

Université de Bordeaux
U.F.R. des Sciences Médicales

Année 2023

Thèse n° 129

THÈSE

Présentée pour l'obtention du Doctorat en Médecine Générale
DIPLOME D'ÉTAT

Présentée et soutenue publiquement

Le 12 décembre 2023

Par Marie TRIQUET

Née le 12 juillet 1995 à Périgueux (Dordogne)

LE RISQUE INFECTIEUX EN SPÉLÉOLOGIE

Élaboration de deux fiches réflexes à destination des spéléologues et de leurs
médecins généralistes à partir d'une revue narrative de la littérature

Directeur de thèse

Docteur Jean-Michel Ostermann

Jury

Monsieur le Professeur Jean-Philippe Joseph : président

Monsieur le Docteur Christophe Jouhet : rapporteur

Monsieur le Professeur François Petregne : membre du jury

Monsieur le Professeur Didier Neau : membre du jury

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord les membres de mon jury pour avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie mon directeur de thèse, le Dr Jean-Michel Ostermann, pour sa pédagogie, ses précieux conseils et sa bienveillance, tout au long de mon travail de thèse, pendant mon stage de SASPAS mais aussi pour sa vocation à former les jeunes spéléologues à la science de l'exploration et de la topographie.

Je remercie le Dr Jean-Pierre Buch, président de la Commission médicale de la FFS, pour m'avoir aiguillée vers ce sujet et accompagnée de ses conseils.

Je remercie mes professeurs, mes maîtres de stages et mes collègues qui m'ont soutenue tout au long de mes études et de mon internat : Dr Claude Fabry, Pr Philippe Castera, Dr Philippe Mader, Dr Alain de Burosse, Dr Dominique Jarnier, Dr Sana Ben Messaoud, Dr Romain Legendre, Dr Florent Peelman, Dr Raphaël Paz, Dr Jean-Benoît Zabbe, Dr Hugo Letournel, Dr Gildas Baulier...

Je remercie toute l'équipe médicale et paramédicale du service des urgences de Périgueux pour leur bienveillance et leur cohésion pendant tout mon premier semestre et au début de la difficile « période Covid » : Olivier, Laure, Maëva, Florent, Mylène, Francisco, Sandrine, Jean-Paul, Dominique, Camille, Antoine, Laurent, Maxime, Léna, Emilie, Nicolas, Philippe, George, Eve, Anne, Manon, Cécile, Sylvie, Neddy, Anabelle, Virginie, Magalie, Marine, Mona, Clothilde, Boris, Aurélie, Baptiste, Florian...

Je remercie les sapeurs-pompiers et membres du SDIS 24 pour leur dévouement, les sapeurs-pompiers du Centre d'Incendie et de Secours de Cubjac pour leur accueil.

Je remercie mes amis de l'atelier modèle vivant de la société des beaux-arts du Périgord pour les échappées artistiques du jeudi soir : Jean, Thierry, Marie-Françoise, Grania...

Je remercie tous mes amis des profondeurs, de Dordogne, de France et d'ailleurs : le Spéléo Club de Périgueux, le club spéléologique du Cern, l'équipe du spéléo secours 24, les copains de Leize Mendi, de Charentes, les abonnés du stage Lot de Cabrerets... Vincent, Olivier, Monique, Alain, Dominique, Tristan, Jean-François, Aurélie, Bernard, Fraise, Quentin, Willy, Nicolas, JM, Virginie, Antoine, Manon, Christian, Xavier, Jean Marc, Laurence, Chloé, Alex, Hugo, Alice, Darioush, David, Serge, Louisa, Caro, Mathieu... Merci pour votre passion, votre bonne humeur, vos conseils, qui m'ont fait progresser au fil des années dans la voie de la spéléo !

Je remercie mes premiers co-internes du service des urgences de Périgueux : Julie, Marie, Clément, Quentin, Fabien, Théo, mais aussi Adélaïde, Jojo et Camille. Merci pour votre soutien, pour tous ces fous rires, merci de continuer l'aventure en partageant nos vacances d'été depuis 2019.

Je remercie Thibault d'être à mes côtés, de m'accompagner dans mes pérégrinations spéléologiques et dans ma vie.

Je remercie mes grands-parents Monique, Marcelle, Raymond et Claude.

Je remercie ma sœur Perrine et mon frère Baptiste.

Enfin je remercie mes parents pour leur présence au quotidien, leur amour et leur soutien sans limite, qui ont fait de moi ce que je suis à présent.

Table des matières

INDEX DES TABLEAUX ET DES FIGURES	5
ABRÉVIATIONS	7
I – INTRODUCTION	8
A – Historique	8
B - Présentation de la FFS (Fédération Française de Spéléologie)	8
C - Risques liés à la pratique	9
D – Question de recherche et objectifs	10
II – MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	11
A - Revue narrative de la littérature	11
1 - Bases interrogées.....	11
2 - Critères d'inclusion	11
3 - Équations de recherche.....	11
B - Élaboration et évaluation des fiches réflexes	12
1 - Élaboration des fiches	12
2 - Évaluation des fiches.....	12
III – RÉSULTATS	13
A - Revue narrative de la littérature	13
Risque avéré de contamination en cavité.....	16
1 - Histoplasmosse	16
2 - Leptospirose.....	19
3 - Fièvre récurrente à tiques	21
4 - Virus Marburg.....	23
5 - Cryptococcose : un cas clinique	25
6 - Syndrome de Lemierre : un cas clinique	25
Risque théorique de contamination : microorganismes présents en cavités	26
1 - Rage des chiroptères	26
2 - Coronavirus.....	29
3 - Trypanosomose américaine ou maladie de Chagas	31
4 - Borréliose de Lyme	33
5 - Leishmanioses.....	34
6 - Tétanos.....	35
7 - Autres virus potentiellement transmis par les chiroptères	35
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	37
1 - Risques liés à la présence de charniers	37
2 - Contamination de l'eau souterraine	38

Découverte de microorganismes souterrains et pathogènes opportunistes	40
B – Fiches réflexes	41
1 - Fiche réflexe à destination des spéléologues	41
2 - Fiche réflexe à destination des médecins généralistes	44
IV – DISCUSSION	47
A - Forces et limites	47
B – Objectif principal	47
C – Objectifs secondaires	48
V – CONCLUSION	49
VI – BIBLIOGRAPHIE	50
VIII – SERMENT D’HIPPOCRATE	57
IX – ANNEXES	58
A – Liste des documents inclus dans la revue narrative	58
B – Liste des figures	69
X - RÉSUMÉ	87

INDEX DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 1 : diagramme de flux de la revue narrative de la littérature	13
Figure 2 : fiche réflexe à destination des spéléologues recto.....	41
Figure 3 : fiche réflexe à destination des spéléologues verso.....	42
Figure 4 : fiche réflexe à destination des médecins généralistes recto.....	44
Figure 5 : fiche réflexe à destination des médecins généralistes verso.....	45
Tableau 1 : liste et caractéristiques des documents inclus dans la revue narrative de la littérature.....	67
Figure 6 : carte des zones karstiques terrestres.....	69
Figure 7 : filaments mycéliens et spores d' <i>Histoplasma capsulatum</i>	69
Figure 8 : carte des principaux foyers d'histoplasmose à <i>Histoplasma capsulatum</i>	70
Figure 9 : carte des principaux foyers d'histoplasmose à <i>Histoplasma duboisii</i>	70
Figure 10 : carte de répartition des cas d'histoplasmose chez les voyageurs immunocompétents recensés par la revue de littérature di BMC Infectious Disease.....	71
Figure 11 : Guano de chiroptères, Jerônimo cave, Bahia, Brésil, photographie Daniel Menin.....	71
Figure 12 : affiche du 19 ^{ème} congrès international de spéléologie prévu au Brésil en 2025.....	72
Figure 13 : Présence abondante de chiroptères au plafond d'une cavité, Laos, photographie P. Bence.....	72
Figure 14 : radiographie thoracique d'un cas d'histoplasmose chez un patient de 43 ans.....	73
Figure 15 : radiographie thoracique d'un cas d'histoplasmose chez une patiente de 23 ans.....	73
Figure 16 : scanner thoracique d'un patient atteint d'histoplasmose pulmonaire.....	74
Figures 17 et 18 : formes cutanées et lymphatiques d'histoplasmose africaine	74
Figure 19 : forme osseuse d'histoplasmose africaine	74
Figure 20 : <i>Leptospira interrogans</i> vue en microscopie électronique.....	75
Figure 21 : mention d'un cas de leptospirose dans un rapport d'exploration spéléologique en France. Revue Spéléo-Dordogne.....	75
Figure 22 : exploration spéléologique au Laos, photographie B. Galibert.....	76
Figure 23 : <i>Ornithodoros hermsi</i> (droite) et <i>Ornithodoros turicata</i> (gauche).....	76
Figure 24 : dispositif de retrait de tiques après morsure.....	77
Figure 25 : papule hémorragique avec halo causée par la morsure d' <i>Ornithodoros tholozani</i>	77
Figure 26 : vue au microscope de <i>Borrelia persica</i> sur frottis sanguin.....	77
Figure 27 : photographie de <i>Roussetus aegyptiacus</i>	78
Figure 28 : chercheurs devant l'entrée de Python Cave, Ouganda.....	78

Tableau 2 : épidémies à Marburg virus et leurs origines de 1976 à 2017.....	79
Tableau 3 : les principaux virus du genre Lyssavirus.....	79
Figure 29 : Sérotine commune, photographie Laurent Arthur.....	80
Figure 30 : distribution française de la Sérotine commune.....	80
Figure 31 : animaux responsables de transmission de rage à l'être humain aux Etats-Unis entre 1995 et 2008.....	81
Figures 32 et 33 : <i>Lasionycteris noctivagans</i> (M. Durham) et <i>Pipistrellus subflavus</i> (J. Scott Altenbach) : deux espèces de chiroptères impliquées dans la transmission rabique aux Etats Unis.....	81
Figure 34 : <i>Tadarida brasiliensis</i> (M. Durham), chiroptère porteur du virus rabique présent en Amérique du Nord, Centrale et en Amérique du Sud.....	81
Figure 35 : <i>Desmodus rotundus</i> : la principale espèce de chiroptère hématophage.....	82
Figure 36 : temple bouddhiste au Laos, construit dans une cavité (Tham Phra), photographie JM Ostermann.....	82
Figure 37 : population de rhinolophes porteurs de SARSr-Cov.....	83
Figure 38 : photographie de punaise hématophage <i>Triatoma dimidiata</i> , vectrice de la maladie de Chagas.....	83
Figure 39 : érythème migrant chez un spéléologue.....	83
Figure 40 : cadavre de cheval tombé dans le gouffre Etchar (Pyrénées Atlantiques), photographie David Iraundegui.....	84
Figure 41 : chaulage au gouffre Etchar par les spéléologues du Club de Saint-Jean-Pied-de-Port, photographie David Iraundegui.....	85
Figure 42 : charnier de l'Eydze d'Ajat (Dordogne), photographie Vincent Peureux.....	85
Figure 43 : l'Aven Noir (Aveyron) qui abrite une importante colonie de Choucas, photographie Serge Caillault.....	85
Figures 44 et 45 : la pollution des eaux souterraines : pollution par des égouts en amont de la perte de Plaisance (Dordogne), photographie Thierry Bucquoy.....	86

ABRÉVIATIONS

CDC : Centers for Disease Control and Prevention

CoMed : Commission Médicale de la Fédération Française de Spéléologie

CREI : Commission Relations et Expéditions Internationales

EBLV1 : European Bat 1-Lyssavirus

EBLV2 : European Bat 2-Lyssavirus

FFS : Fédération Française de Spéléologie

FHSR : fièvre hémorragique à syndrome rénal

LBA : Lavage Broncho-Alvéolaire

LBV : Lagos Bat Virus

MERS : Middle Est Respiratory Syndrome

RABV : RABies Virus

SARS Cov : Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus

SARSr Cov : SARS-related Coronaviruses

SPILF : Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française

SSF : Spéléo Secours Français

I – INTRODUCTION

A – Historique

Les cavernes passionnaient déjà nos ancêtres qui ont réalisé sur leurs parois les premiers chefs-d'œuvre de l'humanité (Lascaux en Dordogne, grotte Chauvet en Ardèche, grotte de Pech Merle dans le Lot, grotte d'Altamira en Espagne et bien d'autres). De nos jours, l'être humain a fait presque le tour de la surface du globe : les dernières terres inexplorées se trouvent au fond des océans mais aussi sous la surface terrestre.

