



**CESAB**  
CENTRE DE SYNTHÈSE ET D'ANALYSE  
SUR LA BIODIVERSITÉ

# Fiche résultat



## BIODIS

### Biodiversité et maladies infectieuses émergentes : des liens complexes et paradoxaux

Porteurs du projet : Jean-François GUÉGAN , IRD (FR) / Benjamin ROCHE, IRD (FR) / James N. MILLS, Emory University (US)

Postdoctorant : Gabriel Ernesto GARCIA-PENA, National and Autonomous University of Mexico (MX)

Début et fin du projet : 2013-2015

Co-financements : Total Foundation  , Diversitas 

**La très grande majorité des maladies infectieuses humaines sont d'origine animale. Comment les agents pathogènes se transmettent-ils ? La biodiversité est-elle la principale cause de ces maladies ? Le Cesab a réuni dans le cadre du projet Biodis des experts de différents horizons pour donner des éléments de réponse à ces questions.**

#### Contexte et objectifs

60 à 75 % des maladies infectieuses émergentes sont d'origine animale. Intuitivement, ces virus ou bactéries devraient être plus importants dans les zones riches en biodiversité. Néanmoins, l'émergence de ces pathogènes est souvent associée à une perte de biodiversité, principalement liée aux activités humaines. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer ce phénomène, notamment la théorie de l'effet de dilution qui voit la circulation des agents pathogènes être



diluée au contact d'une grande biodiversité. Jusqu'à aujourd'hui, la plupart de ces recherches sont restées théoriques et les données pertinentes pour tester ces hypothèses n'ont pas pu être utilisées à bon escient à cause d'une forme de cloisonnement entre disciplines. La meilleure façon de comprendre ces relations entre la biodiversité et les maladies infectieuses émergentes reposent pourtant sur une collaboration inter-institutionnelle et inter-disciplinaire mettant en avant les échanges de bases de données et leur exploitation.

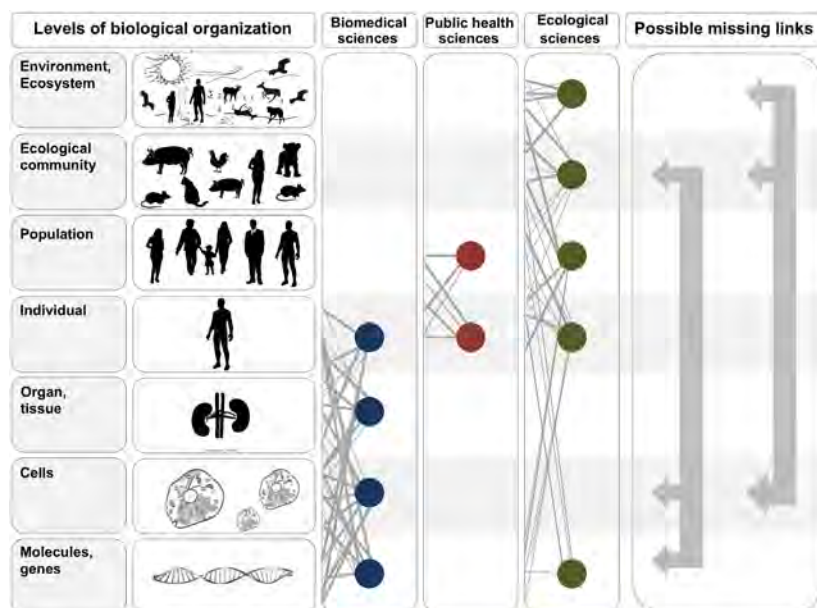
### Méthode et approches utilisées pour le projet

Le Cesab a permis de réunir des écologues, des experts en santé publique, des vétérinaires, des modélisateurs et des parasitologues, travaillant dans différentes régions du monde (Amérique du Sud et centrale, Afrique, Europe). Durant les différentes réunions, les chercheurs ont analysé le rôle de la biodiversité dans la transmission des maladies infectieuses émergentes à différentes échelles spatiales et organisationnelles.

