



LES CHAUVES-SOURIS ET L'EMERGENCE DES MALADIES INFECTIEUSES

Un réservoir viral exceptionnel, déstabilisé par l'homme

Noémie Courtejoie

Septembre 2014

RAPPORT POUR L'UE
« PROJET INDIVIDUEL »

Centre d'Enseignement
et de Recherches sur
l'Environnement et la
Société (CERES)



Table des matières

Introduction.....	2
I. La chauve-souris : un réservoir viral exceptionnel au fort potentiel épidémique	4
1. Des mammifères remarquables, porteurs de nombreux virus	4
2. Passage des virus du réservoir chauve-souris à l'homme	5
3. Les conséquences en santé publique : les chauves-souris au cœur de crises sanitaires	7
4. Les chauves-souris sont-elles des réservoirs exceptionnels ?	9
II. Le rôle de l'homme dans la déstabilisation du réservoir « chauve-souris »	11
1. Les changements d'usage des sols et l'émergence locale de nouvelles maladies	11
2. Les facteurs anthropiques favorisant la propagation des épidémies	12
3. Vers une intégration réfléchie, durable et avertie des problématiques de santé publique ?	14
Conclusion	16
Bibliographie.....	17

Introduction

Selon l'Organisation mondiale de la santé, les maladies émergentes sont responsables de 23 % des décès dans le monde (2012, [1]). Le risque épidémique touche cependant d'abord les pays en voie de développement, où ces maladies provoquent 43 % des décès, contre 1 % dans les pays industrialisés [2]. Les maladies émergentes sont celles qui sont récemment apparues dans une population, ou qui ont existé mais dont l'incidence ou la zone géographique augmente rapidement [3]. Il peut s'agir de maladies toxiques, métaboliques ou autres, mais la plupart d'entre elles sont d'origine infectieuse, donc dues à la transmission d'un micro-organisme (virus, bactérie, parasite, champignon, protozoaire...). Par la suite, le terme de « maladies émergentes » désignera uniquement ces dernières.

Le concept d'émergence couvre ainsi une large gamme de situations dont :

- l'apparition de nouveaux agents pathogènes, comme le Coronavirus responsable du Syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), découvert en Chine en 2002 [1];
- l'apparition de nouveaux caractères à l'origine de l'extension de la gamme d'hôtes réceptifs, ce qui est le cas du virus Chikungunya, transmis par des moustiques à forte plasticité écologique. Si la maladie était essentiellement endémique en Asie du Sud et en Afrique, des cas autochtones sont apparus aux Amériques fin 2013, et continuent à s'y propager [4] ;
- l'identification récente d'agents responsables de maladies déjà largement répandues, comme le virus de l'Hépatite C qui n'a été découvert qu'en 1989 [5].

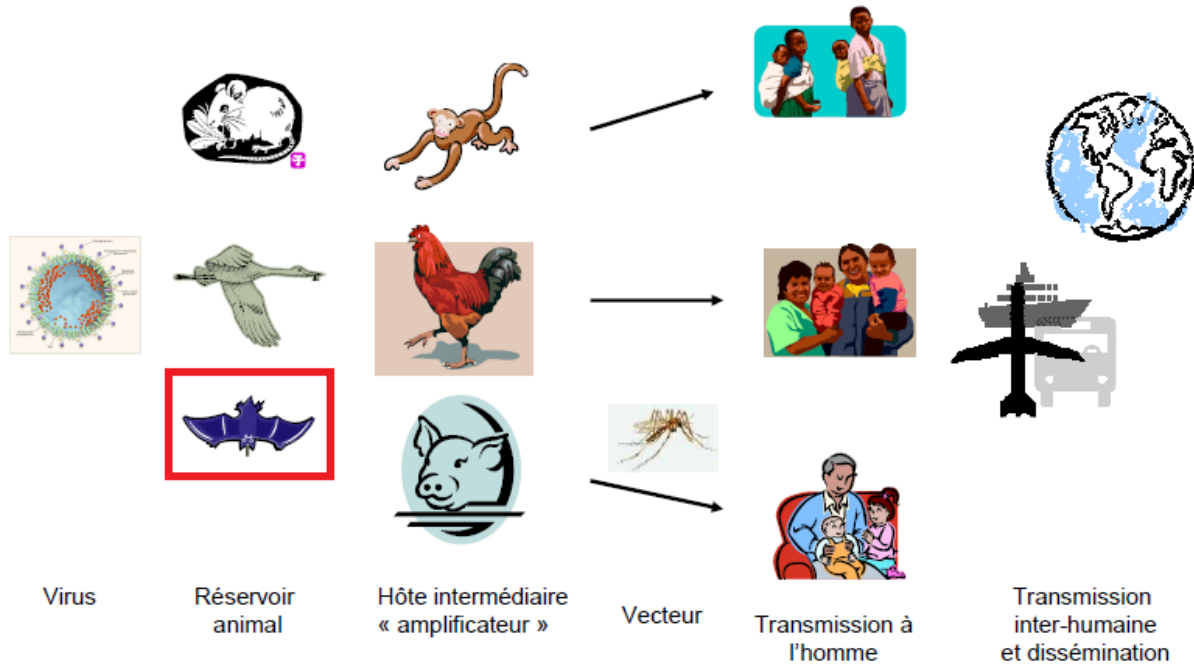
Dans nos sociétés, ces maladies aux multiples facettes posent d'importants problèmes de santé publique. En 2007, deux millions de morts sont attribuées au SIDA, soit un quart de la mortalité liée au cancer dans le monde la même année [1]. Par ailleurs, les crises majeures liées à la soudaineté des émergences ont des répercussions économiques, sociétales et parfois politiques, ce qui est d'autant plus délicat que ces maladies touchent surtout les pays en voie de développement. Pour endiguer la menace que ces maladies représentent à l'échelle internationale, il est important de caractériser au mieux le phénomène d'émergence, et de l'appréhender dans sa complexité.

Dans le monde, 60 % des pathogènes émergents sont des zoonoses (d'origine animale), et parmi eux, les virus sont les plus fréquents [6]. La figure 1 ci-dessous, illustre le mécanisme classique de l'émergence virale par zoonose. Le virus passe d'abord de son réservoir naturel à un hôte d'une autre espèce. L'homme peut donc être contaminé directement à partir du réservoir, ou indirectement via un hôte intermédiaire ou un vecteur (qui ne provoque pas lui-même la maladie mais qui disperse l'infection en transportant les virus d'un hôte à l'autre)¹. Certains animaux occupent une place particulière dans le schéma précédent, c'est le cas des chauves-souris, qui constituent un réservoir naturel d'un grand nombre de virus potentiellement transmissibles à l'homme, ainsi qu'à d'autres animaux. Parmi eux des Filovirus, Rhabdovirus et Coronavirus sont respectivement responsables de la fièvre hémorragique Ebola [7], de la

¹ En pratique, l'agent infectieux peut parfois se reproduire et survivre sur plusieurs générations chez le vecteur et sa descendance. Le vecteur n'a donc pas toujours qu'un rôle de transporteur, il peut également être réservoir.

rage [8] et du Syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) [9]. Les chauves-souris seraient également à l'origine du mystérieux coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS), récemment découvert en Arabie saoudite [10], [11]. L'existence d'un tel réservoir animal pose de vrais problèmes sanitaires et compromet l'éradication de nombreuses maladies [12].

