

# Virus, coronavirus, Homme, faune sauvage et Chiroptères : quelles (premières) leçons tirer de la pandémie sur notre relation à la nature ?



**D**epuis le début de la pandémie, dont l'origine est le virus SARS-Cov-2, et la maladie appelée Covid-19, un certain nombre d'experts de tous ordres se sont exprimés, plus ou moins dans leur domaine de compétence, et des informations circulent dans tous les sens, plus ou moins vérifiées et plus ou moins fantaisistes, sur le rôle et le danger représentés par les chauves-souris, sur l'origine du virus, sur la responsabilité de l'Homme... Même Charlie Hebdo s'y est mis, dans un article, mi-figue mi-raisin, de A. Fischetti du 28/03/2020<sup>1</sup> (voir illustration page 16).

Ce qui suit peut ressembler à une énième tentative d'exégèse sur ce que nous vivons aujourd'hui, mais ce que la SFEPM vise, à travers ce document, c'est en fait d'essayer de vous apporter des informations et vous aider à faire le tri parmi les déclarations et les informations qui circulent dans tous les sens avec la multiplication des médias, des experts et autres moyens d'information (ou désinformation), en vous apportant (vous rappelant ?) quelques éléments de base pour vous permettre de vous faire une opinion par vous-même, basée sur la connaissance, à la fois de ce que l'on sait, mais aussi de ce que l'on ne sait pas !

Pour parodier Antonio Gramsci, on pourrait dire : « *Le pessimisme naît de la connaissance, mais l'enthousiasme naît de la volonté d'entreprendre* »... Mais, au-delà du plaisir que la connaissance peut nous procurer (ce que semble ignorer Gramsci), la SFEPM espère que ce que vous apprendrez, peut-être ci-après, vous serve pour une meilleure compréhension et vous donne la volonté d'entreprendre... en toute connaissance.

C'est pourquoi nous vous proposons de vous emmener le long d'une balade scientifique, où les différents repères seraient matérialisés par des panneaux portant des questions. La toute première constitue le point de départ de notre cheminement, qui aboutira à un ensemble de recommandations et précautions concernant notre conduite de naturalistes vis-à-vis des mammifères sauvages, et notamment des Chiroptères, et de notre conduite de citoyens du monde vis-à-vis de la nature.



## Avertissement important : à bien garder en mémoire tout du long de la lecture de cet article :

Le monde des virus et des autres micro-organismes (bactéries, parasites ...), dont certains sont responsables de maladies infectieuses, est encore très mal connu, pour ne pas dire très peu abordé dans toutes ses dimensions. Ont été majoritairement étudiés, pour ne pas dire uniquement, les agents pathogènes responsables d'infections humaines ou touchant nos animaux de rente ou de compagnie, ainsi que nos plantes cultivées.

Les virus (et les bactéries) sont présents partout, touchent toutes les composantes de la vie, animale et végétale, depuis les êtres unicellulaires (on connaît des virus de bactéries : les phages, et même des virus de virus : les viruphages !) jusqu'aux êtres pluricellulaires, et bien sûr les humains. Une partie de notre histoire évolutive, et de celle de la vie, s'est faite grâce à l'incorporation, dans notre génome et notre organisme, de virus et bactéries qui nous sont aujourd'hui nécessaires (pour la digestion, notre immunité mais aussi pour la gestation chez les mammifères placentaires), et avec lesquels nous co-évoluons depuis plusieurs dizaines de millions d'années (au moins 2 millions d'années pour le genre *Homo*).

Leur étude n'a réellement débuté qu'en 1970, et surtout, avec l'arrivée du sida, au début des années 1980 quand a commencé l'étude des virus par analyse moléculaire qui a permis de mieux connaître le cycle viral et de développer des outils de détection.

Au total, aujourd'hui, plusieurs milliers de virus sont identifiés, encore une fois majoritairement chez les humains et leurs animaux proches mais aussi chez certains animaux sauvages, ceux proches de nous. Comme le dit E. Leroy, de l'IRD : « *Quasiment toutes les maladies infectieuses viennent des animaux, et tous les animaux ont des virus dans leur corps, aussi bien les rats que les oiseaux ou les chiens* ». Leroy le répète dans les médias, sur un mode alarmiste, oubliant cependant de dire que l'immense majorité se révèle –ou se révélera– bénigne pour les animaux sauvages, nos animaux et nous... puisque les humains sont des animaux !

Les connaissons-nous tous ? Bien sûr que non. Il est plus que vraisemblable qu'un grand nombre de virus, ayant évolué depuis des millions d'années avec leurs hôtes, sont présents chez des espèces animales, y compris l'Homme, sans que nous en ayons conscience (pas de symptômes, pas de travaux sur ces espèces, espèces non connues...). Dans le permafrost ou la banquise, ou dans les forêts tropicales, dans le sol ou dans des espèces animales non encore connues, d'autres sont présents dont nous ignorons tout. Certains n'émergent que suite à un changement d'hôte, y compris quand l'homme s'en sert comme arme biologique (le virus de la myxomatose en est un bon exemple. Présent à l'état naturel chez trois Léporidés du continent américain, il ne provoque chez eux aucun symptôme, mais a exterminé 98 % des lapins de garenne quand il a été introduit volontairement en Europe et en Australie), ou quand une observation naturaliste opportuniste les met en évidence (exemple : l'épidémie de poxvirose chez les mésanges en Europe).

Nos connaissances sont donc fragmentaires, très ciblées, récentes (au plus 50 ans) et portent surtout sur les pathogènes, dont les virus, ayant un impact sur notre santé et notre économie. De plus, les modes de recherche et nos modes de pensée favorisent l'étude de certains types de virus chez certains hôtes, les récents événements traduisant bien cet effet de mode, amplifié par nos tabous et peurs ancestrales. Suite à l'épidémie de SARS-CoV-1 de 2003 à partir d'un virus de chauve-souris passé par une civette palmiste masquée pour contaminer l'Homme, la civette n'a pas été étudiée (ou peu) et non montrée du doigt, les chauves-souris, oui ! même si le virus n'a fait que transiter par la civette qui n'en est pas le réservoir.

## C'est quoi un virus ?

Le terme virus vient du latin qui signifie « poison ». L'agent infectieux le constituant n'a été identifié qu'à partir de 1938 (les virus, notamment filtrants comme celui de la mosaïque du tabac, avaient toutefois été « décrits » avant d'être vus) avec l'apparition du microscope électronique, surtout développé après la Seconde guerre mondiale. Ce que Pasteur appelait alors « le virus de la rage » en 1885 était la description clinique des symptômes et non de son agent.

Quand il n'est pas présent chez un hôte, le virus est sous une forme inerte, qu'on appelle un virion, qui ne possède ni métabolisme propre, ni capacité de réplication, ni par conséquent de capacité de reproduction ou activité autonome. Un virion n'a ni cytoplasme, ni noyau et associe un acide nucléique avec des protéines en une structure définie et constante (voir figures page suivante). Un virion ne renferme qu'un type d'acide nucléique : ADN ou ARN, jamais les deux.

Il peut être constitué d'un (cas le plus fréquent chez les virus à ARN) ou deux brins d'ADN ou ARN. Il n'est capable de se diviser qu'en utilisant la machinerie cellulaire. Il se reproduit à partir de son matériel génétique : ADN ou ARN, et dans ce dernier cas, une transcriptase inverse va permettre la transformation de l'ARN en ADN qui pourra s'insérer dans le génome de la cellule. Le virus pourra alors demeurer dormant ou détourner le fonctionnement de la cellule à son profit et se répliquer. En détournant à son profit la mécanique protéinique de la cellule, il y aura production de virions qui vont entraîner une réaction inflammatoire de la part de l'organisme vivant.



### Combien y a-t-il de virus ?

Des experts de l'IPBES<sup>2</sup> estiment leur nombre à 1,7 million d'espèces ! Vrai, faux ? Impossible de le savoir, il s'agit d'une extrapolation et il faudrait déjà commencer par définir ce qu'est une « espèce » dans le monde des virus.

## C'est quoi un coronavirus ?

Les coronavirus (communément appelés CoV), virus à ARN à un seul brin extrêmement long (plusieurs milliers de nucléotides), constituent la sous-famille des Coronavirinae au sein de la famille des Coronaviridae. Leur nom Coronavirus, qui signifie « virus à couronne », est dû à l'apparence des virions qui, au microscope électronique, apparaissent comme des boules avec une frange de grandes protubérances qui entourent l'enveloppe, prenant la forme d'une couronne solaire (figure 1).

Les coronavirus (figure 2) sont munis d'une enveloppe virale de nature membranaire (bicouche lipidique qui est facilement désorganisée par des agents tensioactifs tels que le savon, les détergents, l'alcool), portant des protéines en forme de pic (Spike) et entourant une coque protéique ou capsid dans laquelle se situe l'ARN (Nucleocapsid), particulièrement grosse pour un virus à ARN. Enveloppe, pics, capsid et ARN contribuent à la structure d'ensemble de tous les coronavirus. Comme tout virus de type ARN à un seul brin, ils sont sujets à des mutations et recombinaisons fréquentes. Le SARS-CoV-2, molécule d'ARN, comprend environ 30 000 bases et 15 gènes (par comparaison, le génome humain, qui n'est pas le plus grand connu, avoisine les 3 milliards de bases et comprend 30 000 gènes). Cas particulier chez les virus, les coronavirus font traduire leur ARN en protéines par les ribosomes de la cellule (et non en s'insérant dans le génome de leur hôte - d'où leur plus grande facilité à muter ?).

