



WEBINAIRE BIODIVERSITÉ ET MALADIES INFECTIEUSES

**Crise sanitaire actuelle : quels liens possibles
entre santé des écosystèmes et santé humaine ?**





Intervenante :

Hélène SOUBELET, Directrice de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité

Anne VAN DE WIELE, conseillère technique police sanitaire à l'Office français de la biodiversité

Animateurs :

Viviane BAYAD, Responsable projets Promotion de la santé - CNFPT
Romuald BERREBI, Adjoint au directeur en charge de l'expertise et du conseil scientifique - OFB

Elisabeth OFFRET, Responsable pôle de compétence Paysage et biodiversité – CNFPT



Biodiversité et santé : la grande accélération des épidémies

Hélène SOUBELET

Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB)

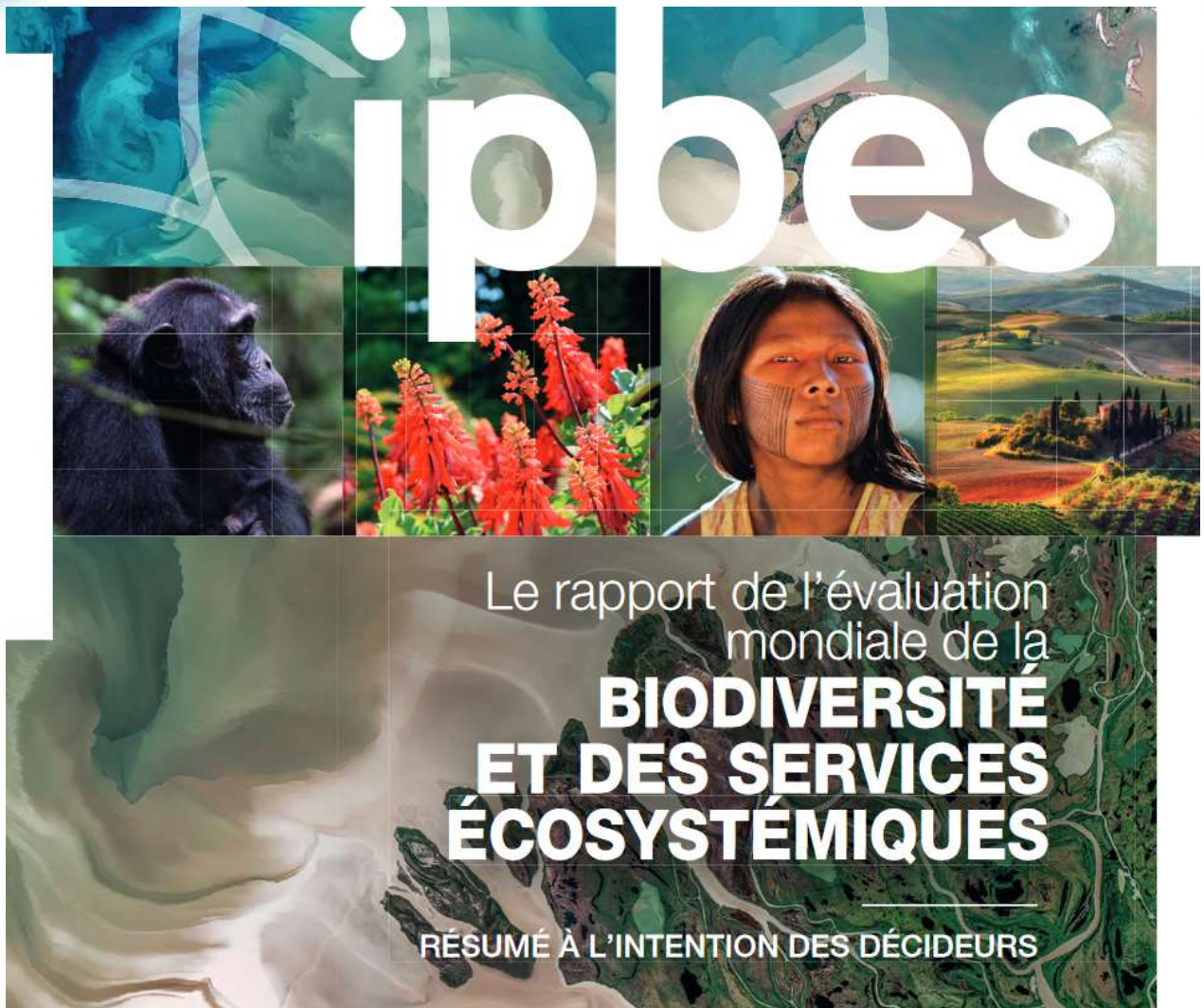
Membres
Fondateurs
de la FRB :





LES FAITS SCIENTIFIQUES

L'érosion sans précédent de la biodiversité





LES FAITS SCIENTIFIQUES

Les déséquilibres du monde vivant actuel

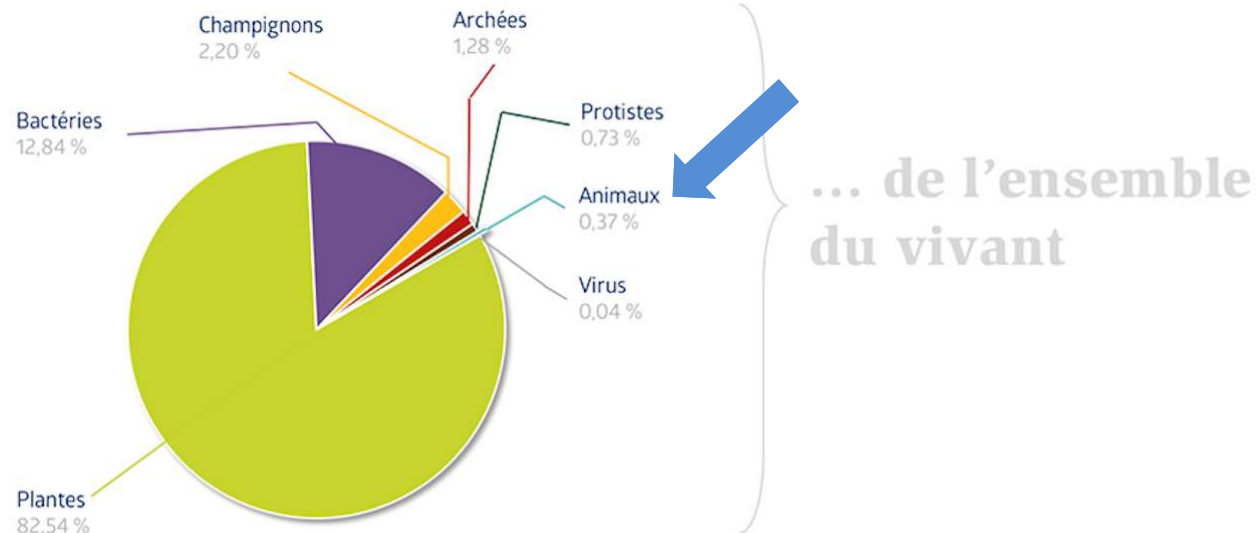
“ En écologie, la biomasse se réfère à la masse totale des organismes vivants. ”

Biomasse marine
≈ 1 %
(alors que les océans représentent 71% de la surface de la Terre !)

Biomasse souterraine
≈ 42 %

Biomasse terrestre
≈ 57 %

Répartition de la biomasse...



The biomass distribution on Earth

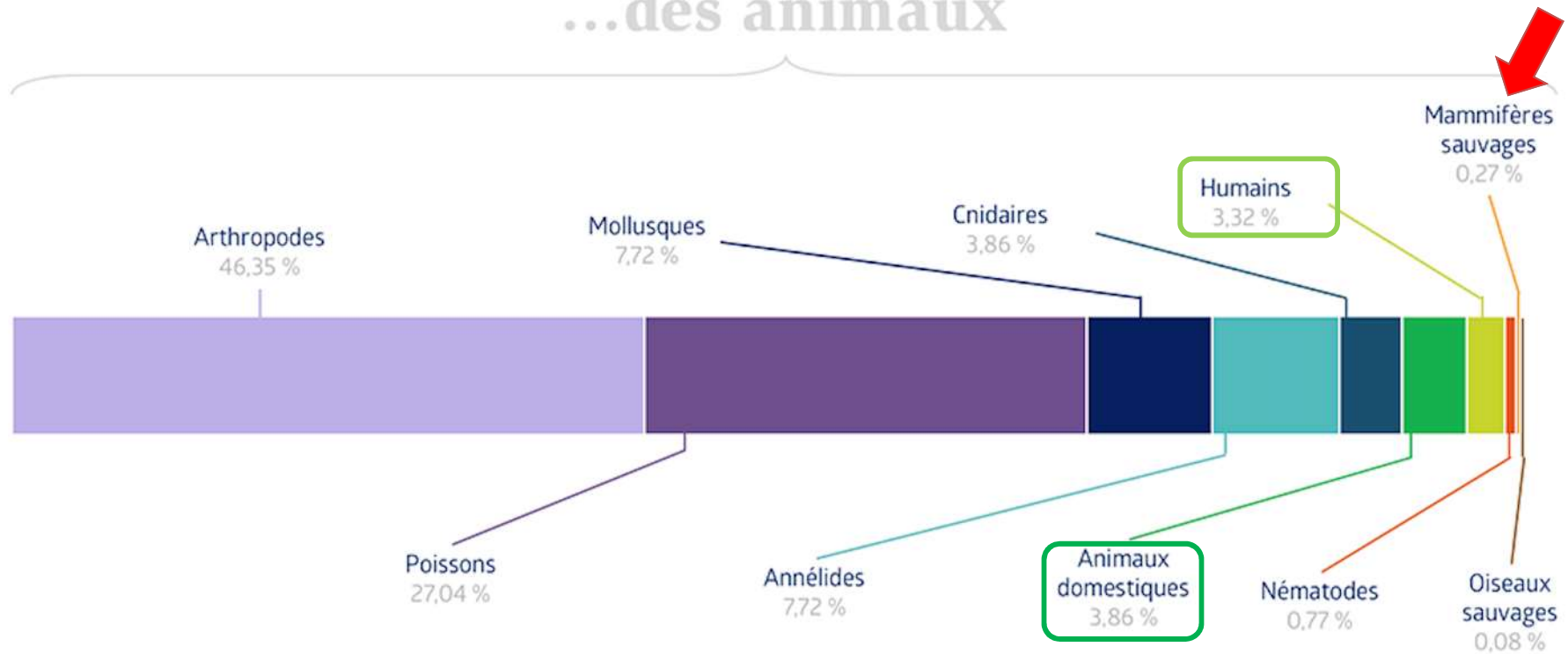
Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}