Figure 1 : schéma classique de l'émergence virale [13] :



Cependant, le rôle joué par la chauve-souris dans de nombreuses crises ne lui est pas entièrement imputable. Sur le plan écologique, les maladies infectieuses virales peuvent être considérées comme une extension des relations hôte-parasite. Le plus souvent, l'hôte et le virus coexistent pacifiquement car les géotypes hautement pathogènes susceptibles de détruire l'hôte sont éliminés, tout comme les hôtes sensibles. Ainsi, l'émergence d'une maladie dans une population humaine est en général causée par la combinaison de multiples facteurs tels que des changements environnementaux, la démographie humaine et animale, l'évolution des agents pathogènes, et les facteurs sociaux et culturels, comme les modifications des pratiques d'élevage, les habitudes alimentaires et les croyances religieuses...

Dans un premier temps, nous analyserons la capacité des chauves-souris à assurer efficacement les rôles de réservoirs et de disperseurs viraux. Puis, nous prendrons en compte le rôle de l'homme dans la transmission de ces virus à l'homme.

I. La chauve-souris : un réservoir viral exceptionnel au fort potentiel épidémique

1. Des mammifères remarquables, porteurs de nombreux virus

L'ordre des chiroptères est très diversifié et compte plus d'un millier d'espèces partout dans le monde, soient 20 % des espèces de mammifères connues, ce qui en fait le deuxième ordre de mammifères le plus nombreux après les rongeurs [14]. C'est également un ordre très ancien dont la période de diversification maximale, à l'origine de toutes les familles encore présentes, semble être l'Eocène (56-34 millions d'années) [15]. Par comparaison, notre plus lointain ancêtre hominidé connu (*Orrorin tugenensis*) a 6 millions d'années et Lucy en a 3,2, tandis que l'homme moderne (*Homo sapiens*) a environ 200 000 ans. En 1875, Dobson divise cet ordre en deux sous-ordres : les mégachiroptères (qui n'émettent pas d'ultrasons et sont souvent frugivores et que l'on ne trouve pas en Europe), et les microchiroptères (qui émettent des ultrasons et sont plutôt insectivores). Cependant, l'apport de la génétique a modifié ce schéma classique puisque certaines familles anciennement rattachées aux microchiroptères se sont révélés être plus proches des mégachiroptères.

Il y a des chauves-souris sur la terre entière sauf aux latitudes les plus extrêmes. Ces mammifères volants se sont adaptés à une multiplicité d'habitats et certains d'entre eux sont capables d'hiberner ou de migrer (sur plus de 1500 km) pour survivre aux mauvaises saisons [15]. Les chauves-souris, même de petites tailles, peuvent vivre longtemps. Par exemple, la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*) pèse autour de 7g et vit en moyenne 35 ans. Généralement, chaque espèce occupe une niche propre (gîte, habitat, proies,...), elles sont très diverses en termes de tailles, de régimes alimentaires (insectes, fruits, pollen, sang), de formes sociales (solitaires, coloniales), de mœurs, etc... Malheureusement, les chauves-souris sont aussi les animaux vertébrés qui nous entourent, les plus mal connus. Si des avancées formidables sur la connaissance de ces animaux ont été faites en 30 ans, beaucoup d'inconnues persistent sur les dynamiques de population, la migration, etc. On découvre encore régulièrement des choses fondamentales sur leurs traits de vie, mais aussi de nouvelles espèces (même en Europe) [15].



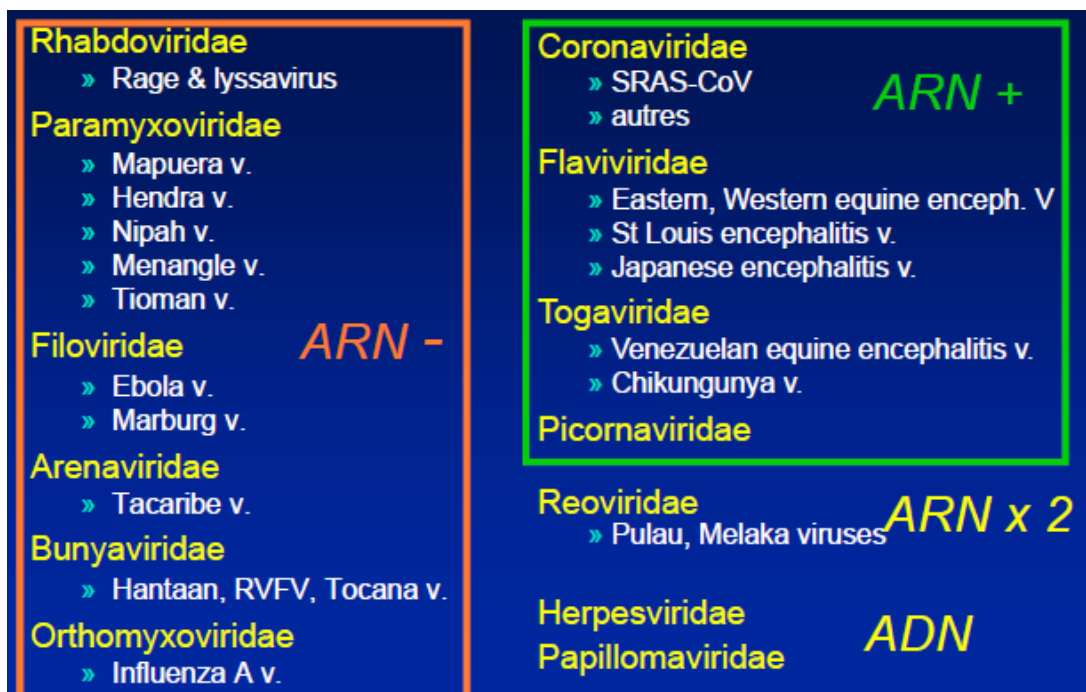
Figure 2 : Vampire commun dans la Grotte Mathilde, en Guyane
© Noémie Courtejoie

Il existe aussi de nombreux préjugés et symboles autour de la chauve-souris. D'ailleurs, contrairement aux croyances populaires, aucune espèce de chauve-souris n'est hémaphage en Europe. Néanmoins, en Amérique du Sud et Amérique centrale, il existe trois espèces de vampires : le vampire commun (*Desmodus rotundus*, cf. Figure 2), le vampire à ailes blanches (*Diaemus youngi*) et le vampire à pattes velues (*Diphylla ecaudata*). Leurs dents, aussi

tranchantes que des lames de rasoir, permettent à l'animal de blesser ses victimes sans qu'elles sans rendent compte (oiseaux, chevaux ou vaches d'élevage le plus souvent, et exceptionnellement l'homme). Le vampire lèche alors le sang qui perle, d'autant plus que la salive possède des propriétés anti-coagulantes. Etant donné que les vampires mesurent en moyenne 9 cm pour une centaine de grammes, ils ne prélèvent en une nuit qu'une vingtaine de mL de sang.

Une autre particularité des chauves-souris est leur capacité à servir d'hôtes à de nombreux virus. Plus de 100 virus ont été isolés ou détectés chez les chauves-souris [16], [17]. Les plus connus d'entre eux sont présentés en figure 3, où ils sont classés selon la famille à laquelle ils appartiennent et en fonction de la nature de leur matériel génétique².

