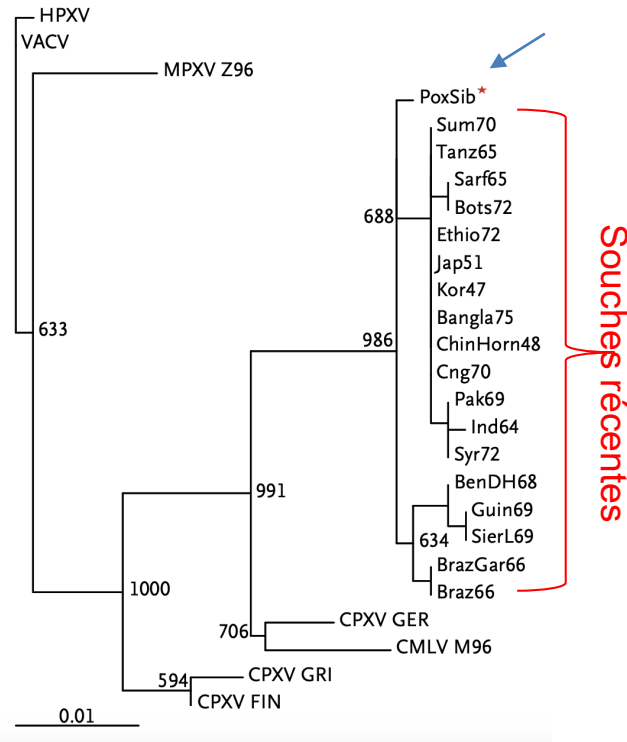


Variole

- Dissémination depuis l’Egypte, le Proche-Orient, il y a 3000 ou 4000 ans
- Eradiquée depuis 1980 (300 millions de personnes au 19ème siècle)
- Au cours de l'été 2016, les températures record **ont fait fondre le permafrost trois fois plus vite** que d'habitude et la hausse du niveau de l'eau de la rivière Kolyma a accéléré **l'érosion de ses rives près desquelles furent enterrées de nombreuses victimes de la variole**



Fonte du permafrost en Yakutie (Nord-Est Sibérie)



Momies 17eme-18eme siècle

ADN poxvirus (PoxSib)

PCR ciblée => 718 pb amplifiée (pas de génome complet)

Virus de la grippe espagnole

Angie Busch Alston

Mission Brevig, Alaska: tombes des 72 adultes décédés de grippe (sur 80)
15-20 nov.1918



- 1951: Johan Hultin (University of Iowa) **recherche le virus « vivant »** et **procède aux premières exhumations**
- Plusieurs jours de voyage jusqu'au laboratoire, avec des conditions conservations des échantillons pulmonaires difficiles
- J.Hultin essaye d'injecter les extraits biopsiques dans des oeux embryonnés => **échec**