LES FAITS SCIENTIFIQUES

Les déséquilibres du monde vivant actuel

...des animaux

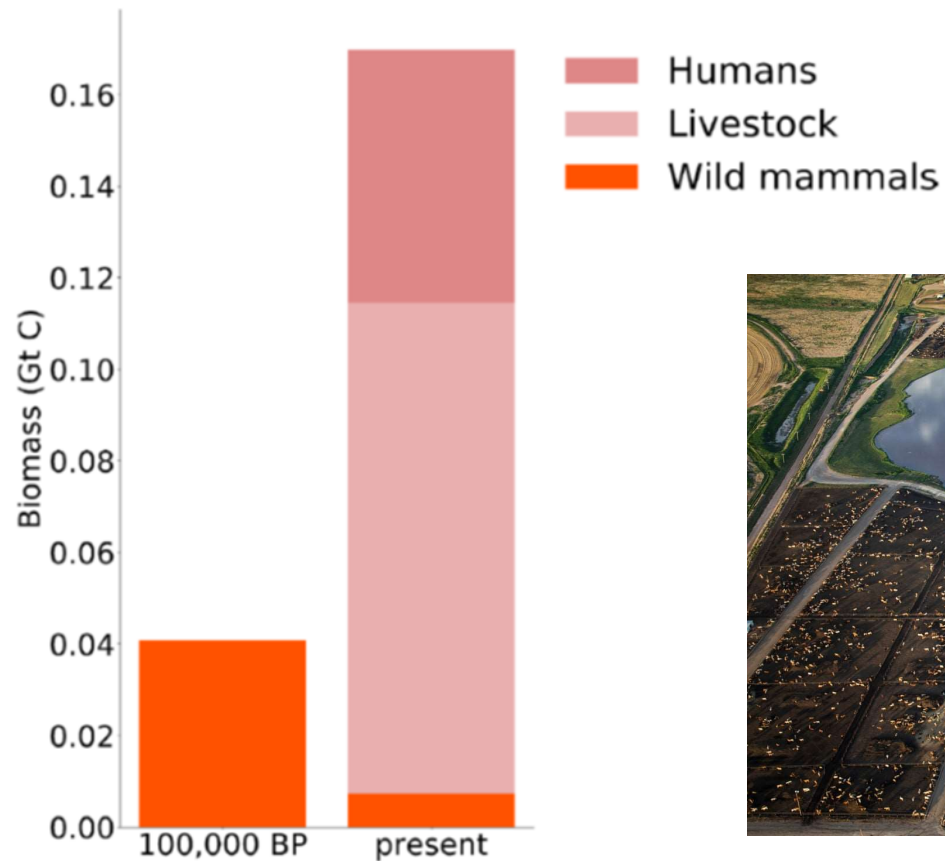


The biomass distribution on Earth

Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}

The biomass distribution on Earth

Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}



LES FAITS SCIENTIFIQUES

Mobilisation de la FRB

MAI 2020 | ACTUALITÉ | CS | BIODIVERSITÉ ET SANTÉ

[Covid-19 et biodiversité] Mobilisation de la FRB par les pouvoirs publics français sur les liens entre Covid-19 et biodiversité



© Jean-François Silvain

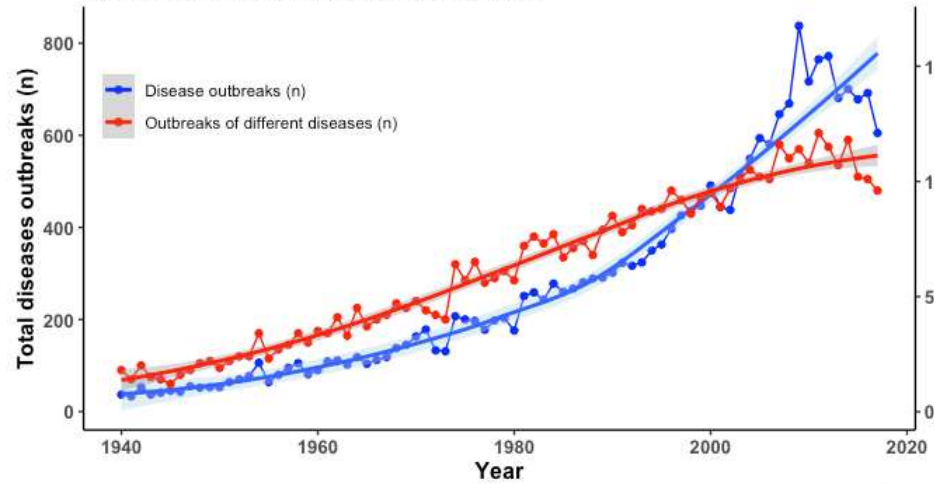
La crise sanitaire, économique et sociale associée à la pandémie Covid-19 soulève de nombreuses questions sur son origine, sa dynamique et les mécanismes qui l'expliquent. Elle pose aussi la question des éventuelles crises futures, de l'implication des enjeux environnementaux dans ce type de phénomènes et des conditions qui auraient permis, sinon de l'empêcher, du moins de mieux l'anticiper et d'en réduire les conséquences, pour mieux se prémunir lors d'une prochaine crise similaire.

Les ministères concernés et les organismes de recherche membres de l'alliance AllEnvi, ont confié à la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) et à son Conseil scientifique, élargi à des experts extérieurs, le soin d'apporter les éclairages de la communauté des sciences de la biodiversité sur la question des relations entre zoonose et état et dynamique de la biodiversité et des services écosystémiques.

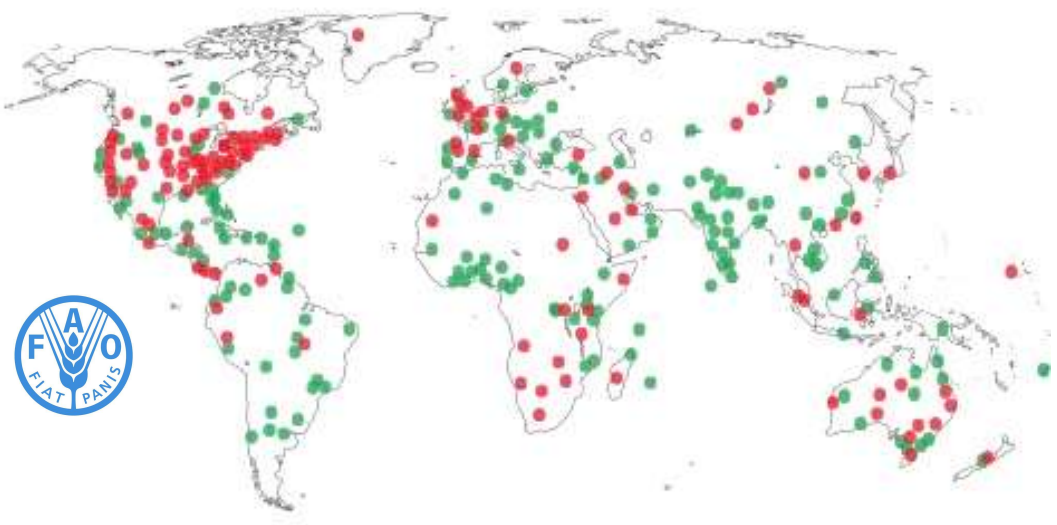
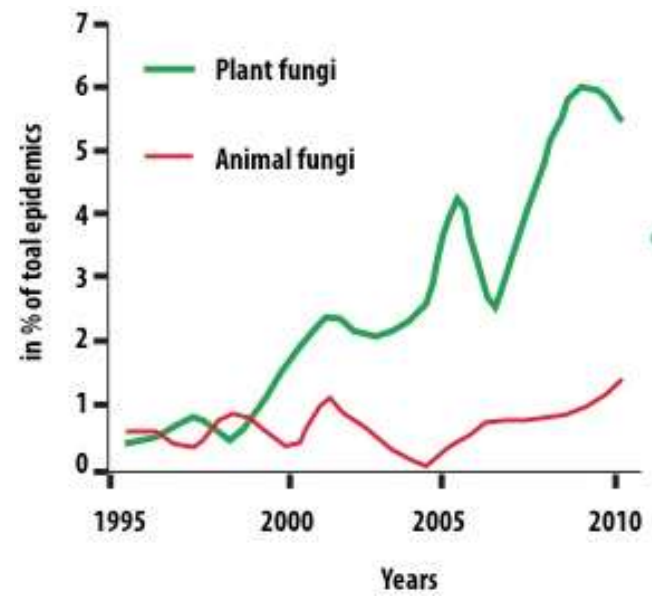
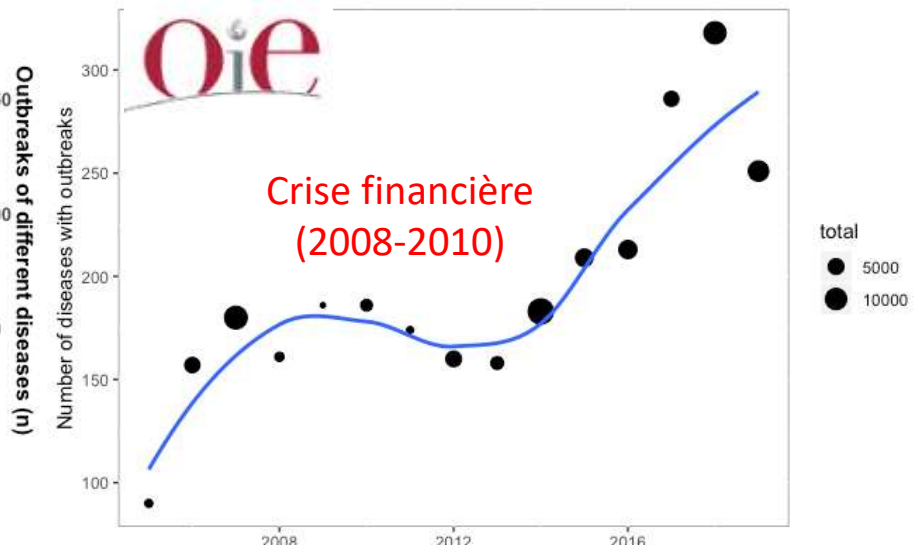
Les zoonoses sont-elles plus fréquentes et, si oui, depuis combien de temps ?

World

Global patterns of outbreaks of infectious diseases



Data source: Gideon



Quels liens peut-on faire entre zoonoses, épidémies et pandémies ?