Figure 3 : principaux virus trouvés chez les chauves-souris [17]



2. Passage des virus du réservoir chauve-souris à l'homme

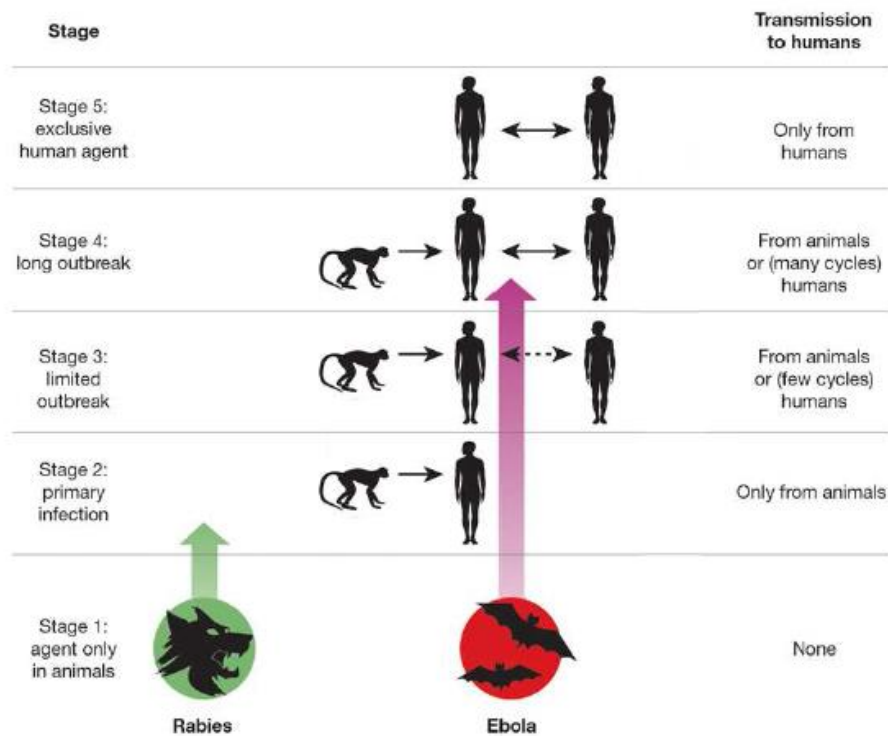
Non seulement les chauves-souris sont porteuses de nombreux virus, mais elles sont également susceptibles de les transmettre à d'autres animaux et notamment aux hommes. Il s'ensuit de lourdes conséquences en santé publique, comme illustrées par des exemples récents.

² Les virus sont souvent classés en fonction de la nature de leur génome : ADN ou ARN, simple ou double brin. Il existe également une distinction entre les virus à ARN négatif et positif : on parle d'ARN positif pour les virus qui possèdent un ARN génomique servant à la synthèse protéique dès sa libération dans la cellule ; tandis que pour les virus à ARN négatif, le génome viral n'est pas directement messenger, et une transcription de l'ARN (-) en ARN (+) est nécessaire [17].

Tout d'abord, les mécanismes de contamination sont variés et tous ne sont pas encore connus. L'infection est parfois consécutive à une interaction directe : morsure, contact avec le sang de chauve-souris lors de la chasse ou de leur consommation. Il a été évalué près de 100 000 têtes de bétail qui meurent chaque année du fait d'épidémies transmises par les vampires en Amérique du Sud (2013) [15]. Cependant, le plus souvent, les chauves-souris souillent les végétaux par leurs fluides corporels (urine, fientes, placenta lors de la mise bas). La consommation des fruits infectés par les populations humaines et animales peut entraîner la propagation du virus.

Une fois la barrière inter-espèce franchie, c'est-à-dire une fois que les virus portés par les chauves-souris ont été transmis à l'homme, les pathogènes peuvent évoluer pour s'adapter à leur nouvel hôte. Comme le résume le schéma de la figure 4, les pathogènes peuvent être classés en différents « stades » d'évolution, en fonction du degré d'adaptation atteint. Par exemple, la rage est au stade un, c'est-à-dire qu'elle peut être transmise de la chauve-souris à l'homme, mais pas d'hommes à hommes, contrairement au virus Ebola, qui est au stade 3 et peut davantage se propager dans les populations humaines. Les stades les plus élevés correspondent à des pathogènes qui se sont adaptés à leur nouvel hôte. Ils peuvent alors s'affranchir du réservoir d'origine et survivre, se multiplier et se propager uniquement entre hommes. Ce sont ces derniers, aux stades d'évolution les plus élevés, qui sont les plus à même de donner lieu à des flambées épidémiques ou pandémiques. La gravité, ainsi que les conséquences sanitaires des maladies émergentes sont intimement liées au degré d'évolution atteint par le pathogène, donc aux modalités de la transmission de l'infection.

Figure 4 : les cinq stades de l'évolution des pathogènes, adaptée de Wolfe (2007) [18]



3. Les conséquences en santé publique : les chauves-souris au cœur de crises sanitaires

Avec un tel pool de virus potentiellement transmissibles, il n'est pas étonnant que les chauves-souris fassent tant parler d'elles. On sait depuis une soixantaine d'années qu'elles peuvent porter et transmettre le virus de la rage [8], et la liste des crises sanitaires où elles ont joué un rôle s'est allongée au cours des vingt dernières années. Dans la même famille que la rage (Rhabdovirus), deux autres virus transmis par les chauves-souris ont été identifiés : le virus Duvenhage, en 1970, en Afrique du Sud, ainsi qu'un pathogène rare et mortel découvert en 1996 en Australie : le Lyssavirus de la chauve-souris australienne [19].

Dans la famille des Paramyxovirus, les virus Hendra et Nipah ont été découverts en 1994 et 1998 respectivement [1]. Il a été établi que le virus Hendra, provenant de chauves-souris frugivores de la famille des Ptéropodidés, était à l'origine d'encéphalites touchant des chevaux et leurs éleveurs en Australie. Depuis 2008, onze flambées, toutes circonscrites à la côte est de l'Australie, ont été notifiées. Quant au virus Nipah, apparu en Malaisie, il est vraisemblablement passé de la chauve-souris au porc, puis à l'homme, provoquant plus de 100 décès. Lors d'autres flambées, il n'y avait pas d'hôte intermédiaire, comme au Bangladesh en 2004, où des personnes ont été infectées par le virus Nipah après avoir consommé du jus frais de dattes contaminées par des chauves-souris frugivores. Dans de rares cas, une transmission interhumaine a également été signalée [1].

Depuis le début des années 2000, des virus d'une autre famille, les Coronavirus, ont été à l'origine d'un vent de panique. En mai 2003 une épidémie de Syndromes respiratoires aigus sévères (SRAS) s'est déclarée à Hong-Kong, Singapour et Hanoï, touchant 8000 personnes, faisant 775 victimes et laissant craindre le pire [1]. Des analyses phylogénétiques à partir de virus isolés sur des chauves-souris en Chine, ont confirmé leur rôle de réservoir. Le SRAS se serait ensuite propagé à l'homme soit directement, soit via des chats et/ou des civettes [9]. La transmission interhumaine semble s'être faite essentiellement à partir des gouttelettes de sécrétions respiratoires de personnes infectées, même si une transmission par voie fécale ou aérienne semble possible mais rare [1]. Un autre Coronavirus assez proche, proviendrait également des chauves-souris et serait à l'origine du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS), récemment découvert en Arabie saoudite [10], [11].