La spéléologie est la science qui a pour objet l'étude ou l'exploration des cavités naturelles du sous-sol (*Larousse 2019*). Son étymologie provient du grec ancien *spelaiion* (grotte) et *logos* (discours, parole, science). C'est une activité aux multiples visages : géologie, étude de la genèse des gouffres et de leurs concrétions, hydrologie, paléontologie, archéologie, biospéléologie, topographie ... Il existe autant de profils de spéléologues que de disciplines inhérentes à cette activité passionnante : le sportif, le géologue, l'esthète, le photographe, le passionné de faune cavernicole, le topographe, le technicien de l'équipement, le préhistorien, le plongeur spéléo, le passeur d'étroitures, l'amoureux des grands espaces, le spécialiste en désobstruction ... Bien souvent ils sont tous combinés à des degrés divers.

Edouard Alfred Martel (1859-1938) est considéré comme le fondateur de la spéléologie moderne. C'est le premier explorateur systématique du milieu souterrain en France. Juriste de formation, il étudie la géologie et l'hydrogéologie pour réaliser des campagnes d'exploration dans les zones karstiques de France, mais aussi d'Europe, de Turquie, d'Asie et des États-Unis. Il réalise avec son équipe la traversée de la rivière souterraine de Bramabiau en 1888, la descente du gouffre de Padirac à l'échelle et son étude à partir de 1889, la découverte et l'exploration d'innombrables cavités (Aven Armand, Dargilan, ...) (1). Il crée en 1895 la Société de Spéléologie et fonde la revue *Spelunca*. Il réalise au cours de sa vie plus de 900 publications de géologie, d'hydrogéologie et de spéléologie. Il étudie également le phénomène de contamination des eaux et est à l'origine de la « Loi Martel » de 1902 (2), qui interdit le dépôt de cadavres et d'ordures dans les grottes et gouffres. Grâce à son impulsion et à celle de son équipe, la spéléologie se développe en France et s'organise progressivement en clubs qui permettent l'exploration de cavités d'envergure (gouffre Berger, gouffre de la Pierre Saint Martin). De nombreux autres spéléologues se sont démarqués par leurs travaux de découvertes et leurs écrits (Louis Armand, Norbert et Elisabeth Casteret, Robert de Joly, Marcel Loubens, Georges Lépineux, Haroun Tazieff, Corentin Queffelec, Henri Breuil, André Glory...).

B - Présentation de la FFS (Fédération Française de Spéléologie)

La Fédération Française de Spéléologie (FFS) est créée en 1963. Elle réunit la Société de Spéléologie créée par Martel et le Comité National de Spéléologie créé en 1948 (3). Aujourd'hui, la FFS compte plus de 7000 licenciés et 450 clubs affiliés dans toute la France. Les différentes commissions de la FFS s'organisent progressivement (4) :

- CREI (Commission Relations et Expéditions Internationales) (5): les expéditions spéléologiques à l'étranger débutent dès l'époque d'Edouard Alfred Martel. Au commencement de la FFS, on compte une dizaine d'expéditions à l'étranger par an. L'évolution des techniques de progression et du matériel dans les années 1970 a permis l'essor et le développement de la spéléologie. En 1974 est créée la commission Grandes Expéditions Spéléologiques Françaises (GESF) remplacée par la CREI (Commission

Relations et Expéditions Internationales) depuis 1993. Au début du XXIème siècle, on recense entre 20 et 50 expéditions par an ! De nos jours, encore une grande partie du karst mondial est inexploré et les expéditions françaises permettent chaque année la découverte et l'étude de plusieurs kilomètres de nouvelles galeries, notamment en Asie.

- SSF (Spéléo Secours Français) (6), commission qui organise les secours souterrains, est créé en 1977. Depuis 2006, la FFS est agréée par le ministère de l'Intérieur pour la gestion des secours souterrains. Elle est la seule fédération sportive de France à assurer bénévolement ses propres secours, sur réquisition du préfet.
- La Commission scientifique (7) réalise des travaux en karstologie, géologie, hydrogéologie, climatologie, archéologie, biospéléologie... Elle récolte et diffuse les informations scientifiques récoltées et participe également à la formation scientifique des spéléologues au cours des stages fédéraux. Elle collabore avec les autres commissions et notamment avec la Commission Médicale.
- La Comed (Commission Médicale de la FFS) voit le jour en 1979 (8). Son but est la protection de la santé des spéléologues. Elle est à l'origine de nombreux travaux : études du radon, cardio-fréquencemétrie, toxicités des gaz en milieu souterrain, physiologie du milieu, agents biologiques et pathologies infectieuses, accidentologie, médicalisation des secours, certificats médicaux...

C - Risques liés à la pratique

Dans l'imaginaire collectif, la spéléologie se pratique dans une atmosphère sombre, confinée et angoissante. Elle est pour cela très peu connue de la population générale, mais aussi du monde médical. Pourtant, tant qu'il restera des souterrains inexplorés et que l'humain conservera son goût pour l'aventure, les spéléologues continueront de pratiquer leur passion.

La spéléologie est une activité non dénuée de risques, comme dans tout sport, avec notamment le risque de traumatisme. 338 secours sont réalisés par le SSF entre 2007 et 2017, soit environ 30 secours par an. 13% correspondent à des traumatismes des membres inférieurs, 8% à des traumatismes des membres supérieurs, 6% à des traumatismes rachidiens, 4% à des traumatismes crâniens, 3% à des traumatismes du tronc, 2% à des polytraumatisés sévères (9). L'enjeu principal pour ces traumatismes va être le temps nécessaire à l'évacuation de la victime depuis le lieu de l'accident : au minimum plusieurs heures, voire plusieurs jours en fonction des caractéristiques de la cavité.

Dans 35% des secours, la victime sort « indemne », c'est-à-dire non blessée. Cela correspond aux victimes épuisées, perdues, en hypoglycémie ou hypothermie (9). Les caractéristiques physiques du milieu (hygrométrie élevée, températures froides...) peuvent favoriser la survenue d'hypothermie, surtout chez les individus mal équipés et préparés. Les efforts physiques prolongés associés à une hydratation et une alimentation insuffisantes sont fréquemment à l'origine d'hypoglycémies et de déshydratations. Ces différents risques ainsi que leurs moyens de prévention et de traitement sont abordés dans des fiches réflexes élaborées par la Comed (10). On peut également citer le syndrome du harnais, qui survient lorsque le spéléologue est immobilisé sur corde en suspension inerte (suite à un malaise, épuisement ou traumatisme crânien par exemple). Ce syndrome, bien que rarissime, peut entraîner le décès du spéléologue au bout de quelques minutes s'il n'est pas secouru rapidement par ses coéquipiers (10).

Des intoxications aux gaz peuvent également survenir. Le gaz le plus fréquemment rencontré est le dioxyde de carbone (CO₂), présent naturellement dans les cavités. Ces taux semblent augmenter ces dernières années, en raison du réchauffement climatique, notamment dans les régions de plateau (Ardèche, Quercy). Dans l'air extérieur, il est présent à 0,03%. Il peut atteindre 7% dans les cavités et provoque des symptômes à partir de 2% (céphalées, dyspnée et nausées), engageant le pronostic vital au-delà de 5%. L'évitement des cavités « gazées », l'arrêt de la progression en cas de dyspnée anormale et l'utilisation de détecteurs de gaz sont des moyens de prévention. Le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote sont beaucoup plus rares. Le radon est un gaz radioactif qui peut être présent sous terre si le socle schistogranitique est proche ou suite à des remplissages exogènes. Il influence peu la pratique de spéléologie en loisir (10).

L'activité spéléologique présente aussi un risque infectieux, qui est non négligeable et qui lui est en partie spécifique du fait des conditions physiques particulières de l'environnement (température constante toute l'année, hygrométrie élevée, absence de rayonnement solaire, colonisation par une faune spécifique (chiroptères notamment), quasi-absence de flore...). Le milieu souterrain, minéral, obscur et froid, paraît vide de toute vie de prime abord mais abrite en réalité une grande richesse de microorganismes. L'histoplasmose, la rage et la leptospirose sont connues des spéléologues depuis plusieurs dizaines d'années. En 2016, le microbiologiste et spéléologue Albert Demichelis publie un ouvrage de plus de 300 pages dans la revue *Comed Infos* portant sur une liste des microorganismes et parasites présents en milieu souterrain et en canyon (11,12). C'est un ouvrage très précis de microbiologie qui aborde indifféremment les organismes pathogènes ou non. Plusieurs thèses de médecine humaine et vétérinaire explorent certains aspects du risque infectieux en spéléologie : histoplasmose à *Histoplasma capsulatum* et spéléologie par le Dr Agnès Deleron en 1996 (13), les zoonoses des chiroptères en 2002 par le Dr Dorothee Sara (14), les pathologies infectieuses lors des expéditions spéléologiques en zone intertropicale par le Dr Sophie Muller en 2012 (15)...

D – Question de recherche et objectifs

La Commission Médicale de la FFS réalise également des publications sur certaines pathologies infectieuses et leur risque pour le spéléologue : histoplasmose, leptospirose, rage, maladie de Lyme, SARS-Cov... L'infectiologie est une discipline médicale qui évolue, en termes de découvertes de nouveaux microorganismes, de techniques diagnostiques, de thérapeutiques et de moyens de prévention.

La Comed a constaté à plusieurs reprises que le risque infectieux en spéléologie était méconnu du monde médical et avait déjà amené à des retards diagnostiques, notamment avec l'histoplasmose et la leptospirose. Il est arrivé à plusieurs reprises que des médecins spéléologues doivent se mettre en contact avec les médecins traitants de spéléologues infectés.

Quel est le risque infectieux actualisé lors de la pratique de la spéléologie ?

Objectif principal : actualiser les connaissances du risque infectieux lors de la pratique de la spéléologie et éditer une fiche réflexe à l'attention des médecins et des spéléologues.

Objectifs secondaires :

- Recenser les germes pathogènes présents en milieux souterrain,
- Décrire les moyens préventifs, diagnostiques et thérapeutiques des différentes pathologies, en distinguant le risque infectieux avéré (les pathogènes pour lesquels il existe des contaminations répertoriées de spéléologues en cavité) et le risque infectieux théorique (les microorganismes pathogènes pour l'homme retrouvés en cavité mais pour lesquels aucun cas de contamination en cavité n'a été relevé).

II – MATÉRIELS ET MÉTHODES

A - Revue narrative de la littérature

1 - Bases interrogées

Pour cette revue narrative, trois bases de données ont été choisies : base de données de la Commission Médicale (CoMed) de la Fédération Française de Spéléologie (FFS) et bases de données en ligne Pubmed et Scopus mises à disposition par l'Université de Bordeaux.

2 - Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion étaient :

- Les germes pathogènes pour l'être humain présents en cavité,
- Les cas de maladies infectieuses avec contamination en cavité.

La totalité de la base de données de la CoMed a été analysée et une sélection des documents sur le titre a été faite.