Du programme Biodis sont nés différents projets internationaux comme le projet mexicain « Biodiversité et risques infectieux émergents ». Par ailleurs, Biodis a répondu à deux appels d'offre de l'ANR. Le Cesab a été l'un des tous premiers centres à sélectionner un projet de recherche biodiversité/maladies infectieuses émergentes, reconnaissant ainsi l'excellence des chercheurs français dans ce domaine. Référence stable et permettra de s'affranchir des problèmes de sémantique.

### Principales conclusions

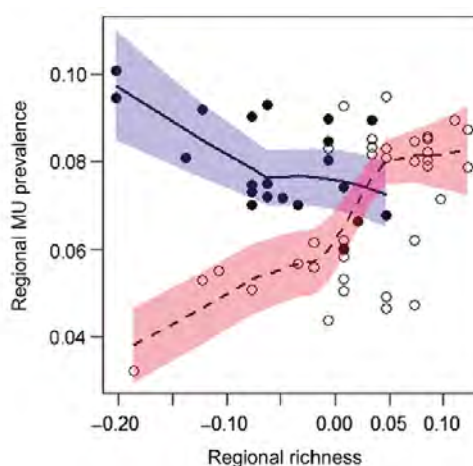
- Biodis a montré que l'effet de dilution est vrai dans 75 % des situations.
- L'effet d'amplification, qui voit le risque d'épidémie augmenter avec la diversité d'espèces présentes, a été quant-à-lui vérifié dans 25 % des situations.
- Les phénomènes de dilution et d'amplification peuvent néanmoins coexister dans une même région en fonction notamment de l'hétérogénéité spatiale comme le montre le travail sur *Mycobacterium ulcerans*.



**Figure 1 :** Cette figure résume l'un des résultats importants de notre groupe de travail interdisciplinaire. Elle illustre l'importance des différents niveaux d'organisation biologique dans la recherche sur les agents pathogènes d'origine

zoonotique. Dans les deux panneaux de gauche, nous décrivons l'organisation biologique des systèmes vivants, depuis les molécules et les gènes jusqu'aux écosystèmes. Chaque niveau hiérarchique reflète une augmentation de la complexité organisationnelle, où chaque niveau est composé principalement des unités du niveau précédent. Les deux encarts centraux illustrent comment les recherches sur les interactions entre agents infectieux et systèmes hôtes diffèrent entre les sciences biomédicales, la santé publique et les sciences écologiques. Les disques de couleur et les lignes pleines liant ces disques donnent une idée des recherches réalisées dans les différents domaines d'activité et par niveau organisationnel. L'encart le plus à droite donne une indication sur les recherches associant différents niveaux d'organisation, et manquant actuellement. Pour améliorer la connaissance sur les causes et les conséquences des maladies infectieuses d'origine animale ou environnementale, nous suggérons que les recherches futures devraient aujourd'hui se focaliser sur ces liens manquants, prenant tous mieux en compte les niveaux les plus haut dans la hiérarchie de l'organisation du vivant (Ezenwe *et al.*, 2015).

Un des résultats majeurs du groupe a été de démontrer la pertinence de considérer l'échelle spatiale. Une analyse sur la présence et l'abondance d'un agent pathogène humain, *Mycobacterium ulcerans*, naturellement présent dans l'environnement aquatique a été réalisée au sein de 16 sites de la région d'Akonolinga au Cameroun. Cette étude représente à ce jour l'une des plus complètes pour comprendre le phénomène de dilution à un niveau régional. Deux types d'écosystèmes ont été identifiés : les rivières (écosystème lotique ou courant) et les marécages et zones alluviales (écosystème lentique ou lent). Il a été montré que ces deux types d'écosystèmes fonctionnent différemment vis-à-vis de la transmission de la mycobactérie ; pour des mêmes richesses en espèces, les écosystèmes lentiques tendent à voir diminuer la prévalence de cet agent infectieux alors que les écosystèmes lotiques, au contraire, connaissent une augmentation des prévalences. Dans une même région, deux types d'écosystèmes aquatiques, et ce pour un même agent pathogène, fonctionnent très différemment vis-à-vis des relations entre biodiversité et transmission infectieuse. Ce travail a permis de montrer l'importance de la dimension spatiale et de son hétérogénéité pour comprendre les liens entre la biodiversité et l'écologie de la transmission infectieuse de pathogènes émergents.