Certaines chauves-souris (frugivores) sont également les réservoirs naturels de deux membres de la famille des Filovirus : les virus Marburg et Ebola, qui sont parmi les agents pathogènes les plus virulents chez l'homme. Ces deux maladies sont rares mais peuvent provoquer des flambées dramatiques entraînant des manifestations hémorragiques graves et de nombreux décès [1]. Ces virus, une fois transmis à l'homme, peuvent ensuite se propager dans les populations par transmission interhumaine via les fluides corporels. La maladie à virus de Marburg a été identifiée pour la première fois en 1967 en Allemagne. Le taux de létalité est très variable, de 25 % lors de la première flambée apparue dans un laboratoire en 1967, à plus de 80 % entre 1998 et 2000 en République démocratique du Congo et lors de la flambée en Angola en 2005 [1]. Quant au virus Ebola, il est apparu pour la première fois en 1976, lors de deux flambées

simultanées au Soudan et en République démocratique du Congo [1]. Les flambées épidémiques surviennent principalement dans les villages isolés d'Afrique centrale à proximité des forêts tropicales, et le taux de létalité peut atteindre 90 %. Si les épidémies d'Ebola sont généralement dévastatrices mais transitoires, celle qui fait actuellement rage en Afrique de l'Ouest est sans précédent. En retraçant la route du virus, le « patient zéro », c'est-à-dire le premier à avoir été contaminé a été retrouvé [20]. Il s'agirait d'un petit garçon de deux ans décédé en décembre 2013, qui vivait dans un village du sud-est de la Guinée proche de Guéckédou, à l'intersection avec la Sierra Leone et le Liberia. Dans cette région, le virus Ebola qui n'avait encore jamais été connu, a probablement été importé par la chauve-souris. Après que la fièvre hémorragique ait décimé la famille du petit garçon, le virus a continué sa course en Guinée et, en mars, il était déjà présent dans huit localités du pays [20]. Du fait de la situation géographique charnière de Guéckédou, la maladie a également trouvé un point d'entrée facile dans les pays voisins, de telle sorte que l'épidémie est devenue incontrôlable.

Non seulement, le rôle des chauves-souris dans les crises récentes a été largement prouvé, mais des études phylogénétiques ont mis en évidence que ces réservoirs ont façonné les profils épidémiologique actuels. Drexler et al. [16] ont réuni près de 10 000 échantillons de sang et d'organes d'animaux, dont près de 90 espèces de chiroptères provenant d'Afrique, d'Amérique latine, d'Asie et d'Europe. Ils ont pu observer une grande diversité génétique des paramyxovirus, découverts chez toutes les espèces connues de chiroptères à travers le monde et pas chez les autres animaux. Les chauves-souris sont probablement à l'origine de l'infection de l'ensemble du règne animal, cette hypothèse étant soutenue par des modélisations à partir de la phylogénie des Paramyxovirus.

Tous ces exemples illustrent donc les risques véhiculés par les chauves-souris, et la tournure catastrophique que peuvent prendre les événements. L'analyse poussée de ces réservoirs et vecteurs hors pairs tend à montrer que les chauves-souris sont de véritables bombes à retardement. Premièrement, certains virus extrêmement dangereux ont été découverts dans des régions du monde où on ne les soupçonnait pas. C'est le cas par exemple des virus Hendra et Nipah, dont les seuls cas humains ont été décelés en Australie et en Asie, alors que des chercheurs les ont découverts dans les organes de chauves-souris africaines [16]. L'étude n'a portée qu'au Gabon et au Ghana, mais les deux agents infectieux y sont fortement présents, laissant craindre une possible émergence sur le continent africain. Deuxièmement, l'existence d'un tel réservoir viral compromet l'éradication de maladies infantiles telles que la rougeole ou les oreillons, quasiment disparues dans les pays développés. En effet, les Paramyxovirus à l'origine de ces maladies, que l'on pensait spécifiques aux humains, ont été trouvés chez les chiroptères, qui pourraient à nouveau infecter l'homme. Or, l'hypothèse d'une possible éradication des maladies exclut la présence de tout réservoir animal, qui pourrait causer une réémergence [21].

Pour tenter d'expliquer la sur-représentation des chauves-souris dans les crises récentes, et gérer au mieux la menace qu'elles constituent, il faut commencer par analyser ce qui en fait de si bons réservoirs, tout en prenant en compte les facteurs favorisant la déstabilisation de ce réservoir, donc l'émergence de nouvelles crises.

4. Les chauves-souris sont-elles des réservoirs exceptionnels ?

Différents facteurs sont à prendre en compte pour comprendre pourquoi les chauves-souris sont si souvent impliquées dans des crises sanitaires. La raison la plus évidente est le grand nombre de chiroptères, ainsi que leur répartition géographique mondiale. D'un point de vue purement quantitatif, il n'est pas surprenant que les chauves-souris soient à l'origine d'un pourcentage considérable de maladies émergentes. Cela n'explique pourtant pas tout puisque les rongeurs, comptant deux fois plus d'espèces que les chiroptères, seraient capables de transmettre 68 virus zoonotiques, contre 61 pour les chauves-souris [22]. Proportionnellement, ces dernières sont donc une source plus fréquente de maladies infectieuses émergentes, ce qui renforce l'idée qu'elles sont, d'une certaine façon, des sources privilégiées de virus zoonotiques. Cela peut être partiellement dû à la forte probabilité de rencontre entre virus et chauves-souris : du fait de la capacité de certaines espèces à migrer sur de grandes distances, de la formation de colonies denses où se mélangent parfois différentes espèces, et de certains comportements à risque (comme la régurgitation du sang absorbé par les vampires pour nourrir les autres membres de la colonie). Mais si les chiroptères sont probablement plus exposés aux virus que les rongeurs, il existe néanmoins d'autres facteurs plus intrinsèques qui entrent en jeu.

La capacité des chauves-souris à assurer efficacement les rôles de réservoir et de disperseur viraux serait liée à leur grande résistance aux infections [12]. En effet, bien que les chauves-souris soient porteuses de nombreux pathogènes viraux, leur fitness ne semble pas en être significativement affectée [23]. De plus, les chauves-souris peuvent vivre longtemps et ont donc plus de chances de transmettre un virus dont elles seraient porteuses en permanence. La capacité remarquable des chauves-souris à héberger des virus pendant de longues périodes en ne présentant presque aucun symptôme laisse penser qu'elles ont évolué pour contrôler les infections virales plus efficacement que les autres mammifères. Cette grande résistance étant partagée par l'ensemble des chiroptères, il est possible que des caractéristiques propres telles que la capacité à voler ou à hiberner jouent un rôle [12]. Les fortes pressions de sélection dues aux conditions métaboliques extrêmes pourraient favoriser l'évolution des virus vers une forme persistante et peu virulente pour la chauve-souris [24], [25]. En effet, le vol entraîne une intensification du métabolisme, et une augmentation de la température corporelle qui sont de fortes pressions sélectives pour les virus. À contrario, la torpeur lors de l'hibernation provoque un ralentissement du métabolisme, ainsi qu'une diminution de la température corporelle. Les virus ayant co-évolué avec les chauves-souris auraient appris à s'adapter à la fois à des conditions de fébrilité (vol), et de torpeur (hibernation), ce qui pourrait expliquer leur forte pathogénicité, une fois transmis à d'autres espèces hôtes.

