

L'APPORT DES CHIROPTERES A L'EPIDEMIOLOGIE

François Moutou

Président d'honneur de la Société française pour l'étude et la protection des mammifères
(www.sfepm.org)

Ancien responsable de l'unité épidémiologie, laboratoire Santé Animale, Anses, Maisons-Alfort

Auteur correspondant : francoismoutou@orange.fr

Résumé

Les chauves-souris ou Chiroptères intéressent les épidémiologistes et les responsables de santé publique depuis moins longtemps que d'autres groupes de mammifères. Néanmoins, depuis la fin du siècle précédent, plusieurs émergences de maladies nouvelles ont fait réaliser que les seuls mammifères volants occupaient peut-être une place privilégiée dans l'étude et la compréhension de certains cycles épidémiologiques.

Pour vérifier si cette hypothèse est réaliste cette revue se propose de débiter par une présentation générale de l'ordre des Chiroptères en insistant particulièrement sur les aspects de leur biologie pouvant se traduire en termes de vecteurs ou de réservoirs pour différents microorganismes. Comme la science des chauves-souris, la chiroptérologie, est elle-même assez jeune, il reste encore beaucoup d'avancées à réaliser dans ce domaine. De nombreuses questions sont toujours sans réponse.

La seconde partie de cet article passe en revue quatre familles virales pour lesquelles les Chiroptères semblent jouer un rôle épidémiologique particulier et où se trouvent quelques virus responsables d'infections potentiellement lourdes de conséquences.

La conclusion propose quelques éléments autour d'une relation apaisée humains - chauves-souris.

Mots clés : Chiroptères, Biologie, Epidémiologie, Rhabdoviridae, Filoviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae

Abstract : The epidemiological importance of bats

Bats (order Chiroptera) have been of interest to epidemiologists and public health specialists for a shorter period than other mammalian orders. Nevertheless, since the end of the last century, a number of emerging diseases have brought to light the fact that these flying mammals might be one of the keys to increasing our understanding of certain epidemiological cycles involving a variety of different pathogens, both old and new.

To test whether this hypothesis might actually be true, this review will start with a comprehensive presentation of Chiroptera with a special focus on bats' biological capacities and their potential role as a vector or reservoir for various microorganisms. It must also be pointed out that the actual scientific study of bats, known as chiropterology, is quite recent. So much is still to be discovered about bats and many questions have yet to receive adequate answers.

In the second part of this paper, we will present in detail four viral families for which Chiroptera seems to have played a specific key epidemiological role. Several of the viruses found in these four families are associated with serious diseases.

And finally, our conclusion will provide a few ideas for promoting the peaceful cohabitation between humans and bats.

Keywords : Chiroptera, Biology, Epidemiology, Rhabdoviridae, Filoviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae

Les chauves-souris -ou Chiroptères- sont entrées assez tardivement en épidémiologie. Seuls mammifères volants, presque toujours nocturnes, souvent très discrètes sous les climats tempérés, elles paraissaient peu concernées par les cycles épidémiologiques des maladies importantes en santé publique comme en santé animale. Depuis trois ou quatre décennies, de nouvelles informations sur leur écologie, associées à l'émergence de maladies inconnues jusque-là, ont enrichi les connaissances à leur égard dans de nombreux champs dont celui de la médecine, humaine et vétérinaire (Newman *et al.*, 2011 ; Wang, Cowled, 2015). Cette synthèse résume d'une part, quelques caractéristiques biologiques propres aux chauves-souris et, d'autre part, présente certaines entités pathologiques représentatives, ces deux parties étant mises en résonnance.

LES CHIROPTERES AU SEIN DES MAMMIFERES

Le dernier recensement des espèces contemporaines de mammifères date de 2018 (Burgin *et al.*, 2018). Enquête après enquête, les chiffres publiés croissent toujours grâce à la conjugaison de deux phénomènes. D'un côté, la découverte de nouvelles espèces encore ignorées de la science se poursuit, de l'autre une meilleure compréhension des espèces déjà décrites, enrichit un peu plus

