

Changement climatique ou changement global, il faut choisir pour la santé !

Par Jean-François GUÉGAN

UMR MIVEGEC, IRD, CNRS, Université de Montpellier et UMR ASTRE, INRAE

Les changements climatiques constituent une composante importante des changements globaux. Or, les effets propres à ces changements climatiques sur l'évolution des maladies infectieuses et parasitaires restent difficiles à évaluer. D'autres facteurs notamment démographiques, environnementaux, socio-économiques et sociétaux interviennent et sont, dans la plupart des situations, prépondérants dans l'évolution actuelle et future de ces maladies.

Introduction

Des confusions importantes sont toujours faites entre changement climatique et changement global, notamment dans le domaine de la santé. Pourtant, le concept de changement global, aujourd'hui couramment accepté, est plus « globalisant », en tant qu'il inclut toutes les forces motrices tant climatiques qu'environnementales, socio-économiques, démographiques et sociétales conduisant à ces changements mondiaux. On préfère aussi utiliser la forme plurielle lorsque l'on parle de ces changements climatiques et globaux, car leurs dimensions sont complexes et interconnectées. Le thème des changements globaux, incluant donc les facteurs climatiques, est central dans la discussion de cet article, lequel doit être lu et compris en complément d'une seconde étude menée de front par l'auteur (Guégan, 2021a).

Une difficulté à isoler les effets du changement climatique d'autres facteurs souvent plus importants

Les micro-organismes, leurs hôtes et leurs vecteurs de transmission forment une part importante de la biodiversité (Guégan *et al.*, 2021), et sont en tant que tels soumis aux effets des dérèglements climatiques. La température, l'abondance et la distribution saisonnière des précipitations, la concentration de certains composants atmosphériques, la variation d'intensité et de fréquence des événements extrêmes, ou encore des changements de la circulation océanique, indépendamment ou en association avec certains de ces paramètres, peuvent avoir un impact sur la biodiversité (Lavorel *et al.*, 2017) et *a fortiori* sur les interactions hôtes-micro-organismes. Les changements climatiques observés depuis environ 150 ans ne sont pas, en revanche, la cause majeure de l'évolution récente des

agents infectieux ou parasitaires et de leur cortège d'espèces associées (hôtes réservoirs, vecteurs, hôtes relais, hôtes accidentels). Plusieurs études portant à la fois sur des maladies infectieuses ou parasitaires endémiques, et sur d'autres d'apparition récente, dites émergentes, montrent, en effet, que les causes largement dominantes de leur expansion actuelle sont la modification des sols sous l'effet de la déforestation et de l'urbanisation, le développement de l'agriculture et de l'élevage, la démographie humaine et les changements sociétaux, ainsi que les systèmes de santé et de soins défectueux dans certaines régions du monde (Woolhouse et Gowtage-Sequeria, 2005 ; Thoisy *et al.*, 2021). Beaucoup de choses ont été écrites sur l'impact des changements climatiques sur les systèmes infectieux et parasitaires, souvent avec exagération, mais très peu de travaux ont en réalité confronté les conséquences propres à ces modifications du climat avec d'autres causes environnementales ou anthropiques (Guégan, 2021a ; Guégan *et al.*, 2020). Récemment, Franklinos *et al.* (2019) se sont intéressés à cette question en explorant les effets du dérèglement climatique sur les maladies infectieuses à transmission vectorielle. Cette catégorie d'infections est généralement privilégiée pour étudier l'impact du réchauffement climatique, car les arthropodes vecteurs sont directement affectés par les variations de certains paramètres météorologiques, comme la température ou la pluviométrie. La méta-analyse réalisée par ces auteurs montre que 54 % des études révèlent un effet positif du changement climatique sur la distribution géographique de plusieurs maladies infectieuses et parasitaires vectorielles, mais que 46 % d'entre elles ne montrent aucun effet, voire un effet opposé se traduisant par une réduction des aires de distribution. Plus inquiétant encore, pour les 54 % d'études positives, 97 % d'entre elles n'ont utilisé que des paramètres météorologiques,



Contrôle du taux d'infection de la population au Covid-19 dans la favela de Paraisópolis, à Sao Paulo (Brésil), août 2020.