3 - Équations de recherche

Une recherche a été effectuée sur Pubmed avec l'équation de recherche suivante :

("caves"[MeSH Terms] OR cave[Title/Abstract] OR caves[Title/Abstract] OR caver[Title/Abstract] OR cavers[Title/Abstract] OR caving[Title/Abstract] OR spelunk[Title/Abstract] OR speleolog*[Title/Abstract]) AND ("Infections/etiology"[Mesh] OR "Infections/pathology"[Mesh])*

Le filtre SPECIES = Human a été ajouté. Une restriction temporelle a été effectuée en conservant uniquement les publications datant des cinquante dernières années (soit 1971-2021).

Une recherche a été effectuée sur Scopus, avec l'équation de recherche suivante :

(TITLE-ABS-KEY (cave OR caves OR caving OR caver OR cavers OR spelunk OR speleolog*) AND TITLE-ABS-KEY (infect* OR infest*))*

Une limitation a été faite avec SUBJECT AREA = MEDICINE. Le filtre KEYWORD : HUMAN/HUMANS a été utilisé. Nous avons également réalisé une restriction temporelle de 1971 à 2021.

Aucune restriction spatiale n'a été faite car la spéléologie se pratique sur toute la surface du globe et des expéditions françaises sont régulièrement réalisées à l'étranger.

La sélection des articles en lisant le titre et l'abstract a été faite à deux : le Dr Jean-Michel Ostermann et moi-même.

Seuls les articles en anglais, français et espagnol ont été inclus.

Secondairement, les articles ont été lus en texte intégral.

B - Élaboration et évaluation des fiches réflexes

1 - Élaboration des fiches

Les deux fiches réflexes ont été élaborées selon le schéma des fiches réflexes de la Commission Médicale de la FFS. Les éléments qui y figurent correspondent à une synthèse de la revue narrative.

2 - Évaluation des fiches

Elaboration d'un questionnaire pour évaluer la validité des deux fiches réflexes :

Afin de faire valider les informations apportées dans ces deux fiches, deux questionnaires en ligne ont été élaborés grâce au logiciel Google Forms. Les questionnaires comprennent des questions à choix multiples sur le degré de pertinence des différents paragraphes et des fiches en globalité. Des questions ouvertes ont également été posées pour évaluer chaque fiche dans sa globalité, mais aussi chacun de leurs paragraphes. Les réponses étaient anonymes.

Mode de recrutement :

Les deux questionnaires ont été envoyés par mail par le président de la Commission Médicale, le Dr Jean-Pierre Buch, à la liste de diffusion de la Comed, qui correspond aux médecins spéléologues inscrits à la Fédération Française de Spéléologie.

Mode de recueil des données :

Les réponses aux deux questionnaires ont été collectées en ligne, de façon anonyme, via le logiciel Google Forms.

Aspects réglementaires :

Aucune donnée personnelle n'a été recueillie. Les variables analysées étaient anonymes, sans possibilité de réidentification. Le simple RGPD (Règlement général de la protection des données) s'applique.

III – RÉSULTATS

A - Revue narrative de la littérature

Diagramme de flux :

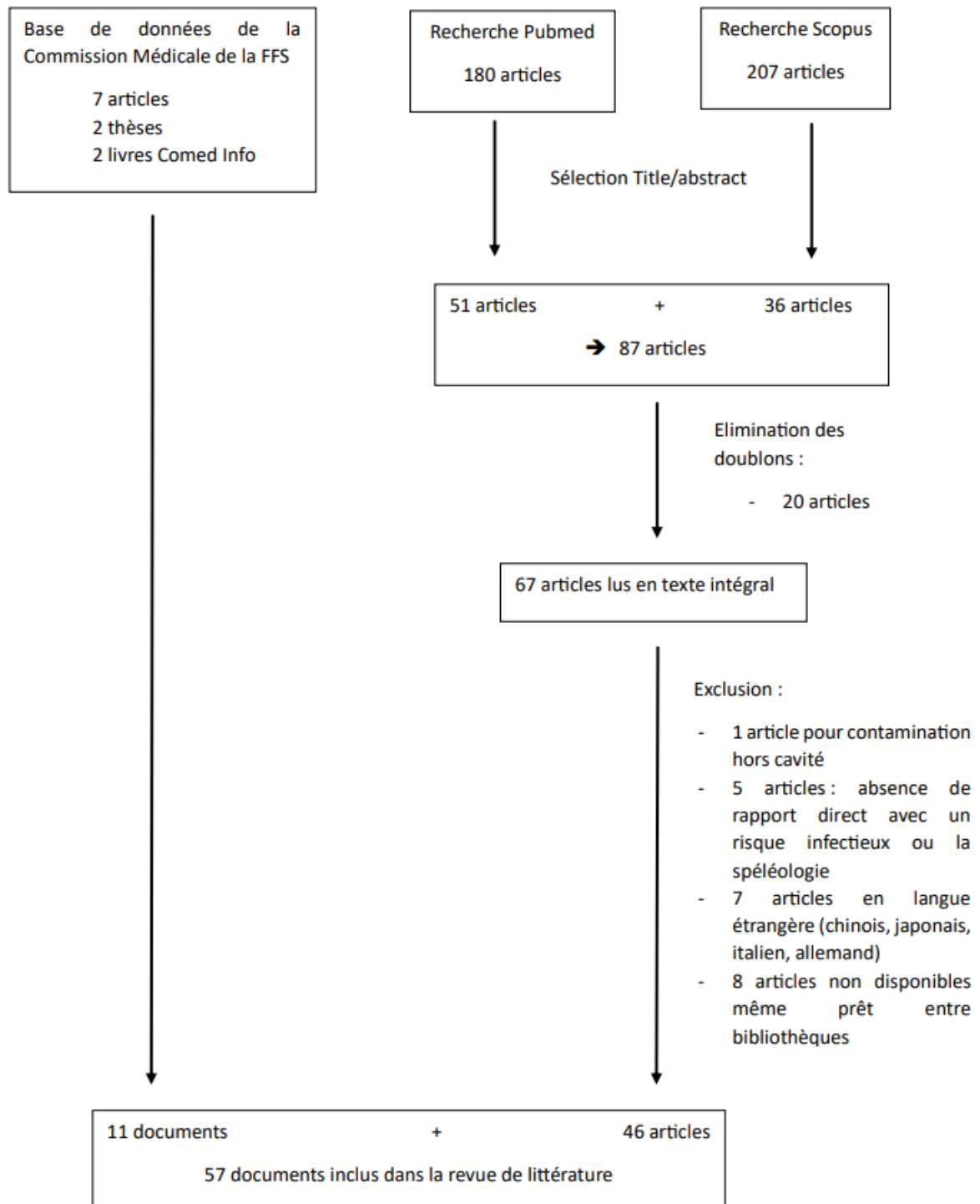


Figure 1 : diagramme de flux de la revue narrative de la littérature

Au total, le nombre de documents inclus dans la revue narrative est : 57. Un tableau descriptif de ces 57 documents figure dans la partie Annexes. Des recherches complémentaires à partir des éléments bibliographiques des 57 documents et d'ouvrages référencés ont été menées pour apporter des précisions dans la description de certaines pathologies. Leurs références sont mentionnées dans la bibliographie.

Sur les 57 documents, on retrouve :

- 31% d'études de cas (18),
- 12% d'articles descriptifs (7),
- 28% d'études observationnelles (16),
- 10% de revues de littérature (10),
- 3% d'études microbiologiques (2 livres),
- 7% de revues systématiques de la littérature (4),

49 documents abordent une pathologie de façon spécifique :

- L'histoplasmosse : 22 documents dont 2 revues systématiques de littérature, 10 études de cas, 6 études observationnelles, 3 revues de littérature, 1 article de revue ;
- Les virus rabiques : 5 documents dont 2 études observationnelles, une revue de littérature et 2 articles descriptifs ;
- La fièvre récurrente à tiques : 6 documents dont 2 études observationnelles, 2 revues de littérature, 1 étude de cas et 1 article descriptif ;
- La leptospirose : 4 documents dont 2 études de cas, 1 revue de littérature, 1 article descriptif ;
- Le virus Marburg : 4 documents dont 3 études de cas, une revue systématique de littérature ;
- Les SARS-Coronavirus : 4 études dont 1 étude observationnelle et 3 articles descriptifs ;
- La maladie de Lyme : 1 étude observationnelle ;
- La maladie de Chagas : 1 étude observationnelle ;
- La leishmaniose cutanée : 1 étude observationnelle ;
- Le syndrome de Lemierre à staphylocoque doré : 1 étude de cas ;

8 documents abordent plusieurs pathologies en même temps, en plus des pathologies citées plus haut :

- Le *Clostridium perfringens* ;
- La brucellose ;
- Le tétanos ;
- Le virus Ebola ;
- La méningite à cryptocoque ;
- La poliomyélite ;
- Les *Campylobacter* ;
- Les salmonelles ;
- Le virus du Rio Bravo ;
- Le virus de la stomatite vésiculeuse ;
- Les hantavirus ;
- Les entérobactéries par contamination de l'eau souterraine ;
- Les pathogènes opportunistes découverts en milieu souterrain.

L'environnement cavernicole est un milieu aux propriétés particulières : premièrement l'absence totale de lumière, deuxièmement une température constante (souvent la moyenne annuelle des températures extérieures). La faune cavernicole, qu'elle soit troglophile (animaux dont la présence est fréquente en milieu souterrain mais qui peuvent en sortir occasionnellement) ou troglobie (animaux vivant exclusivement sous terre), est la plupart du temps à l'origine du risque infectieux en milieu souterrain (16).

Il convient de pondérer le risque infectieux en fonction de la région du globe où se pratique la spéléologie. Les régions karstiques, correspondant à des affleurements carbonatés, qui permettent la genèse des grottes et donc l'expression de la spéléologie, sont répandues sur toute la surface terrestre, mais à des degrés divers (Figure 6).

Des grottes peuvent également se rencontrer dans des régions non karstiques : cavités du grès, quartzites, flysh (exemple du Vénézuéla), cavités volcaniques (Hawaï, Réunion), cavités creusées dans la glace...

La faune cavernicole la plus pourvoyeuse de microorganismes est la population de chauves-souris. En effet, de nombreuses maladies infectieuses émergentes proviennent des chiroptères (Marburg, SARS-Cov...). Ces maladies, en particulier virales, ont co-évolué avec ces mammifères, ce qui en fait de parfaits réservoirs.

Plusieurs éléments propres aux chauves-souris ont pu faciliter cette évolution conjointe (17) :

- Il existe près de 1240 espèces de chiroptères, ce qui représente 25% des espèces de mammifères. Les premières traces de chauves-souris retrouvées remontent à -52,5 millions d'années. Cette évolution très longue a permis une co-évolution prolongée avec certains pathogènes.
- Pour faciliter le vol, les os des chiroptères sont devenus creux pour être plus légers. Ils ne possèdent pas de moelle osseuse, contrairement aux autres mammifères, et ne produisent donc pas de lymphocytes B. Cela permet une sorte de tolérance immunitaire vis-à-vis d'un grand nombre de virus.
- Pendant l'hibernation, la température corporelle est abaissée et le métabolisme ralenti, ce qui entraîne une diminution des réponses immunes et de la clairance virale.
- Le mode de vie grégaire des chiroptères est très favorable à la circulation des virus. En effet, on peut recenser des colonies de plusieurs milliers d'individus.

Dans ce travail de thèse, nous aborderons uniquement les chiroptères troglaphiles, qui présentent de par leur habitat un risque infectieux pour le spéléologue.

On distinguera dans cette revue narrative :

- Le risque avéré de contamination en cavité : existence de cas de contamination en cavité ;
- Le risque théorique de contamination : microorganismes présents en cavité mais dont il n'existe aucun cas référencé de contamination en cavité ;
- Le risque lié à la pollution du milieu souterrain ;
- La découverte de microorganismes souterrains et de pathogènes opportunistes.