leur diversité. En effet, l'apport des outils moléculaires appliqués à la génétique a considérablement renouvelé l'approche des espèces, essentiellement reconnues sur des critères morphologiques jusque-là. Dans le cas des Chiroptères, l'analyse des émissions sonores, les ultrasons, augmente encore la diversité des outils disponibles. De nouvelles espèces sont apparues à la suite de l'usage conjoint des approches génétiques et acoustiques. On appelle « espèces jumelles » des espèces confondues par les zoologistes, les chiroptérologues dans ce cas, car elles étaient non ou difficilement reconnaissables morphologiquement avant l'usage de ces méthodes. C'est ainsi que sur les 6 495 espèces de mammifères décrites en 2018, si 2 552 sont des Rongeurs, pas moins de 1 386 espèces sont rassemblées au sein de l'ordre des Chiroptères. Tous les autres ordres restant, 25 sur 27, cumulent une diversité spécifique bien moindre. Les Primates, dont *Homo sapiens* fait partie, sont 518 dans cette publication. Le total des espèces les plus connues, les plus populaires, les plus étudiées, girafes, grands félins, baleines, éléphants, animaux de rente et de compagnie, fait à peine le tiers du total. Sachant les lacunes d'information existant encore autour de ces espèces phares, on imagine le peu de données disponibles pour des Chiroptères.

Jusqu'à la fin du XXe siècle, les chauves-souris étaient classées en deux sous-ordres, les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Propres aux zones tropicales de l'Ancien Monde, les Mégachiroptères ou roussettes possèdent quelques caractéristiques originales. C'est là que l'on trouve les plus grandes espèces (1,5 kilogramme pour 1,8 mètre d'envergure) même s'il en existe de bien plus petites. Toutes sont frugivores et/ou nectarivores, pollinivores. Les plus grandes sont arboricoles. Elles vivent en colonies assez bruyantes le jour et sont capables de longs déplacements la nuit à la recherche d'arbres en fruits, détectés sans doute grâce à l'odorat. Elles ont une bonne vue et n'émettent pas d'ultrasons.

Aujourd'hui, cela a un peu évolué (Arthur, Lemaire, 2015 ; Wilson, Mittermeier, 2019). De récentes études génétiques ont mis à jour une autre histoire des chauves-souris. Les anciens Mégachiroptères sont à rapprocher des *Rhinolophidae* et de cinq autres familles au sein d'un premier ensemble et les quatorze familles restantes sont à placer dans un second groupe. Les noms donnés aux deux nouveaux sous-ordres sont respectivement Ptéropodiformes (synonyme *Yinpterochiroptera*) et Vespertilioniformes (synonyme *Yangochiroptera*). *Pteropus* correspond au nom de genre des renards volants, les plus grandes des chauves-souris. Vespertilion est l'ancien nom de nombreuses petites chauves-souris européennes, aujourd'hui appelées murins (genre *Myotis*). La plupart pèsent entre cinq et 40 grammes et mesurent de 20 à 50 centimètres d'envergure. La plus petite chauve-souris connue, un Vespertilioniforme, présente au Myanmar et en Thaïlande, pèse deux grammes pour quinze centimètres d'envergure.

Cette reconfiguration pose de nombreuses nouvelles questions autour de l'origine de l'ordre au sein des Mammifères. Cela suggère également que le sonar des diverses familles de chauves-souris autres que *Pteropodidae* serait apparu au moins deux fois, ce qui représenterait un phénomène de convergence adaptatif assez remarquable (Tsagkogeorga et al., 2013).

CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

La biologie, l'écologie et l'éthologie des Chiroptères sont assez particulières. Ici, il ne peut s'agir que des grandes lignes, toujours en pensant aux implications possibles en épidémiologie (Arthur, Lemaire, 2015 ; Wilson, Mittermeier, 2019). Les Chiroptères représentent les mammifères les plus largement répartis sur le globe, les humains mis à part. Ils peuplent tous les continents, sauf l'Antarctique, dépassent le cercle polaire vers le nord et sont parfois les seuls mammifères naturellement présents sur de nombreux archipels et îles (Açores, Mascareignes, Seychelles, Nouvelle-Calédonie par exemple). Pour la France, 35 espèces sont décrites en métropole. Elles sont plus de 100 espèces en Guyane française et seule la Polynésie, Clipperton et les Terres australes et antarctiques françaises n'en hébergent pas.