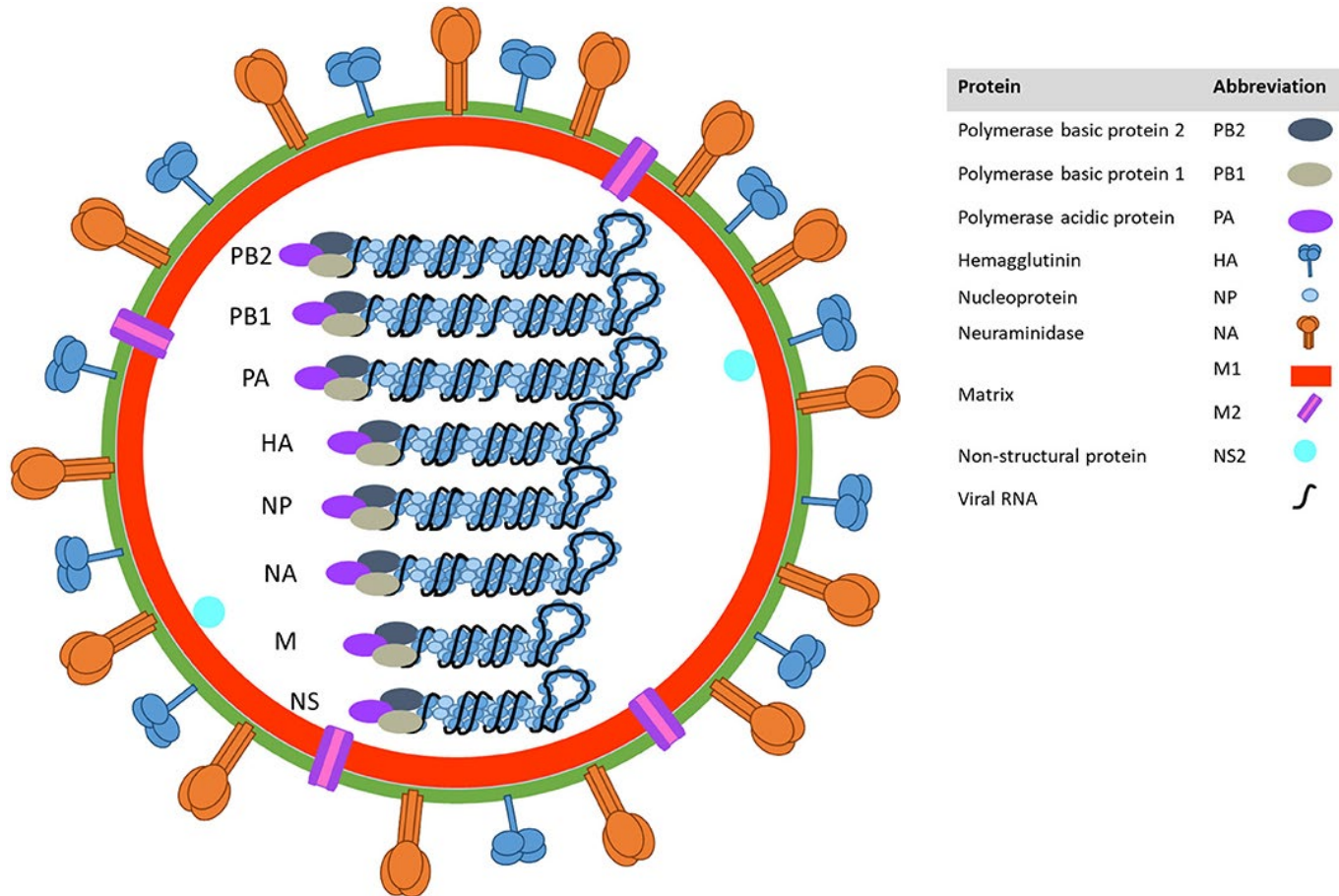
1997 : retour vers le passé

- Biopsie d'un jeune militaire (21 ans), Fort Jackson, South Carolina, décédé le 20 sept. 1918 d'une pneumonie grippale
- Extraction partielle du génome viral (ARN) à partir d'une biopsie pulmonaire conservée en paraffine
- Séquençage partiel du génome => virus H1N1 est proche de souches humaines et porcines



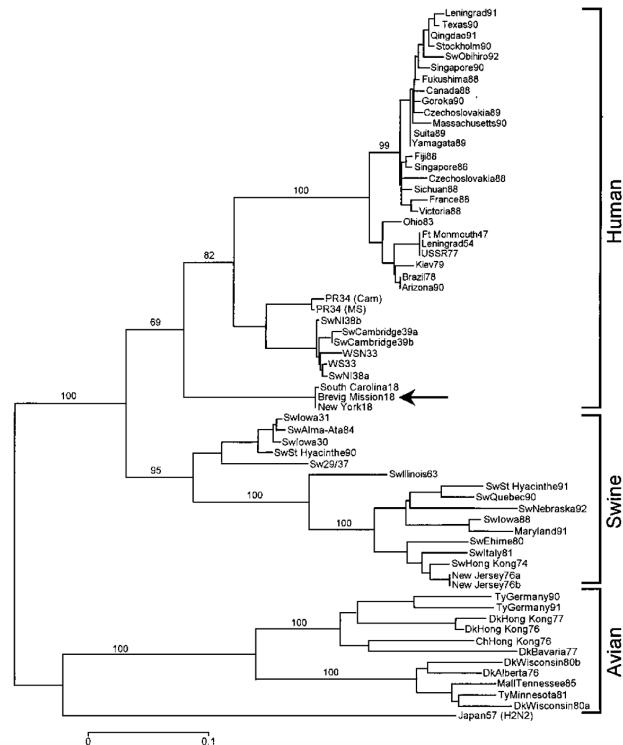
A picture of Dr. Jeffery Taubenberger and Dr. Ann Reid reviewing a genetic sequence from the 1918 virus. They are credited with sequencing the genome of the 1918 virus. Photo Credit: National Museum of Health and Medicine Online Exhibit - MIS 377212.