Risque avéré de contamination en cavité

1 - Histoplasmosse

a) Historique, épidémiologie

Elle est due à un champignon dimorphique qui se nomme *Histoplasma capsulatum* dont il existe deux variétés : la principale est *Histoplasma capsulatum var capsulatum*. À température ambiante, on peut l'observer sous sa phase mycélienne, tandis qu'il prend sa phase levure à température corporelle (figure 7) (18).

Sa réserve naturelle se situe dans les sols enrichis en déjections d'oiseaux (en cavités guacharos, martinets) ou de chauve-souris (notamment cavités karstiques). Elle est endémique aux USA (Ohio, vallée du Mississippi), en Amérique Centrale et en Amérique du Sud (surtout en Guyane), en Afrique et en Asie de l'Est (Inde et Asie du Sud-Est) (figure 8). La maladie s'acquiert après inhalation de spores (figure 7) (19). Une fois inhalées, les spores changent de forme pour devenir des levures. De nombreuses espèces de chiroptères sont infestées par l'histoplasmosse (18).

L'histoplasmosse est la mycose d'importation la plus fréquemment rencontrée en métropole et en Europe (20,21). C'est une infection qui peut être gravissime chez les patients immunodéprimés (VIH stade SIDA notamment). Elle est de gravité variable chez le patient immunocompétent (22). Les spéléologues français réalisent de plus en plus d'expéditions à l'étranger, notamment en zones d'endémie histoplasmosique.

La seconde variété, moins bien connue, se nomme *Histoplasma capsulatum var duboisii*, aussi appelée « histoplasmosse africaine ». Elle est présente uniquement en Afrique subsaharienne tropicale et à Madagascar (figure 9). Son réservoir naturel est le sol riche en guano de chiroptères également (23). Son mode de contamination est mal connu. L'hypothèse principale est une contamination par inhalation, par voie pulmonaire, même si dans la majorité des cas il n'existe pas de séquelles de ce premier passage pulmonaire. La seconde hypothèse d'un passage par voie cutanée est moins probable car les lésions cutanées sont multiples et miment plutôt une diffusion par voie hématogène (23).

Une étude de 1996 réalisée dans l'état de Guerrero, au Mexique, a consisté en des injections intradermiques d'antigène de l'histoplasmosse dans différentes régions. Certaines régions à risque atteignaient jusqu'à 87% de positivité, comme à Juxtlahuaca, ville dans laquelle on trouve la grotte ornée du même nom, qui abrite des peintures rupestres de la civilisation Olmèque. Cette population pratique des activités dites à risque : guides touristiques dans les grottes, mineurs, agriculteurs fertilisant leurs champs avec du guano de chauves-souris (24).

L'histoplasmosse est également présente dans les Caraïbes (25), en Papouasie Nouvelle Guinée (26).

Une revue systématique de littérature parue en 2018 étudie l'histoplasmosse chez les voyageurs immunocompétents (figure 10). Pour 60,9% des patients inclus dans cette revue de littérature, l'exposition à l'histoplasmosse était la fréquentation de grotte ou le contact avec du guano de chauve-souris (22).

De nombreux articles décrivent des cas isolés ou groupés chez des spéléologues, par exemple lors du Congrès annuel de la Société Américaine de Spéléologie au Texas en 1994 (27).

Il existe de nombreux cas passant inaperçus : lors d'études d'intradermo réaction à l'histoplasmine, par exemple en 1994 au sein de la « Texas Caving Association », le test était positif chez 60% des individus testés, contre 30% en population générale (Texas) (27).

b) Prévention

Pour le spéléologue pratiquant en zone d'endémie, des précautions doivent être prises : le port de gants, de vêtements de protection et d'un masque (plutôt FFP2) est vivement conseillé. Il faut éviter le plus possible le contact avec le guano des chiroptères, et notamment éviter sa mise en suspension dans l'air. Une épidémie a eu lieu en 1973 chez un groupe de jeunes ayant visité une cavité abritant des chiroptères en Floride (23 malades sur 29 jeunes, soit un taux d'attaque de 79%). Plusieurs avaient essayé de faire bouger les chauves-souris en leur lançant du guano trouvé au sol...Au moins deux cas graves ont dû être traités par Amphotéricine B (28).

En 1995, lors d'un exercice de secours spéléologique avec port de civière dans une grotte en Nouvelle Calédonie, le taux d'attaque de l'histoplasmosse chez les spéléologues participants était de 87,5%. Cela s'explique par la durée importante de l'exposition (4 heures en moyenne pour une grotte de seulement 150m de développement) et par la mise en aérosolisation du champignon par le piétinement et l'extraction de la civière (29). Les activités telles que les entraînements au spéléo-secours doivent se faire si possible dans des grottes non à risque d'abriter le champignon !

Cependant le taux d'attaque peut être important même en cas de courte période passée sous terre, par exemple l'épidémie qui a touché 14 jeunes américains en bonne santé ayant visité une grotte à chiroptères au Nicaragua pendant seulement 10 minutes : taux d'attaque 100% (30).

Une étude portant sur deux épidémies d'histoplasmosse après la visite d'une grotte touristique au Costa Rica trouve une incidence plus importante en cas de reptation (aérosolisation des spores qui se retrouvent proches du nez et de la bouche). Dans cette étude, un des deux groupes étudiés portait des masques chirurgicaux. Les individus portant les masques n'ont pas été moins touchés que ceux qui n'en portaient pas. Selon cette étude, les individus qui se sont lavés les mains en sortant de la grotte ont été significativement moins touchés par l'histoplasmosse (31).

Le Brésil est également une zone d'endémie pour l'histoplasmosse (figure 11). Elle devient un problème de santé publique avec le développement de l'activité de spéléologie dans le pays. On observe surtout des épidémies dans la région de Rio de Janeiro (32).

Le prochain congrès international de spéléologie se déroulera en 2025 au Brésil, dans l'état de Minas Gerais (figure 12). Il conviendra de faire une communication et des recommandations de prévention pour l'histoplasmosse.

Conseils aux spéléologues dans les zones d'endémie (les zones endémiques majeures étant les États-Unis, l'Amérique Centrale, l'Amérique du Sud et l'Afrique du Sud) :

- Port de gants, de vêtements couvrants.
- Se laver les mains et nettoyer les habits qui ont été dans la grotte à la sortie. Nettoyer également tout le matériel (boudriers, bloqueurs, mousquetons... cordes).
- Éviter les cavités à chiroptères, éviter la station prolongée dans les endroits où se trouve le guano, éviter les reptations dans ces zones.
- Le port de masques chirurgicaux ne paraît pas prévenir efficacement la survenue de la maladie. En cas de pratique dans une cavité de zone endémique connue pour abriter des chiroptères, le port d'un masque FFP2 semble plus efficace.
- Les spéléologues souffrant de pathologies amenant une immunodépression (VIH, chimiothérapie, immunosuppresseurs, transplantés...) devraient éviter les zones d'endémie.
- Se renseigner auprès des spéléologues locaux pour connaître les cavités où il y a eu des cas d'histoplasmosse.

c) Diagnostic

Histoplasma capsulatum var capsulatum

Clinique :

Le diagnostic chez les sujets immunocompétents repose sur la présence d'un syndrome pseudo-grippal de retour d'un pays d'endémie. La notion d'exposition à l'inhalation d'*Histoplasma capsulatum* est primordiale dans le diagnostic. La pratique de la spéléologie dans un pays d'endémie doit orienter le médecin vers une histoplasmosse.

La forme la plus fréquente est l'histoplasmosse pulmonaire aiguë, chez le patient immunocompétent ayant inhalé une quantité modérée de spores. Elle peut être asymptomatique ou symptomatique en mimant un rhume ou un syndrome grippal avec une toux sèche, des myalgies, céphalées. L'auscultation pulmonaire est souvent normale (30). Le diagnostic se fait grâce à la recherche d'anticorps et à la radiographie thoracique (figures 14,15,16). Cette forme est surnommée « la fièvre des cavernes » (23).

La durée d'incubation est variable selon les séries de 5 à 35 jours (21).

La plupart des patients immunocompétents infectés resteront asymptomatiques, avec des tests cutanés positifs (les macrophages pulmonaires neutralisent les levures directement). La sévérité de l'atteinte dépend en partie de l'intensité de l'exposition et de l'inoculum inhalé (19,22).

Après inhalation d'un inoculum important, environ 20% des personnes exposées (immunocompétentes) vont développer un syndrome pseudo-grippal (toux, fièvre, céphalées...). Peu développent par la suite une pneumonie qui peut progresser vers une atteinte chronique granulomateuse (33).

Dans certains cas, les levures intra-cellulaires peuvent persister dans le temps et on peut assister à des réactivations de la maladie en cas d'immunodépression (34).

Les formes disséminées sont plus fréquentes chez les patients immunodéprimés (35) mais peuvent aussi toucher les patients immunocompétents et aller jusqu'à des insuffisances respiratoires aiguës (28,30,36). Dans ces cas-là, le diagnostic doit être rapide afin d'initier un traitement dans les meilleurs délais.

Le « gold standard » pour le diagnostic est la culture à partir d'échantillons pulmonaires, notamment lavages broncho-alvéolaires (LBA), mais c'est une méthode longue et difficile. Des alternatives possibles sont la sérologie, les examens anatomo-pathologiques ou la recherche d'antigènes urinaires ou sanguins. Cependant, ces outils diagnostics ne sont pas souvent disponibles dans les pays non endémiques (21). Les recherches d'antigènes urinaires et sanguins sont plus sensibles dans les formes sévères. La sérologie est utile pour le diagnostic rétrospectif car les anticorps mettent environ 6 semaines à se développer (33).

En France, le seul test de diagnostic antigénique est l'antigène galactomanane. Les techniques de biologie moléculaire par PCR sont disponibles seulement dans certains centres. La culture du champignon doit se faire en confinement renforcé (laboratoire P3) (20).

Histoplasma capsulatum var duboisii

Cette sous-espèce n'est présente qu'en Afrique centrale et à Madagascar. Bien que ses mécanismes de contamination soient mal connus et que la revue de littérature n'ait pas retrouvé de transmission en cavité, sa présence dans le guano de chiroptères et le karst des zones d'endémie en fait un risque probable pour la spéléologue, qu'il est difficile de quantifier.

Les tissus les plus fréquemment touchés sont la peau (figure 17), les tissus sous-cutanés, les os (figure 19), les ganglions lymphatiques (figure 18). Rarement, les formes disséminées touchent les poumons

(miliaires) et les autres organes internes. Les lésions dermatologiques sont polymorphes (papules, nodules, abcès, fistules, guérissant vers une cicatrice dépigmentée (23).

Les lésions osseuses de l'histoplasmosse africaine sont lytiques au niveau des côtes, du maxillaire, du crâne, des genoux, du rachis.

d) Traitement

Dans les formes disséminées, on utilise l'amphotéricine B liposomale par voie veineuse. L'itraconazole peut également être utilisé (20).

Dans les primo-infections, la SPILF (Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française) recommande un traitement par 2 mois d'itraconazole. L'abstention thérapeutique peut être envisagée chez les patients peu symptomatiques et dont l'évolution de la maladie est inférieure à un mois (20).

Les sociétés américaines, quant à elles, préconisent une abstention thérapeutique pour les histoplasmoses pulmonaires du sujet immunocompétent durant depuis moins d'un mois. A partir d'un mois, un traitement serait indiqué par itraconazole, à raison de 200mg/j pendant 3 à 6 mois afin de prévenir l'apparition d'une forme chronique. En cas de pneumopathie chronique, chez le sujet immunocompétent comme immunodéprimé, l'itraconazole doit être poursuivi pendant 1 à 2 ans, à 400mg/j. Pour les formes disséminées, le traitement est intraveineux pendant 14 jours, par itraconazole ou amphotéricine B (33).