« Les causes largement dominantes de l'expansion des maladies infectieuses ou parasitaires endémiques, et d'autres d'apparition récente, dites émergentes, sont la modification des sols sous l'effet de la déforestation et de l'urbanisation, le développement de l'agriculture et de l'élevage, la démographie humaine et les changements sociétaux, ainsi que les systèmes de santé et de soins défectueux dans certaines régions du monde. »

lesquels n'ont jamais été confrontés à d'autres paramètres explicatifs potentiels, comme la démographie humaine, les déplacements d'individus ou encore la qualité de vie.

Si beaucoup d'études ont été consacrées à l'évolution des maladies infectieuses et parasitaires sous l'effet des contraintes climatiques, les travaux donnant une vue d'ensemble des changements environnementaux et anthropiques restent éparpillés, et leur compréhension encore limitée. Nous avons tous en tête l'exemple du fameux moustique-tigre, *Aedes albopictus*, et de son invasion spectaculaire pour aller du Sud méditerranéen vers des régions françaises plus septentrionales, puisqu'aujourd'hui cet insecte a atteint les portes de Paris. Chacun abonde de sa façon jusqu'aux médias les plus sérieux sur le rôle du changement climatique dans cette progression, mais qu'en est-il au juste ? Eritja *et al.* (2017) ont démontré, en s'intéressant au rôle du trafic routier dans la dispersion de ce moustique en Espagne, que de nombreux individus de cette espèce embarquaient ainsi dans les habitacles des véhicules pour coloniser d'autres régions ibères. Ces résultats viennent conforter des travaux menés précédemment en France, lesquels ont démontré une dispersion diffuse et égrainée tout le long des réseaux routiers et autoroutiers français, ce qui ne correspond donc pas

à un front de progression continu comme on pourrait s'y attendre sous l'hypothèse d'un réchauffement climatique (Roche *et al.*, 2015). Pour d'autres groupes d'insectes, notamment des espèces de papillons, une remontée en latitude en France et en Europe de l'ouest a été mise en évidence avec l'installation de populations reproductrices (Parmesan *et al.*, 1999). Il y a donc tout lieu de penser que le réchauffement climatique doit aussi opérer pour des insectes de plus petite taille comme les moustiques. Toutefois, la progression lente vers des latitudes plus élevées de ces moustiques-tigres sous l'effet d'un réchauffement climatique (le rayon de dispersion de ce type d'insecte est de quelques dizaines à centaines de mètres, guère plus !) est difficile à distinguer d'une remontée rapide de milliers de spécimens embarqués dans les habitacles de voiture ou encore dans les containers transportés par des camions ou des trains (en voiture, il faut moins de 2 h 30 mn pour rejoindre Lyon à partir de Montpellier).

Les changements climatiques comme un des éléments du changement global

L'expression « changement global », ou celle, plus large, de « changements globaux », désignent l'ensemble des

évolutions qui s'observent à l'échelle de la planète tout entière, et fait plus spécifiquement référence aux effets de l'activité humaine sur l'environnement (Longaretti, 2013). Ces changements désignent donc des évolutions tant sociétales qu'environnementales : l'évolution de la démographie ou l'émergence d'un mode de vie urbain généralisé constituent des phénomènes sociétaux, alors que le changement climatique ou la perte accélérée de biodiversité relèvent de l'environnement. Si certains de ces changements peuvent être multimillénaires comme l'exploitation des terres arables, la plupart trouvent leur origine dans l'essor de la société industrielle moderne, au XIX^e siècle. La liste des domaines soumis aux changements globaux est très étendue (Euzen *et al.*, 2013) : climat, couche d'ozone, usage des sols, cycles biogéochimiques, fonte des glaciers et des calottes polaires, montée des océans, érosion et désertification, biodiversité..., et on y inscrit aujourd'hui l'apparition de nouvelles maladies émergentes affectant les populations humaines, animales et végétales.