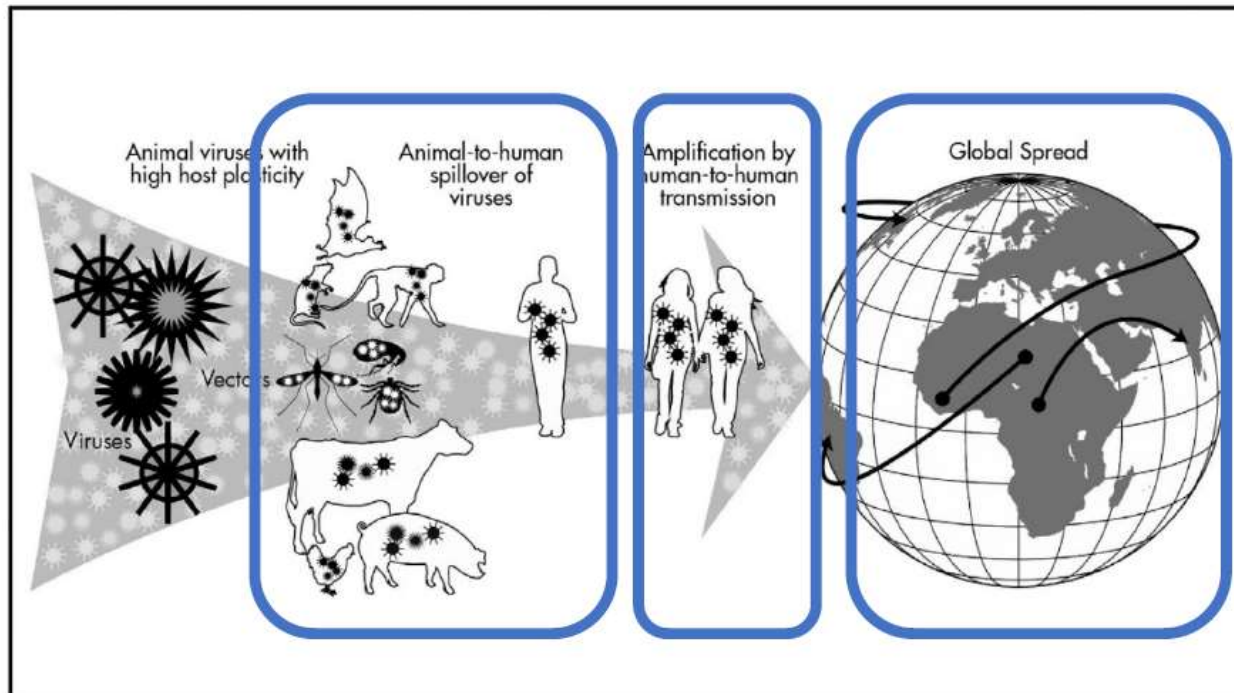
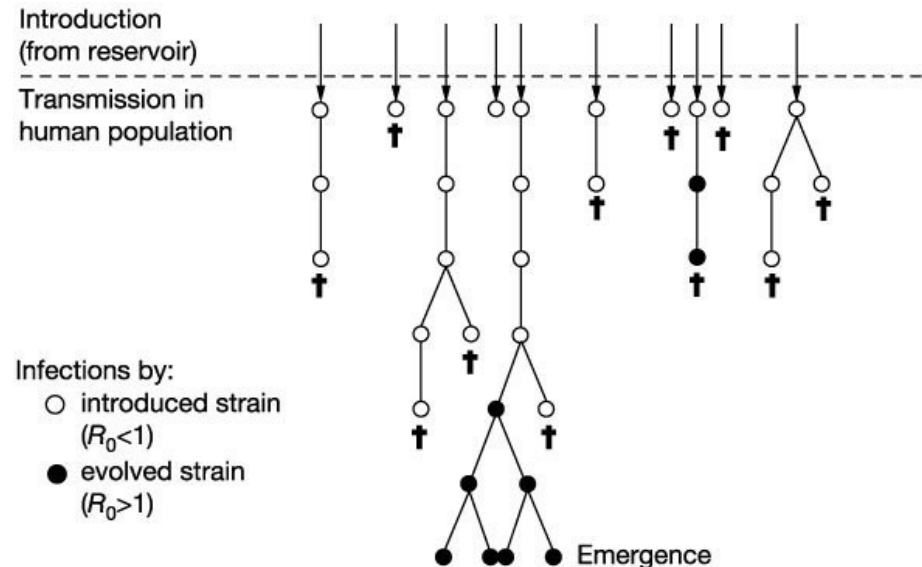


Figure 1. Pandemic properties of zoonotic viruses that spill over from animals to humans and spread by secondary transmission among humans.

Quels rôles peuvent jouer les processus co-évolutifs entre humains et pathogènes ?

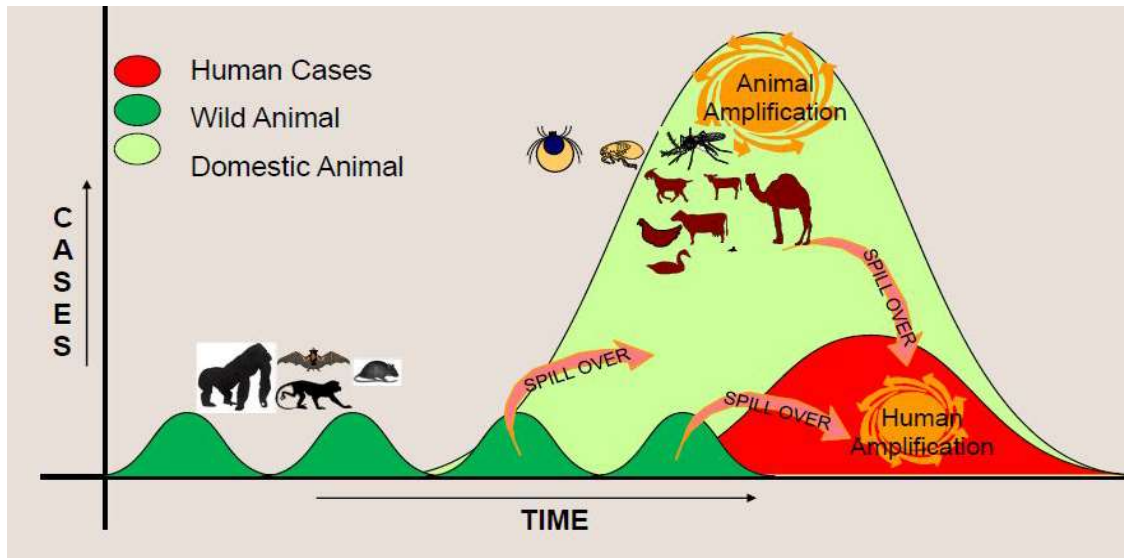


Lors d'une émergence, **la virulence observée** peut être attribuée à l'absence de coévolution entre l'humain et l'agent infectieux (exemple des hantavirus = fièvres hémorragiques). Cette virulence semble être d'autant plus forte que la distance phylogénétique entre l'humain et l'hôte animal est élevée. Les processus coévolutifs peuvent en effet mener à une diminution de la virulence du pathogène.

Les changements d'hôtes peuvent constituer des situations de rupture (« disruption ») de ces coévolutions et donc favoriser des émergences de maladies aux formes sévères (passage de la barrière d'espèce).

Peut-on considérer qu'il y a multiplication des contacts entre les humains et la faune sauvage, et pourquoi ?

Perte de diversité génétique



Commerce mondial

Destruction des milieux

Tourisme

Chasse / braconnage

Prélèvement de biomasse et d'eau

- Hausse de l'exposition humaine par contacts renforcés avec la faune sauvage, et terrain favorable au sein des populations denses, pauvres et en mauvaise santé (Guégan *et al.* 2020, *Env. Res. Let.*)

Y-a-t-il des groupes taxonomiques plus susceptibles que d'autres d'être à l'origine de zoonoses ? Si oui pourquoi ?

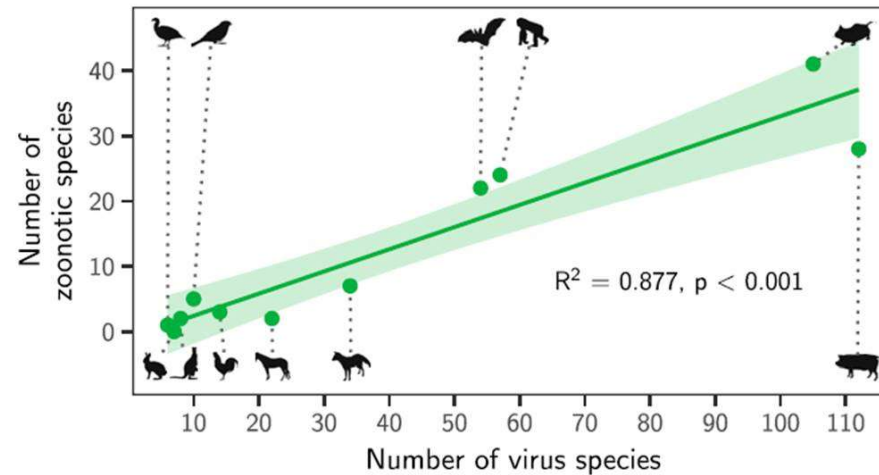
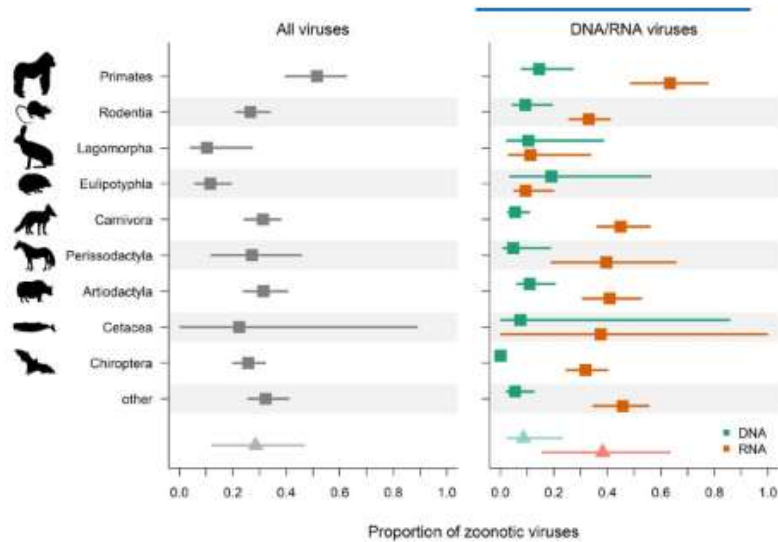
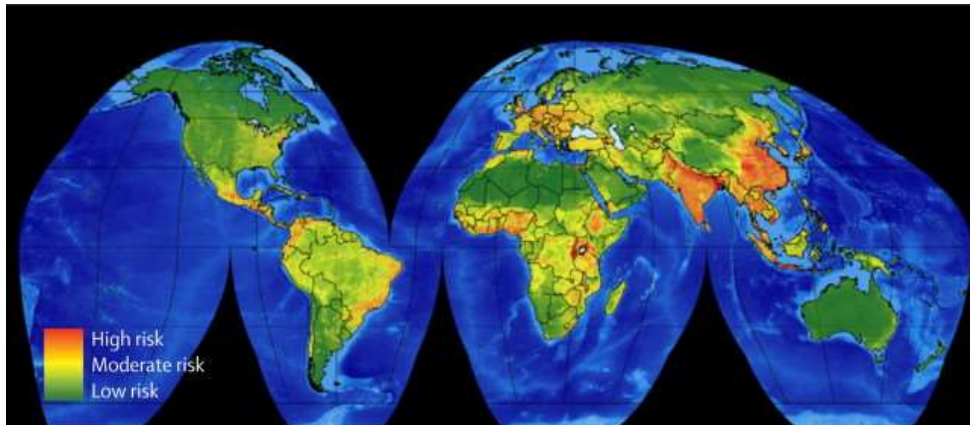


Fig. 3. Relationship between the number of virus species and the number of zoonotic species maintained by each reservoir group. The line shows a linear regression fit, with its 95% CI indicated by the shading.