Virus influenza : le virion



Seconde mission à Brevig : l'avènement de la BM

- Extraction d'ARN viral dans les poumons congelés d'une femme.
- Séquence HA => virus d'origine humaine ou porcine ?
- Virus « humanisé » entre 1900 et 1915, avec une origine aviaire lointaine



Johan Hultin at age 72, during his second trip to the Brevig Mission burial ground in 1997. Photo credit: Johan Hultin.

Reconstruction du virus complet et production de particules virales !

Science[Current Issue](#)[First release papers](#)[Archive](#)[About](#) [Submit manuscript](#)

HOME > SCIENCE > VOL. 310, NO. 5745 > CHARACTERIZATION OF THE RECONSTRUCTED 1918 SPANISH INFLUENZA PANDEMIC VIRUS

 | RESEARCH ARTICLES



Characterization of the Reconstructed 1918 Spanish Influenza Pandemic Virus

[TERRENCE M. TUMPEY](#), [CHRISTOPHER F. BASLER](#), [PATRICIA V. AGUILAR](#), [HUI ZENG](#), [ALICIA SOLÓRZANO](#), [DAVID E. SWAYNE](#), [NANCY J. COX](#), [JACQUELINE M. KATZ](#),
[JEFFERY K. TAUBENBERGER](#), [...], AND [ADOLFO GARCÍA-SASTRE](#) +1 authors [Authors Info & Affiliations](#)

SCIENCE • 7 Oct 2005 • Vol 310, Issue 5745 • pp. 77-80 • DOI: 10.1126/science.1119392

Des virus « vivants » dans le permafrost sibériens



Collection (aseptique) d'échantillons dans des sédiments du Pleistocène
(> 30 000 ans) dans la région de Kolyma

Mais des virus d'amibes...