La complexité des changements globaux tient non seulement à leur dynamique spatiale et temporelle, mais aussi, et bien plus encore, à l'interdépendance des différentes problématiques, qui génère de nombreuses boucles de rétroaction et des phénomènes synergiques entre les différents facteurs et leurs conséquences (Longaretti, 2013). Par exemple, les zones géographiques où la croissance démographique est la plus importante au niveau mondial coïncident évidemment avec celles où l'agriculture et l'élevage se sont intensifiés, à l'instar de l'Asie du Sud-Est. Souvent, ce sont aussi des régions où les problèmes de pauvreté, de famine, d'accès à l'eau et d'érosion des sols sont les plus critiques, et où les impacts de l'activité humaine sur la biodiversité et les écosystèmes naturels sont largement mis en évidence, comme c'est le cas en Afrique subsaharienne. Ces mêmes zones sont aussi celles qui voient aujourd'hui apparaître de nouvelles infections responsables d'épidémies et de pandémies humaines (Jones *et al.*, 2008 ; Guégan *et al.*, 2020). En matière de santé, on tend ainsi à parler de syndémie, c'est-à-dire d'un entrelacement d'infections et de facteurs biologiques, environnementaux, humains et sociétaux qui par leur synergie en aggravent les conséquences sanitaires (Horton, 2020). Le même terme s'applique aussi à l'apparition de maladies affectant les humains, les animaux et les végétaux, et dont la genèse et le développement sont conditionnés par un ensemble de facteurs souvent communs. Cette nouvelle ère des syndémies interroge aussi la médecine sur ses fondamentaux, notamment son formalisme étiologique très réductionniste. En regard, cette époque met en exergue la santé publique internationale qui se réinvente au travers d'une nouvelle expression « Planetary Health », pointant ainsi l'importance de déterminants de santé qui incluent aujourd'hui les changements globaux, dont ceux associés à l'environnement et au réchauffement global. Si le changement climatique est fortement amplifié par les activités humaines, il est aussi souvent un facteur aggravant des autres changements globaux comme la perte de diversité biologique, la multiplication des phénologies déphasées entre la floraison des plantes et la reproduction de leurs pollinisateurs, ou encore les migrations septentrionales

d'arthropodes vecteurs d'infections humaines (Plantard *et al.*, 2015).

L'importance de la problématique des changements globaux tient à l'incertitude que ceux-ci font planer sur les générations présentes et futures et sur le devenir des écosystèmes et de la biodiversité dont elles dépendent. Ces changements s'inscrivent dans le long voire le très long terme, alors que nos décideurs politiques ont des difficultés à appréhender des problèmes complexes qui exigent de leur part une vision allant bien au-delà de leur mandat quadriennal ou quinquennal (Bergeron et Borraz, 2021 ; Guégan, 2021b). Les enjeux de premier rang auxquels ces changements globaux nous exposent sont eux aussi par nature interdépendants.

Le point sur le lien entre changements climatiques et maladies infectieuses

Mais dès lors, que pensez-vous du thème changements climatiques et maladies infectieuses ? Je me suis plusieurs fois prononcé à ce sujet, ayant été président de la partie Santé du plan national d'adaptation au changement climatique en 2010 (Guégan et Pochet, 2010) et ayant eu l'occasion de m'exprimer à ce propos dans un ensemble de tribunes (Guégan, 2015a et b, 2021a ; Guégan et Moatti, 2015 ; Guégan et Simard, 2015 ; Plantard *et al.*, 2015). Je l'ai aussi critiqué du point de vue de son suivi, des formes de récupérations disciplinaires qu'il a connues et des prises de décisions politiques dont il a fait l'objet (Guégan, 2017).

Je distingue trois grandes caractéristiques importantes dans la manière dont ce thème a été abordé, principalement en France mais aussi plus largement. Avant tout, le sujet est indéfiniment complexe à traiter comme je l'ai rapidement illustré dans le paragraphe précédent. Une complexité qui tient au fait qu'il a d'abord été étudié de manière souvent très simpliste en n'intégrant que quelques paramètres météorologiques (température et pluviométrie, plus généralement) pour extrapoler, sur la base de variations de ces derniers, des situations futures possibles. Le thème a aussi été traité par un cercle d'experts réduits : nous avons ainsi identifié, avec ma collègue Mathilde Pascal de Santé publique France, environ huit à dix chercheurs internationaux travaillant à la construction d'une réflexion sur ce sujet. Par ailleurs, ces experts, une poignée somme toute, tous d'âge mur, ont sérieusement orienté la thématique en ne produisant curieusement pour la plupart d'entre eux que des articles de synthèse ou de revue publiés dans les plus grands journaux scientifiques ou médicaux, et sans apport de nouvelles données pour venir confirmer ou infirmer la thèse de départ. On a donc assisté à un *statu quo* scientifique dénotant donc avec les dimensions médiatiques de la thématique considérée, avec des articles souvent très cités, mais d'un apport bien peu substantiel. Un troisième élément, moins perceptible pour le profane, concerne l'orientation très anxigène donnée au sujet, ainsi probablement qu'une dérive possible tenant aux considérations mystiques d'un châtement divin. Nos plus grands climatologues et physiciens du climat français m'ont avoué que le thème « Changements climatiques et

santé », jugé souvent trop alarmiste par leur communauté, avait pu nuire à la problématique générale du changement climatique et à la communication associée.