2 - Leptospirose

a) Historique, épidémiologie

Les leptospires sont des bactéries spirochètes appartenant au genre *Leptospira*, qui comprend 22 espèces (figure 20). La plus fréquente est *Leptospira interrogans* et comprend 300 sérovars différents, rassemblés en 24 sérogroupes (37). Elles sont capables de survivre dans des environnements humides pendant de longues périodes et préfèrent les eaux douces et alcalines (ex : eau des grottes sont en général alcalines). Ces bactéries persistent dans les tubules rénaux des animaux hôtes asymptomatiques et sont excrétées dans leurs urines (38).

La leptospirose est plus fréquente en zones tropicales et subtropicales humides. Les rats sont les principaux réservoirs, ainsi qu'un certain nombre d'autres espèces (rongeurs, chiens, bovins, porcs...) mais en Asie du Sud-Est, les chiroptères peuvent également transmettre la maladie (39). Les périodes de moussons et d'inondations favorisent l'émergence d'épidémies car les eaux contaminées sont drainées vers les zones habitées où la population va être plus en contact avec l'eau.

La transmission du spirochète entre l'animal et l'homme se fait par l'eau contaminée par les urines. La porte d'entrée peut être muqueuse, conjonctivale ou cutanée à travers une peau lésée.

Plusieurs cas cliniques de leptospirose chez des spéléologues ont eu lieu, notamment en Malaisie (39), mais aussi au Royaume-Unis (40) et en France (figure 21) (41). Les spéléologues qui effectuent des expéditions en zone intertropicale explorent des cavités dont la température élevée incite à évoluer en vêtements légers. Cela occasionne souvent des lésions cutanées lors du contact avec les roches et les parois des cavités (figure 22). Les visites de rivières souterraines, qui drainent plusieurs cavités et rivières sont des milieux où les spéléologues sont particulièrement exposés par immersion, partielle ou complète.

b) Prévention

Les spéléologues les plus à risques sont les plongeurs spéléos en zone tropicale. En zone tempérée, les spéléologues doivent connaître la maladie pour aller consulter un médecin en cas de symptomatologie évocatrice (41).

La prévention passe par la protection cutanée : port de gants et de vêtements couvrants, protection des plaies et dermabrasions par des pansements hydrophobes, lavage au savon après exposition, lavage et désinfection des plaies. En expédition, ces recommandations peuvent être difficilement applicables.

Pour les plongeurs : lavages et désinfections réguliers des combinaisons néoprènes. Les mesures barrières passent également par l'hygiène alimentaire et l'absence de contamination de l'eau de boisson (utilisation de bidons étanches...) (41).

La question d'une prophylaxie par Doxycycline peut être posée. Habituellement la posologie dans cette indication est de 200 mg de Doxycycline par semaine (37). Cependant dans le cadre de la spéléologie et de la plongée spéléo (immersion complète en rivières souterraines, contacts avec chauves-souris et urines de rongeurs...), certains auteurs estiment qu'une prise de 200mg de doxycycline à chaque exposition peut être légitime (39).

Une information doit être délivrée aux spéléologues se rendant en expédition afin de consulter sans délai en cas d'apparition des symptômes.

Il existe également un vaccin dirigé contre la leptospirose qui peut être proposé notamment aux spéléologues effectuant des explorations en zone tropicale (41). Ce vaccin (Spirolept), disponible en France, ne protège que contre le sérotype *Icterohaemorrhagiae* à l'origine des formes les plus graves. Il est recommandé dans le cadre des expositions professionnelles, mais son indication est discutée dans le cadre des activités de loisirs et lors des voyages à cause du nombre de sérovars possibles. Le schéma d'administration correspond à 2 doses à quinze jours d'intervalle, puis un rappel entre 4 et 6 mois, puis un rappel tous les deux ans (42). La commission médicale de la FFS recommande la vaccination pour les plongeurs spéléos se rendant en expédition dans les milieux tropicaux (41).

Le vaccin n'est pas remboursé par l'assurance maladie dans les indications non professionnelles (37). Le prix d'une injection varie (fourchette entre 70 et 157 euros par injection (43)).

c) Diagnostic

L'incubation dure entre 2 et 21 jours. Il n'y a pas de tableau clinique spécifique et il peut exister des formes pauci-symptomatiques.

Classiquement on distingue deux formes (37) :

- La forme pseudo grippale anictérique : apparition brutale d'un syndrome grippal (forte fièvre, myalgies, céphalées, frissons). Parfois elle est accompagnée de signes méningés par méningite lymphocytaire, d'évolution simple. Sans antibiothérapie, cette forme évolue en général favorablement en 5 à 6 jours. Cette forme passe souvent inaperçue et peut ne pas motiver de consultation médicale.
- La forme ictérique pluriviscérale, avec un taux de létalité entre 5 et 10% : syndrome grippal avec ictère à bilirubine mixte et cytolysé hépatique modérée, sans insuffisance hépatocellulaire, insuffisance rénale aiguë par néphrite tubulo-interstitielle (importance de l'analyse du sédiment urinaire : hématurie, leucocyturie, protéinurie), thrombopénie fréquente, méningite, méningo-encéphalite, myocardites, péricardites. Plus rarement il peut exister des manifestations pulmonaires par alvéolite hémorragique ou œdème pulmonaire lésionnel.

- L'association ictère, syndrome hémorragique et insuffisance rénale oligo-anurique définit la maladie de Weil. Sa mortalité est de 10 à 15% en l'absence de réanimation efficace (42).

Parfois on peut observer à un stade précoce une conjonctivite ou une uvéite. Il convient d'y prêter attention en cas de contact avec des eaux de rivières ... (12).

Le diagnostic se fait aujourd'hui par diagnostic moléculaire par PCR principalement, mais aussi par sérologie (IgM à partir du 7^{ème} jour de fièvre) (37).

d) Traitement

Une antibiothérapie doit être initiée le plus rapidement possible, même en l'absence de confirmation diagnostique.

Dans le cadre de formes modérées, le traitement peut être court (3 jours) (37) :

- Ceftriaxone 1g/j chez l'adulte et 50mg/kg/j chez l'enfant
- Azithromycine 500mg/j chez l'adulte et 10mg/kg/j à J1 puis 5mg/kg/j à J2 et J3 chez l'enfant.

Dans le cadre des formes graves, il faut utiliser :

- Une céphalosporine de 3^{ème} génération en IV (Ceftriaxone ou Céfotaxime), pour une durée de 7 jours ;
- Si allergie, on peut utiliser de la doxycycline (37).

Il peut exister une réaction de Jarish-Herxheimer lors de l'initiation du traitement antibiotique (exacerbation transitoire de certains symptômes suite à la lyse des pathogènes, qui entraîne une réaction toxique et immunologique) (44).

Le reste du traitement correspond à la prise en charge symptomatique des complications possibles : insuffisance rénale, insuffisance respiratoire, état de choc...

3 - Fièvre récurrente à tiques

a) Historique, épidémiologie

La fièvre récurrente est une infection due à une *Borrelia*, transmise par les morsures de tiques de l'espèce *Ornithodoros*. La tique transmet la borréliose au moment de la piqûre. Ce n'est pas une maladie présentant un taux élevé de mortalité (en comparaison avec la fièvre récurrente cosmopolite *Borrelia recurrentis* transmise par les poux de corps : 5%) mais elle est source d'une altération majeure de la qualité de vie jusqu'à l'administration d'un traitement approprié (45).

En Israël, la fièvre récurrente à tiques est aussi appelée « fièvre des cavernes » en raison du facteur d'exposition qu'est la visite de cavités (46). L'agent causal au Moyen-Orient est *Borrelia persica*, transmis par les tiques *Ornithodoros tholozani*, présentes au Moyen-Orient et en Asie centrale. Le réservoir principal de cette *Borrelia* sont les rongeurs. Une étude réalisée au niveau national en Israël entre 1971 et 2003 trouve que 64% des cas de fièvre récurrente à tiques sont liés à une exposition aux tiques en milieu souterrain (47).

Aux États-Unis, la fièvre récurrente à tiques est associée aux régions forestières ou montagneuses mais aussi à la fréquentation des grottes calcaires au Texas. Les cas cavernicoles sont transmis par les tiques de l'espèce *Ornithodoros turicata* et la bactérie est *Borrelia turicatae* (dans les autres États, les tiques

Ornithodoros hermsi transmettent *Borrelia hermsii*) (figure 23) (48). Les chiroptères seraient un des réservoirs de la fièvre récurrente à tiques aux États-Unis (14).

Une étude réalisée en 2017 au Texas suggère que la fréquentation de grottes dans l'Ouest des États-Unis pourrait être un facteur de risque de contracter la maladie. Cette étude a été réalisée après l'apparition de 5 cas de fièvre récurrente à tiques chez des employés suite à la fréquentation de grottes (49).

b) Prévention

La prévention passe avant tout par la protection antivectorielle : éviter les piqûres de tiques par le port de vêtements couvrants. Certains auteurs conseillent l'imprégnation des vêtements avec des insecticides en cas d'activités à risque (ex : perméthrine) (16,45).

En cas de morsure de tique, il faut la retirer avec un dispositif adapté (figure 24) et non pas à mains nues ou à l'aide d'alcool ou d'autres substances car la tique peut à ce moment-là recracher du sang contaminé dans son hôte. Il ne faut pas ensuite écraser la tique entre ses doigts pour éviter de se contaminer. La morsure doit être désinfectée.

Cependant, le repas sanguin d'*Ornithodoros tholozani* ne dure que quelques minutes, celui d'*Ornithodoros turicata* entre 15 et 90 minutes : les spéléologues mordus n'auront donc pas à retirer la tique (45,47).

La prévention post-exposition au Moyen-Orient consiste en la prise de doxycycline après exposition (c'est-à-dire visite de cavité abritant des tiques). Le schéma habituel était 200 mg de doxycycline le premier jour post exposition, puis 100 mg de doxycycline par jour pendant 4 jours. Ce schéma se rapprochant du traitement curatif (7-10 jours de doxycycline) et certains spéléologues ayant pris l'habitude de ne prendre qu'un seul comprimé en post-exposition, une étude a été menée sur 77 spéléologues en Israël afin d'évaluer l'efficacité d'une monodose de 100 mg de doxycycline en post-exposition. Les résultats de cette étude sont très encourageants : 20 infections sur 46 expositions dans le groupe placebo contre 0 infection sur 61 expositions dans le groupe monodose de doxycycline ($p < 0,001$) (47).

Pour les spéléologues se rendant en expédition au Moyen-Orient, on peut conseiller la prise de 100mg de doxycycline dans les 72h post-exposition.

c) Diagnostic

En Israël, la piqûre des tiques *Ornithodoros tholozani* peut laisser une lésion cutanée de type papule avec halo hémorragique d'environ 1 cm de diamètre (figure 25) (46).

La période d'incubation est de 7 jours en moyenne, pouvant s'étaler de 4 à 18 jours. La clinique associe une forte fièvre, céphalées, myalgies, arthralgies, frissons, une hépatosplénomégalie peut être présente. Dans les cas typiques, les signes durent 3 jours puis la fièvre disparaît pendant une semaine, puis réapparaît pour 3 jours, et ainsi de suite sans traitement antibiotique. Les périodes symptomatiques correspondent à une circulation sanguine du spirochète, tandis que pendant les périodes de rémissions, la bactérie est séquestrée dans les organes solides (foie, rate, moelle osseuse, parfois système nerveux central) (45).

Au niveau de la biologie, on note une hyperleucocytose à polynucléaires neutrophiles, ainsi qu'une anémie et une cytolysé hépatique (50), une thrombopénie d'intensité variable (45).

Le diagnostic sérologique est peu sensible et peu spécifique actuellement et le diagnostic de certitude repose sur la mise en évidence de spirochètes sur le frottis sanguin (coloration à l'encre de Chine ou

examen par microscope à fond noir) (figure 26) (50). Le frottis sanguin doit avoir lieu en période fébrile pendant laquelle le spirochète circule abondamment dans le sang.