Certaines espèces sont capables de grands déplacements, soit de véritables migrations comme les oiseaux, c'est le cas de quelques espèces européennes, soit de mouvements plutôt liés à la fructification des arbres recherchés. C'est le cas de diverses roussettes africaines, asiatiques et australiennes. Si ces espèces hébergent des virus, on peut imaginer qu'elles les déplacent en conséquence. Certains de ces déplacements peuvent donner lieu à de grands rassemblements d'individus, aux mêmes endroits, aux mêmes moments, également intéressants d'un point de vue épidémiologique.

Les régimes alimentaires des Chiroptères sont les plus variés connus pour un ordre de mammifères. Si l'essentiel des petites espèces (Vespertilioniformes) sont insectivores, on connaît également des carnivores (grenouilles, rongeurs, autres chauves-souris), des pêcheuses piscivores, des hématophages (les trois vampires américains), ainsi que des frugivores, nectarivores et pollinivores. Cette diversité leur permet d'explorer de nombreux écosystèmes et, potentiellement, de croiser de nombreuses autres espèces.

Les espèces frugivores, nectarivores et pollinivores jouent un rôle important dans la dispersion des graines et la fécondation de nombreuses espèces végétales tropicales. Les espèces insectivores peuvent consommer un nombre considérable d'arthropodes ayant un impact négatif en agriculture comme pour la santé.

En zones tempérées, les invertébrés disparaissent en hiver. Leurs prédateurs doivent migrer ou hiberner. Les chauves-souris européennes hibernent toutes. Quelques une migrent avant d'hiberner mais aucune ne passe l'hiver en zone tropicale comme le font les hirondelles. Cela pose la question du devenir de leur microbiote, comme de l'activité éventuelle de leur système immunitaire, à cette période. La sensibilité des chauves-souris nord-américaines au champignon *Pseudogymnoascus destructans*, responsable du syndrome du nez blanc pendant leur hibernation, n'est pas encore bien expliquée.

Le suivi d'animaux bagués en nature a permis de découvrir qu'une chauve-souris de 30 grammes atteint et peut vivre plus de 30 ans, sans doute 40 ans. Dans leurs gîtes diurnes, de nombreuses espèces vivent en colonies parfois nombreuses, sous forme d'essaims qui peuvent associer plusieurs espèces. Cela offre donc des possibilités de schémas épidémiologiques originaux.

Le système sonar des Vespertilioniformes a été découvert dans les années 1940. Si les chauves-souris sont capables d'émettre dans leurs gîtes des cris sociaux audibles pour l'oreille

humaine, en vol, pour se déplacer et pour chasser, elles utilisent des ultrasons, émis soit par la bouche, soit par le nez (*Rhinolophidae* par exemple) mais toujours reçus par les oreilles. Selon les espèces, les fréquences, le rythme et la puissance des émissions varient. Les espèces chassant en plein ciel émettent des cris puissants mais avec une mauvaise résolution, peu précis, celles cueillant leurs proies posées sur le feuillage ont des signaux faibles mais extrêmement précis. La période séparant cris et écoute est de l'ordre du millième de seconde. Pour ne pas s'assourdir les chauves-souris « ferment » leurs oreilles quand elles émettent les ultrasons.

Chez les Ptéropodiformes, les espèces du genre *Rousettus*, volontiers cavernicoles, émettent des clics audibles avec leur langue. Ce sont les seules roussettes utilisant le principe du sonar pour se déplacer dans l'obscurité.

Enfin, le vol battu, pratiqué par toutes les chauves-souris, aboutit à un intense métabolisme oxydatif au niveau des muscles pectoraux, sans équivalent chez les autres mammifères. Chez elles, le risque associé de dégradation de l'ADN dans les cellules semble avoir favorisé deux familles de gènes. Leur fonction de réparation de l'ADN est connue mais leur développement, bien supérieur à ce qui existe chez les mammifères non volants étudiés, conduirait à un renforcement du système immunitaire. Il pourrait donc y avoir un lien entre le vol battu et la fonction immunitaire des Chiroptères (Zhang *et al.* 2013). Des études se développent dans cette direction (Wang, Cowled, 2015). Une autre voie de recherche explore du côté des nombreux virus endogènes qui commencent à être identifiés dans leur génome (Skirmuntt *et al.*, 2020).