Les coronavirus existent probablement depuis au moins des centaines de millions d'années, mais du point de vue de l'épidémiologie et de l'histoire médicale, en tant que zoonose, c'est au 21<sup>ème</sup> siècle qu'ils ont pris de l'importance : cinq des sept coronavirus humains ont été isolés au cours de ce siècle. C'est en 1930 aux États-Unis que la première maladie due à un coronavirus est observée, chez des volailles. L'agent infectieux sera isolé en 1937. En 1946, un autre coronavirus est identifié chez le porc, et en 1949 à New-York et 1951 à Londres, deux équipes découvrent le virus de l'hépatite murine chez une souris paralysée. En 1965 le premier coronavirus infectant l'être humain (la souche B814) est découvert. Et rapidement, d'autres suivent : 229E en 1966 et OC43 en 1967 qui tous sont la cause de rhumes plus ou moins graves selon les personnes. L'année suivante, leur observation au microscope électronique met en évidence leur structure en couronne. La relation est faite entre tous ces virus, et le terme de « coronavirus » est pour la première fois utilisé dans la revue *Nature* en 1968.

Les coronavirus sont nommés par un groupe d'étude travaillant au sein de l'ICTV (*International committee on Taxonomy of viruses*). On dénombre aujourd'hui plusieurs dizaines de milliers de coronavirus. Parmi ceux-ci, environ 140 seraient pathogènes à des degrés divers pour l'homme ou ses animaux de rente ou de compagnie.

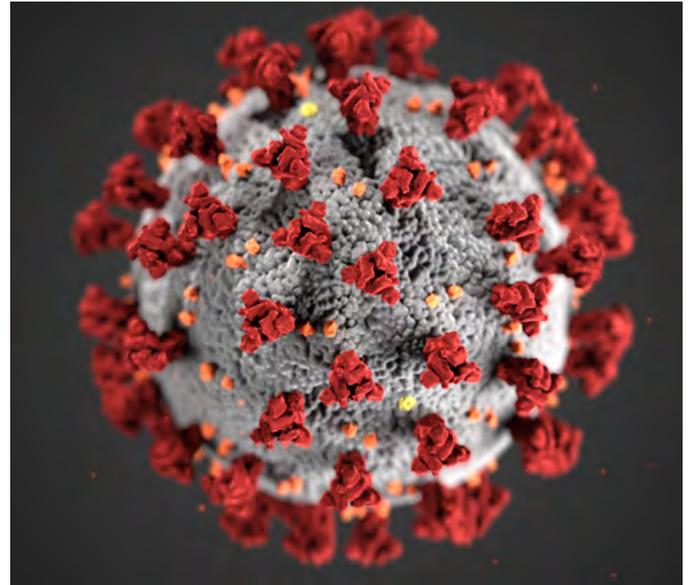


Figure 1 : Physionomie d'un coronavirus

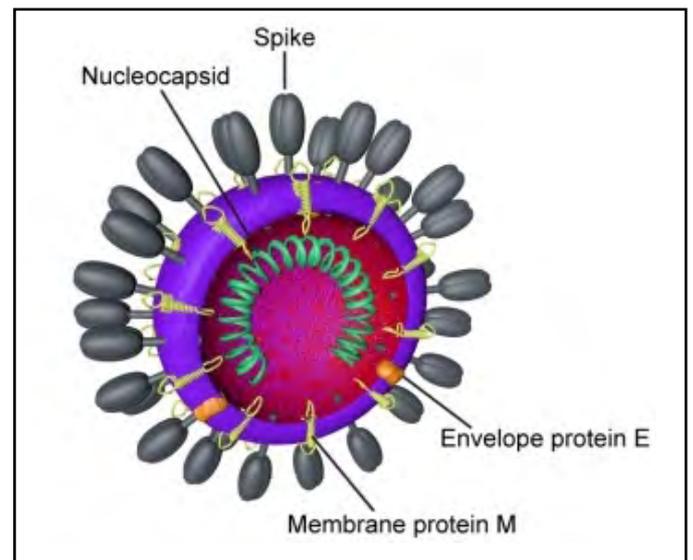


Figure 2 : Structure d'un coronavirus

## Les coronavirus ne concernent-ils que les mammifères ?

On peut trouver des coronavirus dans toutes les classes de vertébrés, même si à ce jour ils ont surtout été identifiés chez des mammifères. Les coronavirus sont normalement spécifiques à un taxon animal comme hôte, mammifères ou oiseaux selon leur espèce, mais ils peuvent parfois changer d'hôte à la suite d'une mutation. Toutefois, les chauves-souris et les oiseaux, en tant que vertébrés volants à sang chaud, sont des hôtes idéaux pour les coronavirus, de nature à favoriser leur évolution, du fait de leur faculté à se rassembler en grands nombres qui permettent des échanges, et du fait de leurs grandes facilités de déplacement, qui assurent la dissémination du virus.



Essaim de petits rhinolophes © Laurent Arthur

On a décrit quatre genres de coronavirus contenant des souches pathogènes pour les mammifères :

- Le genre Alphacoronavirus, avec notamment les virus de la diarrhée épidémique porcine (PEDv), de la gastro-entérite transmissible porcine (TGEV), de la péritonite infectieuse féline (FIPV), les coronavirus du syndrome de la diarrhée aiguë porcine (SADS-CoV) et l'entérique canin ;

- Le genre Betacoronavirus, dont le virus respiratoire du SRAS (SARS-CoV), le SARS-CoV-2, le coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS-CoV), les coronavirus bovin ou équin, le coronavirus respiratoire canin, le virus de l'hépatite murine (MHV), le virus de la sialodacryoadénite du rat, le virus de la sialodacryoadénite porcine, et le virus de l'hémagglutinoïde porcine. Dans ce genre Betacoronavirus, le SARS-CoV-1 et le SARS-CoV-2 appartiennent tous les deux au sous-genre Sarbecovirus au sein duquel trois clades distincts ont été identifiés : un clade sur chauves-souris retrouvé en Bulgarie et au Kenya, un clade sur chauves-souris identifié dans l'est de la Chine, et un troisième, aussi sur chauves-souris dans le sud-ouest de la Chine ;

- Le genre Gammacoronavirus, trouvé surtout chez des oiseaux migrateurs, causant notamment des bronchites. Toutefois, un Gammacoronavirus a été isolé d'un béluga en captivité ;

- Le genre Deltacoronavirus, connu depuis peu et qui

semble surtout infecter les oiseaux, mais a aussi été trouvé chez les porcs.

Ainsi, parmi les mammifères, des rats, des mulots, des souris, des chats, des chiens, des porcs, des chauves-souris, des bovins, des équins, des chiens viverrins, des blaireaux... et jusqu'à un béluga, mammifère marin, et un tigre malais du zoo de New-York se sont révélés soit porteurs de coronavirus et donc réservoirs, soit contaminés et donc sensibles mais pas réservoirs (cas du tigre malais). Récemment, des travaux ont montré une contamination par certains coronavirus chez des furets ou des visons nord-américains (cas d'un élevage aux Pays-Bas en avril 2020, démontrant là encore la sensibilité de l'espèce). A la suite de l'épidémie de SARS-CoV-1, les chercheurs chinois, et notamment dans la fameuse ville de Wuhan tant montrée du doigt, ont beaucoup travaillé sur les coronavirus présents chez les Chiroptères en Chine, en allant échantillonner en nature, et estiment qu'elles abriteraient plus de 5 000 coronavirus différents (on ne parle pas ici d'espèces mais d'identités génétiques). Pour le moment, on connaît environ 500 types de coronavirus présents chez les chauves-souris dans ce pays.

L'Homme peut héberger au moins cinq coronavirus, parmi lesquels les plus courants sont HCoV-229 et HCoV-OC43 (ce dernier étant issu des bovins). Très répandus, ces virus sont associés à des rhumes et des syndromes grippaux bénins. Ils peuvent également infecter l'Homme sans déclencher de symptômes ou, à l'inverse, être impliqués dans des complications respiratoires de type pneumonie chez des personnes immunodéprimées ou des nourrissons. Les coronavirus seraient la cause de 15 à 30 % des rhumes courants.

## Les chauves-souris ont-elles plus de virus que les autres ?

**Dire aujourd'hui que les chauves-souris sont les animaux les plus porteurs de virus, ou comme s'amuse à le dire certains biologistes « *chauve-souris, c'est l'anagramme de souche à virus* », révèle surtout notre ignorance dans la connaissance des populations virales, présentes chez d'autres espèces, entre autres chez les Rongeurs. Depuis le SARS-CoV-1, des dizaines d'études ont été faites sur les chauves-souris, très peu sur les autres espèces. Cette blague de potache se base néanmoins sur un taux de portage en coronavirus, révélé par les travaux récents, plus élevé chez les chauves-souris que chez les autres mammifères (près de 10 % des individus testés, contre de 0,1 ‰ (humains et primates) à 0,3 % (rongeurs)<sup>[2]</sup>). On remarquera toutefois que la majeure partie de ces travaux d'inventaire sont récents (l'épidémie de SARS-CoV-1 a entraîné une multiplication des travaux notamment en Chine, et surtout sur les coronavirus) et que la grande majorité de ces travaux ont été conduits en**

zones tropicale ou subtropicale, les plus chaudes et humides, et donc les plus susceptibles d'abriter des virus et surtout sur les chauves-souris<sup>30, 34</sup>. Le nombre connu de virus par ordre de mammifères semblant corrélé au nombre connu d'espèces<sup>4</sup>, le nombre d'espèces, de mammifères et autres, étant plus élevé dans la zone tropicale, il y a là aussi une relation de cause à effet direct. Pourtant, si les chauves-souris hébergent en moyenne plus de virus par individu qu'un individu d'une autre espèce, l'ordre de Mammifères qui héberge le plus grand nombre de virus est celui des Rongeurs, parce qu'il y a deux fois plus d'espèces de Rongeurs que de Chiroptères... et les Rongeurs vivent généralement plus près de nous que les chauves-souris<sup>40</sup>.