Où en sommes-nous aujourd'hui sur le plan de la connaissance ? Deux études récentes nous renseignent à ce sujet. Celle de Franklinos *et al.* (2019) concerne les maladies à transmission vectorielle, comme la dengue ou le paludisme. Elle montre que nous sommes actuellement dans une connaissance partagée avec quasiment autant de travaux allant dans le sens d'une absence d'effets ou de l'existence d'effets négatifs que d'études indiquant un effet positif du changement climatique. Une des explications déjà discutées concerne le fait que des analyses ayant révélé un effet positif du changement climatique – ce que j'ai appelé l'effet « Gruyère » dans un article récent (Guégan, 2021a) – n'ont pas pris en compte d'autres paramètres explicatifs et plus locaux contribuant à créer des trous, c'est-à-dire des absences de maladies – pour produire l'effet « Emmental » (Guégan, 2021a). Au fur et à mesure qu'une conscience multidisciplinaire apparaît, on se rend ainsi compte que la somme des régions indemnes de cas peut supplanter celle des situations où les maladies progressent dans un contexte de dérèglement climatique. Le second article est celui de Thoisy et de ses collaborateurs (Thoisy *et al.*, 2021) et correspond à une enquête réalisée auprès d'experts médicaux et scientifiques en Guyane française. Cette région ultrapériphérique est la région du Monde faisant l'objet des études les plus intenses sur ces sujets d'interface. Les résultats du questionnaire montrent que le changement climatique est perçu comme un sujet de moindre importance sur le plan de la santé en Guyane par rapport à d'autres, et ce en dépit des enjeux majeurs soulevés par le phénomène de l'oscillation australe, le fameux effet El Niño Southern Oscillation (ENSO).

Mon propos général n'est pas, ici, de dénier l'importance des changements climatiques sur les maladies transmissibles, car ils pourraient se révéler majeurs dans le futur. En revanche, notre connaissance actuelle reste distordue par une conjonction d'événements que je tente de décrire ici, et dont la trajectoire est marquée par la simplicité de l'approche disciplinaire adoptée et par l'opportunisme individuel et collectif que l'on observe.

Un thème devenu un concept parapluie et un objet de communication

En terme général, un concept parapluie est un concept qui regroupe plusieurs notions sous son ombrelle, tant et si bien que souvent l'idée mère qui a servi à sa création se trouve dépassée par le foisonnement de principes et de notions qui en émergent. Par exemple, il m'a été très souvent donné de participer à des colloques et à des congrès nationaux et internationaux consacrés au sujet des changements climatiques et de leurs conséquences sanitaires, alors qu'extrêmement peu de participants y traitaient véritablement du sujet. Le changement climatique est aujourd'hui devenu souvent un prétexte pour parler d'autres choses, et l'on parle dans ces cercles autant de pauvreté, de soins ou encore de migrations humaines sans que le

lien soit fait avec ledit changement. Des relations peuvent par ailleurs exister. Il conviendrait d'ailleurs bien mieux de les discuter en traitant de remédiation, d'adaptation et de résilience des populations par exemple, tellement ces relations avec le climat agissent comme des révélateurs de vulnérabilités territoriales. En effet, la problématique du changement climatique porte aussi sur la redéfinition des modalités d'accès aux ressources, de celle du partage du risque ou, encore, sur la capacité des collectifs à intégrer ces questions environnementales. Selon Scarwell et Le Flamanc (2010), le climat est devenu un enjeu de communication politique et publique, et parce qu'il constitue un objet d'étude relativement récent, il est parfois difficile d'en stabiliser les contours. Souvent pour des raisons d'aubaine ou d'opportunisme, le périmètre d'étude devient flou : son style incantatoire et la recherche s'y rapportant étant assez fréquemment « hors sujet ». Cela ressemble aussi à la trajectoire malheureusement prise par un autre concept parapluie plus récent, celui du One Health (Guégan, 2021c).