Les articles américains parlent également de possibilité de diagnostic par PCR (45).

d) Traitement

Le traitement est une mono-antibiothérapie pendant une durée de 7 à 10 jours, selon les recommandations américaines (45) :

- Doxycycline 100 mg/12h
- Chloramphenicol 500 mg/6h
- Erythromycine 500 mg/6h
- Tétracycline 500 mg/6h

Ces traitements sont également possibles par voie veineuse aux mêmes dosages sauf la tétracycline à 250 mg/6h. S'y ajoute également la pénicilline G à la dose de 600 000 UI/j. Les enfants de moins de 8 ans et les femmes enceintes doivent être traitées par érythromycine ou pénicilline G.

La réaction de Jarish-Herxheimer est fréquente à l'initiation du traitement antibiotique dans les fièvres récurrentes à tiques (54% dans certaines études). Elle survient généralement dans les 1 à 4 heures après la première prise et associe hypotension, tachycardie, frissons et augmentation forte de la température corporelle. Cette réaction peut être extrêmement sévère et bien qu'il n'y ait pas de décès rapporté suite à cette réaction dans le cadre des fièvres récurrentes à tiques, il convient de surveiller étroitement le patient en milieu hospitalier et initier si besoin un traitement symptomatique (expansion volémique, antipyrétiques...) (45).

4 - Virus Marburg

a) Historique, épidémiologie

Le virus Marburg est un virus à ARN appartenant aux fièvres hémorragiques virales, de la famille des *Filoviridae*. Le réservoir animal principal des *Filoviridae* (auxquels appartient également le virus Ebola) est la chauve-souris (d'autres réservoirs animaux sont suspectés : primates, rongeurs). La zone d'endémie du virus se situe en Afrique Centrale, Australe et de l'Ouest. La transmission se fait par contact avec des animaux infectés, directement ou par leurs liquides biologiques. La transmission interhumaine se fait également par contact avec des liquides biologiques infectés. Le taux de létalité est de 20 à 80 % pour le virus Marburg (51).

Le « case report » paru dans le Lancet en 2012 relate l'infection fatale d'une patiente hollandaise de 41 ans immunocompétente, de retour d'un voyage en Ouganda en 2008, pendant lequel elle a visité une cavité (Python Cave, dans la forêt de Maramagambo) abritant une population de chiroptères (*Rousettus aegyptiacus*) (figure 27) (52). Aucun autre cas parmi les autres membres du voyage, ni aucun cas secondaire à partir du cas index n'est à déplorer au Pays-Bas. Une étude sérologique des autres membres du voyage et des personnes ayant été en contact avec la patiente n'a retrouvé aucune séroconversion (53).

La même année (2008), une deuxième patiente, de 44 ans, sans antécédent médical particulier, originaire des États-Unis, présente une infection au virus Marburg (diagnostic rétrospectif) avec hépatite, pancytopenie, coagulopathie, pancréatite et encéphalopathie. Cette patiente a également visité, lors d'un voyage en Ouganda, Python Cave. Après une hospitalisation de 15 jours, une convalescence d'environ

1 an, la patiente s'en sort sans séquelles. Elle décrit, lors de la visite de la cavité, la présence d'un grand nombre de chiroptères. Elle aurait touché à travers ses gants les parois de la grotte couvertes de guano en les escaladant. Par la suite, elle aurait couvert sa bouche et son nez avec les mêmes gants à cause de l'odeur présente dans la cavité. Les 8 autres membres de l'expédition, interrogés et testés par sérologies rétrospectivement, n'ont pas contracté le virus Marburg (54).

Des recherches ont été effectuées par le CDC (Centers for Disease Control and Prevention) dans cette cavité : le virus Marburg a été retrouvé sur les roussettes présentes dans Python Cave (figure 28) (55). Suite au décès de la patiente néerlandaise et aux recherches effectuées, Python Cave est fermée au public en juillet 2008 (54).

D'autres cas de contamination sont survenus chez des personnes ayant visité des cavités dans le massif du Mont Elgon, au Kenya, contenant d'importantes colonies de *Roussettus aegyptiacus* (56).

En 2011, 4 mineurs ont contracté le virus Marburg après avoir travaillé dans une mine abritant des milliers de chiroptères en Ouganda (57).

La plupart des infections primaires à virus Marburg sont liées à des contacts avec des chiroptères en cavité (58) (tableau 2).

Le virus Marburg est défini comme un agent pathogène de classe 4 par l'OMS (58).

b) Prévention

Il existe relativement peu d'expéditions spéléologiques en Afrique Centrale, cependant le risque d'acquérir une fièvre hémorragique virale comme le virus Marburg, mortelle dans 80% des cas selon les souches, devra faire réfléchir le spéléologue avant le départ en expédition ! Les cavités dans lesquelles on retrouve des antécédents d'infection à virus Marburg doivent être évitées. De même, tout contact sans précaution avec les chiroptères dans les zones d'endémie des fièvres hémorragiques africaines doit être proscrits.

A partir d'un cas index par transmission zoonotique, il peut y avoir des transmissions interhumaines via contact avec le malade (58). Il n'existe pas à ce jour de vaccination contre le virus Marburg.

c) Diagnostic

L'incubation est en général de 3 à 7 jours, mais peut aller de 2 à 21 jours (58). La symptomatologie débute par un syndrome grippal avec céphalées, forte fièvre. Elle évolue vers la défaillance de divers organes (insuffisance rénale, hépatique, cardiaque...). Les hémorragies peuvent apparaître secondairement (51).

Le diagnostic doit être évoqué en cas de symptomatologie évocatrice de retour d'un pays d'endémie, notamment en cas de contacts avec des chiroptères. Le diagnostic direct se fait par culture, RT-PCR sur les prélèvements (liquides biologiques, biopsies tissulaires). La détection d'antigènes est également possible par technique ELISA. Le diagnostic peut également être indirect par sérologies (IgM, IgG). Tous les échantillons doivent être envoyés au centre national de référence des fièvres hémorragiques virales de Lyon, selon les normes en vigueur pour les prélèvements biologiques dangereux (51).

d) Traitement

Le traitement est symptomatique pour pallier aux défaillances d'organe : réhydratation, corrections des troubles hydroélectrolytiques, transfusions... Antibiotiques en cas de surinfection. Il n'existe pas à ce jour de traitement antiviral connu efficace pour le traitement de la maladie à virus Marburg (51).

5 - Cryptococcose : un cas clinique

Un cas de méningite à cryptocoque a été relevé suite à une sortie spéléologique à Sao Paulo, chez une adolescente de 15 ans sous traitement immunosuppresseur pour un lupus (57).

En effet, 20 jours après une sortie spéléologique, la jeune patiente atteinte de lupus érythémateux disséminé, sous azathioprine, prednisolone et hydroxychloroquine présente 5 jours consécutifs de vomissements et de céphalées. Elle est hospitalisée et présente des signes d'irritation méningée associée à une hypertension artérielle. L'analyse du liquide céphalo-rachidien retrouve *Cryptococcus neoformans*. Le diagnostic de méningite à cryptocoque est posé et la patiente est placée sous amphotéricine B liposomale avec arrêt de l'azathioprine. Malheureusement, la patiente tombe dans le coma 4 jours après le début du traitement (les signes scanographiques montrent une atteinte cérébrale étendue) et décède 3 jours plus tard (59).

Les sorties spéléologiques des patients présentant une immunodépression sévère devraient être évitées car on peut retrouver certains pathogènes opportunistes sous terre, comme les cryptocoques.

6 - Syndrome de Lemierre : un cas clinique

Le cas clinique d'un variant du syndrome de Lemierre a été décrit dans le *Jornal of Thrombosis and Thrombolysis* en 2007. Il s'agit d'un jeune homme de 22 ans ayant fait de la spéléologie dans la grotte d'Insuyu, à Burdur, en Turquie (60).

Le syndrome de Lemierre est extrêmement rare mais potentiellement mortel. Il s'agit d'une infection pharyngée qui va se compliquer d'une thrombose jugulaire interne avec par la suite des embolies septiques. Dans ce cas clinique, le patient présentait une pharyngo-amygdalite qui s'est compliquée d'une thrombose jugulaire interne droite, ainsi que d'une thrombose de la veine splénique. L'antibiothérapie initiale est triple et orale avec ceftriaxone, clarithromycine et ornidazole. Des embolies septiques apparaissent secondairement au niveau pulmonaire. A J5 de l'admission à l'hôpital, les hémocultures reviennent positives pour un staphylocoque doré méti-résistant. L'antibiothérapie initiale est remplacée par de l'imipenem (60).

Les auteurs évoquent une possible contamination par inhalation dans la cavité car ils ont effectué des prélèvements de sol et d'eau retrouvant différentes espèces de staphylocoques (60).

La contamination s'est-elle réellement faite dans la cavité ? Et si oui quelle est l'origine de ce staphylocoque : chiroptères ? Origine humaine due aux nombreuses visites dans cette cavité touristique ? Eaux d'infiltration issue de l'agriculture ?

Risque théorique de contamination : microorganismes présents en cavités

1 - Rage des chiroptères

La plus célèbre zoonose liée aux chauves-souris, la rage, n'est pas la plus fréquente. Cependant, en France et en Europe, les seuls animaux potentiellement à risque de transmission rabique sont les chiroptères. En France en août 2019, un homme est décédé d'une encéphalite. Les analyses effectuées post-mortem ont révélé la présence d'un lyssavirus de type EBLV1 (*European Bat 1-Lyssavirus*). L'homme en question, un chiroptérologue, était régulièrement en contact avec des chauves-souris et n'était pas vacciné contre la rage (61).

Aux États-Unis, on a constaté une décroissance de la rage canine au cours du XX^{ème} siècle. Entre les années 1990 et 2000, la rage des chiroptères est devenue la première cause de rage aux États-Unis (62).

Le virus rabique est un virus à ARN de la famille des *Rhaboviridae*, du genre *Lyssavirus* (63). Ces virus ne sont pas viables hors de leurs réservoirs animaux, ils sont inactivés par la lumière, la chaleur, la dessiccation. Ils ont un tropisme particulier pour les tissus neurologiques (64).

a) Historique, épidémiologie

Les premiers cas de rage des chiroptères sont notifiés dans les années 1950. La première suspicion de contamination humaine par morsure de chauve-souris a lieu en Ukraine en 1977 (65).

Le genre *Lyssavirus* comprend pour l'instant 12 géotypes différents dont les plus connus sont (56) :

- Géotype 1 : virus de la rage (RABV) : il est présent dans le monde entier mais n'est retrouvé sur les chiroptères qu'en Amérique (insectivores ou hématoiphages) ;
- Géotype 2 : *virus Lagos Bat* (LBV), touche les chauves-souris frugivores d'Afrique Subsaharienne ;
- Géotype 3 : *Mokola virus*, dont le réservoir sont les musaraignes, en Afrique ;
- Géotype 4 : virus Duvenhage, touche les chauves-souris insectivores d'Afrique ;
- Géotype 5 : *European Bat Lyssavirus type 1* (EBLV1) ;
- Géotype 6 : *European Bat Lyssavirus type 2* (EBLV2) ;
- Géotype 7 : *Australian Bat Lyssavirus* (ABLV).

D'autres types de *Lyssavirus* ont été découverts au cours des dernières décennies, quasiment tous chez des chiroptères, mais n'ont pas été complètement classés et caractérisés (tableau 3).

En Europe, on rencontre uniquement chez les chiroptères les virus EBLV1 chez la Sérotine commune (figure 29) et EBLV2 chez deux espèces de *Myotis*. Ils sont non pathogènes chez les chauves-souris, qui sont porteuses saines, mais ils provoquent chez l'Homme une encéphalite comparable à celle causée par le RABV.

En France, seul le sérotype EBLV1 est retrouvé, uniquement chez la Sérotine commune (56).