L'hypothèse d'une évolution du système immunitaire des chauves-souris pour s'adapter au vol a été confirmée par Zhang et al. [26] qui ont mis en évidence des changements génétiques, ainsi que par Wang et al. [27] qui ont montré que les chauves-souris auraient acquis au cours de l'évolution des mécanismes particuliers de réparation de l'ADN, en réponse à la consommation accrue d'énergie lors du vol, libérant des métabolites qui endommagent l'ADN. Comme le système immunitaire des chauves-souris utilise

certaines des molécules servant à réparer l'ADN, celui-ci serait plus robuste que celui des autres mammifères.

Tous ces éléments concordent pour valider l'existence de caractères propres aux chiroptères qui en font des réservoirs viraux exceptionnels. Le plus souvent, l'hôte et le virus coexistent pacifiquement et l'émergence d'une maladie dans une population humaine peut être vue comme une extension de la relation hôte-pathogène. C'est souvent un phénomène transitoire et, sous sa forme la plus sévère, elle est en général la conséquence d'une instabilité ou d'un changement social et environnemental rapide. La principale raison de l'accroissement des maladies zoonotiques ne serait donc pas uniquement à chercher du côté des chauves-souris. Il ne faut pas oublier que le principal facteur de transmission virale est la proximité avec l'homme, et comme nous empiétons de plus en plus sur les habitats des chauves-souris, ces interactions risquent de se multiplier. Comme l'a dit Kai Kupferschmidt, correspondant pour le magazine *Science* : « il est possible que les chauves-souris soient les animaux sauvages porteurs du plus grand nombre de virus, et des virus les plus dangereux, mais nous sommes certainement responsables de la transmission de ceux-ci à l'homme ».

II. Le rôle de l'homme dans la déstabilisation du réservoir « chauve-souris »

1. Les changements d'usage des sols et l'émergence locale de nouvelles maladies

Bien que les réservoirs animaux jouent un rôle clef dans l'émergence de nouvelles maladies, l'ampleur du phénomène serait bien moindre sans les déséquilibres provoqués par l'homme. L'accroissement considérable de la population humaine et de sa mobilité, les changements sociaux et environnementaux consécutifs à la seconde guerre mondiale provoquent d'importantes aggravations des maladies infectieuses au niveau régional.

En théorie, la probabilité de se faire mordre par une chauve-souris enragée est très faible. Tout d'abord, parce qu'une chauve-souris enragée n'est pas particulièrement agressive contrairement à ce que l'on imagine. Elle peut être porteuse saine et ne présenter aucun symptôme particulier, ou au contraire être malade, donc apathique et affaiblie [15]. Ensuite, toutes les espèces de chauves-souris ne peuvent pas porter le virus [28], et parmi elles, peu sont hématophages. Dans les pays européens, il n'y a quasiment aucune chance de rencontrer une chauve-souris porteuse du virus de la rage, et de se faire mordre par celle-ci. Ainsi, les risques de transmission concernent principalement les pays en développement situés en zones tropicales, où les contacts avec les chauves-souris sont plus nombreux et peu encadrés, du fait de certaines pratiques comme la chasse, l'abattage, l'achat et la consommation de chauves-souris [29]. Ces zones tropicales constituent d'ailleurs la terre d'émergence de la grande majorité des maladies infectieuses.

D'après un nombre croissant d'études spécialisées, les principaux facteurs contribuant à la prolifération des maladies infectieuses, ne seraient pas seulement les pratiques à risques, mais également l'altération des habitats sauvages favorisant les contacts plus fréquents des populations humaines avec des agents pathogènes auxquels elles n'avaient jamais été exposées jusqu'alors, et l'adaptation de ces agents [29]. En effet, l'augmentation actuelle des phénomènes d'émergence coïncide avec la croissance accélérée des taux de déforestation tropicale enregistrée depuis plusieurs décennies [30]. Le problème est complexe car ces variations dans le couvert végétal sont le reflet de changements sociaux ou économiques régionaux dans les pays en développement. Selon un schéma classique, un fort accroissement démographique, combiné à l'augmentation de la consommation des ressources et de la production de déchets, conduit à des changements d'utilisation des terres (urbanisation non planifiée et conversion des forêts), ainsi qu'à l'intensification de l'agriculture (barrages, projets d'irrigation, fermes-usines, etc.), ce qui impacte l'environnement et modifie les interactions avec les communautés de la faune sauvage [30]. Il faut également prendre en compte les migrations épisodiques des populations, associées à la construction de routes et à l'ouverture de nouveaux axes de transport, ainsi qu'au défrichement et à la fragmentation des forêts, qui peuvent être considérés comme des facteurs de l'émergence de maladies. Ces déplacements peuvent avoir des conséquences catastrophiques, surtout s'ils ne sont pas planifiés et s'ils résultent d'une instabilité politique ou économique, voire d'un conflit armé.

Des épidémies beaucoup plus importantes se produisent quand le cycle de transmission quitte le couvert forestier et s'étend à des zones péri-urbaines et urbaines où la densité plus élevée d'hommes lui permet de se développer considérablement [31]. D'autant plus qu'en milieu urbain, les hommes vivent en interaction avec de nombreux autres vecteurs et réservoirs : animaux domestiques ou d'élevage, espèces sauvages opportunistes et invasives (rongeurs, moustiques, tiques, moucherons etc.). La convergence d'hôtes, de réservoirs et d'espèces vecteurs à l'intérieur des écosystèmes, affecte la dynamique hôte-pathogène car ces derniers ont plus de possibilités de changer d'hôte et de s'y adapter. La transmission est ainsi amplifiée, et le taux d'infection risque de dépasser le seuil requis pour que l'agent pathogène persiste indéfiniment et produise une maladie endémique [32].

Prenons pour exemple les fièvres hémorragiques dues au virus Ebola. Si beaucoup de foyers se sont déclarés dans des zones situées en marge des forêts, où les populations humaines en croissance entrent en contact avec la faune sauvage [33], la plupart des flambées restent localisées et s'éteignent rapidement. En revanche, l'épidémie actuelle est sans précédent car elle a gagné les grandes villes d'Afrique de l'Ouest et est maintenant très dure à endiguer [20]. Il semble donc que si les perturbations d'origine anthropiques favorisent l'émergence des maladies émergentes infectieuses, il existe des facteurs aggravant, responsables de la gravité des situations.

2. Les facteurs anthropiques favorisant la propagation des épidémies

Nous venons de voir que la transition post seconde guerre mondiale, avec son lot de changements socio-économiques et environnementaux est à l'origine d'une augmentation de l'émergence de maladies infectieuses au niveau régional. Ce qui en fait un processus sans commune mesure, est la rapidité, l'échelle et la dimension mondiale de cette transition. En effet, de manière répétée, certaines de ces maladies apparues localement ont démontré qu'elles pouvaient se propager à toute une région ou à toute la planète et devenir une grave menace pour les humains et les populations animales domestiques et sauvages.