Mais ce taux doit aussi être mis en perspective avec l'histoire évolutive des différents ordres de mammifères et leurs caractéristiques physiologiques et biologiques. Les Chiroptères, ordre ancien datant de près de 60 millions d'années, occupent une place à part dans le monde animal. Ils sont les seuls à être dotés d'un vol actif, le plus coûteux parmi toutes les formes de locomotion. Ils sont parmi les rares mammi-

ères à utiliser l'écholocation. Les chauves-souris présentent en plus une longévité hors du commun, sans relation avec leur taille et poids (près de 30-40 ans pour des individus de moins de 10 grammes). Mais, plus important ici, elles ne développent presque jamais de cancers, leurs télomères (extrémité des chromosomes sur certaines cellules) ne raccourcissent pas, elles disposent d'un mécanisme de réparation de l'ADN, elles possèdent des mécanismes inflammatoires permettant la destruction des pathogènes, au risque d'altérer leur organisme, risque atténué par leurs facultés de réparation de l'ADN, facultés en lien avec le vol actif durant lequel les chauves-souris élèvent leur métabolisme jusqu'à 15 fois par rapport au repos (2 à 3 fois pour un humain). Au cours de leur vol, différents mécanismes limitent les effets du stress oxydatif (ce qui là encore retentit sur leurs capacités de réaction anti-inflammatoire et sur leur longévité). Plus extraordinaire, leur système immunitaire ne subit aucun vieillissement. Toutes ces « compétences » font que, oui, les chauves-souris peuvent héberger plus de virus que les autres espèces : combien, plus virulents ? On l'ignore.

## Les chauves-souris sont-elles plus dangereuses – pour l'Homme – que les autres mammifères ?

Olival *et al.* (2017)<sup>44</sup> ont montré que, parmi les mammifères, les chauves-souris étaient l'ordre qui, à richesse spécifique égale, hébergeait le plus de virus. Mais d'autres espèces interfèrent aussi avec nous en termes de zoonoses et abritent de nombreux pathogènes. Si, effectivement, on connaît aujourd'hui plus de 1300 espèces de chauves-souris, qui ont évolué pour certaines depuis plus de 20-30 millions d'années avec des pathogènes, on connaît aussi plus de 2 500 espèces de Rongeurs, dont certains par le passé (Rat et peste notamment, mais aussi leishmaniose ou autres, même s'il ne s'agit pas dans ce cas de virus) sont à l'origine de nombre d'infections en Europe et ailleurs, que l'on a un peu oubliées. Leur biologie, et surtout leur promiscuité avec l'Homme, en font pourtant de parfaits réservoirs de pathogènes, virus ou autres.

En Europe, d'autres pathologies (à virus, à bactéries...) sont présentes et se développent (la maladie de Lyme en est un bon exemple<sup>7</sup>), favorisées entre autres par le changement climatique ou les pratiques cynégétiques et autres (l'arrivée du moustique tigre, avec le développement des virus West Nile et autres arboviroses, possibilités de transfert de la dengue ou du chikungunya, augmentation des tiques qui transmettent la maladie de Lyme et autres rickettsioses, du fait de l'élévation des températures et de l'abondance des cervidés, favorisée par les plans de chasse, et de celle des rongeurs, favorisée par la destruction des prédateurs...)... mais on en parle moins, alors même que certains coronavirus, comme le HCoV-OC43 et le HKU-1, pathogènes fréquents de l'humain, semblent prendre leur origine chez les rongeurs<sup>37,39</sup>. Ainsi, sur la base des connaissances actuelles, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 400 millions de personnes sont infectées chaque année par un pathogène dont l'écologie peut impliquer les rongeurs<sup>36</sup>. Une revue de littérature récente portant sur l'histoire évolutive des coronavirus nous interpelle explicitement sur le manque évident de données chez les musaraignes et les hérissons, alors même que ces animaux abritent une diversité étonnante d'alpha - et de bêta - coronavirus<sup>35</sup>.

On peut remarquer aussi que, suite à l'épidémie de grippe aviaire H5N1, virus de la famille des orthomyxoviridés, peu de travaux se sont poursuivis après sur les oiseaux, parce que notamment, du fait de la forte barrière et distance inter-espèces, les risques étaient très faibles et l'épidémie s'est vite arrêtée<sup>8</sup>.

Enfin, il faut souligner que, hormis le cas de la rage, un virus de chauve-souris ne passe que très rarement directement de la chauve-souris à l'Homme (la possibilité du passage direct de SARS-1 et SARS-2 est discutée). Le SARS-CoV-1 ne serait jamais passé de la chauve-souris à l'Homme sans « l'intervention » de la Civette masquée ou le SARS-CoV-2 d'une chauve-souris à l'Homme sans « l'intervention », toujours discutée, du pangolin. Mais, une civette « ça a une bonne bouille et c'est mignon », un pangolin c'est bizarre, ça ne ressemble pas à un mammifère et cela ne fait pas peur, tandis que les chauves-souris ne suscitent guère de sympathie.

Il ne s'agit pas ici d'affoler le lecteur en dressant une liste de catastrophes ou scénarii tout droit sortis d'une boîte de Pandore épidémiologique, mais simplement de rappeler deux éléments importants : nous avons appris à vivre depuis des centaines de milliers d'années à côté de virus portés par des animaux, notamment nos animaux domestiques<sup>38</sup>, qui nous ont contaminés et que nous supportons (ce qu'on appelle la co-évolution hôte-parasite) ; nous devons continuer à apprendre à vivre avec d'autres virus qui nous parviendront<sup>39</sup>, notamment en organisant l'espace pour minimiser les probabilités de rencontre, tant en Europe qu'ailleurs dans le Monde.

## Y a-t-il un accroissement des épidémies aujourd'hui et sont-elles plus mortelles ?

Ces dernières années ont vu émerger plusieurs épisodes touchant les humains, avec différentes espèces à leur origine : épidémie de SARS en 2003 (la Civette palmiste masquée), MERS-CoV en 2012 en Arabie Saoudite (le Dromadaire), fièvre hémorragique Ebola et ses 11 000 morts en 2014-2016 en Afrique de l'Ouest (on ne connaît pas le point de départ), virus de Marburg (Roussette d'Égypte), avec plusieurs centaines de morts en 1998-2000 en Angola, Congo, virus Nipah (les porcs) en Malaisie, Singapour, Bangladesh entre 1990 et 2000 et virus Hendra (les chevaux) à la même époque en Australie, autant d'épidémies liées à différents virus (Filoviridés : Ebolavirus et Marburgvirus, Paramyxoviridés : Henipavirus).

De même, en ce qui concerne la dangerosité des épidémies et son évolution au cours du temps, on ne peut rien dire. En ce qui concerne les épidémies récentes ayant touché les humains, dues à des coronavirus, leurs caractéristiques sont très différentes en termes d'expansion, proches en termes de taux de contagiosité mais pas de létalité (voir tableau 1). Pour les trois virus concernés, il n'existe pas de vaccin et on n'a jamais envisagé d'en faire un pour MERS-CoV et SARS-CoV-1, ou bien pour le H5N1 (même si dans ce cas-là, cela se justifie moins du fait de la barrière inter-espèces<sup>8</sup>).

## Y a-t'il plus d'épidémies aujourd'hui qu'avant ?

On n'en sait rien et les archives historiques n'en parlent pas... et n'existaient pas d'ailleurs sauf en Europe et encore ! Auparavant, il fallait de très fortes mortalités de masse (plusieurs millions de personnes avec des symptômes évidents) pour que l'on s'inquiète d'une épidémie. Les gens vivaient moins longtemps et supportaient peut-être davantage des petits symptômes. Pouvaient-ils mourir de zoonoses sans qu'on le sache ? C'est possible, seules la rage et la peste étant connues comme des maladies liées aux animaux... et quand cela se passait chez les serfs et autres petites gens du peuple, cela ne faisait pas la une des journaux !

Ce qui est sûr c'est que, suite au développement des médias, on le sait davantage aujourd'hui quand une épidémie apparaît quelque part dans le monde, même si les taux de mortalité sont faibles. Après, soyons honnêtes : qui s'était vraiment inquiété au moment du MERS-CoV, du Nipah ou Hendra ou de Marburg ? Il est vraisemblable que des épisodes épizootiques se sont déjà produits, avec morts d'hommes, mais dans des endroits reculés (Afrique, Asie), avec peu de morts dans l'absolu (même si dans certains cas les humains présents dans ces foyers locaux peuvent avoir été exterminés), donc : pas de diffusion, peu d'informations... dans des pays « en voie de développement » avec peu ou pas de structures d'études épidémiologiques<sup>4</sup>.

Autre exemple de notre « aveuglement » médiatique et occidental : le virus MERS-CoV n'a pas disparu et on détecte régulièrement quelques cas... mais il a le « bon goût » de rester au Moyen-Orient ou presque (en 2015, un cas issu du Moyen-Orient a contaminé 159 personnes en Corée du Sud, dont 44 mortellement<sup>16</sup>, qui en a entendu parler ?).

Tableau 1 : Comparaison des caractéristiques épidémiologiques des trois coronavirus ayant touché les humains.

	MERS-CoV	SARS-CoV1	Covid-19
Nb de cas connus	1 589	8 098 (5 237 en Chine)	3 090 495 (au 30/04/2020)
Nb de pays touchés	26	30	221 (29/04/2020)
Nb de morts connus	567	774	217 769 (29/04/2020)
Réservoir	Chauve-souris + dromadaire puis homme	Chauve-souris + civette palmiste masquée puis homme	Chauve-souris + pangolin suspecté puis homme
Mode de contamination	Consommation de lait cru de dromadaire puis d'humain à humain	Consommation de civette palmiste masquée suspectée au départ, puis d'humain à humain	Consommation de pangolin suspectée au départ, puis d'humain à humain
Taux de contagiosité	< 1%	> 2%	2,8%
Taux de létalité	34,4%	9,5% (mais > 50% sur 65 ans et +)	7,05% (au 29/04/2020, tous pays confondus ; 3,4% en Europe)

## Comment l'homme se contamine ou s'est contaminé avec le SARS-CoV-2 ?

La transmission d'un coronavirus, de mammifère à mammifère et donc d'une espèce autre que l'homme à l'homme, et d'homme à homme, se fait principalement par contacts étroits via des gouttelettes respiratoires générées par les éternuements et la toux, les surfaces touchées par les mains (la transmission par de l'eau contaminée par les selles serait possible ?). Les particules virales sont soit inhalées directement et gagnent nos poumons, soit traversent nos muqueuses (bouche, yeux, nez) suite à un contact avec nos mains.