En guise de conclusion – Des effets indirects certainement majeurs

Les effets indirects des changements climatiques sur la transmission des maladies infectieuses et parasitaires sont sans doute bien supérieurs aux effets directs, comme les vagues de chaleur. Ils sont cependant plus difficiles à quantifier et à lier directement à un changement global en particulier, contrairement aux conséquences d'événements subis dont on peut évaluer très rapidement les conséquences sanitaires (Chastel, 2006). De nombreuses études rétrospectives basées sur des séries temporelles de cas de malades mettent en évidence le rôle de la variabilité climatique régionale sur la transmission de plusieurs infections et parasitoses, comme celles causant le choléra, la dengue, le paludisme ou encore d'autres maladies à transmission vectorielle ou zoonotique (Thoisy *et al.*, 2021). En revanche, le rôle du réchauffement global attendu et son retentissement précis sur les maladies infectieuses et parasitaires restent difficiles à apprécier. Des facteurs autres que climatiques, comme la démographie humaine et les mouvements de personnes et de biens, l'urbanisation, les conflits et les guerres ou encore les défauts de prévention et de soins, interviennent dans l'évolution des maladies infectieuses et parasitaires. Une compréhension au long terme de ces menaces sanitaires dans le cadre du changement global qui s'opère est essentielle, participant à la veille et à la surveillance internationale intégrée qui restent à construire.

Références bibliographiques

- BORRAZ O. & BERGERON H. (2021), *Les décideurs politiques devraient adopter une attitude scientifique*, Sciences-Po/ CNRS, Centre de sociologie des organisations, Paris, <https://www.sciencespo.fr/cso/fr/content/les-decideurs-politiques-devraient-adopter-une-attitude-scientifique.html>
- CHASTEL C. (2006), « Changements climatiques et maladies infectieuses », *La Lettre de l'infectiologue* 21, pp. 258-262.
- ERITJA R., PALMER J. R. B., ROIZ D., SANPERA-CALBET I. & BARTUMEUS F. (2017), "Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car", *Scientific Reports* 7, 14399.