MICROBIOTE DE MAMMIFERES

Les études consacrées au microbiote en général, au virome en particulier, chez diverses espèces de Chiroptères ont mis en évidence assez récemment un certain nombre de virus nouveaux, parfois potentiellement pathogènes pour d'autres espèces. Pourtant, en termes de «risque relatif», il semble que le nombre de virus décrits par ordre de mammifères reste assez proportionnel au nombre d'espèces connues, en tenant compte du nombre d'études et de recherches effectuées par groupe (Mollentzea, Streicker 2020). Les mammifères domestiques, de rente et de compagnie ainsi que les Rongeurs ont été explorés depuis bien plus longtemps que les Chiroptères. Les découvertes actuelles tendent surtout à combler ce retard.

Même si la biologie des chauves-souris ouvre quelques perspectives épidémiologiques assez originales, les Rongeurs représentent encore l'ordre hébergeant le plus de virus connus. Certains continuent à tuer, comme Lassa en Afrique ou Hantaan dans diverses régions du monde. Ces épisodes sont seulement moins médiatisés que certains autres dans lesquels des chauves-souris apparaissent.

Seules les roussettes sont chassées de manière régulière et à une vaste échelle. Elles représentent très majoritairement les seuls Chiroptères pouvant être capturés, vendus, cuisinés et donc manipulés avec des risques de contamination propres à chaque étape. Il peut aussi exister une contamination indirecte, sans contact avec une chauve-souris, si des fruits ou des boissons ayant été contaminés par des excréta de Chiroptères sont consommés (suspecté pour Nipah au Bangladesh par exemple). A côté du risque infectieux, il existe également un risque toxique (Cox *et al.*, 2005).

Enfin, les chauves-souris n'ont pas été domestiquées mais, paradoxalement, de nombreuses espèces habitent dans des bâtiments sans que les habitants humains n'en soient le plus souvent conscients. Parfois, seuls des bruits, quelques traces suspectes sur un plafond ou de petites crottes au pied d'un mur, sous un auvent ou sous le faîte d'un toit, peuvent trahir les locataires. Cela ne semble pas se traduire par des risques sanitaires particuliers en France métropolitaine où il existe un réseau de bénévoles pour faciliter la cohabitation (SFEPM).

Au-delà, en particulier dans les zones tropicales, les chauves-souris peuvent héberger l'agent de l'histoplasmose pulmonaire (*Histoplasma capsulatum*), qui se retrouve alors dans leur guano. Comme ce guano peut-être récolté et utilisé comme engrais naturel, cela impose des mesures de précautions appropriées, pour sa récolte comme pour son usage. Ce champignon est par exemple présent aux Antilles.

Inversement, que penser de l'observation de chauves-souris en vente vues en septembre 2019, lors d'une "Bourse aux insectes" tenue en Ile-de-France ? Un des exposants proposait quatre espèces indonésiennes "en papillotes", de quatre familles différentes, dont des rhinolophes et une petite espèce de roussette (genre *Cynopterus*), toutes étiquetées « Java 2018 ».

QUELQUES FAMILLES VIRALES

Rhabdoviridae*, genre *Lyssavirus

C'est bien le virus, devenu « les virus », de la rage qui ont fait entrer les Chiroptères dans le champ de l'épidémiologie (Mourez *et al.*, 2019). Les virologues ont longtemps parlé du virus de la rage comme d'une « espèce » monotypique. Ensuite, jusque dans les années 1980, ils avaient décrit quatre types, le virus historique de Pasteur (RABV), assez ubiquiste et associé essentiellement au chien, ainsi que le Lagos Bat Virus (LBV), le virus Mokola (MOKV) et le virus Duvenhage (DUVV). Tous trois sont africains et seul Mokola n'est pas associé aux chauves-souris. Son réservoir n'est d'ailleurs pas encore connu aujourd'hui. Dans le courant des années 1980 on découvre en Europe les deux virus EBL1 et 2 (pour European Bat Lyssavirus). A ce jour seul EBLV-1 a été décrit en France, sur sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) près d'une centaine de fois depuis 1989. Aujourd'hui on connaît une petite vingtaine de *Lyssavirus* dont deux seulement non associés aux chauves-souris, Mokola et Ikoma (IKOV), tous deux africains. BBLV (pour Bokeloh Bat Lyssavirus) et LLEBV (pour Lleida Bat Lyssavirus) ont également été identifiés en France métropolitaine, respectivement sur murin de Natterer (*Myotis nattereri*) en 2012 et 2013, sur minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) en 2017.