Biggest-ever virus revived from Stone Age permafrost

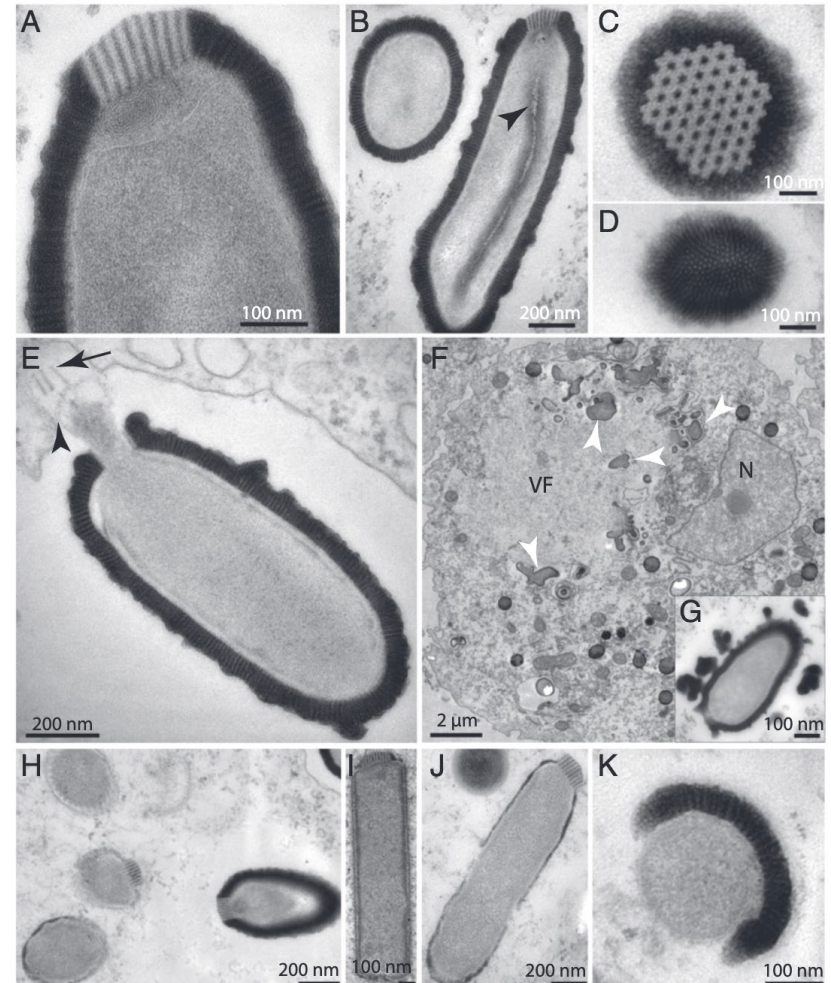


EARTH 3 March 2014

By **Andy Coghlan**



What pathogens might it be harbouring?



48,500-Year-Old Virus Reawoken from Ancient Siberian Permafrost

One of the revived germs is called *Megavirus mammoth*.



TOM HALE

Senior Journalist

Nov 23, 2022 3:33 PM

1 Comments 1.1k Shares

Des chercheurs de [l'université d'Aix-Marseille](#) ont identifié et ressuscité 13 virus découverts dans les glaces de l'est de la Russie. Plusieurs virus ont été découverts dans la Léna, l'un des plus grands fleuves de la Planète, et dans le cryosol du Kamchatka. Parmi ces échantillons, un virus issu du permafrost et vieux de 48 500 ans, ainsi que trois autres datant de 27 000 ans découverts dans de la matière fécale et de la laine congelées de mammoth. En référence à ce mammifère disparu, ces trois virus ont été nommés *Pithovirus mammoth*, *Pandoravirus mammoth*, et *Megavirus mammoth*. Deux autres virus ont été extraits d'un loup de Sibérie également congelé, et ont été nommés *Pacmanvirus lupus* et *Pandoravirus lupus*.

Dégels des sols: quels risques ?

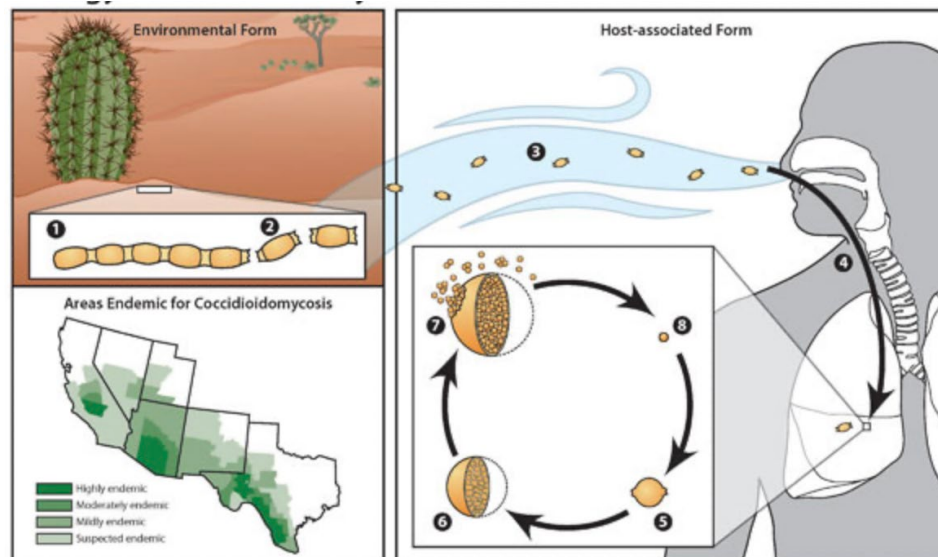
- Risque bactérien confirmé (Charbon. *Angl. Anthrax*)
 - Péninsule de Yamal
 - Un renne congelé, mort de charbon depuis plusieurs dizaines d'années, a décongelé et libéré des spores => 23 personnes infectées, décès d'un enfant