La Sérotine commune est une espèce discrète qui est répandue sur le territoire métropolitain mais qui n'est pas souvent retrouvée en cavité (figure 30). En effet son habitat de prédilection se situe dans l'isolation et les toitures des bâtiments (66).

L'habitat habituel de la Sérotine commune n'étant pas les cavités, une contamination d'un spéléologue en France ou en Europe par EBLV1 paraît extrêmement peu probable.

Aux Etats Unis, les chiroptères sont les premiers vecteurs de la rage, ils sont réservoirs du Lyssavirus de génotype 1 soit du RABV (figure 31). Il n'existe actuellement pas de cas de contamination par morsure ou griffure de chiroptère en milieu souterrain. Cependant, une transmission possible par aérosol a été supposée suite à deux cas mortels chez des spéléologues après la visite d'une cavité abritant des millions de chiroptères au Texas, près d'Uvalde. Malgré le fait qu'une contamination par aérosol soit possible chez des animaux en laboratoire, il n'existe pas de cas clinique bien documentée de transmission par aérosolisation dans les milieux naturels (16).

Aux États-Unis, les deux principales espèces de chauves-souris impliquées dans la transmission rabique sont *Lasiurus noctivagans* (*Silver Haired Bat*, figure 32) et *Pipistrellus subflavus* (*Eastern Pipistrelle*, figure 33) (64). Ce sont deux chiroptères insectivores mais la première trouve son habitat principal dans les arbres morts tandis que la seconde peut être retrouvée en cavités (67,68). Parmi les chiroptères pourvoyeurs du virus rabique, on trouve également *Tadarida brasiliensis* (*Brazilian free-tailed bat*, figure 34), dont les colonies de mise-bas trouvent leurs abris majoritairement dans les cavités karstiques (surtout au Texas) (69). Le fait de trouver des chiroptères porteurs du virus rabique en cavité rend le risque pour le spéléologue plus important.

En Amérique latine, la diffusion de la rage est essentiellement due à un chiroptère hématophage, qui est un de ses réservoirs (*Desmodus rotundus*, figure 35). Ils sont ainsi responsables de 3 à 5 décès par an (14,65).

La transmission du virus rabique à l'homme par des chiroptères se fait principalement par morsure de chauves-souris hématophages (14).

En Australie, il a été constaté récemment l'émergence d'un Lyssavirus de génotype 7 (ABLV) chez les « renards volants », chiroptères frugivores (65).

En Asie du Sud-Est, et notamment en Thaïlande, au Cambodge, des analyses faites chez des chiroptères cavernicoles retrouvent des anticorps dirigés contre des Lyssavirus. Cela suggère un portage possible de virus rabique par les chauves-souris de ces régions. De nombreux temples bouddhistes sont situés dans des cavités naturelles abritant des chauves-souris (figure 36) (70). De nombreuses expéditions spéléologiques ont lieu dans ces régions au karst très majoritairement inexploré.

b) Prévention

Le principe de prévention principal pour le spéléologue est l'éviction des contacts avec les chiroptères. A minima le port de gants est indispensable. Tout contact à mains nues avec une chauve-souris peut être considéré comme à risque d'exposition. Il ne faut pas manipuler d'animaux morts ou malades, prendre garde aux chiroptères avec un comportement inhabituel (impossibilité de voler, animal à terre, essayant de mordre...) (71).

La vaccination antirabique cible uniquement le virus rabique classique RABV (56). Il ne protège pas complètement des EBLV1 et 2, d'où l'intérêt de l'administration d'immunoglobulines antirabiques en post-exposition.

En France, la question de la vaccination préventive se pose (71):

- Risque potentiel : fréquentation de cavités abritant de grandes colonies ;
- Risque important : tous les spécialistes des chiroptères, spéléologues ou non ;
- Risque variable : explorations à l'étranger.

Pour la Commission Médicale de la FFS, la vaccination antirabique en préexposition est recommandée pour les spéléologues se rendant en expédition à l'étranger (65).

Pour le CDC, la spéléologie est considérée comme une pratique à risque d'exposition au virus rabique par contact avec les chiroptères (16). Aux États-Unis, la vaccination antirabique est recommandée aux spéléologues (62), ainsi qu'un dosage des taux d'anticorps antirabiques tous les deux ans (64). Le schéma vaccinal classique comprenait 3 injections : à J0, J7 et J21 ou J28. Ce vaccin est cependant onéreux et n'est pas disponible partout.

Depuis 2018, l'OMS recommande un schéma vaccinal raccourci pour les personnes non immunodéprimées avec seulement deux injections à J0 et à J7. Pour les personnes immunodéprimées, le schéma est de 3 injection à J0, J7 et J 21 ou J28 ; cependant il est également possible de réaliser uniquement 2 injections à J0 et J7 puis de réaliser une sérologie à J14 pour évaluer la réponse immunitaire (72).

La prévention post-exposition, c'est-à dire post morsure ou contact à risque avec un chiroptère, est multimodale (64) :

- Premièrement elle passe par un lavage abondant de la plaie et une désinfection soignée ;
- Contacter son médecin ou le centre antirabique le plus proche afin d'avoir une conduite à tenir ;
- Vaccination post-exposition : si le sujet a déjà été vacciné il y a moins de deux ans, deux doses suffisent à J0 et J3. Si le sujet n'a pas été vacciné ou a été vacciné il y a plus de deux ans, ou a un taux d'anticorps inférieur à 0,5UI/mL, 3 doses sont nécessaires à J0, J3 et J7.
- L'administration d'immunoglobulines antirabiques (issues de sérums de patients vaccinés avec une forte réponse humorale) est nécessaire en l'absence de vaccination antérieure ou si la vaccination remonte à plus de deux ans ou si le taux d'anticorps antirabiques est inférieur à 0,5UI/mL. Elle ne doit pas être administrée plus de 7 jours après la première dose de vaccin, au risque d'interférer avec le développement d'une réponse immunitaire.

c) Diagnostic

La période d'incubation chez l'être humain varie en général de quelques semaines à quelques mois mais des extrêmes peuvent se voir de quelques jours jusqu'à plusieurs années après l'exposition (16).

A partir de la plaie contaminante, le virus va pénétrer les fibres musculaires via les récepteurs nicotiniques présents à leurs surfaces. Il se réplique lentement dans le muscle jusqu'à rejoindre les zones de jonctions neuro-musculaire à partir desquelles il va diffuser par voie rétrograde jusqu'au système nerveux central. C'est à ce moment que les premiers symptômes, aspécifiques (fièvre, céphalées, myalgies, malaises, nausées, vomissements...) vont apparaître.

Après pénétration du système nerveux central, le virus rabique se réplique rapidement. Deux formes cliniques se distinguent ensuite : la forme encéphalitique (hyperexcitabilité, hallucinations, hyperactivité, hydrophobie, aérophobie...) et la forme paralysante. Les deux formes évoluent vers un coma et une défaillance multiviscérale qui est quasiment toujours fatale. A ce jour, seulement 7 individus connus ont survécu après la déclaration des symptômes (64).

d) Traitement

En cas de morsure ou de griffure par une chauve-souris, la première mesure antirabique est un lavage abondant de la plaie à l'eau et au savon. L'administration post exposition d'immunoglobulines et de vaccination antirabique doit être faire le plus rapidement possible après l'exposition (16).

Lorsque les symptômes apparaissent, il n'existe aujourd'hui que des traitements expérimentaux, qui n'ont pas fait pour l'instant preuve de leur efficacité.

2 - Coronavirus

Il n'existe pas aujourd'hui de cas connu de contamination directe d'un spéléologue par une chauve-souris en cavité. Cependant la revue narrative de la littérature a permis de mettre au jour plusieurs articles portant sur le réservoir animal des SARS-Cov qu'est la population de chiroptères, particulièrement en Asie. Ce risque doit donc être pris en compte lors de la pratique de la spéléologie, surtout lors d'expéditions à l'étranger.

a) Historique, épidémiologie

Les coronavirus sont des virus sphériques enveloppés à ARN, appartenant à la famille des *Coronaviridae* (73). Chez l'Homme, ils étaient connus pour causer des infections respiratoires bénignes. Cependant, plusieurs pandémies dues à des coronavirus ont échelonné le 21^{ème} siècle, dont la dernière en date est la pandémie à SARS Cov2 ou Covid-19.

En 2003 émerge en Asie une épidémie due à une nouvelle espèce de coronavirus : le SARS Cov (Severe Acute Respiratory Syndrome ou syndrome de détresse respiratoire aiguë). Les premiers cas apparaissent en Janvier 2003 dans le Sud de la Chine. La symptomatologie allie des signes respiratoires (toux sèche, dyspnée) avec un syndrome pseudo-grippal (hyperthermie, asthénie, myalgies diffuses...), parfois des signes digestifs. Elle se diffuse rapidement dans 30 pays et s'interrompt en 3 mois. Le virus du SARS-Cov ne circulerait plus. Un total de 8098 cas dont 774 décès (9,5%) ont été notifiés (73).

Des études sont d'abord menées sur des échantillons d'animaux extraits des marchés chinois. Une espèce de civette (*Paguma Larvata*) est retrouvée infectée par le SARS-Cov. Des études supplémentaires montrent cependant l'absence d'infection répandue parmi les populations de civettes sauvages ou domestiques. De plus, après une inoculation par le SARS-Cov, des civettes déclarent une symptomatologie franche, ce qui rend moins probable leur statut de réservoir animal (74).

Les produits à base de chauves-souris sont en augmentation sur les marchés et dans la médecine traditionnelle, en Chine mais aussi en Asie. Elles sont le réservoir de nombreux virus, dont elles déclarent rarement les symptômes. Des études ont donc été menées sur des échantillons de chiroptères en Asie suite à l'épidémie de SARS-Cov (74).

En 2006, la Commission Médicale de la FFS met déjà en garde les spéléologues contre le risque d'infection par un coronavirus au contact des chauves-souris, notamment lors d'expéditions en Asie (75).

En 2012 émerge dans la péninsule arabique le MERS-Cov (Middle Est Respiratory Syndrome), qui appartient au même groupe que le SARS-Cov. La symptomatologie est proche de celle du SARS-Cov. Les camélidés (dromadaires, chameaux) sont les vecteurs de transmission à l'Homme. Les chiroptères constituent le réservoir animal principal supposé (73).

Des anticorps dirigés contre les SARS-Cov-like ont été retrouvés chez des chiroptères insectivores et frugivores en Asie, en Afrique, en Europe, ainsi qu'en Amérique (56,76).

De nombreuses analyses génétiques sont menées au cours d'une étude sur les SARSr-Cov (SARS-related coronaviruses) des chauves-souris en Chine, notamment dans la province de Yunnan entre 2011 et 2015 (77). En effet, l'étude nous apporte les résultats de 5 années d'analyses génétiques sur les

SARSr-Cov retrouvés sur des rhinolophes présents dans une grotte proche de la ville de Kunming. Des séquençages de génomes entiers ont été réalisés sur 11 nouvelles espèces de SARSr-Cov. Ils mettent en évidence des phénomènes fréquents de recombinaison entre les différents SARSr-Cov des chauves-souris. L'hypothèse avancée en conclusion de ces analyses génomiques est celle d'une émergence du SARS-Cov par recombinaison entre différents SARSr-Cov pré-existants (77).

De plus, des études in vitro ont montré que 3 de ces nouvelles espèces de SARSr-Cov pouvaient utiliser le récepteur ACE2 pour pénétrer dans les cellules (même récepteur utilisé par les SARS-Cov). Cette étude aborde le risque d'émergence de nouvelles pandémies à SARS-Cov dans les années à venir (77).

De nombreux scientifiques abordent le risque d'émergence d'une nouvelle espèce de SARS Cov à partir des SARSr-Cov des rhinolophes (figure 37) (77,78).