- **forte proximité génétique et physiologique avec l'espèce humaine** (mammifères - primates tout particulièrement -, mais aussi d'autres vertébrés homéothermes comme les oiseaux)
- **longue cohabitation avec l'espèce humaine** : animaux domestiques (Suidae notamment), commensaux et gibier. Ainsi, le nombre de virus zoonotiques augmente avec l'ancienneté de la domestication des espèces domestiques et l'abondance des populations de mammifères adaptées aux environnements anthropisés

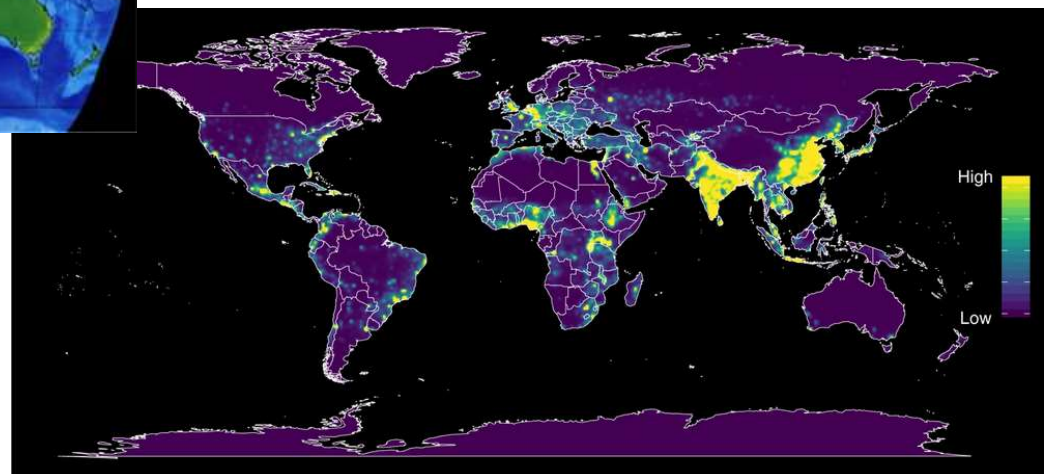
Quelle est la géographie des zoonoses émergentes ?

- Le risque infectieux est déterminé par la conjonction de ses trois composantes : le danger, l'exposition et la vulnérabilité des individus et des populations, il est renforcé dans les zones riches en biodiversité et à fort peuplement humain.
- le risque d'émergence de maladies est élevé dans les **régions de forêts tropicales, présentant une diversité élevée de mammifères et connaissant des changements d'usage des terres liés aux pratiques agricoles.**



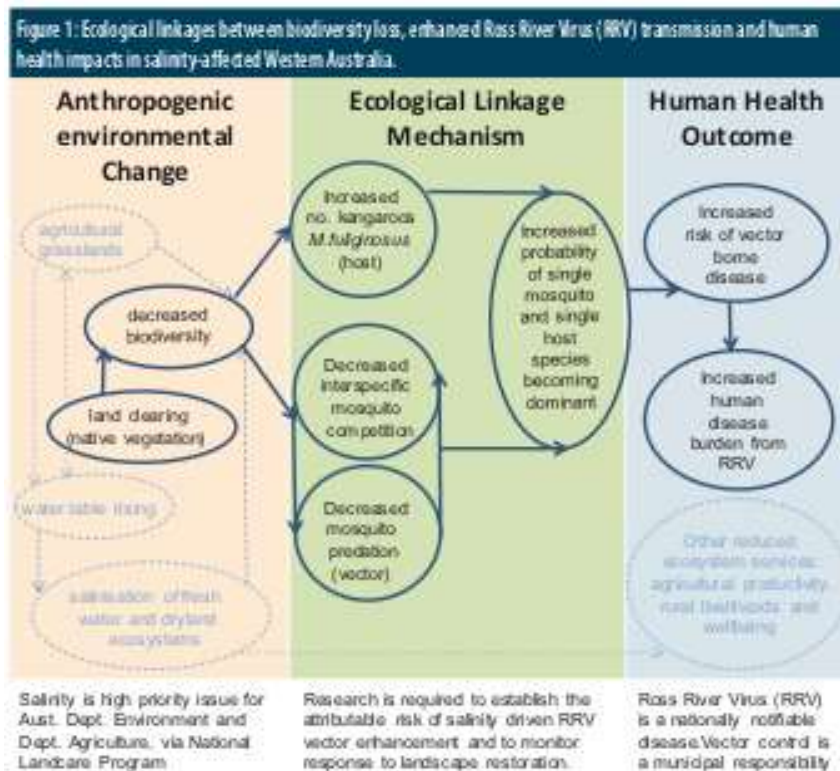
Morse *et al.* 2012

Allen *et al.* 2017



Quels liens peut-on faire entre zoonoses et érosion de la biodiversité ?

- mise en évidence croissante de corrélations entre changements environnementaux globaux, perte de biodiversité et des services de régulation associés et émergence, ou augmentation, de la prévalence de maladies infectieuses.



Ecosystem-based translation of health research: expanding frameworks for environmental health

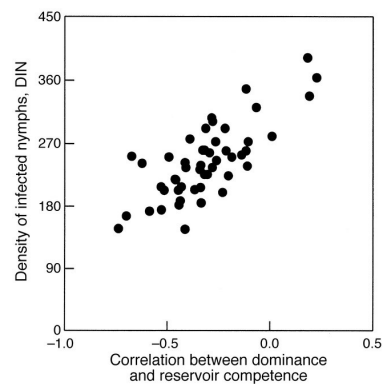
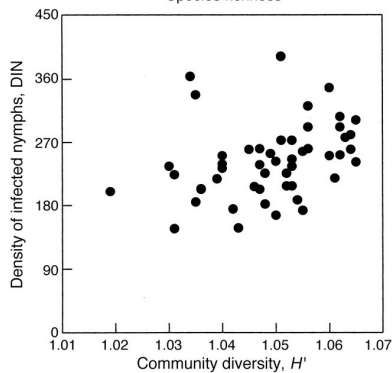
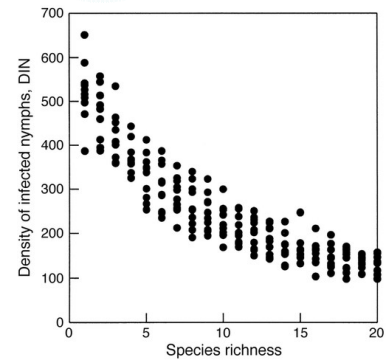
Rosemary McFarlane,¹ Colin David Butler,^{1,2,3} Simone Maynard,^{4,5} Steve Cook,⁶ Phillip Weinstein⁷

Australian and New Zealand Journal of Public Health
2018 VOL. 42 NO. 5

- **Facteurs écologiques** : destruction et fragmentation des habitats, rupture des chaînes trophiques, pollutions, stress
- **Facteurs épidémiologiques** : phénomènes de dilution et amplification associés à la perturbation et la réorganisation des communautés écologiques
- **Facteurs adaptatifs** : changements comportementaux (espèces sauvages synanthropiques : se rapprochant de l'humain) et évolutifs, par rupture des liens co-évolutifs entre hôtes et pathogènes.



Le maintien d'une biodiversité spécifique et génétique élevée constitue-t-elle une assurance vis-à-vis de l'émergence de zoonoses ?



« la richesse et la diversité des espèces hôtes jouent un rôle protecteur dans la propagation des agents pathogènes » = Les écosystèmes plus proches de structures de fonctionnements et de dynamiques naturelles comporteraient des espèces dont la charge parasitaire, bactérienne ou virale pourrait être élevée et d'autres ne permettant pas au pathogène de se transmettre.

Parallèlement, la faible diversité génétique des populations est corrélée à un meilleur succès parasitaire (prévalence et charge), pour les microparasites uniquement, mais pas pour les macroparasites (cas de populations récemment établies du gastéropode *Biomphalaria*, génétiquement appauvrie, et de l'agent zoonotique responsable de la bilharziose).

Il est assez bien admis qu'une forte diversité génétique confère aux populations de meilleures capacités de résistance aux agents infectieux et d'adaptation à de nouveaux pathogènes = la diversité génétique de la population hôte entraîne des compromis évolutifs d'adaptation pour l'agent infectieux, alors qu'une faible diversité génétique réduit ces compromis et favorise la spécialisation et l'expansion de pathogènes virulents.

Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks

Jesús Olivero¹, John E. Fa^{2,3}, Raimundo Real¹, Ana L. Márquez¹, Miguel A. Farfán¹, J. Mario Vargas¹, David Gaveau³, Mohammad A. Salim³, Douglas Park⁴, Jamison Suter⁵, Shona King⁴, Siv Aina Leendertz^{6,7}, Douglas Sheil⁸ & Robert Nasi³

Ebola virus disease (EVD) is a contagious, severe and often lethal form of hemorrhagic fever in humans. The association of EVD outbreaks with forest clearance has been suggested previously but many aspects remained uncharacterized. We used remote sensing techniques to investigate the association between deforestation in time and space, with EVD outbreaks in Central and West Africa. Favorability modeling, centered on 27 EVD outbreak sites and 280 comparable control sites, revealed that outbreaks located along the limits of the rainforest biome were significantly associated with forest losses within the previous 2 years. This association was strongest for closed forests (>83%), both intact and disturbed, of a range of tree heights (5–>19 m). Our results suggest that the increased probability of an EVD outbreak occurring in a site is linked to recent deforestation events, and that preventing the loss of forests could reduce the likelihood of future outbreaks.