**La souche virale identifiée chez l'Homme porte le nom de SARS-CoV-2, et la maladie a reçu le nom de Covid-19.** Cette souche virale est proche de certaines souches présentes sur chauves-souris, mais ce n'est pas celle des chauves-souris. Le SARS-CoV-2 est en effet génétiquement proche de trois autres virus identifiés chez des chauves-souris présentes en Chine (dont le coronavirus RaT-G13 retrouvé chez des rhinolophes, avec une proximité génétique de 96 %<sup>11</sup>). Même si la proximité génétique de ces virus est élevée, cela ne veut rien dire ! Le taux de proximité génétique de l'Homme avec le Chimpanzé est de 98 %, et pourtant nous ne sommes pas (tous) des singes ! Même si des expériences en laboratoire ont suggéré que certains virus de rhinolophes proches du SARS-CoV-1 (nom de la souche virale identifiée chez l'Homme en 2003) étaient capables d'infecter des cellules humaines, aucune donnée épidémiologique n'est venue étayer cette hypothèse.

Le fait qu'une partie du génome d'un pangolin (identité entre SARS-CoV-2 et virus du pangolin à près de 90 %) ait aussi été retrouvée chez le Covid-19 montre qu'il y a eu recombinaison. L'hypothèse la plus probable est que la « nouvelle » partie du virion du SARS-CoV-2, permettant une meilleure pénétration du virus dans les cellules pulmonaires de l'homme, est celle issue du pangolin (notamment la protéine S, le domaine de liaison au récepteur dans les cellules humaines<sup>3</sup>). **Elle reste toutefois encore à démontrer !** Mais, même pour cette partie du génome, il semble qu'une mutation ait été nécessaire pour améliorer la performance du virion, le premier cas de Covid-19 ayant été recensé dès novembre 2019, voire avant, alors que l'infection ne s'est propagée qu'à partir de décembre et depuis un autre endroit, le marché aux animaux sauvages de Wuhan d'où proviennent 27 des 41 premières victimes hospitalisées à Wuhan.



L'origine du foyer a été l'occasion de plusieurs hypothèses, et on a même eu droit à de belles démonstrations mathématiques avec schémas à l'appui. Hassanin<sup>5</sup> propose un beau schéma et explique que des chauves-souris infectées pourraient tomber au sol, mourir et être ensuite consommées par des petits carnivores (Civette, Chien viverrin, Blaireau...), lesquels pourraient même attraper des chauves-souris vivantes, accrochées aux parois. Sicard<sup>4</sup> va encore plus loin, indiquant que ce sont les serpents qui vont dans des grottes et mangent les chauves-souris infectées tombées au sol. Il propose même une autre hypothèse : les chauves-souris, en allant manger des fruits, urinaient et déféquaient, répandant ainsi le virus, sur ces fruits, qui sont aussi consommés par des fourmis... qui sont par la suite consommées par des pangolins !

Ce que ces spéculations traduisent... c'est surtout le manque de connaissances biologiques de leurs auteurs. En dehors de circonstances (très) particulières, aucun virus ne survit longtemps dans –ou sur– un cadavre (Ebola, par exemple, ne survit que 48h). Très vite la concentration virale devient très faible (pour le virus lié au Covid-19, 2-3 jours d'exposition sur des surfaces inertes suffisent). Pour qu'un animal soit contaminé « naturellement », il faut aussi une certaine concentration virale. Les doses excrétées par les voies naturelles, autres que respiratoires, sont le plus souvent faibles. Et puis, encore faut-il que les espèces se rencontrent, et donc aient les mêmes habitats, les mêmes horaires et endroits de vie, soient en nombre suffisant des deux côtés, aient des relations soit comportementales, soit trophiques, aient des caractéristiques immunitaires ou physiologiques similaires et *ad hoc* pour faciliter la transmission, etc. Les serpents chassent rarement dans des grottes, tandis que les pangolins vont rarement dans des grottes pour y trouver leurs principales sources de nourriture, qui sont effectivement des fourmis ou des termites, mais vivant en grosses colonies... que l'on ne trouve pas dans des grottes. Serpents et pangolins ne sont jamais abondants, ils vivent à terre, les chauves-souris vivent en majorité accrochées au plafond des grottes ou aux branches le jour, et volent la nuit, bref beaucoup de « si » derrière toutes ces spéculations. Les pangolins sont des animaux rares dans la nature (ils sont menacés d'extinction !) et surtout solitaires, ce qui suppose peu d'événements de rencontre avec leurs congénères et donc des chaînes de transmission virale très vite stoppées. Comme le signale J. Michaux<sup>7</sup>, « *les pangolins vivent au sol, mangent des fourmis, et les chauves-souris concernées par le SARS-Cov-2 sont une espèce insectivore vivant dans les forêts tropicales d'Asie du Sud-Est. Les contacts naturels entre les deux espèces sont très faibles, s'ils existent* ».

Bref un bel exemple de la différence entre modélisation (vous avez dit élucubration ?) mathématique et étude épidémiologique !

Comment le virus est-il passé sur l'Homme ? Comme le dit D. Pontier<sup>6</sup> « *le virus circule peut-être depuis longtemps sous une autre forme chez d'autres espèces animales, mais les proximités génétiques identifiées jusqu'à présent entre les virus ne nous permettent pas d'avoir des informations -fiabiles- sur la chaîne de transmission de l'animal à l'homme* ». Toutefois, certaines concomitances dans les circonstances entre le SRAS-CoV-1 passé et l'épidémie de Covid-19 d'aujourd'hui nous permettent quand même d'en avoir une petite idée.

### Trafic d'animaux et « traditions culinaires ou autres » sont-ils responsables ?

Depuis quatre mois, chacun y va de sa théorie. La plus sulfureuse -et donc la plus attirante- voudrait que le virus SARS-CoV-2 soit issu du laboratoire de haute sécurité de Wuhan. Sauf que, l'hypothèse d'un pathogène créé sciemment -avec ou pas d'arrière-pensées- a été très vite évacuée par les analyses génétiques (bel exemple là encore de fake news et autres théories du complot, favorisées et amplifiées par les réseaux dits sociaux !).

Dans le cas du SARS-CoV-1, il a été montré que ce ne sont pas les chauves-souris qui ont transmis le virus à l'homme, même si là encore la proximité du SARS-CoV-1 avec des coronavirus de chauves-souris chinoises est forte. Lors de l'épidémie de 2002-2003, l'enquête sur les premiers patients a permis de cibler un restaurant de Shenzhen (province de Guangdong) où était servie de la viande sauvage. Ensuite, l'analyse des animaux vendus sur le marché de Shenzhen a révélé un virus identique à 99,8 % au SARS-CoV-1 chez plusieurs civettes palmistes masquées (*Paguma larvata*). Ce petit carnivore est nocturne et arboricole ; il est « élevé » pour sa viande dans de nombreuses fermes chinoises. Cette espèce a aussi été identifiée comme la cause d'une deuxième contamination humaine en 2003-2004 dans la ville de Guangzhou, toujours dans la province de Guangdong, et cela seulement quelques mois après la levée de l'interdiction de consommation de civettes par les autorités chinoises. Tous les éléments recueillis suggèrent que les civettes testées positives dans le restaurant de Guangzhou ont été contaminées lors de leur détention en cage en raison de leur promiscuité avec d'autres animaux sauvages. Et les conditions pour que ces rencontres continuent perdurent ; le nombre de fermes à civettes a explosé ces dernières années en Indonésie, au Vietnam, en Chine et désormais en Thaïlande pour produire du « *café civette* » (ou kopi luwak), récolté dans les excréments de l'animal, à qui on fait manger les cerises du caféier. Dans le cas du Covid-19, un lien a clairement été établi entre les premiers patients de l'épidémie et le marché d'animaux sauvages de Wuhan. Par ailleurs, deux souches virales de la lignée SARS-CoV-2 ont récemment été identifiées chez des pangolins malais (*Manis javanica*) saisis par les douanes (et dont l'origine géographique exacte, le parcours et les contacts sont de fait inconnus) dans les provinces de Guangdong et Guangxi. L'espèce *M. javanica* n'est pas présente en Chine, à

l'exception de la pointe sud du Yunnan. Aussi, il est vraisemblable que tous les animaux séquencés proviennent d'un trafic illégal en provenance d'Asie du Sud-Est<sup>5</sup>.

Les récents travaux d'équipes chinoises montrent que les pangolins sont très sensibles au virus de la lignée SARS-CoV-2, présent chez *Rhinolophus affinis*, répandu dans tout le sud de la Chine, mais aussi dans toute l'Asie du Sud-Est. L'hypothèse d'une contamination naturelle dans leur forêt d'origine en Asie du Sud-Est, suite à des contacts avec des chauves-souris, est toutefois peu probable car, au-delà des considérations écologiques énoncées ci-dessus, la grande sensibilité des pangolins constitue un énorme frein à la diffusion de ces virus dans leurs populations. L'autre hypothèse de la contamination est d'origine anthropique en lien avec leur captivité ; elle a pu se faire durant le transport des pangolins depuis l'Asie du Sud-Est, ou lors de leur stockage en Chine ou bien encore dans les marchés de faune sauvage. Une telle contamination est très probable en raison des conditions de captivité déplorables. Les cages sont souvent posées les unes contre ou sur les autres, ce qui permet une diffusion rapide du virus à l'ensemble des animaux enfermés, stressés, soumis au bruit, et cette diffusion peut être accélérée si les espèces contaminées acceptent et amplifient le virus.



Le trafic d'animaux pourrait être une des causes à l'origine de l'apparition du Covid-19. On voit ici, sur un marché en Asie, des pangolins, des serpents et des chauves-souris en cages les uns sur les autres, en plein air.  
Dan Bennett / Wikimedia, CC BY-SA

Et puis récemment la civette est revenue sur le tapis... le marché dans ce cas ! par rapport au SARS-CoV-2<sup>15</sup>. De fait, comme le signale M. Le Guil<sup>16</sup> : « *C'est par le biais de cette espèce qu'avait débuté l'épidémie de Sras en 2002-2003 : l'énorme développement industriel de la région de Guangdong, dans le sud de la Chine, avait entraîné une multiplication par un facteur 50 de l'élevage de ce mammifère - lequel est, ensuite, choisi vivant par les consommateurs dans l'arrière-boutique de certains restaurants. Or, depuis cet épisode, la Chine ne donne aucune information sur l'élevage de civettes. C'est un dossier sensible* ». Toutefois, toutes ces vagues de hésitation ne montrent qu'une chose : les lacunes de nos connaissances.