Depuis l'Antiquité, il est connu que les mouvements de population facilitent la transmission de maladies, et la mise en contact entre des populations infectées et des populations naïves [34]. Le développement de nouveaux modes de transport capables de couvrir des distances de plus en plus grandes, et ce, de plus en plus rapidement a permis à ces phénomènes de transmission de gagner de l'ampleur. Un exemple tristement célèbre est celui de la contamination des Indiens d'Amérique lors de la découverte du Nouveau Monde, à l'origine de ce que l'on qualifie maintenant de « génocide ». L'arrivée des Européens les ont mis en contact avec des pathogènes auxquels ils n'avaient jamais été exposés, et auxquels leurs systèmes immunitaires n'étaient pas préparés. Les épidémies de varioles et de syphilis ont été particulièrement meurtrières. Pourtant, au XV^e siècle, le transport maritime restait relativement lent. Sur des voyages de quelques mois, beaucoup de marins ne survivaient pas à la traversée, et parmi eux, les porteurs de maladies, déjà affaiblis étaient probablement particulièrement représentés. Cette sélection naturelle en faveur des éléments sains, couplée à des techniques d'endiguement telles que la quarantaine ont permis de limiter la propagation des maladies. De nos jours, avec le rythme effréné de la société actuelle, il serait inconcevable de bloquer les marchandises pendant 40 jours après leur arrivée à bon port. L'avènement du

transport aérien qui permet de parcourir le globe en quelques heures, ainsi que la mondialisation des échanges qui touchent l'ensemble des continents, conduit à un phénomène d'effacement des frontières. Or dans un tel contexte, le risque de propagation incontrôlé de pathogènes est élevé et inquiétant.

À cela, il faut ajouter le fait que nous sommes entrés dans l'ère de la biomédecine moderne et des programmes de santé publique. Un excès de confiance dans la première et un déploiement inadéquat des seconds ont largement favorisé la diffusion des maladies infectieuses émergentes. Une véritable révolution thérapeutique a eu lieu pendant les 30 glorieuses. Entre les antibiotiques (1928), la dialyse rénale (1944), la cortisone (1949), l'assistance respiratoire (1952), le vaccin anti-poliomyélitique (1955), la contraception orale (1960), la greffe de rein (1963), la transplantation cardiaque (1967), le scanner (1971), l'héparine (1974), etc. : la médecine a fait plus de progrès en 30 ans que depuis la Préhistoire. Vient alors l'illusion que l'on peut tout guérir, et que les maladies infectieuses ont été vaincues par la science [35]. L'approche classique de la médecine tropicale, orientée vers la compréhension de l'histoire naturelle et de l'écologie des maladies, a progressivement été abandonnée [36].

Pourtant, dans les pays en développement, la charge de morbidité (nombre d'années de vie en bonne santé perdues) est encore largement due aux maladies infectieuses émergentes [1]. Mais avec la mondialisation de la santé, la recherche pharmaceutique délaisse ces pays et leurs fléaux : 90 % de l'effort de recherche mondial concerne 10 % de la population. La situation est profondément inégalitaire et les programmes de recherche sont orientés vers les pathologies touchant les populations nanties, dont la charge de morbidité est majoritairement due aux cancers, maladies neurodégénératives, cardiovasculaires, suicides,... [35]. Dans ce monde où les problèmes sanitaires ne connaissent pas de frontière, un effort groupé devrait être fourni. Pourtant, le contexte macro-économique rend les pays en développement particulièrement vulnérables : il existe de nombreuses inégalités en termes de dépenses de santé, d'infrastructures de santé publique, de systèmes de surveillance et d'encadrement médical [35].

L'épidémie actuelle d'Ebola en Afrique de l'Ouest souligne tragiquement l'incapacité des systèmes de santé de ces pays à gérer efficacement une crise de grande ampleur. En quelques mois, le virus s'est propagé dans 3 pays, désorganisant l'ensemble des institutions, faisant plus de 1900 morts et semant un vent de panique (chiffres au 3 septembre 2014, [37]). L'insuffisance de ressources et d'infrastructures, le manque d'organisation et de coordination des efforts, ainsi que le dépassement des autorités locales s'est cruellement fait ressentir. Comment lutter contre la propagation de ce virus qui se transmet par les fluides corporels alors que le personnel médical, aux premières loges, n'a pas de matériel de protection adéquat, et que les hôpitaux sont débordés ? En réaction, les infirmiers de l'hôpital John Fitzgerald Kennedy à Monrovia, l'un des principaux du pays, sont entrés en grève début septembre [38]. La situation est devenue telle qu'en août dernier, au Liberia, l'armée a été mobilisée pour tenter d'endiguer la progression de l'épidémie alors qu'était décrété un couvre-feu général et que certains quartiers de la capitale étaient mis en quarantaine [39]. Face à ces mesures draconiennes et à la désorganisation touchant l'ensemble de la société, des mouvements d'émeutes et de panique générale se sont déclarés, affectant gravement la confiance envers les autorités locales. D'après le journaliste analyste et reporter Boubacar Sanso BARRY,

« au Libéria et en Sierra Léone, l'armée et les forces de sécurité sont littéralement réquisitionnées pour faire face à l'ennemi, [...] on a tout de même l'impression que les autorités libériennes et léonaises usent d'approches disproportionnées qui, en plus, décuplent la panique générale » [40].

Le manque d'information joue également un rôle aggravant. L'ignorance de la maladie est encore très répandue au sein des populations ; les croyances et la méfiance sont tenaces. En Guinée, une ONG locale³, a effectué un sondage pour évaluer les connaissances de la maladie de la part des populations. Pour 28 % des personnes interviewées, l'épidémie d'Ebola ne représente rien [41]. Parmi les autres, la perception de l'épidémie semble partielle et teintée de superstition. L'idée que nier la maladie permet de s'en protéger est encore assez répandue. On relève dans les propos ce qui suit : « L'épidémie Ebola n'existe pas. Je ne crois pas à ce que les gens disent », « Cette maladie ne représente rien pour moi parce que je ne comprends rien », « Je ne suis pas sûr de l'existence de la maladie », « J'ai des inquiétudes d'aller à l'hôpital, j'ai peur », « Cette maladie est créée par les USA, les blancs », « C'est un châtime de Dieu », « Je vois à la télé des gens masqués soi-disant pour soigner la population ». Au Liberia, les hôpitaux et le personnel médical inspirent également méfiance. À tel point que le 17 août 2014, un groupe d'hommes armés de couteaux et de gourdins qui criaient « il n'y a pas d'Ebola » ont attaqué un centre d'isolement, obligeant les malades à prendre la fuite [40].

Ces exemples soulignent l'importance de l'émoi et de la perception des risques qui peuvent entraver et complexifier la gestion des crises. D'autant plus qu'il n'existe pas forcément de relation étroite entre le niveau de risque et son importance perçue. Ce paradoxe tient du fait que les crises sont souvent des situations incertaines dont les causes sont multiples et laissent perplexes jusqu'aux membres de la communauté scientifique. Le Dr. Slovic, une référence dans le domaine de la psychologie du risque, a d'ailleurs montré que si les déterminants de la perception sociale des risques sont multiples, l'incertitude joue constamment un rôle amplificateur [42]. La peur est donc moins liée à l'objectivité du risque qu'à l'imaginaire induit. Or, certaines croyances traditionnelles alimentent ces peurs et entravent la confiance nécessaire à la gestion des crises.