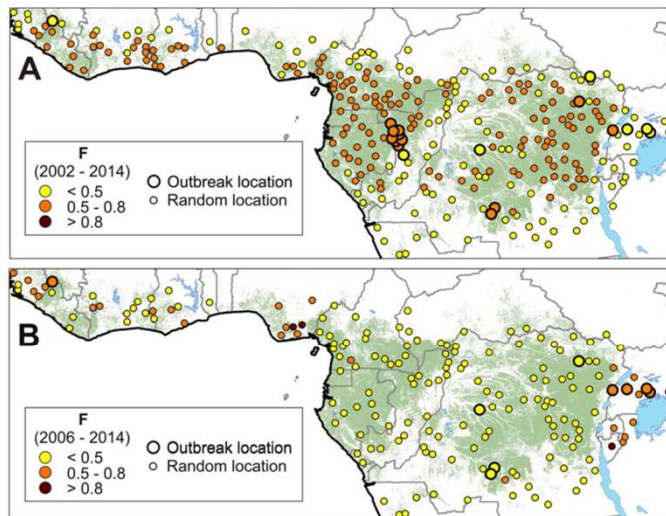


Figure 3. Models based on the basal spatial favorability (BSF) for EVD. Point colors indicate favorability (ranging 0–1). **(A)** The explanatory variable in the model for the period 2002–2014 is the environmental/zoogeographical favorability for the occurrence of Ebola virus in the wild (12). **(B)** The explanatory variable in the model for the period 2006–2014 is the rural human population density. Maps were generated using ArcGIS 10.3 (<http://desktop.arcgis.com/en/>).



Quels liens peut-on faire entre zoonoses et déforestation ?

Association between Landscape Factors and Spatial Patterns of *Plasmodium knowlesi* Infections in Sabah, Malaysia

Kimberly M. Fornace, Tommy Rowel Abidin, Neal Alexander, Paddy Brock, Matthew J. Grigg, Amanda Murphy, Timothy William, Jayaram Menon, Chris J. Drakeley, Jonathan Cox

Deforestation and Malaria in Mâncio Lima County, Brazil

Sarah H. Olson, Ronald Gangnon, Guilherme Abbad Silveira, and Jonathan A. Patz

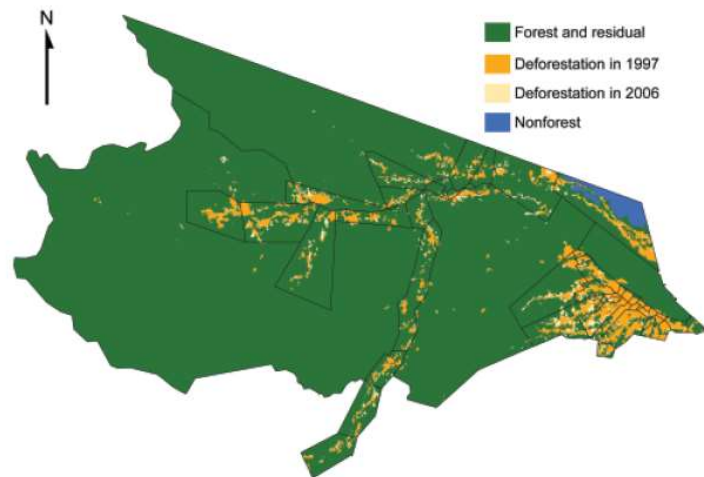


Figure 2. Deforestation trends in Mâncio Lima, Brazil, based on PRODES (Programa de Cálculo do Deflorestamento da Amazônia) 60 × 60-meter classified satellite imagery. The health districts are outlined in black. Baseline deforestation that occurred in 1997 is orange, deforestation that occurred between 1997 and 2006 is light brown, nonforested land is blue, and forested land is green.

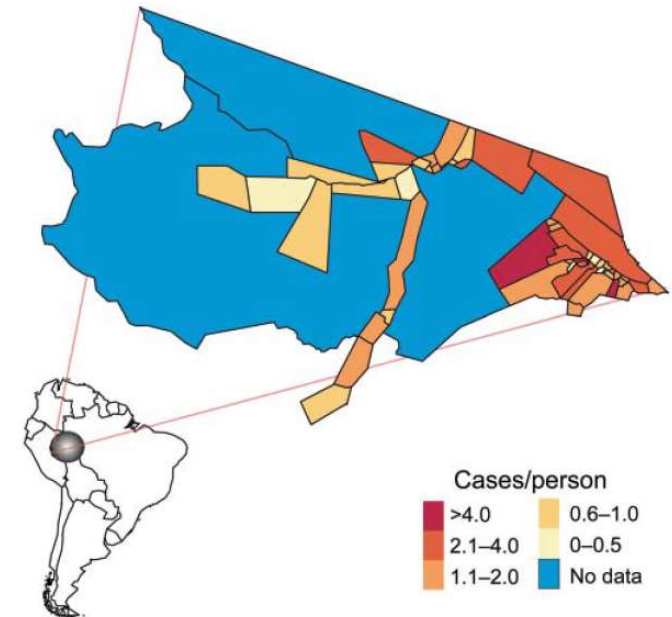


Figure 1. Mâncio Lima, the westernmost county in Brazil. The 2006 malaria incidence (cases/person) is mapped according to health districts (n = 54).

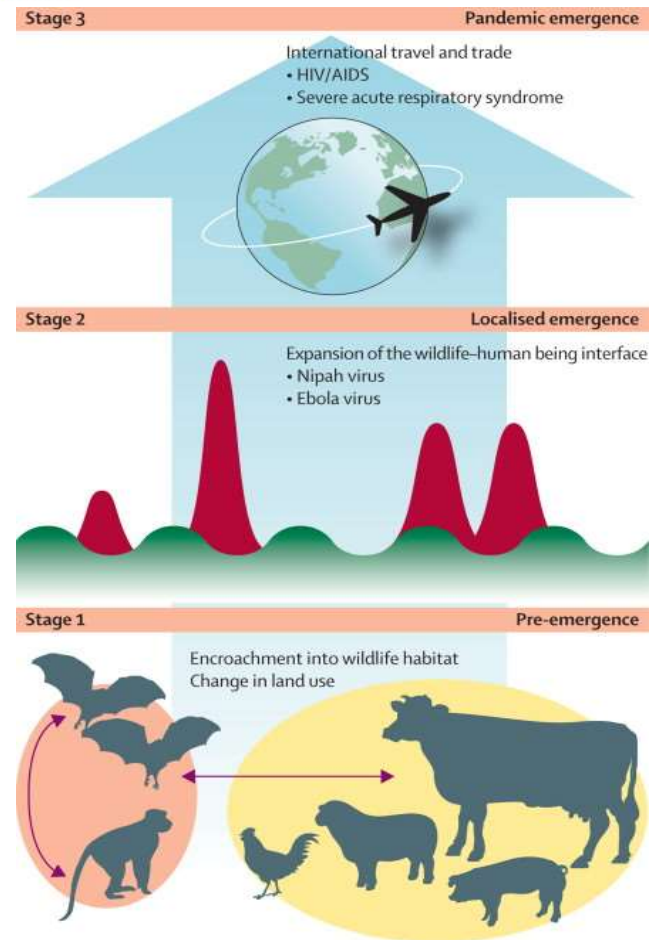


Quels liens peut-on faire entre zoonoses et infrastructures ?

- Plus une région est connectée, en termes de quantité d'infrastructure et en termes de nombre de mouvements, à longue (voie aérienne ou maritime) et courte distance (routes ou cours d'eau), plus elle peut jouer un rôle de diffuseur de pathogènes émergents à potentiel épidémique et pandémique et elle-même être la cible d'une épidémie.

Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis

Stephen S Morse, Jonna A K Mazet, Mark Woolhouse, Colin R Parrish, Dennis Carroll, William B Karesh, Carlos Zambrana-Torrel, W Ian Lipkin, Peter Daszak



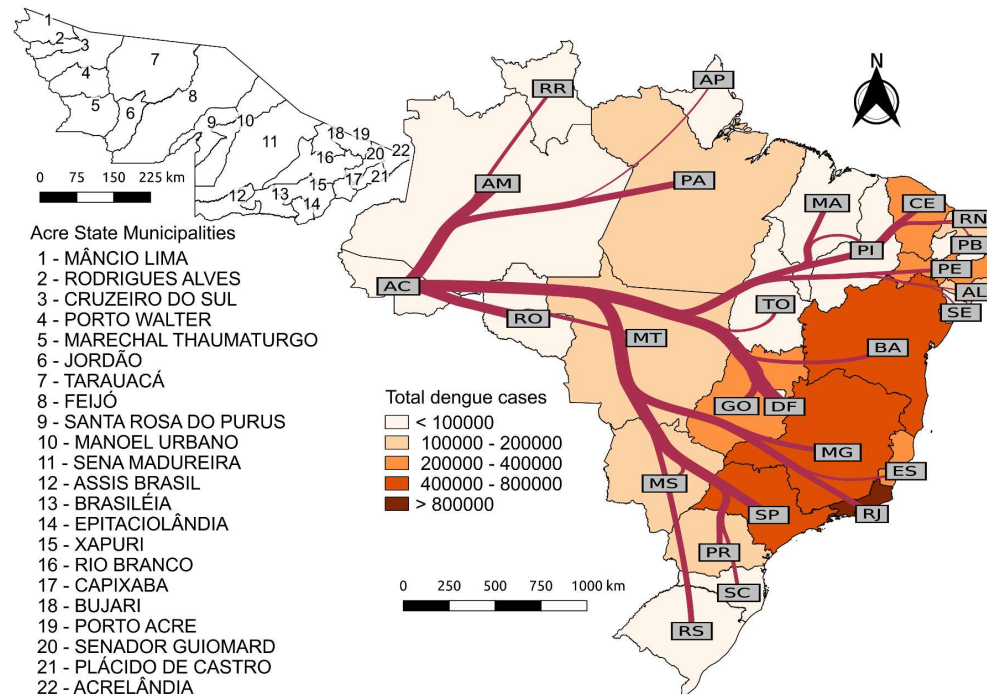
Quels liens peut-on faire entre zoonoses et infrastructures ?

- Munster et al, 2018 : Ebola en Afrique central : modification des écosystèmes dans lesquels résident les agents pathogènes par la construction de routes pour l'exploitation forestière, minière et hydroélectrique qui continue à ouvrir l'accès à des endroits éloignés en Afrique centrale, facilitant le mouvement entre des communautés auparavant isolées.



Quels liens peut-on faire entre zoonoses et urbanisation ?