Tous ces éléments indiquent que l'épidémie semble être la conséquence directe du trafic illégal de faune sauvage, qu'il s'agisse d'élevages locaux ou de transits internationaux. Il est donc urgent d'interdire non pas temporairement mais définitivement le commerce de mammifères sauvages (mais aussi des autres vertébrés en voie de disparition, même si la barrière inter-espèces est plus forte entre ces espèces et l'Homme) potentiellement responsables de zoonoses... et les marchés d'animaux vivants, comme la Chine s'y était déjà engagée en 2003 mais sans réellement l'appliquer<sup>8</sup>. Toutefois, cela ne saurait suffire et tant que le Pangolin se vendra à près de 2 900 dollars le kilo d'écaillés en Chine pour « la médecine traditionnelle chinoise » (source : ONG Conservation Justice<sup>10</sup>), et tant qu'un braconnier africain ou asiatique pourra faire vivre sa famille pendant un mois ou plus avec le prix d'un pangolin sur les marchés africains ou asiatiques, en plein jour au vu et su de tous, les trafics d'animaux vivants perdureront<sup>9</sup>, notamment pour alimenter la tradition chinoise d'offrir un repas de fête à ses hôtes, et marquer ainsi sa « puissance ». Le fait que cette épidémie ait surgi au moment de la Fête du Rat en Chine (le Rat y est symbole de prospérité) n'est peut-être pas un hasard.



Pangolins en viande de brousse au marché de Libreville (Gabon) alors que la vente y est interdite et que les pangolins sont protégés y compris en Afrique.  
7 mars 2020 © Steve Jordan, AFP.

### Les chauves-souris européennes ont-elles le SARS-CoV-2 ou peuvent-elles l'attraper ou bien d'autres espèces que les chauves-souris le peuvent-elles ?

**Même si on ne peut pas en avoir la certitude absolue, on peut dire NON !** Aucune chauve-souris européenne n'a le SARS-CoV-2... et aucune chauve-souris européenne ne peut attraper naturellement le Covid-19 ! Comme le dit J.F. Julien<sup>6</sup>, « pour l'instant on est quasi certain qu'il n'y a pas de souche de SARS-CoV-2 chez les chauves-souris d'Europe ». Elles peuvent porter des coronavirus, notamment du groupe Alpha dont trois types ont été retrouvés chez la Pipistrelle commune en Belgique<sup>7</sup>, coronavirus qui ne se transmettent pas à l'Homme.

Suite à la pandémie actuelle, des essais dignes du Docteur Mabuse ont été tentés en Europe et aux Etats-Unis<sup>17</sup>. En Caroline du Nord, Baric a testé la réponse au virus de différentes cellules animales, notamment celles du bétail domestique. Les cellules contenant des protéines ACE2 provenant d'êtres humains, de chauves-souris rhinolophes, de civettes et de porcs ont montré qu'elles pouvaient être infectées par le virus, contrairement, par exemple, aux cellules de souris. En Allemagne, l'Institut Friedrich Loëffler expose des porcs, des poulets, des chauves-souris frugivores (*Rousettus aegyptiacus*) et des furets au virus par instillation intranasale (c'est-à-dire des conditions non naturelles !) pour déterminer si ces espèces peuvent être infectées et si le virus peut se reproduire dans leur organisme. Si le virus le peut, ces animaux seraient considérés comme des réservoirs potentiels. Les premiers résultats suggèrent que les chauves-souris frugivores et les furets seraient des réservoirs potentiels, contrairement aux porcs et aux poulets. Une expérience similaire, menée à l'Institut de santé de Singapour, a révélé que le virus se répliquait mal chez les chiens, les porcs, les poulets et les canards, mais se reproduit bien chez les furets et les chats, les félins étant capables de propager le virus par projection de gouttelettes.

Mais, comme le souligne le Dr Wang de cet institut : « *Il s'agissait d'une étude conduite en laboratoire, et cela ne signifie donc pas nécessairement que cela se produira dans le monde réel* »<sup>17</sup>. Pour Baric, il est tout aussi important de tester les animaux dans leur milieu naturel. « *Les coronavirus changent fréquemment d'hôte* », dit-il. « *En fin de compte, vous devez sortir [du laboratoire] et étudier la faune. Ces types d'études sont très difficiles à mener* », indique Wang, et pour le moment la plupart des études sur la faune se concentrent sur la recherche des espèces susceptibles de propager le virus en premier lieu, pas sur les espèces qui pourraient l'héberger à l'avenir. En ce domaine, en France notamment, on ne peut que regretter la quasi-disparition des études de « sciences naturelles », comme on disait avant, qui consistaient justement à aller sur le terrain capturer et analyser. Tous ces travaux, abandonnés par la recherche universitaire, sont maintenant quasi-exclusivement l'œuvre des naturalistes, bénévoles et salariés, qui font ce qu'ils peuvent.

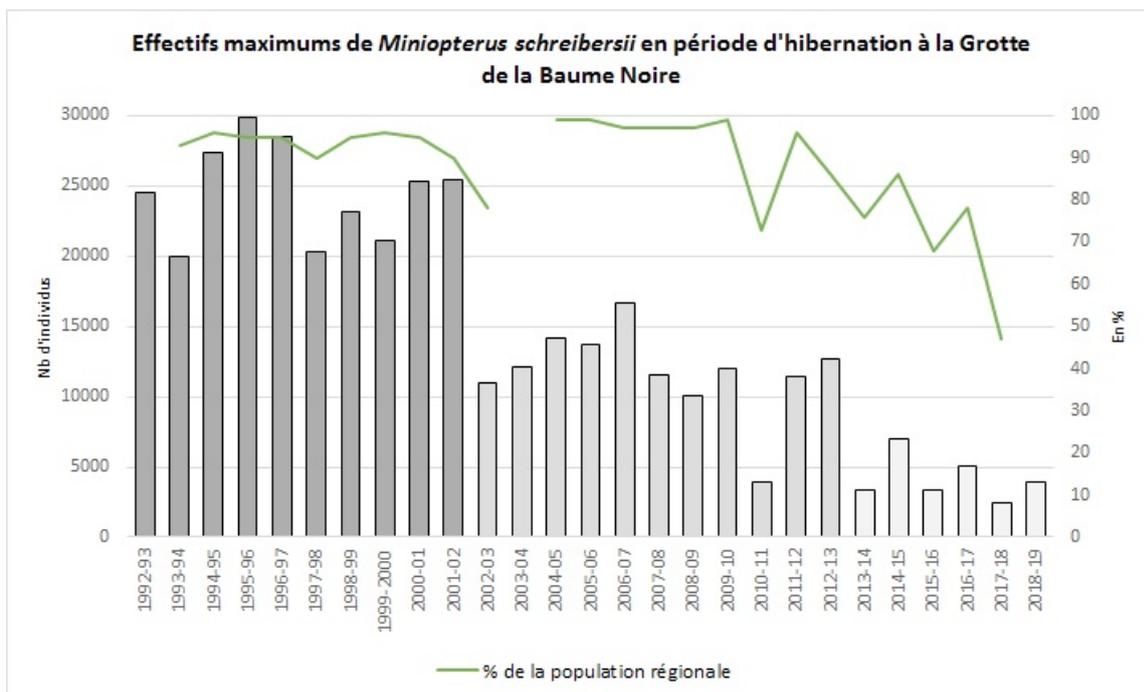
Même si le virus se propage à une nouvelle espèce, il n'y a aucune certitude qu'il colonisera et persistera chez cet animal, selon les virologues. Il y a beaucoup de facteurs qui doivent être réunis pour qu'un animal devienne non seulement un hôte mais également un hôte capable de retransmettre le virus à l'Homme. Donc, là encore beaucoup d'ignorance et de spéculations... ce qui doit nous inciter à accroître les recherches, sur les chauves-souris mais pas que sur elles.

## Les chauves-souris européennes ont-elles d'autres pathogènes, et peut-on les attraper ?

**OUI, même en Europe les chauves-souris ont des pathogènes**, mais le seul virus connu qui puisse, en Europe, passer de la chauve-souris à l'Homme est celui de la rage. Les souches rabiques sur chauves-souris en Europe sont différentes de celles présentes sur les chats, chiens et renards, même si en prévention le vaccin issu de la souche canine protège, soit préventivement (vaccination), soit après exposition si cela est fait rapidement, les personnes ayant contracté la souche issue des chauves-souris (EBLV). La seule personne, suspectée d'avoir été contaminée et ainsi traitée, n'a pas développé la maladie par la suite. Toutefois, depuis plus de 30 ans que la rage des chauves-souris est suivie, aucun cas de mortalité en France n'a été relevé (2-3 suspicions de contagion ont été observées suite à des contaminations possibles via des roussettes enrégées en Egypte –dont une importée illégalement en France, ce qui a entraîné une possible contamination de 80 personnes qui ont dû être traitées préventivement) et 4 cas de mortalité en Europe sur des personnes non vaccinées, exposées à des espèces européennes. Tous les chiroptérologues, principalement naturalistes, qui étudient les chauves-souris en France prennent un minimum de précautions, y compris ceux suivant des colonies connues avec présence de la rage depuis plus de 10 ans... et tant les chiroptérologues que les habitants des maisons hébergeant ces colonies n'ont jamais été ni inquiétés, ni inquiets. La prévalence de la rage en France semble être très faible chez les chauves-souris : de 1989 à 2018, sur 5 288 individus analysés, 88 (soit 1,66 %), issus de trois espèces, étaient ou avaient été porteurs du virus.