Cette diversité et ces nouveaux types sont décrits de l'Ancien Monde (Afrique, Asie, Océanie, Europe). Curieusement, sur le continent américain seul RABV est connu et circule, y compris chez les Chiroptères. Il est présent en Guyane (vampire roux, *Desmodus rotundus*).

L'épidémiologie de la rage des Chiroptères est vraiment différente de celle des mammifères terrestres. Il arrive que des chauves-souris meurent de rage mais elles semblent bien capables de survivre à l'infection et même de se débarrasser du virus. Les études sur les *Lyssavirus* se poursuivent. Parmi les mammifères, les Chiroptères pourraient en représenter le réservoir avec quelques passages vers des espèces non volantes dans des circonstances non définies. Au cours des temps historiques certaines vagues épidémiques rabiques sont cependant plus à relier à des

déplacements d'espèces terrestres par les humains, chiens tout particulièrement, qu'aux Chiroptères. En Amérique du Sud, l'arrivée du bétail domestique avec les européens a peut-être favorisé les vampires. Aujourd'hui l'essentiel des contaminations humaines fait suite à des morsures canines.

Filoviridae

Depuis les années 1970, plusieurs épidémies plus ou moins meurtrières de fièvres hémorragique se sont développées en Afrique avec différentes « espèces » de *Filoviridae* (Mourez *et al.*, 2019). La systématique virale de la famille est devenue assez complexe avec au moins deux genres, *Marburgvirus* et *Ebolavirus*, et six espèces africaines connues pour être pathogènes chez les humains (Feldmann *et al.*, 2020). Il existe également des souches non pathogènes pour les humains comme RESTV (Reston), asiatiques. Les liens avec les Chiroptères sont indirects mais existent. Des sérologies et des PRC pour le virus Reston ont été trouvées positives chez plusieurs espèces aux Philippines (Jaymes *et al.*, 2015). Étonnamment, si les deux espèces de *Marburgvirus* sont bien associées à la roussette d'Égypte (*Rousettus aegyptiacus*) en Afrique, il n'a encore jamais été possible d'isoler un seul *Ebolavirus* d'une chauve-souris. Cela interroge les épidémiologistes et les virologues car les roussettes africaines (plusieurs genres comme *Hypsignathus*, *Eidolon*, *Epomops*, *Myonycteris*) sont probablement réservoir de ces virus. Certaines ont donné des PCR et/ou des sérologies positives. Le cycle biologique des roussettes comme le cycle épidémiologique des virus restent à décrire.

De nouveaux *Filoviridae* ont été trouvés ces dernières années chez d'autres espèces de chauves-souris de divers continents. On peut citer BOMV (Bombali virus) isolé d'un *Molossidae* africain (*Mops condylurus*), LLOV (Lloviu virus) d'un minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) en Espagne et en Hongrie et MLAV (Mengla virus) d'une roussette (*Rousettus* sp.) de Chine (Mourez *et al.*, 2019 ; Forbes *et al.*, 2019). On ne connaît pas l'éventuelle pathogénicité de tous ces nouveaux virus.

Paramyxoviridae

Dans les années 1980-1990, plusieurs *Paramyxoviridae* encore non connus ont été décrits chez plusieurs espèces de mammifères sauvages. Les Chiroptères sont impliqués dans deux épisodes épidémiques de la seconde de ces deux décennies, l'un en Asie du Sud-Est (Malaisie, Singapour) et l'autre en Australie. C'est ainsi que les virus Hendra puis Nipah ont été découverts et décrits puis associés dans le nouveau genre *Henipavirus* (Mourez *et al.*, 2019). Ils sont régulièrement identifiés depuis, à la suite de foyers équins en Australie pour Hendra, de foyers humains en Asie tropicale pour Nipah.

Dans les deux cas le réservoir se situe au niveau de roussettes du genre *Pteropus*. Le schéma épidémiologique propre à Hendra en Australie associe chevaux, haras, paddocks et visite des roussettes locales dans des arbres proches des pâtures et des bâtiments. Il existe aujourd'hui un vaccin équin et des méthodes préventives pour réduire les risques de rencontre chauves-souris indigènes, et chevaux « exotiques » arrivés avec les européens il n'y a pas si longtemps.