- Lana et al., 2017 : L'introduction de la dengue fait suite aux modifications des infrastructures de transport et l'urbanisation rapide dans l'État d'Acre, au Brésil. La revitalisation de ses principaux axes routiers, ainsi que l'accessibilité accrue par voie aérienne à l'État et à l'intérieur de celui-ci, ont accru la vulnérabilité à la dengue. L'urbanisation non planifiée et la croissance démographique, telles qu'observées à Acre pendant la période d'étude, contribuent à créer des conditions idéales pour l'établissement du moustique *Ae. aegypti*, augmentent la difficulté du contrôle des moustiques et par conséquent sa réceptivité locale.





Y-a-t-il un lien entre multiplication des zoonoses, changement climatique et événements climatiques exceptionnels ?

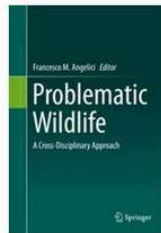
- le changement climatique peut impacter la transmission des pathogènes en influençant la **reproduction ou la survie de ces pathogènes, leurs hôtes par la modification de leur distribution et de leur mortalité, ou par la modification du mode de transmission.**
- quatre maladies infectieuses ont été identifiées comme climato-sensibles dans les régions nordiques (**borréliose, encéphalite à tiques, maladie de la langue bleue et fasciolose**)
- Des virus ou bactéries emprisonnés depuis des milliers/millions d'années par la glace peuvent réapparaître avec **le dégel du permafrost**





Quel lien peut-on faire entre zoonose, consommation de viande d'espèces sauvages et contrebande associée aux pharmacopées traditionnelles ?

Le lien entre consommation et commerce de la viande de brousse et maladies infectieuses émergentes a été établi dans de nombreux cas (tels que le passage du SIV vers HIV, Ebola ou le SRAS) : **conditions de stress** liées à la capture et détention des animaux et **contact avec les animaux sauvages** engendré par la chasse, la mise en captivité ou la préparation des carcasses.



[Problematic Wildlife](#) pp 507-551 | [Cite as](#)

Bushmeat and Emerging Infectious Diseases: Lessons from Africa

Authors

Authors and affiliations

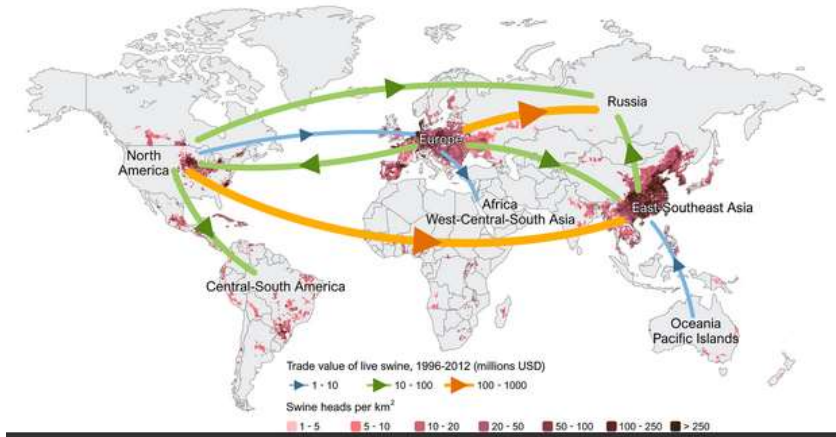
Laura A. Kurpiers, Björn Schulte-Herbrüggen, Imran Ejotre, DeeAnn M. Reeder 

Structuration du commerce de la viande de brousse en grands marchés urbains, au niveau régional et s'étend désormais à l'échelle internationale via les routes commerciales aériennes et maritimes. Pour satisfaire cette demande, les volumes de gibier concernés et la diversité des espèces vendues sont très importants.

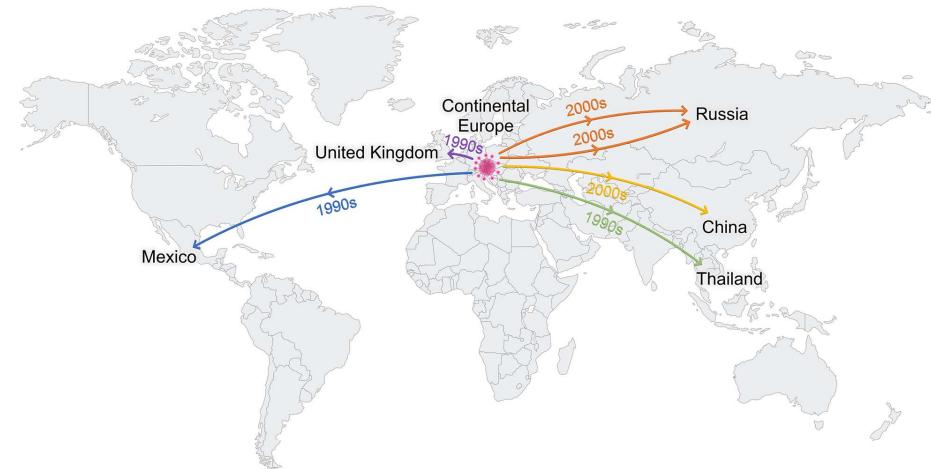
- Un tel contexte (volume et diversité élevés, concentrations humaines) constitue des conditions favorables à l'apparition et la transmission de pathogènes.

Agriculture, élevage et zoonoses

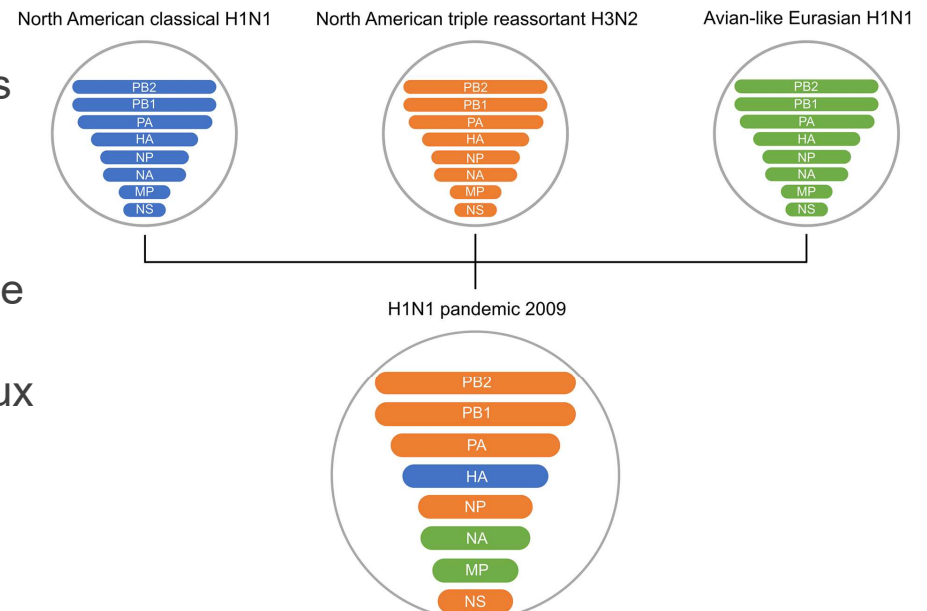
C. Global live swine trade



A. Global migration of IAV-S



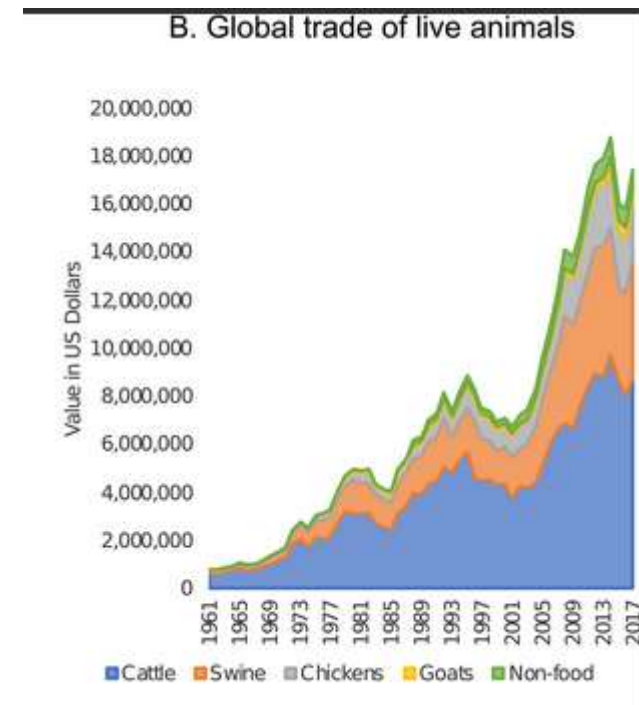
B. Reassortment between lineages



- Augmentation exponentielle des populations de bétail/volaille au cours des dernières décennies.
- Accroissement des transports de produits animaux et d'animaux vivants à large échelle
- animaux domestiques = compartiment de plus en plus grand et donc plus favorable aux épidémies.

De nombreuses publications ont établi des liens entre le **risque infectieux et l'intensification de l'élevage**, et plusieurs risques certains semblent faire consensus :

- La coexistence spatiale proche entre élevage et faune sauvage ;
- La concentration des animaux et l'hypothèse que l'augmentation des densités d'humains, de cultures et de bétail a le potentiel d'augmenter à la fois l'incidence et la gravité des maladies infectieuses;
- La perte de diversité génétique ;
- les conditions d'élevage génératrices de stress
- La dépendance au commerce international.



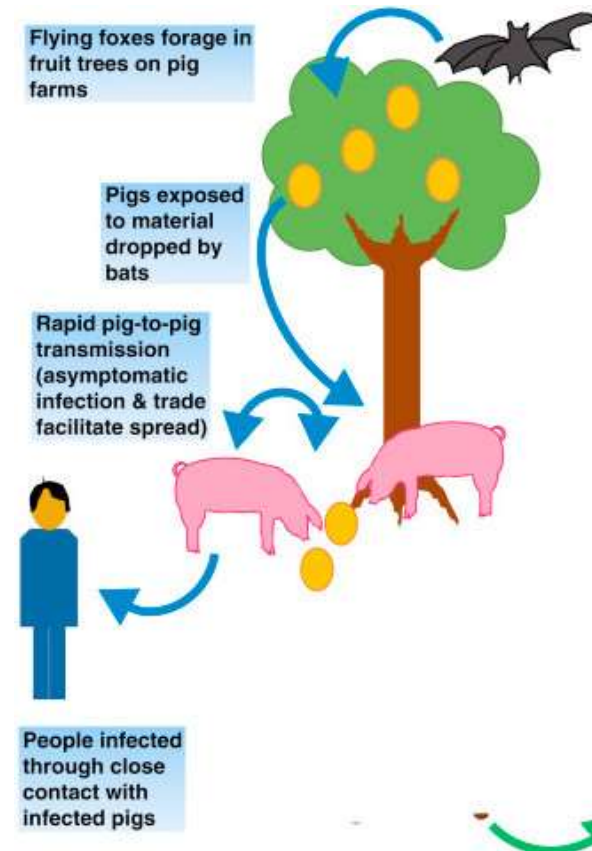
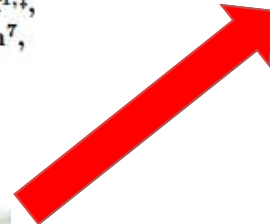
Grâce à la biosécurité, les risques d'émergence sont moins fréquents, mais quand l'émergence se produit, une maladie peut se propager rapidement du fait de la combinaison des facteurs de vulnérabilité à l'intérieur de ces élevages



Quels liens peut-on faire entre zoonoses et agriculture ?

Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: a lethal bat-borne zoonosis

Juliet R. C. Pulliam^{1,2,†}, Jonathan H. Epstein³, Jonathan Dushoff^{1,‡},
Sohayati A. Rahman^{4,5,§}, Michel Bunning⁶, Aziz A. Jamaluddin⁷,
Alex D. Hyatt⁸, Hume E. Field⁹, Andrew P. Dobson¹,
Peter Daszak^{3,*} and the Henipavirus Ecology Research
Group (HERG)^{3,¶}



COMMENT AGIR

La gestion ou l'éradication des espèces et populations sauvages susceptibles d'être à l'origine de zoonoses est-elle une alternative envisageable ?

L'élimination indiscriminée d'individus à de larges échelles a le plus souvent des effets négatifs en relation avec l'effet de perturbation, qui conduit à augmenter le risque de maladie.

- Echinococcose = déstructuration des populations de renards
- Echec relatif, en matière de réduction de la prévalence de la tuberculose bovine,
- Tentatives infructueuses de réduction des populations de blaireaux en Angleterre = le gouvernement britannique vient de renoncer à ces pratiques, mal acceptées par la société.
- En Ouganda, élimination quasi complète d'une population locale de roussettes, après des cas de fièvres hémorragiques (virus Marburg), en 2008, et la fermeture des grottes qui les abritaient, = 4 ans plus tard, grave épidémie de virus Marburg associée au retour d'une population de chauves-souris beaucoup plus infectée qu'en 2007-2008.

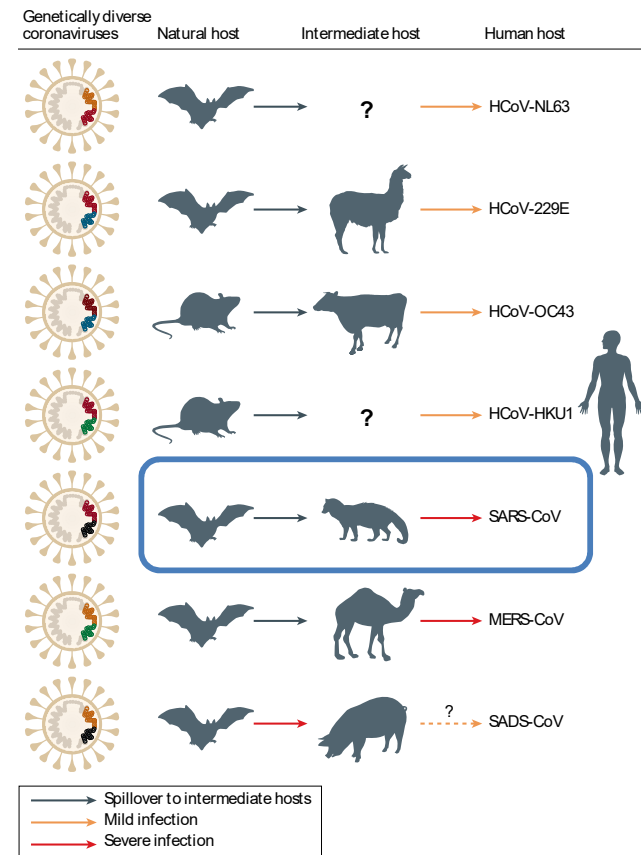


Fig. 2 | Animal origins of human coronaviruses

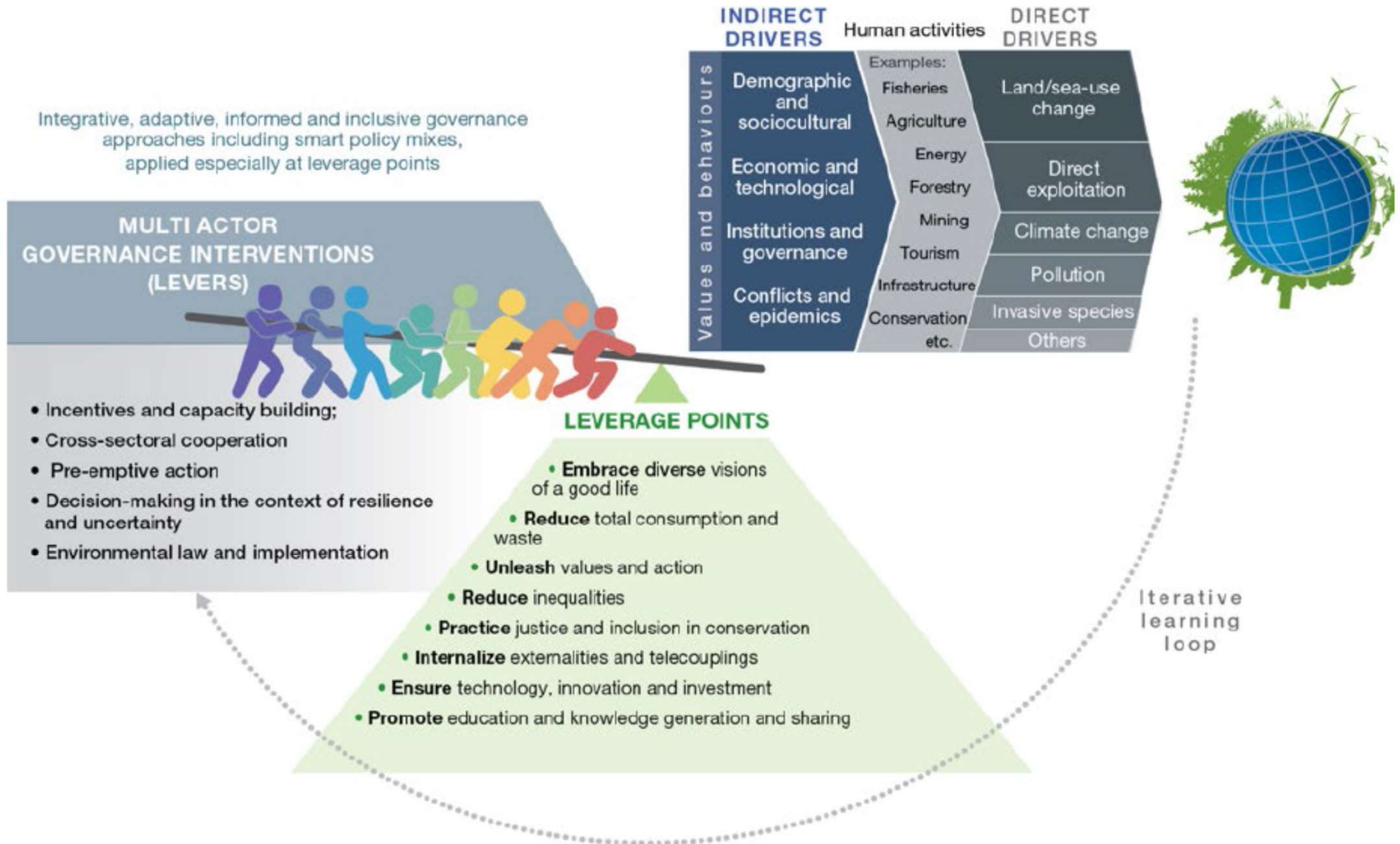
Origin and evolution of pathogenic coronaviruses

Jie Cui¹, Fang Li² and Zheng-Li Shi^{1*}

Cui *et al.* 2018. Nature Rev. Micro. 17: 181-192.

COMMENT AGIR ?

Diminuer les pressions sur la biodiversité





COMMENT AGIR ?



- développer les méthodes (et modèles) de prédiction des zoonoses, et sur quelles bases, ou faut-il privilégier la surveillance des signaux faibles annonciateurs d'une possible zoonose :
 - **cartes de risques d'émergence** (danger, exposition et vulnérabilité des populations) = lien avec les zones de forêts tropicales, les zones à haute richesse en espèces de mammifères et celles liées aux variables en lien avec le changement d'utilisation des terres vers l'agriculture.
 - **recherches sur la présence d'hôte ou de commensaux** de l'espèce humaine ou inféodées à l'espèce humaine d'une façon générale (espèces dites synanthropiques) et sur les zones où surviennent des ruptures d'interactions entre les équilibres écosystèmes, agriculture/élevage et urbanisation = mieux localiser ces risques se tenir à distance des hôtes potentiels de zoonoses et faire de même dans la mesure du possible en ce qui concerne les animaux d'élevage et les animaux de compagnie.

- 940 396 nouveaux cas de **leishmaniose cutanée et muqueuse** ont été signalés par 17 pays d'Amérique du sud et centrale de 2001 à 2017, notamment dans le bassin amazonien (forêt ombrophile néotropicale) (une région à la biodiversité élevée et à forts noyaux de populations humaines)

Chavy et al. (2019) ont produit une carte des risques à partir de modèles qui montrent que les deux facteurs explicatifs de transmission les plus déterminants sont la densité de population et l'empreinte humaine (= zones forestières perturbées)