Ces dernières années, plusieurs cas d'épizooties ou de mortalités soudaines et massives ont été observés chez les chauves-souris européennes. La plus connue est la chute des populations du *Minioptère* de Schreibers, survenue au début des années 2000 et qui a occasionné une réduction des populations voisine de 80 %. Depuis cette date, d'autres épisodes locaux de mortalité ont parfois été suspectés, mais jamais démontrés (voir le graphique du suivi de la Grotte de la Baume noire). D'autres mortalités, subites et anormales (réseau SMAC, OFB-SFEPM-Adilva), ont parfois été notées, mais on doit déplorer le fait que peu d'individus aient été analysés. Diverses causes ont été suspectées : intoxications, pathologies pulmonaires, parasitisme aigu, gale... mais encore une fois l'absence de véritable enquête épidémiologique ne permet pas d'aller plus loin. Des cas, non confirmés, de *Yersinia pseudotuberculosis* ont par contre été suspectés<sup>18</sup>.

Depuis 3-4 ans, une véritable étude épidémiologique est enfin menée sur chauves-souris dans l'ouest de la France (Programme ECOFECT, université de Lyon-Poitou Charentes Nature), sur Grand rhinolophe et *Minioptère* de Schreibers, afin notamment d'identifier les agents infectieux présents dans les communautés et leurs possibles vecteurs, et de comprendre la dynamique de circulation intra- et interspécifique des agents infectieux ainsi que leur impact sur les communautés d'espèces. L'impact éco-toxicologique de divers produits sur les Chiroptères est aussi pris en compte. Les résultats, même partiels, ne sont hélas pas encore disponibles, mais ce type d'étude est l'exemple même de ce que nous devons faire pour répondre aux inquiétudes de nos concitoyens qui commencent à émerger suite au Covid-19, tout en ayant conscience que les réponses ne seront obtenues que sur les moyen et long terme.



Données de comptages récoltées par la CPEPESC Franche-Comté (site en RNR).

L'autre pathogène identifié, et là encore plus ou moins bien suivi, en France, est la maladie du nez blanc (White-Nose Syndrome). Son importance en Europe a été révélée par le biais d'un phénomène épizootique particulièrement fort ayant engendré (et engendrant toujours) une mortalité massive chez certaines espèces de chauves-souris... aux Etats-Unis, dans l'Etat de New-York au départ ! L'origine européenne du champignon ayant été suspectée, des observations plus minutieuses ont été menées en Europe... et le champignon a été identifié dans plusieurs pays, dont la France, avec des prévalences parfois fortes (20-30 % d'individus touchés) mais une faible létalité. Des photos datant de plus de 20 ans ont même été ré-analysées et le champignon observé (notamment en Allemagne) mais les chiroptérologues n'avaient pas toujours jugé ces signes inquiétants<sup>19</sup> à l'époque (on voit là encore les effets du conditionnement mental dans les travaux de recherche : on s'intéresse à ce qui nous inquiète en fonction de nos connaissances et de nos certitudes<sup>20</sup>).

Tous ces pathogènes « européens » n'ont à notre connaissance jamais causé de désagrément ou autre à des humains, et, compte-tenu du nombre de personnes manipulant des Chiroptères en France<sup>21</sup> et en Europe, depuis plus de 30 ans que les chauves-souris ont le vent en poupe dans le monde des mammalogistes, si cela avait dû survenir, on le saurait. Comme le dit J-F. Julien<sup>6</sup> : « *Dans notre pays, on a plus de probabilité d'attraper la maladie de Lyme avec une tique que d'être contaminé par de l'urine de chauve-souris !* »... et plus loin « *Le risque zéro n'existant pas, on peut toujours prendre des précautions. Mais cela fait des milliers d'années que les chauves-souris d'Europe côtoient les habitats des humains, et que globalement, la cohabitation se passe bien* », rappelle Jean-François Julien, « *Et qui sait ? Peut-être même qu'à force de les côtoyer, nous avons développé depuis longtemps des anticorps permettant de nous protéger d'un certain nombre de virus considérés comme bénins aujourd'hui* ». Et on pourrait dire : réciproquement !

En France métropolitaine, il n'est pas connu d'agent pathogène dans le guano de chauve-souris, ou dans l'urine des bêtes. **Dans les DOM-COM, la situation peut être différente.** Les fortes abondances relevées en cavités et les conditions climatiques, avec l'accumulation de guano, peuvent permettre le développement de pathogènes, notamment des mycètes, qui peuvent être pathogènes pour l'homme. Le cas de trois chiroptérologues ayant contracté un histoplasme lors d'inventaires en Guadeloupe, il y a de cela plus de 10 ans à une époque où tous ces problèmes étaient inconnus, doit nous inciter à la prudence dans ce type de situation, à laquelle peu de gens sont toutefois confrontés.



Murins à moustaches © Laurent Arthur

## Je m'intéresse, j'étudie les chauves-souris, dois-je m'inquiéter et que dois-je faire ?

### J'ai des chauves-souris chez moi, ou là où je dois travailler, que dois-je faire ?

Depuis l'apparition du Covid-19, plusieurs personnes se sont inquiétées de la présence de chauves-souris chez elles, certaines demandant même à en être débarrassées ! Des questionnements sont aussi remontés de la part des chiroptérologues, qui craignent surtout des limitations quant à l'exercice de leur passion, de leur métier même pour certains, et s'inquiètent du risque de pouvoir transmettre le Covid-19 à leurs animaux préférés en les étudiant.

La Coordination Chiroptères Nationale de la SFEPM a publié le 24 avril 2020 un communiqué faisant le point sur les risques encourus<sup>24</sup>. Une réflexion nationale est en cours, qui permettra de mieux encadrer nos pratiques naturalistes et nous permettre d'intervenir dans le cadre de nos SOS chauves-souris plus sereinement.

### Comment nous, les humains, pouvons faire pour minimiser le risque de nouvelles pandémies ?

Là aussi, les recommandations, alertes, commentaires sur « *cela devait arriver, on vous l'avait bien dit, c'est la faute de l'Homme qui ne respecte pas la Nature...* » ont fleuri dans les médias. Comment faire un tri parmi toutes ces prophéties, affirmations et quelles conclusions en tirer ?

Le premier point, déjà énoncé plus haut, est **l'arrêt immédiat de tous les trafics d'animaux sauvages**. En dehors de représenter la troisième source de revenus illégaux au Monde, d'être un des facteurs clé de la disparition de plusieurs espèces gravement menacées, ce trafic constitue un point d'entrée et permet la circulation de virus à l'échelle planétaire, et les facilité et rapidité des transports sont telles qu'un animal en début d'incubation peut arriver deux jours plus tard à l'autre bout du monde. Les législations existent, elles ont été signées par la majorité des pays... mais il faut les appliquer ! A ce titre, le laxisme de certains pays (dont la Chine), mais aussi celui des pays européens qui continuent d'autoriser l'entrée d'animaux exotiques dans les animaleries, avec les conséquences qui peuvent aller avec, est significatif (exemple du *Tamias strié* en Ile-de-France qui s'est retrouvé en nature induisant une multiplication des tiques et donc de la maladie de Lyme, ou encore la découverte de tortues serpentes en Gironde ou récemment d'une tortue alligator dans les Alpes-Maritimes qui, à l'âge adulte, peuvent représenter un risque pour les humains). La législation en ce domaine doit être inversée, comme la France vient de le faire pour ses DOM-COM : doivent être interdites sur le territoire national l'introduction ou importation (y compris à des fins commerciales) de toute espèce non autochtone.

Mais traiter le point d'entrée ne suffit pas, il faut aussi s'occuper du point de sortie et donc faire en sorte que, dans les divers pays africains, asiatiques ou sud-américains, les gens qui y vivent n'aient plus d'avantages à braconner ou trafiquer avec la faune sauvage. Ce qui passe par une vraie politique de soutien à ces pays, non pas pour en faire des pays « occidentaux » mais bien des pays aptes à vivre en harmonie et équilibre avec leur faune, tout en offrant une vie décente à leurs peuples. Cela passera aussi par une éducation et compréhension des raisons sociales et culturelles, mais aussi économiques, qui conduisent les locaux à consommer de la viande de brousse<sup>22</sup>, ou bien à penser que les écailles de pangolins (de la simple kératine !) peuvent guérir des maladies, sans les montrer du doigt.

Certains proposent aussi d'éradiquer des espèces pour remédier aux épidémies, comme Donald Trump préconisait de « *raser la forêt pour lutter contre les incendies* », car la plupart des maladies infectieuses que nous connaissons sont issues des animaux sauvages. De fait, nous continuons d'échanger avec les primates non humains : paludisme, fièvre jaune, dengue, Zika et Chikungunya (propagées « grâce » aux moustiques), mais aussi virus du sida et d'Ebola (des chauves-souris aux humains via la viande de brousse). D'autres nouveaux virus sont associés aux Rongeurs (fièvre de Lassa, monkeypox), aux chauves-souris (Ebola, donc, mais aussi Hendra), aux oiseaux (H5N1)... Comme le dit S. Morand<sup>23</sup> : « *Un pays riche en biodiversité est « riche » en maladies infectieuses. Mais attention, la destruction de la biodiversité augmente les risques d'épidémie. Si on déforeste, on urbanise, les animaux sauvages perdent leur habitat et cela favorise leurs contacts avec les animaux domestiques et les humains* ». L'exemple du virus Nipah, qui a émergé en 1998 en Malaisie, est emblématique. L'habitat des chauves-souris qui l'abritaient a été transformé en plantations de palmiers à huile. Elles ont donc cherché de nouveaux territoires et sources de nourriture et se sont retrouvées près des cochons d'élevage destinés à l'exportation. « *Des chauves-souris victimes de plantations de palmiers à huile pour le marché international se sont retrouvées sur des cochons eux aussi destinés au marché international* ». « *On a simplifié les paysages, multiplié les monocultures, et la Terre compte aujourd'hui 1,5 milliard de bovins, 25 milliards de poulets, des milliards de cochons. Ajoutez à cela un transport aérien qui a bondi de 1200 % entre 1960 et 2018, idem pour le fret maritime... Et vous obtenez cette « bombe » épidémique* ». Aujourd'hui dans le monde la biomasse des mammifères et oiseaux sauvages ne représente plus que 5.6 % de la biomasse cumulée des humains et de leurs animaux domestiques<sup>31</sup>. Autrement dit, si un virus "veut survivre", il a plus de chances de le faire en contaminant les humains et leurs animaux plutôt que la faune sauvage ! Animaux domestiques dont la diversité génétique et donc leurs capacités de résistance ont été amoindries suite à notre action de sélection.