**Figure 2 :** La relation entre la richesse régionale des taxa hôtes et la prévalence de *Mycobacterium ulcerans* est substantiellement différente entre les systèmes lotiques (rond ouvert, ligne pointillée et polygone rouge) et lentiques (rond noir, ligne pleine et polygone bleu). La relation prévalence de *M. ulcerans* et richesse régionale en taxa hôtes est positive dans les environnements aquatiques lotiques et négative dans les environnements lentiques. A un niveau régional dépendant du type d'écosystème et de l'hétérogénéité d'habitats, des relations biodiversité-maladies opposées peuvent être rencontrées. Les ronds et polygones représentent

respectivement la prévalence de la mycobactérie et son erreur standard, tels que prédits par le modèle linéaire généralisé (Garcia-Pena *et al.*, 2016).

### **Impact pour la science et la société, la décision publique et privée**

Plusieurs membres ont porté les résultats et les concepts de ce groupe de travail dans la sphère décisionnelle. Jean-François Guégan a participé au rapport écrit sur les « Liens entre la santé et la biodiversité », supervisé par Patrick Lavarde, Eric Fouquet et Philippe Maler (rapport N°008095-01) du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (avril 2013), et il continue toujours à intervenir sur ce même thème pour ce ministère par l'entremise de la FRB. Benjamin Roche ainsi que Jean-François Guégan ont participé à un groupe de rédaction du « Plan National Santé Environnement (PNSE) 3 » au sein duquel une meilleure prise en considération des liens entre la biodiversité et la santé humaine figure comme une priorité nationale de santé publique.

### **Les principaux messages délivrés :**

- Plus l'humain vient affecter les écosystèmes naturels et plus il crée des opportunités d'exposition à de nouvelles menaces infectieuses émergentes.
- Les zones d'interface entre écosystèmes représentent des milieux propices à la transmission d'agents infectieux nouveaux. Ces zones d'interface sont aussi celles fréquentées ou exploitées par l'humain qui les expose à ces aléas.
- Majoritairement, les maladies infectieuses émergentes provoquent peu de décès à l'exception de l'épidémie à virus Ebola en Afrique de l'Ouest. Ces émergences ont souvent cependant des conséquences socio-économiques dramatiques pour les économies nationales et globales. La prévention et l'éducation des populations doivent être les premières priorités pour lutter contre ces nouvelles menaces.
- Au niveau national, mais aussi mondial, la restauration de diversité d'habitats (haies, parcelles, etc.) constitue un levier démultiplié pour agir contre l'érosion des sols, favoriser la rétention des eaux, freiner les invasions biologiques ou d'agents pathogènes, instaurer une plus grande diversité biologique, générer une diversité de territoires et de milieux, participer à l'imaginaire collectif et doit constituer une priorité dans les politiques d'aménagement

### **Bibliographie :**

García-Peña GE, Garchitorena A, Carolan K, Canard E, Prieur-Richard AH, Suzán G, Mills JN, Roche B & Guégan JF (2016) Niche-based host extinction increases prevalence of an environmentally acquired pathogen. *Oikos*, **125**, 1508–1515. doi: 10.1111/oik.02700.

Ezenwa VO, Prieur-Richard AH, Roche B, Bailly X, Becquart P, García-Peña GE, Hosseini PR, Keesing F, Rizzoli A, Suzán G, Vignuzzi M, Vittecoq M, Mills JN & Guégan JF (2015) Interdisciplinarity and infectious diseases: An ebola case study. *PLoS Pathogens*, **11**, e1004992. doi: 10.1371/journal.ppat.1004992.

### **PARTICIPANTS :**

S. BLANCHET, CNRS-SEEM, Moulis (FR) / V. EZENWA, University of Georgia, GA (US) / M. GAUTHIER-CLERC, Fondation Sansuire (FR) / P. HOSSEINI, EcoHealth Alliance, NY (US) / F. KEESING, Bard College, Annandale, NY (US) / A.-H. PRIEUR-RICHARD, Diversitas, Paris (FR) / A. RIZZOLI, Centro di Ecologie Alpina, Trento (IT) / G. SUZAN, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City (MX) / M. VIGNUZZI, Institut Pasteur, Paris (FR) / G. VOURECH, INRAE, Clermont/Théix (FR)