La première épidémie de Nipah associait en Malaisie roussettes, arbres fruitiers plantés contre des élevages de porcs, éleveurs et abatteurs. Le développement d'unités de production porcine

pour des marchés d'exportation, associé à des plantations de vergers remplaçant peu à peu les forêts tropicales, avaient favorisé le rapprochement des roussettes des porcs, puis le passage du virus aux humains. Ces grandes chauves-souris ont l'habitude de grands déplacements à la recherche d'arbres en fructification. Le déboisement massif des forêts tropicales peut expliquer leur arrivée dans la région où les premiers cas ont eu lieu. Depuis, d'autres épisodes décrits, comme au Bangladesh, sont associés à la consommation d'un jus de palme directement souillé par des excréments de roussettes dans les arbres où ce liquide est récolté.

Coronaviridae

Cette famille virale est devenue célèbre avec le XXI^e siècle et les deux épisodes de SARS (« syndrome respiratoire aigu sévère » en français) (Mourez *et al.*, 2019). Dans un premier temps, en 2003, c'est un petit carnivore arboricole asiatique qui a été pointé du doigt au cours des investigations épidémiologiques entreprises lors du développement de l'épidémie. La civette palmiste masquée (*Paguma larvata*) a peut-être bien transmis le virus devenu responsable du SARS1 aux humains. Il se pourrait bien cependant qu'elle n'ait joué que le rôle de vecteur et ne représente pas le réservoir. Ce dernier a probablement été découvert quelques années après. Il doit s'agir de petites chauves-souris insectivores asiatiques du genre *Rhinolophus*, appartenant à la famille des *Rhinolophidae* propre à l'Ancien Monde (Afrique, Asie, Europe). Un schéma proche a pu se produire en 2019 avec l'arrivée du SARS-CoV-2 responsable de la Covid-19. Mi-2020, on ne sait toujours pas si une espèce de mammifère terrestre a pu jouer le rôle de vecteur entre rhinolophes et humains ou si le passage aurait pu être direct. Comme pour 2002, on ne connaît pas le cheminement permettant de passer des virus de rhinolophes aux virus humains. Les rhinolophes qui ne pèsent que quelques dizaines de grammes, ne sont pas commercialisés comme les roussettes et semblent, au mieux, rares sur les marchés chinois. Inversement ces marchés représentent d'excellents endroits pour tester des réceptivités et des sensibilités croisées à divers microorganismes entre espèces, humaine comprise. Si c'est bien le point de départ de 2019, alors la leçon de 2002-2003 n'a pas été retenue mais ce n'est ni le fait des Chiroptères, ni d'aucune autre espèce animale non humaine.

Dans le cas des deux SARS, les virus identifiés chez les malades humains ne sont pas ceux présents et identifiés, chez les chauves-souris. Cette situation est tout à fait différente de celles de tous les cas précédents (*Rhabdoviridae*, *Filoviridae*, *Paramyxoviridae*) où les virus isolés des malades humains sont les mêmes que ceux connus chez les chauves-souris.

CONCLUSION : RELATIONS HUMAINS – CHIROPTERES

La discipline propre à l'étude des Chiroptères, la chiroptérologie, est finalement assez jeune. Au-delà des travaux de certains pionniers, elle a vraiment pris son essor à la fin de la seconde moitié du XX^e siècle. Le développement des détecteurs d'ultrasons et de l'informatique légère y est pour beaucoup. Il existe maintenant des applications pour téléphones dits intelligents capables de capter les émissions ultrasonores des espèces en vol afin de les identifier. Même s'il reste des marges d'erreur à savoir apprécier, cela représente néanmoins un apport considérable pour le travail de terrain.

Les chiroptérologues s'intéressent d'abord à l'étude et à la protection des chauves-souris. Leur expertise, leur connaissance du terrain et leur confiance ont permis de développer en France un réseau reconnu de surveillance de *Lyssavirus* depuis une vingtaine d'années. Les animaux suspects sont envoyés, selon un protocole préétabli, au laboratoire de l'Anses, Nancy, sauf en cas d'exposition humaine, auquel cas ils partent au laboratoire de référence de l'Institut Pasteur de Paris.