Plusieurs auteurs ont souligné, exemples à l'appui, le rôle joué, de façon directe ou indirecte, par l'action de l'Homme sur la nature dans les récentes épidémies<sup>7, 23, 24</sup>, soit par une déforestation, liée à l'exploitation du bois, de l'huile de palme, à l'implantation de voies ferrées pour l'extraction de minerais rares (pour nos téléphones portables... le diable se cache dans le minuscule parfois), qui conduit les humains à proximité de nouvelles espèces, et donc de nouveaux virus, mais qui oblige aussi ces espèces à venir à proximité de centres urbains (les chauves-souris notamment, en Asie). Cette déforestation, alliée à l'élevage, favorise aussi la rémanence de l'eau au sol qui favorise les moustiques. Parmi les articles scientifiques récents, le plus intéressant<sup>29</sup>, après avoir montré que les espèces domestiques, les primates et les chauves-souris sont les espèces hébergeant le plus de virus, indique un lien entre le nombre de zoonoses et deux catégories d'espèces : celles qui se sont adaptées aux paysages anthropiques humains et ont de ce fait augmenté leur abondance et leur aire de répartition en venant vivre à côté de nous, et les espèces en danger qui voient leurs populations diminuer du fait de leur exploitation et de la perte de leur habitat, chasse et commerce accentuant ce phénomène. Et c'est alors nous qui allons à côté d'elles... plutôt que de leur laisser de la place où elles pourraient vivre.

Même dans les pays « riches », le développement urbain, la simplification des paysages et les monocultures, la régulation (pour ne pas dire la destruction) des prédateurs ont favorisé le développement de maladies<sup>25,26</sup>.



Comme le disait Jean Jaurès, il y a de cela 110 ans  
 « Un peu d'internationalisme éloigne de la patrie, beaucoup  
 d'internationalisme y ramène ».

S. Shah cite dans son article<sup>26</sup> l'épidémiologiste L. Brilliant : « *Les émergences de virus sont inévitables, pas les épidémies* », et S. Morand<sup>23,32</sup> souligne que : « *Pour éviter de nouvelles crises telles que celle du coronavirus, qui est l'exemple type d'une crise écologique, nos dirigeants doivent absolument comprendre que la santé et même la civilisation humaine ne peuvent se maintenir qu'avec des écosystèmes qui marchent bien* »... tant au local qu'à l'international.

La morale surgit ainsi d'elle-même et rejoint celle énoncée par des experts de l'IP-BES : « *Les mesures de stimulation liées au Covid-19 doivent sauver des vies, protéger les moyens de subsistance et sauvegarder la nature pour réduire le risque de futures pandémies* »<sup>2,33</sup>. Cela passera par **un changement de nos comportements, en lien avec la mondialisation** (huile de palme, terres rares, consommation de bétail en lien avec la déforestation au Brésil, en Argentine, en Australie et une viande bon marché, commerce d'animaux exotiques y compris pour notre plaisir, arrêt de la consommation alimentaire de mode : huile de palme, café civette,...), **mais aussi par nos pratiques en Europe** (diversification des cultures, recréation de mosaïques de paysages, place laissée à la vie sauvage – rappelons ici que moins de 2 % du territoire français est en zone protégée !, arrêt de la destruction des prédateurs). Début mai 2020, plusieurs ONG françaises regroupées en un collectif (le Club des 14) ont remis un Livre Blanc sur la biodiversité au Ministre de l'Environnement. Au-delà de faire un constat sur l'état de la biodiversité, y sont aussi énoncées des recommandations pour l'après Covid-19<sup>28</sup>.

**La nouvelle présidente de la Commission européenne a déclaré vouloir un Green Deal ? CHICHE !**

L'argent de la PAC ne doit plus subventionner une agriculture industrielle qui nous mène dans le mur, mais les services rendus par les agriculteurs à la société, en adoptant une approche « *Un monde, une santé* » à tous les niveaux de prise de décision, du mondial au plus local, sur la base des interconnexions santé, animaux, plantes et environnement. Sans oublier la recherche, notamment de terrain, pour mieux comprendre et anticiper : « *Connaître pour mieux gérer* » était la devise du Comité Ecologie et Gestion de la Biodiversité en 1980, elle est toujours d'actualité ! Eh oui, « *Contre les pandémies, l'écologie* » indique Shah<sup>26</sup>.

Le même auteur rappelle qu'en 2008, on a fait des cadeaux aux banques, on a effacé leurs dettes. Qu'aujourd'hui on aide à développer une agro-écologie, un éco-pastoralisme, une agro-foresterie, ici et ailleurs, en recréant du lien social, en luttant contre le changement climatique. Cela ne sera pas facile, mais Jaurès nous l'a dit en 1908 : « *L'histoire enseigne à l'Homme la difficulté des grandes tâches et la lenteur des accomplissements, mais elle justifie l'invincible espoir* ». Sauf que, désolé Jean, mais aujourd'hui il faut se hâter !



Gerd Altmann © Pixabay

**Bibliographie (orientée vers les articles les plus « intéressants » - à notre avis. Les articles, « d'esbroufe » ou à vocation médiatique, émanant de personnes en dehors de leur domaine de compétences, n'ont pas été retenus).**

- (1) Fischetti A. (2020). *Epidémies : la revanche des chauves-souris*. Charlie Hebdo, 28 mars 2020.
- (2) Settele J., Diaz S., Brondizio E. & Daszak P. (2020). *Les mesures de stimulation liées au COVID-19 doivent sauver des vies, protéger les moyens de subsistance et sauvegarder la nature pour réduire le risque de futures pandémies*. IPBES, 27 avril 2020, article d'expert invité, visible sur site Internet.
- (3) Hassanin A. (2020). Covid-19 : l'analyse des génomes révélerait une origine double du virus. The Conversation FR, 17 mars 2020, 21 :15, CET, disponible sur site internet.
- (4) Schlegel T. (2020). *Didier Sicard : "Il est urgent d'enquêter sur l'origine animale de l'épidémie de Covid-19"*. France Culture, 27/03/2020, 21 :05, disponible sur site internet.
- (5) Hassanin A. (2020). *Covid-19 : origine naturelle ou anthropique ?* The Conversation FR, 15 avril 2020, 19 :04, CEST, disponible sur site internet.
- (6) Anonyme (2020). *Covid-19 : Quand les chauves-souris se retrouvent au banc des accusés*. AQUI.FR journal internet d'infos, 26/04/2020, disponible sur site internet.
- (7) Zanella L. ; (2020). *Cette pandémie n'est que le début*. Le journal du médecin, 16/04/2020 00:00, disponible sur site internet.
- (8) Rémy V. (2020). *Penser autrement. Protégeons leur habitat ! Interview de J. Brugère-Picoux*. Téléràma, n°3668, 29-31.
- (9) Chauvin H. (2020). *Coronavirus : malgré la pandémie, le trafic d'écaillés de pangolins continue*. Actu-environnement, 06/04/2020, disponible sur site internet.
- (10) Anonyme (2020). *Au Gabon, le coronavirus fait chuter le trafic de pangolins*. Le Temps, Afrique, 16 mars 2020, dépêche AFP, 16 :20, disponible sur site internet.
- (11) Boni M.J.F, Lemey P., Jiang X., Tsan-Yuk Lam T., Perry B., Castoe T., Rambaut A. and Robertson D.L. (2020). *Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic*. bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.015008>. this version posted March 31, 2020, 25 pages
- (12) Anthony S.J., Johnson C.K., Grig D.J., Kramer S., Che X., Welles H., Hicks A.L., Joly D.O., Wolfe N.D., Daszak P., Kresh W., Lipkin W.I., Morse S.S., Mzet J.A.K. and Glodstein T. (2017). *Global patterns in coronavirus diversity*. Virus Evolution, 3(1) : vex012 doi: 10.1093/ve/vex012
- (13) Allen T., Murray K.A., Zambrana-Torrel C., Morse S.S., Rondicini C., Di Marco M., Breit N., Olival K.J. & Daszak P. (2017). *Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases*. Nature Communications, 2017, 24 ; 8(1) :1124, 10 pages doi: 10.1038/s41467-017-00923-8.
- (14) Olival K.J., Hosseini P.R., Zambrana-Torrel C., Ross N., Bogich T.L. & Daszak P. (2017). *Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals*. Nature, 546(29), Letter doi:10.1038/nature22975 : 646-667
- (15) Nouyrigat V. (2020). *La civette, nouveau suspect dans l'enquête sur l'origine du Covid-19*. Science et Vie, 01/05/2020, 11:12, disponible sur le site internet.
- (16) Anonyme. *MERS-CoV*. Page du site internet « Institut Pasteur », mise à jour 16 septembre 2019.
- (17) King A. (2020). *Qui sera le prochain hôte animal du coronavirus ? Pour les scientifiques, le risque infime que le coronavirus trouve un nouvel hôte animal avant de réinfecter l'Homme est réel*. Science, lundi 6 avril 2020, disponible sur site internet.
- (18) OFB, ENV Toulouse, SFEPM, Adilva et FCEN (2020). *Bilan SMAC 2019*. Rapport OFB, 17 pages.
- (19) Puechmaille S.J., Wibbelt G., Korn V., Fuller H., Forget F., Muëhldorfer K., Kurth A., Bogdanowicz W., Borel C., Bosch T., Cherezy T., Drebet M., Görfo T., Haarsma A-J., Herhaus F., Hallart G., Hammer M., Jungmann C., Le Bris Y., Lutsar L., Masing M., Mulkens B., Passior K., Starrach M., Wojtaszewski A., Zöphel U. & Teeling T. (2011). *Pan-European Distribution of White-Nose Syndrome Fungus (Geomyces destructans) Not Associated with Mass Mortality*. PLoS ONE | [www.plosone.org](http://www.plosone.org) 1 April 2011 | Volume 6 | Issue 4 | e19167, 11 pages.
- (20) Barrau A. (2016). *De la vérité dans les sciences*. Dunod, Paris, 95 pages.
- (21) Rappelons que les chauves-souris sont toutes protégées en France et que pour les étudier il faut bénéficier d'une dérogation, dérogation qui n'est accordée qu'après délivrance d'un certificat de compétences et qualification, au cours duquel les gestes sanitaires sont montrés, et que la manipulation des animaux doit se faire obligatoirement avec des gants et après vaccination contre la rage.
- (22) Trefon T. (2020). *Pangolin, chauve-souris, chimpanzé... les animaux sont une nourriture très appréciée en Afrique centrale*. Le Courrier International, 14/04/2020