- EUZEN A., EYMARD L. & GAILL F. (2013), *Le développement durable à découvert*, Paris, CNRS Éditions.
- FRANKLINOS L. H. V., JONES K. E., REDDING D. W. & ABUBAKAR I. (2019), "The effect of global change on mosquito-borne disease", *Lancet Infectious Diseases* 19, pp. 302-312.
- GUÉGAN J.-F. (2015a), « Changement climatique et santé : des liens complexes », *Pour la Science* 89, pp. 56-58.
- GUÉGAN J.-F. (2015b), « 2050, Bamako, Mali, une saison caniculaire », *Actualité et dossier en santé publique* 93, pp. 40-42.
- GUÉGAN J.-F. (2017), « Vers de nouvelles politiques nationales intégrant la question de l'adaptation au changement climatique et des risques sanitaires », in EUZEN A., LAVILLE B. & THIEBAULT S. (eds.), *L'Adaptation au changement climatique. Une question de sociétés*, CNRS Éditions, pp. 203-212.
- GUÉGAN J.-F. (2021a), « Impacts sur l'épidémiologie des maladies infectieuses et risques épidémiques émergents », *La Presse médicale formation* (sous presse).
- GUÉGAN J.-F. (2021b), « Comment (ré)instaurer la confiance entre les citoyens et les scientifiques ? », table-ronde avec Anna Musso, *L'Humanité*, 26-28 mars, pp. 11-12.
- GUÉGAN J.-F. (2021c), « Entre contorsions de nouveaux concepts en santé et réalité actuelle en santé publique internationale. Ou "Le désespoir du singe" », in GARDON S., GAUTIER A., LE NAOUR G. & MORAND S. (eds.), *Sortir des crises. One Health en pratiques*, Paris, Quae Éditions (sous presse).
- GUÉGAN J.-F. & MOATTI J.-P. (2015), "Climate change and the issues for health in the South", in REINERT M., JANICOT S., AUBERTIN C., BERNOUX M., DOUNIAS E., GUÉGAN J.-F., LEBEL T., MAZUREK H. & SULTAN B. (eds.), *Climate change: what challenges for the South?*, Marseille, IRD Éditions, pp. 191-203.
- GUÉGAN J.-F. & POCHET A. (coordination) (2010), « Plan national d'adaptation au changement climatique – Partie Santé », rapport de groupe interministériel et parlementaire, ONERC, Paris, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_concertation_adaptation_30_06_2010.pdf
- GUÉGAN J.-F. & SIMARD F. (2015), « Changements environnementaux et maladies infectieuses : mieux coordonner la surveillance », *Actualité et dossier en santé publique* 93, pp. 22-28.
- GUÉGAN J.-F., ROCHE B. & MORAND S. (2021), "Biodiversity and human health: Go back to the basics of medicine and public health!", in LOREAU M., HECTOR A. & ISBELL F. (eds.), *The ecological and societal consequences of biodiversity loss*, Londres, ISTE Éditions (sous presse).
- GUÉGAN J.-F., AYOUBA A., CAPPELLE J. & THOISY B. de (2020), "Emerging infectious diseases and tropical forests: unleashing the beast within", *Environmental Research Letters* 15, 083007.
- HORTON R. (2020), "Covid-19 is not a pandemic", *The Lancet* 396, 874.
- JONES K. E., PATEL N. G., LEVY M. A., SOREYGARD A., BALK D., GITTLEMAN J. L. & DASZAK P. (2008), "Global trends in emerging infectious diseases", *Nature* 451, pp. 990-993.
- LAVOREL S., LEBRETON J.-D. & LE MAHO Y. (2017), *Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites*, Institut de France, Académie des sciences, Paris, 157 pages.
- LONARETTI P.-Y. (2013), « Changements globaux », in EUZEN A., EYMARD L. & GAILL F. (eds.), *Le développement durable à découvert*, Paris, CNRS Éditions, pp. 40-41.
- PARMESAN C., RYRHOLM N., STEFANESCU C., HILL J. K., THOMAS C. D., DESCIMON H., HUNTLEY B., KAILA L., KULLBERG J., TAMMARU T., TENNENT W. J., THOMAS J. A. & WARREN M. (1999), "Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming", *Nature* 399 (6736), pp. 579-583.
- PLANTARD O., HUBER L. & GUÉGAN J.-F. (2015), « Vers une écologie de la santé », in « L'adaptation au changement climatique », volume spécial, *Pour la Science/INRA*, Paris, pp. 30-35.
- ROCHE B., LEGER L., LAMBERT G., LACOUR G., FOUSSADIER R., BESNARD G., BARRE-CARDI H., SIMARD F. & FONTENILLE D. (2015), "The Spread of *Aedes albopictus* in Metropolitan France: Contribution of Environmental Drivers and Human Activities and Predictions for a Near Future", *PLoS ONE* 10, e0125600.
- SCARWELL H.-J. & LE FLAMANC S. (2010), « Quand les changements climatiques transfèrent l'action publique du champ de l'expertise à la prise de décision politique, agir face au réchauffement climatique ? Comment les acteurs politiques se sont emparés de cette question ? », in SCARWELL H.-J. & ROUSSEL I. (eds.), *Le Changement climatique. Quand le climat nous pousse à changer d'ère*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, pp. 231-276, <https://books.openedition.org/septentrion/15020?lang=fr>
- THOISY B. de, DURON O., EPELBOIN L., MUSSET L., QUENEL P., ROCHE B., BINETRUY F., BRIOLANT S., CARVALHO L., CHAVY A., COUPPIE P., DEMAR M., DOUINE M., DUSFOUR I., EPELBOIN Y., FLAMAND C., FRANC A., GINOUVES M., GOURBIERE S., HOUEL E., KOCHER A., LAVERGNE A., LE TURNIER P., MURIENNE J., NACHER M., PELLEAU S., PREVOT G., ROUSSET D., ROUX E., SCHAUB R., TALAGA S., THILL P., TIRARA S. & GUÉGAN J.-F. (2021), "Ecology, evolution, and epidemiology of zoonotic and vector-borne infectious diseases in French Guiana: Transdisciplinarity does matter to tackle new emerging threats", *Infection, Genetics & Evolution* 93, 104916, <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104916>
- WOOLHOUSE M. E. & GOWTAGE-SEQUERIA S. (2005), "Host range and emerging and reemerging pathogens", *Emerging Infectious Diseases* 11, pp. 1842-1847.