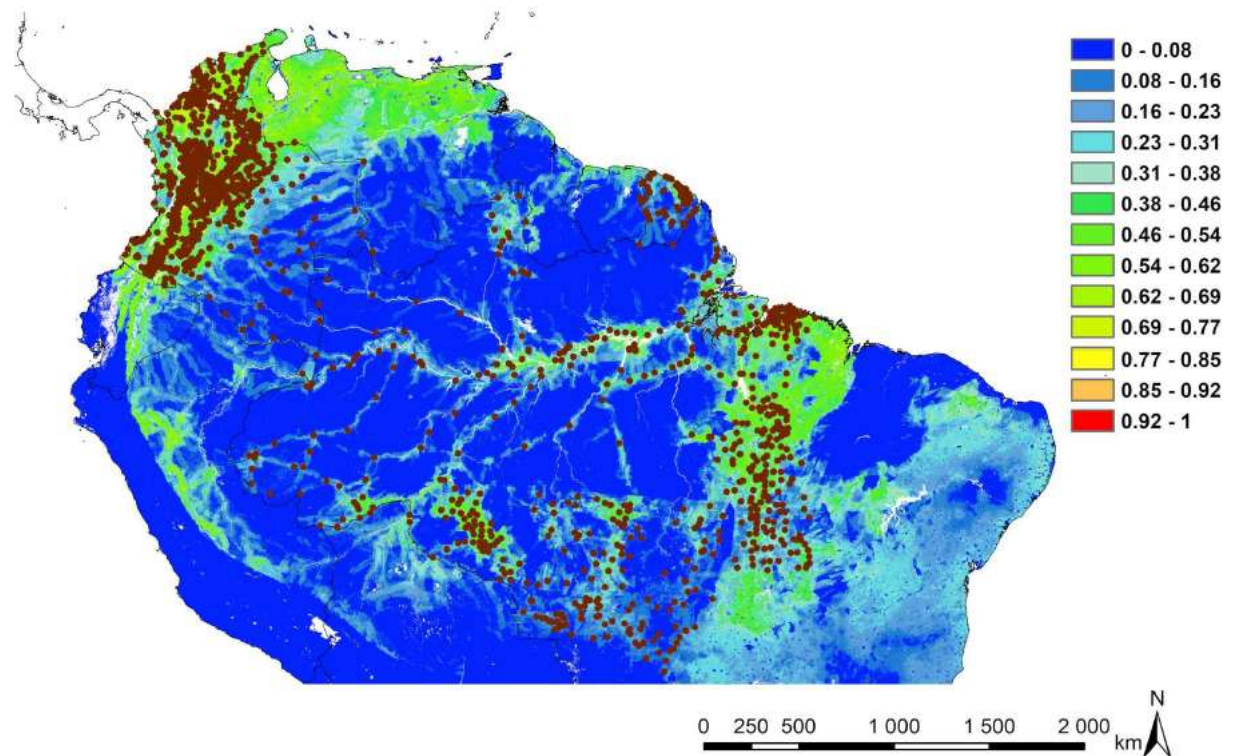


Fig 3. Risk map for the Amazonian model. The risk area prediction maps are calculated using the Habitat Suitability Index (HSI) calculated between 0 and 1. Increasing suitability follows a gradient from colder to warmer colours. Cases of CL are represented by brown dots. Map made with ArcMap 10.4.



COMMENT AGIR ?



- Diminuer les contacts entre l'homme, ses animaux domestiques et la faune sauvage :
 - **Réduire le commerce illégal** d'espèces sauvage
 - **Réduire la consommation de viande de brousse** incluant des espèces impliquées potentiellement dans la zoonose, gestion raisonnée et fondée sur les données scientifiques des populations de ces espèces.
 - **Réglementer** la chasse, la manipulation, la consommation et surtout le commerce d'espèces sauvages potentiellement hôtes de pathogènes.
 - **Mettre à profit les connaissances acquises** sur le comportement de ces hôtes peuvent être mises à profit pour éviter de leur fournir ressources ou habitats et se prémunir contre les risques de contamination (cas des *Pteropus*, source du virus Nipah en Asie).
 - **Mieux gérer les déchets et les ressources alimentaires** peut permettre d'éviter d'attirer des espèces sauvages à proximité des habitations et donc les risques de transmission.



COMMENT AGIR ?



- **Renforcer l'éducation**, notamment des enfants, pour réduire les risques d'interactions directes avec des composants de la faune sauvage en les dissuadant de les manipuler.
- **Vacciner**, lorsque c'est possible, les humains, les animaux domestiques ou d'élevage et aussi les hôtes sauvages (cf. rage en Europe et dans le Nouveau Monde, fièvre aphteuse en Afrique du sud, virus de la forêt de Kyasanur, virus Nipah, etc.).



COMMENT AGIR ?

Le développement des aires protégées peut-il contribuer à limiter les zoonoses ?








- **Accroître les aires protégées :**
 - création de nouvelles aires,
 - expansion de celles existantes
 - renforcement de leur niveau de protection, c'est-à-dire la réduction des activités humaines en leur sein, dans un contexte général d'affaiblissement de ces niveaux de protection au niveau mondial
 - limiter les activités humaines de prélèvements et d'exploitation, et donc prendre en compte et gérer les besoins de certaines populations en matière de viande sauvage
 - établir les stratégies de protection aux échelles territoriales pertinentes en favorisant le dialogue avec les populations locales, qui peuvent être des acteurs de la protection et de la régulation des accès

- **Mieux réguler les activités touristiques et récréatives sources de contact entre Hommes et faune sauvage et de passage de pathogènes dans les deux directions**



QUEL MONDE VOULONS-NOUS ?

Les interactions humains / non-humains

| SHOULD WE ... | Roots | | | Challenges | | Consequences | | |
|---|--|-----------------|----------------------------|---|---|---|---------|-------|
| | INTRINSIC VALUE | CONSERVATION | WILDERNESS | ECOSYSTEM SERVICES (ES) | | EVOLUTIONARY TRANSITIONS | IMPACTS | |
| abandon attempts at biodiversity conservation? | None | None | None | Runaway consumption of biodiversity resources |  | Blind Anthropocene | Minor | Major |
| conserve for the resilience of future human generations? | Human fitness | Anthropocentric | None | Long-term provisioning and regulating ES |  | Deliberate Anthropocene | Major | Major |
| conserve for the immediate well-being of human individuals? | Human well-being | | Scenic wilderness | Short-term provisioning and cultural ES |  | | | |
| conserve for the well-being of future human generations? | Human well-being and fitness | | Scenic wilderness | Long-term provisioning, regulating, and cultural ES |  | | | |
| conserve for the well-being of future human generations and nature? | Human well-being and fitness Nonhuman fitness | Evocentric | Wildness beyond wilderness | Long-term evolutionary trajectories beyond ES |  | Deliberate overcoming of the Anthropocene | Major | Minor |

Sarrazin F. & Lecomte J. *Science*, 2016



Biodiversité et maladies infectieuses : rôle de l'OFB

18 Juin 2020

(Webinar)

Interventions de l'OFB dans le cycle des maladies infectieuses

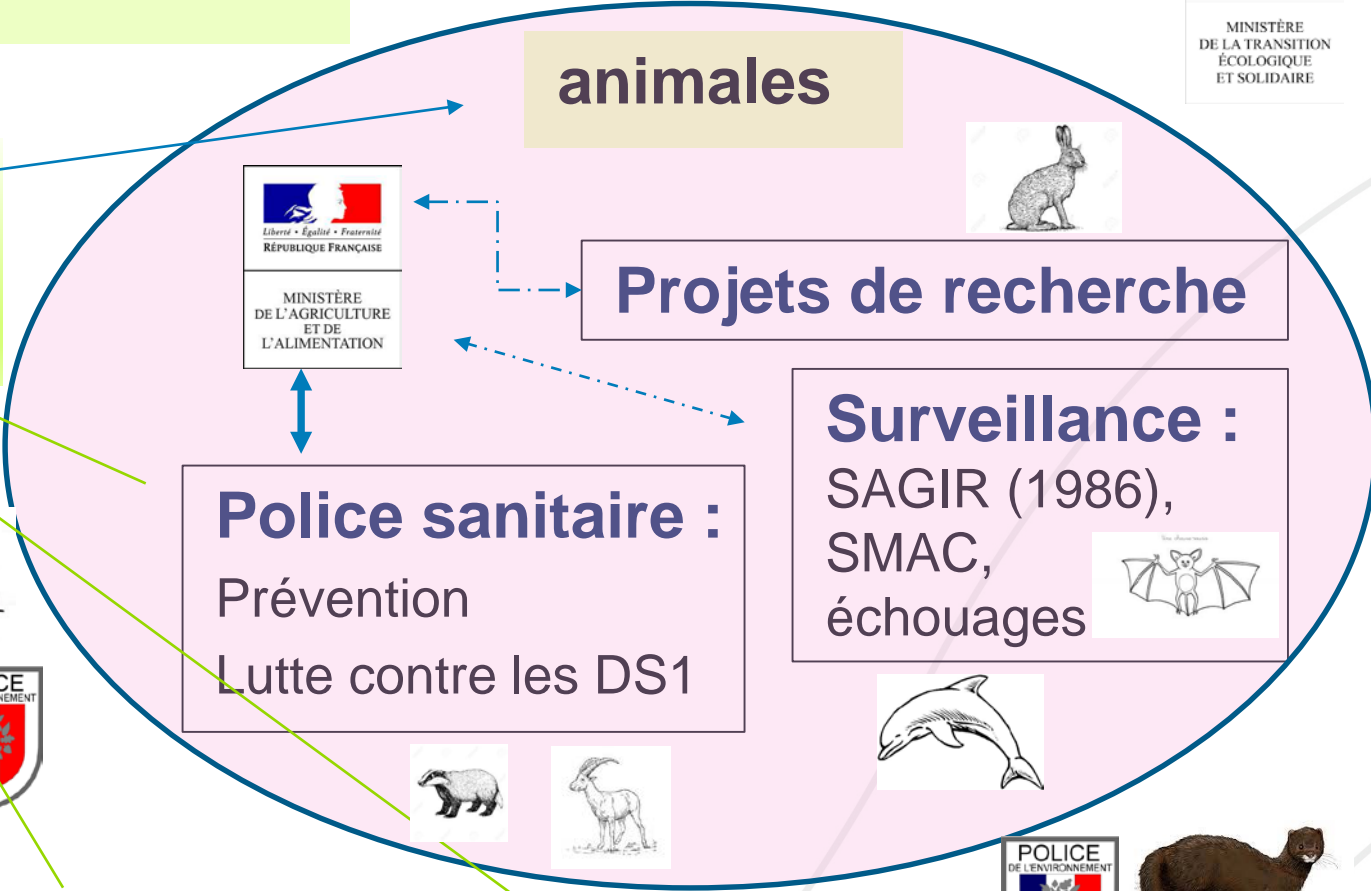


PNSE

humaines



Maladies infectieuses



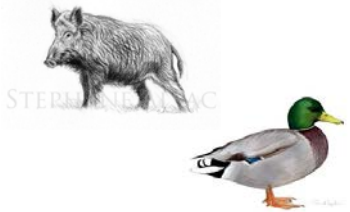
Actions sur les habitats



Actions en dynamique de populations animales

La biodiversité source de matières premières

Les trafics d'animaux : sources d'agents pathogènes





MERCI POUR VOTRE ATTENTION

PROCHAIN WEBINAIRE du Cycle « Nature en ville et biodiversité »

Webinaire n°6– Jeudi 25 Juin de 12h à 12h45

« BIODIVERSITÉ, GOUVERNANCE LOCALE ET IMPLICATION
CITOYENNE »

Grégoire LOÏS, Vigie-nature, MNHN (sciences participatives)

Mina CHARNAUX, Eurométropole de Strasbourg (végétalisation participative « Strasbourg ça pousse »)