Life on the Yamal Peninsula. evgenii mitroshin/Shutterstock.com

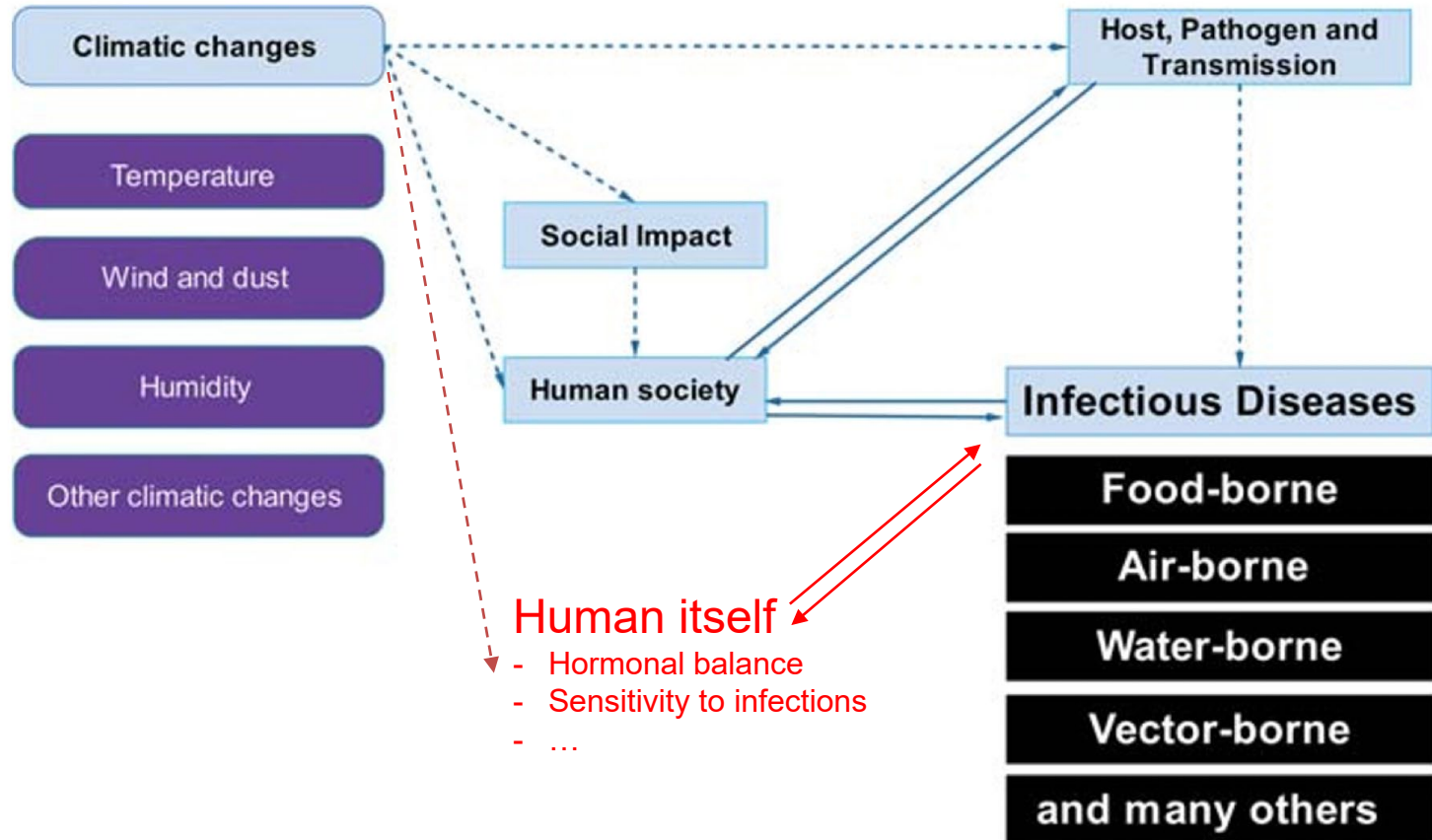
Infections fongiques : fièvre de la vallée de San Joaquin

- Mycose à *Coccidioides immitis* *C. posadasii*
- Endémique du Sud-Ouest des EU au Nord-Ouest du Mexique
- Se développe dans les sols secs
- Remis en suspension => atteintes pulmonaires graves (femmes enceintes et pers I.D.)
- Le réchauffement pourrait sélectionner des espèces ayant des températures optimales de développement proches des températures corporelles



Source : CDC

Take home message





Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change

Camilo Mora¹✉, Tristan McKenzie^{2,3}, Isabella M. Gaw⁴, Jacqueline M. Dean¹, Hannah von Hammerstein¹, Tabatha A. Knudson¹, Renee O. Setter¹, Charlotte Z. Smith⁵,