Le lien santé-environnement-société est au cœur de l'émergence de maladies infectieuses. Bien que celles-ci soient majoritairement originaires des pays tropicaux, les efforts à déployer afin de limiter les risques concernent l'ensemble de la communauté internationale. Les épidémies de connaissance pas de frontière, et une défaillance locale peut avoir un impact global : nous sommes désormais dans un système de solidarité obligée.

3. Vers une intégration réfléchie, durable et avertie des problématiques de santé publique ?

La gestion efficace des risques infectieux fait partie du domaine de la santé publique dont l'ambition principale est de préserver et d'améliorer l'état de santé des populations, et ce, en appliquant un ensemble

³ Centre communautaire pour le développement de l'éducation (CECODE)

cohérent et articulé de mesures. Or, les précédents points soulignent l'insuffisance du système actuel, et la nécessité de l'améliorer, en mettant l'accent sur la coopération et la cohérence des actions, tant à l'échelle géographique, qu'entre les différents domaines de compétences. Une gestion efficace suppose aussi des engagements sur la durée, ce qui est entravé par la multiplicité des acteurs impliqués, et le manque de coordination globale. La santé publique est en effet une démarche pluridisciplinaire qui mobilise sciences exactes et sciences humaines. Le plus grand défi actuel vient du manque de communication entre les spécialistes des différentes disciplines : médecine, microbiologie, hydrologie, écologie, toxicologie, statistiques, épidémiologie, informatique ; ou encore, anthropologie, géographie, histoire, sociologie, droit ou économie [43].

Pour améliorer cela, il serait souhaitable de permettre aux acteurs concernés d'apporter leur expertise propre, tout en travaillant dans une direction commune. On peut envisager une démarche en deux temps basée sur une évaluation de qualité de la situation, qui nourrirait ensuite le processus de décision. Idéalement, l'étape d'évaluation pourrait être généralisée pour atteindre un même niveau d'exigence dans tous les pays. Elle se doit d'être précise, complète, fiable et surtout indépendante des considérations gestionnaires. L'ensemble des connaissances rassemblées serait alors communiqué à la fois au grand public et aux décideurs, afin qu'ils puissent prendre les décisions les plus adaptées, tout en apportant un grand soin au processus même de décision. Comme évoqué en II.2, ce qui structure l'opinion face à la question des risques épidémiques est toujours teinté d'émotivité. Or, si on ne veut pas voir la peur gouverner nos sociétés, il faut lutter contre l'incertitude intrinsèque de ces crises en formalisant l'élaboration des processus de décision et de gestion. Reposant sur des arguments solides, cette élaboration doit être transparente et participative. La pédagogie des risques prend également un rôle particulier ; non pas pour tenter vainement de faire coïncider les représentations du public et des experts, mais pour fournir des bases communes à un débat loyal.

Finalement, nous arrivons au point le plus épineux, c'est-à-dire à la terrible situation sanitaire des pays en développement. Celle-ci a une explication aussi simple à énoncer que difficile à combattre, qui n'est autre que la pauvreté et le sous-développement économique et social [35]. Dans ces pays, l'aide internationale tente d'exporter les progrès de la médecine, mais ceux-ci sont comme « plaqués » sur des réalités culturelles, politiques, sociales, économiques qui ne changent pas en profondeur. Un des meilleurs moyens de faire progresser l'état de santé d'une population reste la croissance économique et l'augmentation du revenu et du bien-être : la santé publique est une des fins du développement économique. Mais ce phénomène se nourrit de lui-même, et pris dans l'autre sens, la santé publique est également un moyen du développement économique, car l'état sanitaire est un levier de la croissance [35]. Il l'est directement en préservant (et même améliorant) la force de travail, et indirectement via des externalités telles que l'éducation, l'augmentation de la productivité de la main d'œuvre, du pouvoir d'achat, de la consommation, de l'épargne. Faire reculer la pauvreté est ainsi un des meilleurs moyens de combattre les considérables inégalités mondiales dans le domaine de la santé et demeure une priorité à l'échelle de la planète.

Pour progresser dans la réduction de la pauvreté et promouvoir une vraie politique de santé publique internationale, deux orientations prioritaires doivent être retenues. Il faut d'abord introduire de la cohérence dans le dispositif d'aide internationale, qui s'est considérablement étoffé, mais également complexifié au cours de la dernière décennie. Si ces initiatives sont utiles, en ce qu'elles mobilisent de nouvelles ressources financières, elles accroissent une forme de confusion et ne permettent pas de dégager une stratégie d'aide globale et efficace. Par ailleurs, il faut également trouver un équilibre entre le « tout santé » et le « tout croissance » car cette opposition binaire est stérile. Non seulement en raison de l'interaction entre développement et santé précédemment évoquée, mais également car l'objectif même du développement implique qu'un jour les pays en développement seront en mesure de dépasser l'aide internationale et de prendre eux-mêmes le relais [35].

Conclusion

La compréhension du rôle particulier des chauves-souris dans l'émergence des maladies infectieuses virales, ne peut s'affranchir de la prise en compte de facteurs socio-politico-économiques complexes, sur la base desquels il est possible de proposer quelques pistes pour une réforme de fond du système actuel de santé publique.

Les crises récentes, à la fois épidémiques, mais plus globalement d'origines environnementales, ont mis en lumière l'impact du milieu dans lequel nous vivons sur notre santé. Pour suivre l'adage « un corps sain dans un monde sain », il faut, bien évidemment identifier les déterminants environnementaux qui impactent notre santé, mais il faut également comprendre tout le contexte social, économique, politique, qui permet d'expliquer la mise en contact avec ces agents polluants, perturbateurs endocriniens, vecteurs de maladie, et autres... Malgré la prise de conscience de notre rôle dans le maintien de la qualité environnementale, elle-même corrélée au niveau global de santé, le tout dans une société mondialisée et interdépendante, il reste à espérer que nous saurons faire les bons choix. « Dans un monde tyrannisé par l'immédiateté, saurons-nous trouver la sagesse de contraindre le court terme pour préserver le long-terme ? » (William Dab, [43]).