- (23) Schaub C. (2020). *La crise du coronavirus est une crise écologique. Interview de S. Morand*. Libération, Santé et Biodiversité, 27.03.2020
- (24) SFPEM-CCN (2020). *Cohabitation avec les chauves-souris. Questions / Réponses... sur le coronavirus responsable de la maladie Covid-19 et autres aspects sanitaires*. Communiqué de presse SFPEM, 2 pages
- (25) *Lyme and other tickborne diseases increasing*. Centers for Disease Control and Prevention, www.edge.gov
- (26) BirdLife International (2009). *Diversity of birds buffer against West Nile virus*. Science Daily, 6 mars 2009.
- (27) Shah S. (2020). *D'où viennent les coronavirus ? Contre les pandémies, l'écologie*. Le Monde diplomatique, 79, mars 2020 : 20-24.
- (28) Ce « club des 14 » est constitué de (par ordre alphabétique) : Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne (ANPCEN), Association pour la Sauvegarde et la Protection des Animaux Sauvages (ASPAS), FERUS, France Nature Environnement (FNE), Fondation pour la Nature et l'Homme, Humanité et Biodiversité, Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO), Office pour les Insectes et leur Environnement (OPIE), Société Française pour le Droit de l'Environnement (SFDE), Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFPEM), Société Herpétologique de France (SHF), Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN), SurfRider, Fonds Mondial pour la Nature (WWF) France
- (29) Johnson C.K., Hitches P.L., Pandit P.S., Rushmore J., Evans T.S., Young C.C.W. and Doyle M. (2020). *Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk*. The Royal Society, proceedings B, 287: 20192736. <http://dx.do.org/10.1089/rspb.2019.2736>
- (30) Cheng V.C.C., Lu S.K.P., Woo P.C.Y. & Yuen K.Y. (2007). *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus as an Agent of Emerging and Reemerging Infection*. American Society for Microbiology, clinical microbiology reviews, 20(4) : 660-694 doi:10.1128/CMR.00023-07.
- (31) Bar-On Y., Phililips R. & Miloa R. (2018). *The biomass distribution on Earth*. Proceedings of the National Academy of Science, 115: 6506-6511. doi.org/10.1073/pnas.1711842115
- (32) Morand S., Jittapalapong S., Suputtamongko Y., Abdullah M.T. & Huan T.B., 2017. *Infectious Diseases and Their Outbreaks in Asia-Pacific: Biodiversity and Its Regulation Loss Matter*. PLoSOne, 2017 volume 9, issue 2, 7 pages doi.org/10.1371/journal.pone.0090032
- (33) Soubelet H., Silvain J.-F., Delavaud A., Sarazin F. & Barrot S. et l'ensemble du Conseil scientifique de la FRB (2020). *Covid-19 et biodiversité: vers une nouvelle forme de cohabitation entre les humains et l'ensemble des vivants non-humains*. Note de la FRB et de son Conseil scientifique, Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, Paris, 7 pages.
- (34) Hayman D.T.S. (2016). *Bats as Viral Reservoirs*. Annual Review of Virology, 3 : 77-99.
- (35) Corman V.M., Muth D. Niemeyer D. & Drosten C. (2018). *Hosts and Sources of Endemic Human Coronaviruses*. Advances in Virus Research, 100: 163-188. Doi.org/10.1016/bs.aivir.2018.01.001.
- (36) Colombe S., Janclous M., Rivière A. & Bertherat E. (2019). *Une nouvelle approche du contrôle des rongeurs pour mieux protéger la santé de l'Homme : première réunion internationale d'experts sous l'égide de l'OMS et de l'Organisation Panaméricaine de la Santé*. Relevé épidémiologique hebdomadaire, n°17, 26 avril 2019 : 297-204.
- (37) Han B.A., Schmidt J.P., Bowden S.E. & Drake J.M. (2015). *Rodent reservoirs of future zoonotic diseases*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 11(22): 7033-7044. Doi/10.1073/pnas.1501598112.
- (38) Wells K., Morand S., Wardeh M. & Bayliss M. (2018). *Distinct spread of DNA and RNA viruses among mammals amid prominent role of domestic species*. Global Ecology and Biogeography, 29: 470-481. Doi:10.1111/geb.13045.
- (39) Dobigny G. (2020). *Maladies émergentes d'origine animale : d'où viendra la prochaine menace ?*The Conversation, 14 mai 2020, 20 :40 CEST. Disponible sur site Internet.
- (40) Luis A.D., Hayman D.T.S., O'Shea T.J., Cryan P.M., Gilbert A.T., Pullian J.R.C., Mills J.N., Timonin M.E., Willis C.K.R., Cunningham A.A., Fooks A.R., Rupprecht C.E., Wood J.L.N. & Webb C.T. (2012). *A comparison of bats and rodents as reservoirs of zoonotic viruses : are bats special ?*Proceedings of The Royal Society, B, 280:20122753. Doi.org/10.10198/rspb.2012.2753

Christian ARTHUR, Président de la SFPEM

Merci à F. Moutou, G. Larcher, F. Paperin, H. Chauvin et D. Solomas pour leur relecture et leurs commentaires

Parution : mai 2020

Photos de couverture : Murin de Bechstein - Laurent Arthur - Muséum de Bourges / Renard roux - Denis Avondes / Mulot *sp.* - Alexas\_Fotos de Pixabay

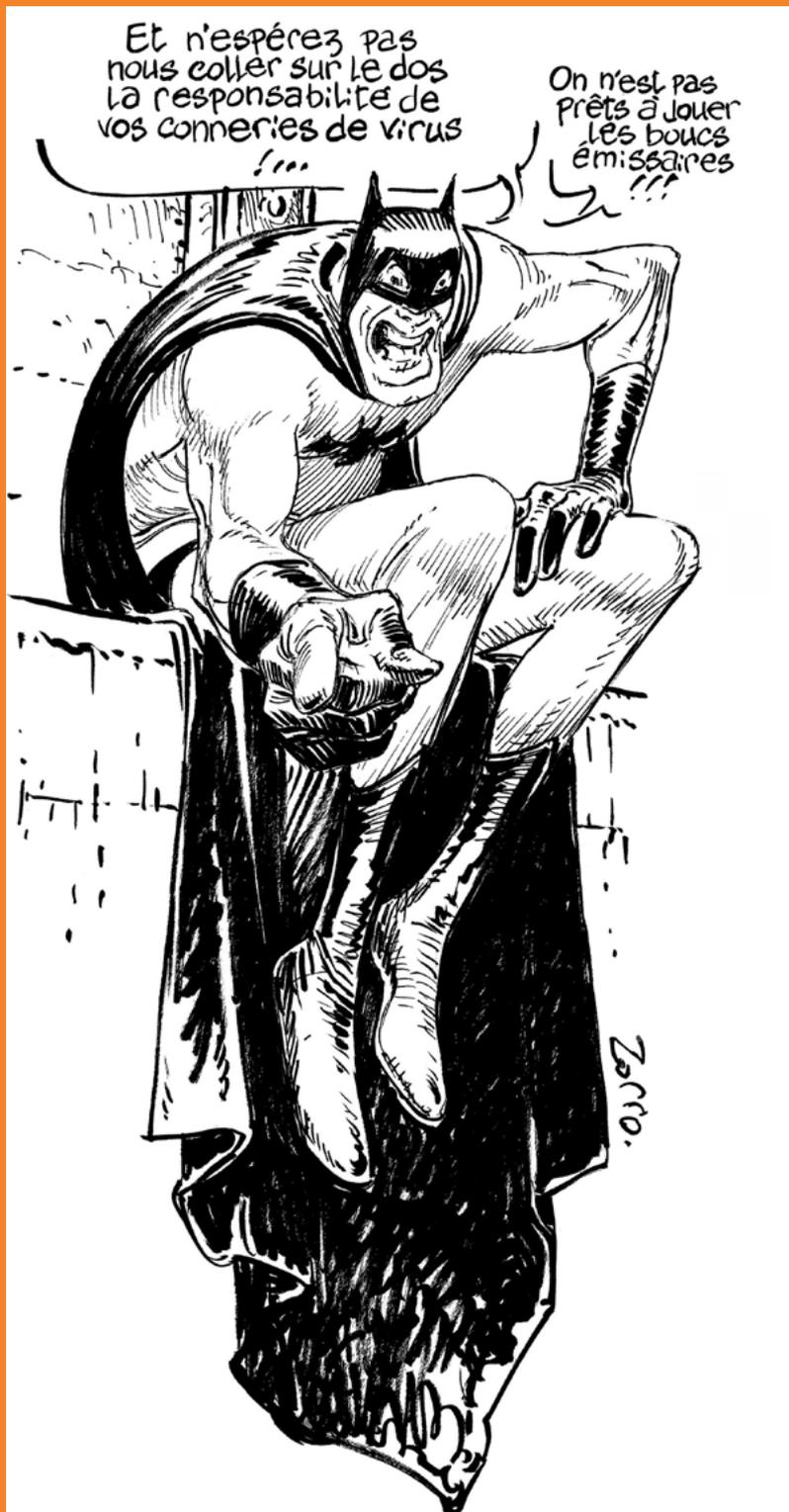


Illustration accompagnant un article de A. Fischetti dans le numéro de Charlie Hebdo du 28/03/2020