Le développement des connaissances dans le domaine de l'apport des Chiroptères à l'épidémiologie s'est fait pratiquement en même temps que l'étude de leur biologie. Ils sont entrés dans le domaine de la recherche médicale assez rapidement après l'émergence de la discipline même qui leur est dédiée. D'un côté, les écologues s'inquiètent de la réduction des effectifs de nombreuses espèces et populations. De l'autre, les épidémiologistes et les virologues poursuivent la description de nouvelles espèces microbiennes propres à ces animaux. En cela les chauves-souris ne sont pas très différentes des autres mammifères (Mollentzea, Streicker 2020). Décrire d'abord des maladies touchant l'espèce humaine et découvrir les agents responsables a représenté une première étape indispensable. Maintenant, décrire des virus nouveaux, au pouvoir pathogène non connu, à l'occasion d'inventaires microbiens réalisés grâce aux outils du séquençage haut débit correspond à une démarche complémentaire mais pas directement comparable. Espérer identifier à l'avance les futurs microorganismes responsables d'épidémies reste cependant un exercice délicat, quelle que soit la famille virale et quel que soit le groupe zoologique.

Dans un autre domaine, une meilleure compréhension de l'immunité des Chiroptères pourrait déboucher sur des applications médicales intéressantes en santé publique.

REMERCIEMENTS

Pour leur confiance, je remercie l'équipe de rédaction du Bulletin d'épidémiologie qui m'a ouvert ses colonnes, pour leur regard enrichissant je remercie les deux relecteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arthur L., Lemaire M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg & Suisse. Deuxième édition. Biotope, Mèze (Collection Parthénopé), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544p.

Burgin C., Colella J., Kahn P., and Upham N. (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99(1):1–14, DOI:10.1093/jmammal/gyx147

- Cox P., Banack S., Murch S. (2005). Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the Chamorro people of Guam. PNAS, 100(23) : 13380-13383.
- Feldmann H., Sprecher A., Geisbert T. (2020). Ebola. N Engl J Med. 382:1832-42. DOI: 10.1056/NEJMr1901594
- Forbes K. M. (2019). Bombali virus in Mops condylurus bat, Kenya. EID 25(5):955-957.
- Jayne S. L. et al. (2015). Molecular evidence of Ebola Reston virus infection in Philippine bats. Virol J, 12, 107, <https://doi.org/10.1186/s12985-015-0331-3>.
- Mollentzea N., Streicker D. (2020). Viral zoonotic risk is homogenous among taxonomic orders of mammalian and avian reservoir hosts. PNAS, 117(17):9423-9430.
- Mourez et al. (eds.) (2019). Traité de virologie médicale. 2e édition. SFM, SFV, Paris, 793p.
- Newman S., Field H., Epstein J., Jong C. (2011). Investigating the role of bats in emerging zoonoses. FAO, Rome, 169p.
- Skirmuntt E. C. (2020). The potential role of endogenous viral elements in the evolution of bats as reservoir for zoonotic viruses. Annu. Rev. Virology, doi: 10.1146/annurev-virology-092818-015613.
- Tsagkogeorga, G. et al. (2013). Phylogenomic Analyses Elucidate the Evolutionary Relationships of Bats. Current Biology, 23(22):2262 – 2267.
- Wang L., Cowled C. (eds.) (2015). Bats and Viruses. A New Frontier of Emerging Infectious Diseases. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 368p.
- Wilson D., Mittermeier R. (eds.) (2019). Handbook of the Mammals of the World. 9. Bats. Lynx, Barcelona, 1008p.
- Zhang G. et al. (2013). Comparative Analysis of Bat Genomes Provides Insight into the Evolution of Flight and Immunity. Science, 339:456-460.

-Sitographie

Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges,
<http://www.museum-bourges.net/chauve-souris-en-europe-35.html>

SFEPM, Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères,
www.sfepm.org

UNEP/EUROBATS, Agreement on the Conservation of Populations of European Bats,
www.eurobats.org

ANNEXES : PHOTOS DE CHIROPTERES

(Auteur François Moutou, tout droit réservé)



Annexe 1. Nyctere - Kenya



Annexe 2. Megaderme - Kenya



Annexe 3. Rousette - Borneo



Annexe 4. Rousette - Borneo



Annexe 5. Uroderme - Costa Rica



Annexe 6. Artibeus - Guadeloupe



Annexe 7. Noctilio - Guadeloupe



Annexe 8. Rhinolophe - Inde



Annexe 9. Megaderme - Malaisie



Annexe 10. Epomophore -Tanzanie



Annexe 11. Cynoptere - Singapour



Annexe 12. Eidolon - Tanzanie



Annexe 13. Eidolon - Tanzanie



Annexe 14. Taphien - Thaïlande