Bibliographie

- [¹] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) <<http://www.who.int/fr/>>
- [²] Astagneau P, Ancelle T (2011). Surveillance épidémiologique, *Lavoisier, Médecine Sciences*, Paris, 384.
- [³] Morse SS (1995). Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerging Infectious Diseases*; 1 (1).
- [⁴] Institut Pasteur <<http://www.pasteur.fr/fr/>>
- [⁵] Manuguerra JC, (2012). Aspects microbiologiques de l'action en cas d'épidémie due à l'émergence d'un pathogène viral. *Cours de L3 à l'ENS*.
- [⁶] Woolhouse MEJ, Gowtage-Sequeria S (2005). Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerging Infectious Diseases*; 11: 1842-7.
- [⁷] Leroy EM, Kumulungui B, Pourrut X, Rouquet P, Hassanin A, Yaba P, Délicat A, Paweska JT, Gonzalez JP, Swanepoel R (2005). Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature*; 438(7068):575-6.
- [⁸] Picard-Meyer E, Robardet E, Arthur L, Larcher G, Harbusch C, Servat A, Cliquet F (2014). Bat Rabies in France: A 24-Year Retrospective Epidemiological Study. *PLoS ONE*; 9(6): e98622.
- [⁹] Ge XY, Li JL, Yang XL, Chmura AA, Zhu G, Epstein JH, Mazet JK, Hu B, Zhang W, Peng C, Zhang YJ, Luo CM, Tan B, Wang N, Zhu Y, Cramer G, Zhang SY, Wang LF, Daszak P, Shi ZL (2013). Isolation and characterization of a bat SARS-like coronavirus that uses the ACE2 receptor. *Nature*; 503(7477):535-8.
- [¹⁰] Chastel C (2014). Middle East respiratory syndrome (MERS): bats or dromedary, which of them is responsible? *Bull. Soc. Pathol. Exot.*; 107:69-73.
- [¹¹] Guangwen L, Di L (2012). SARS-like virus in the Middle East: a truly bat-related coronavirus causing human diseases. *Protein Cell*; 3(11):803.
- [¹²] O'Shea TJ, Cryan PM, Cunningham AA, Fooks AR, Hayman DTS, Luis AD, Peel AJ, Plowright RK, Wood JLN (2014). Bat flight and zoonotic viruses. *Emerging Infectious Diseases*; 20(5): 741-745.
- [¹³] Fontanet A (2012). Les virus émergents. *Cours de L3 à l'ENS*.
- [¹⁴] Wilson DE & Reeder DM (1993). Mammalian Species of the World, a Taxonomic and Geographic Reference. *Smithsonian Institution Press*, Washington.
- [¹⁵] Prud'homme F (2013). Les chauves-souris ont-elles peur de la lumière ?, *Quae*, Paris, 207.
- [¹⁶] Drexler JF, Corman VM, Müller MA, Maganga GD, Vallo P, Binger T, Gloza-Rausch F, Cottontail V, Rasche A, Yordanov S, Seebens A, Knörnschild M, Oppong S, Sarkodie YA, Pongombo C, Lukashev A, Schmidt-Chanasit J, Stöcker A, Carneiro AJB, Erbar S, Maisner A, Fronhoffs F, Buettner R, Kalko EKV, Kruppa T, Franke CR, Kallies R, Yandoko ER, Herrler G, Reusken C, Hassanin A, Krüger DH, Matthee S, Ulrich RG, Leroy E & Christian Drosten (2012). Bats host major mammalian paramyxoviruses. *Nature Communications*. 3:796.
- [¹⁷] Tordo N (2012). Chauves-souris, vecteurs de virus émergents. *Cours de L3 à l'ENS*.
- [¹⁸] Wolfe ND, Dunavan C P, Diamond J (2007). Origins of major human infectious diseases. *Nature* ; 447, 279-283.

-
- [19] Center for Disease Control and Prevention (CDC) <<http://www.cdc.gov/>>
- [20] Baize S, Pannetier D, Oestereich L, Rieger T, Koivogui L, Magassouba N, Soropogui B, Sow MS, Keita S, De Clerck H, Tiffany A, Dominguez G, Loua M, Traoré A, Kolié M, Malano ER, Heleze E, Bocquin A, Mély S, Raoul H, Caro V, Cadar D, Gabriel M, Pahlmann M, Tappe D, Schmidt-Chanasit J, Impouma B, Diallo AK, Formenty P, Van Herp M, Günther S (2014). Emergence of Zaire Ebola Virus Disease in Guinea — Preliminary Report. *The New England Journal of Medicine*.
- [21] Plan anti-rougeole (2012). OMS.
- [22] Luis AD, Hayman DTS, O’Shea TJ, Cryan PM, Gilbert AT, Pulliam JRC (2013). A comparison of bats and rodents as reservoirs of zoonotic viruses: are bats special? *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*; 280:20122753.
- [23] Schad J, Voigt CC, Greiner S, Dechmann DKN, Sommer S (2012). Independent evolution of functional MHC class II DRB genes in New World bat species. *Immunogenetics*.
- [24] Long GH, Boots M (2011). How can immunopathology shape the evolution of parasite virulence? *Trends in Parasitology*; 27:300–5.
- [25] Graham AL, Allen JE, Read AF (2005). Evolutionary causes and consequences of immunopathology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*; 36:373–97.
- [26] Zhang G, Cowled C, Shi Z, Huang Z, Bishop-Lilly KA, Fang X (2013). Comparative analysis of bat genomes provides insight into the evolution of flight and immunity. *Science*; 339:456–60.
- [27] Wang LF, Walker PJ, Poon LLM (2011). Mass extinctions, biodiversity and mitochondrial function: are bats ‘special’ as reservoirs for emerging viruses? *Current Opinions on Virology*; 1:649–57.
- [28] Institut Pasteur de la Guyane (données non publiées sur la rage)
- [29] Wolfe ND, Daszak P, Kilpatrick AM, Burke DS (2005). Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonoses emergence. *Emerging Infectious Diseases*; 11(12): 1822-1827.
- [30] Despommier D, Ellis B, Wilcox BA (2006). The role of ecotones in emerging infectious diseases. *EcoHealth*, 3.
- [31] Sang, RC, Dunster LM (2001). The growing threat of arbovirus transmission and outbreaks in Kenya: a review. *East African Medical Journal*; 78(12): 655-661.
- [32] Wilcox BA, Colwell RR (2005). Emerging and reemerging infectious diseases: biocomplexity as an interdisciplinary paradigm. *EcoHealth*; 2(4): 244-257.
- [33] Morvan JM, Nakoune E, Deubel V, Colyn M (2000). Ecosystèmes forestiers et virus Ebola. *Bulletin de la Société Pathologique Exotique*; 93(3): 172-175.
- [34] Wilcox BA, Ellis B (2006). Les forêts et les maladies infectieuses chez l’homme. *Unasylva*, 224 (57).
- [35] Tabuteau D, Morelle A (2012). *La santé publique*, PUF, « Que sais-je ? » 3826, Paris, 128.
- [36] Gubler DJ (2001). Prevention and control of tropical diseases in the 21st century: back to the field. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65(1): v-xi.
- [37] Faget D (2014, 3 septembre). L’épidémie d’Ebola a fait plus de 1900 morts pour 3500 cas confirmés. *Le Monde Planète*.
- [38] Dulleh A (2014, 22 août). Ebola : au Liberia, un bidonville coupé du monde, *Le Monde Planète*.
- [39] Sanogo I (2014, 23 août). Ebola : la côte d’ivoire ferme ses frontières ouest. *Le Figaro*.
- [40] Barry BS (2014, 8 août). Gestion d’Ebola : d’un extrême à l’autre. *GuineeConakry.info*.

[41] CECODE (2014, août). Un sondage sur Ebola. <<http://www.cecode-gn.org>>

[42] Slovic P (1987). Perception of Risk. *Science* ; 236 : 280-285.

[43] Dab W (2012). *Santé et environnement*, PUF, « Que sais-je ? » 3771, Paris, 128.