Les Coronavirus sont aussi présents chez les chiroptères africains. En effet, une étude menée entre 2009 et 2015 au Gabon sur plusieurs espèces animales (rongeurs, primates, chauves-souris) a retrouvé 3 espèces de chauves-souris insectivores infectées par des coronavirus, principalement troglaphiles (Faucon Cave). Cela pose la question du respect de l'habitat des chauves-souris car ces grottes sont souvent visitées par les locaux pour chasser les chiroptères dans le but de les consommer (79).

En 2012 en Chine, un groupe de mineurs est envoyé pour nettoyer du guano de chauves-souris (rhinolophes) dans une mine abandonnée. Six d'entre eux développent des symptômes de pneumopathie avec une détresse respiratoire aiguë. Trois d'entre eux décèdent. La cause de cette épidémie n'est pas retrouvée mais il est supposé qu'un SARS-Cov en soit l'origine, suite au contact avec les chiroptères (80).

En 2019 émerge la pandémie à SARS-Cov-2 ou Covid-19. Son origine réelle n'est pas connue avec certitude mais plusieurs hypothèses existent. Il semblerait que le SARS-Cov2 ait pour origine une recombinaison de coronavirus de chiroptères (80). L'hypothèse la plus plausible semble être celle de la transmission d'un animal à l'homme : directement par un chiroptère ou via un hôte intermédiaire (pangolin, civette, raton-laveur ?) (80).

b) Prévention

Bien qu'il n'existe pas de preuve formelle de contamination directe d'un spéléologue en cavité par un coronavirus, il convient d'être prudent. En effet, le réservoir principal des SARS-Cov semble être la population de chiroptères. Il n'est pas prouvé qu'une transmission directe à l'homme soit impossible.

Lors des expéditions en Asie notamment, les spéléologues doivent être mis en garde contre ce risque et prendre toutes les précautions nécessaires.

Les conseils de prévention sont (75) :

- Ne pas manipuler ni déranger les chiroptères
- Éviter le contact avec le guano (notamment au cours des reptations)
- Pour les activités où il peut y avoir une proximité prolongée avec le guano (relevés biospéléologiques, topographie...) : le port d'un masque au minimum chirurgical sinon FFP2 est à conseiller vivement
- Ne pas bivouaquer dans les cavités à chiroptères
- Changer ses vêtements et se laver en sortant des cavités
- Ne pas consommer de chiroptères (mets prisé sur les marchés d'Asie du Sud)

La vaccination contre la Covid-19 permet de protéger la population générale contre le SARS-Cov-2, avec une efficacité variable en fonction des individus et des variants du SARS-Cov-2. Cette vaccination ne saurait cependant protéger le spéléologue contre tous les types de Coronavirus.

c) Diagnostic

Toute fièvre ou syndrome pseudo-grippal chez un spéléologue de retour d'un voyage, notamment d'Asie, doit amener à une consultation médicale.

Il paraît prudent devant le contexte actuel de mettre en place le plus précocement possible des mesures d'isolement.

Les principaux signes cliniques sont : hyperthermie, syndrome pseudo-grippal (myalgies, céphalées...), signes respiratoires (toux voire dyspnée), signes digestifs... Cependant, le nombre de cas pauci- ou asymptomatiques est très important pour le SARS-Cov-2. Le diagnostic de certitude repose sur l'identification du virus par PCR sur prélèvement nasopharyngé.

Le scanner thoracique injecté est utile dans les formes sévères pour dépister les embolies pulmonaires (complication fréquente du virus du fait d'une activation de la coagulation), et d'évaluer l'étendue de l'atteinte pulmonaire.

d) Traitement

Le traitement des formes non graves est purement symptomatique. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens sont contre-indiqués. Le traitement antipyrétique est le paracétamol.

Les patients à risque de formes graves, qui ne nécessitent pas de supplémentation en oxygène, et dont les symptômes ont débuté depuis moins de 5 jours sont éligibles à un traitement antiviral : le Paxlovid® (nirmatrelvir et ritonavir). Cependant il convient d'être vigilant aux nombreuses interactions médicamenteuses (81).

L'instauration d'une oxygénothérapie à domicile est possible jusqu'à 4L/minute. Chez les patients alités ou oxygène-dépendants, une prophylaxie thrombo-embolique est indiquée, en général à base d'héparines de bas poids moléculaire ou d'héparines non fractionnées en cas d'insuffisance rénale. Une corticothérapie peut également être instaurée, après J5 de début des symptômes, chez les patients oxygène-dépendants (81).

L'usage des anticorps monoclonaux (sotrovimab) est réservé à la pratique hospitalière (81).

3 - Trypanosomose américaine ou maladie de Chagas

La maladie de Chagas, causée par le protozoaire flagellé *Trypanosoma cruzi*, a pour vecteur une famille de punaises hématophages, les réduves. C'est une maladie endémique d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud (82).

Au Guatemala et au Belize, le principal vecteur est *Triatoma dimidiata* (figure 38). Cette espèce de punaises colonise deux habitats différents : le milieu péri-urbain ou le milieu sauvage, dans lequel se trouvent des régions karstiques avec des cavités naturelles (83).

Les punaises colonisant les milieux dits « naturels » sont supposées ne pas être impliquées dans la chaîne de transmission de la maladie de Chagas car elles auraient très peu de contacts avec l'être humain. Plusieurs études semblent prouver le contraire, dont celle parue en 2014 dans *PLOS Neglected Tropical Diseases* : 24 spécimens de *T. dimidiata* ont été prélevés en cavités (touristiques, ou servant à des cérémonies religieuses ou comme abris) et des analyses ADN de leurs contenus abdominaux ont révélé que 70% d'entre elles s'étaient nourries sur des humains. Ces 24 spécimens présentaient des caractéristiques morphologiques spécifiques d'un habitat cavernicole pour cette espèce (83).

Des analyses supplémentaires recherchant le parasite *T. cruzi* ont été conduites chez 10 des 24 punaises : 3 sur 10 étaient porteuses du parasite, dont 2 s'étaient nourries sur des êtres humains (83).

Cette étude soulève la question d'un risque de contamination par la maladie de Chagas en cavité en Amérique latine, mais ne permet pas de quantifier ce risque.

a) Physiopathologie

La transmission est vectorielle par les réduves : elles piquent la nuit en laissant sur la peau les parasites dans leurs déjections. La contamination se fait à partir de la peau excoriée par les lésions de grattage. La contamination peut également se faire par voie orale à partir d'aliments infectés, ou par voie congénitale, par transfusion ou transplantation d'organes contaminés (82). Les trypanosomes circulent par voie hématogène et vont coloniser certains tissus (myocarde, muscles striés, système nerveux).

b) Prévention

La prévention est basée sur la lutte antivectorielle en milieu péri-domestique.

Concernant les spéléologues qui se rendraient en expédition dans les zones endémiques, le port de vêtements couvrants est conseillé et il faut éviter les bivouacs souterrains.

c) Diagnostic

Phase d'incubation : 1 à 2 semaines. Présence dans 50% des cas d'un chancre d'inoculation.

Phase aiguë : fièvre, adénopathies, hépatosplénomégalie. Les symptômes peuvent régresser après quelques semaines sans traitement et le malade évolue alors vers une phase chronique. Le diagnostic biologique repose sur la mise en évidence du parasite (goutte épaisse, cultures sur milieux spéciaux, biopsies tissulaires).

Phase chronique : asymptomatique chez 70% des patients infectés. Chez 30 à 40% des patients, se constituent une myocardiopathie avec insuffisance cardiaque et troubles de conduction et des mégaviscères. Chez les patients immunodéprimés, des réactivations sont possibles sous forme de méningo-encéphalites, de myocardites. Le diagnostic en stade chronique se fait par sérologie (82).

d) Traitement

Le traitement curatif est composé de :

- Nifurtimox : 8 à 15 mg/kg/j en 3 prises orales pendant 60 à 90 jours ;
- Ou benznidazole : 5 à 10 mg/kg/j en deux prises orales pendant 60 jours.

Il est indiqué pendant la phase aiguë avec une efficacité proche de 100% et dans la phase chronique précoce au cas par cas (enfant, adulte de moins de 50 ans, absence de manifestations sévères ou évoluées...) (82).

4 - Borréliose de Lyme

a) Historique/épidémiologie

La borréliose de Lyme a été reconnue pour la première fois aux États-Unis en 1976. Ces bactéries sont des spirochètes qui sont présents sur tous les continents mais avec une prédominance dans l'hémisphère Nord. Cette zoonose est transmise par les tiques, surtout du genre *Ixodes*. Leur réservoir serait constitué par les petits rongeurs (50).

En Pologne et en Roumanie, une étude a été menée sur les tiques parasitant les chiroptères cavernicoles avec recherche par PCR de *Borrelia burgdorferi s.l.* dans les acariens récoltés. 24% des tiques analysées par cette étude étaient porteuses du spirochète *Borrelia burgdorferi s.l.* (6 espèces : *B. afzelii*, *B. carolinensis*, *B. garinii*, *B. burgdorferi s.s.*, *B. spielmanii* et *B. valaisiana*) (84). La présence du spirochète chez les tiques de chiroptères présente un risque potentiel pour le spéléologue en cavité.

Au Brésil, les chiroptères seraient le réservoir de *Borrelia burgdorferi* (14).

b) Prévention

Chez les spéléologues, les conseils de prévention sont :

- Le port de vêtements couvrants ;
- L'éviction des chiroptères et de leurs parasites ;
- L'ablation la plus précoce des tiques après morsure.

c) Diagnostic

Le diagnostic est clinique et aisé en phase primaire ou précoce : il s'agit du fameux érythème migrant, pathognomonique (figure 39). Il apparaît entre 3 et 30 jours après l'inoculation.

Les phases secondaires et tertiaires présentent une asthénie marquée associée à des symptômes variables neurologiques (méningo-radculite surtout), articulaires (mono ou oligoarthrites), plus rarement des atteintes cardiaque, cutanée et ophtalmologique.

Le diagnostic est biologique pour les phases secondaires et tertiaires, par sérologie (ELISA puis confirmation par Western Blot). La recherche d'anticorps dans le liquide céphalo-rachidien permet d'affirmer l'atteinte du système nerveux central.

d) Traitement

En présence d'un érythème migrant, l'antibiothérapie est la suivante (50):

- Chez les patients de plus de 8 ans :
 - o Doxycycline 100 mg/12 h ou 4 mg/kg/j en 2 prises pendant 14 jours ;
 - o Ou amoxicilline 1g/8h ou 50 mg/kg/j en 3 prises pendant 14 jours.
- Chez les enfants de moins de 8 ans :
 - o Amoxicilline 50 mg/kg/j en 3 prises par jour pendant 14 jours ;
 - o Ou azithromycine 20 mg/kg/j sans dépasser 500 mg/j pendant 5 jours.

Dans les phases secondaires et tertiaires, les antibiotiques utilisés sont la doxycycline, la ceftriaxone. La durée de traitement varie en fonction des organes touchés et de la durée d'évolution des symptômes (moins ou plus de 6 mois) (50).

5 - Leishmanioses

a) Historique/épidémiologie

Entre 2017 et 2018, une étude des vecteurs de la leishmaniose cutanée a été réalisée dans le sud de l'Éthiopie. Cette étude suggère que les grottes seraient la source principale de multiplication de l'infection. En effet, une proportion significativement plus importante de phlébotomes prélevés en cavité était contaminée (85).

Cette étude ne peut pas être généralisée à l'ensemble des zones de contamination des leishmanioses, cependant des études supplémentaires pourraient être intéressantes notamment pour les spéléologues se rendant en Éthiopie et au Kenya.

Les leishmanies sont des parasites intracellulaires qui infectent les vertébrés, et notamment les hommes. Le vecteur de cette parasitose est le phlébotome (insecte diptère) (86).

Au Brésil, de nombreuses espèces de phlébotomes sont troglaphiles ou troglabies. Cela pourrait devenir une problématique de santé publique dans ce pays où la spéléologie se développe de plus en plus (87).

b) Prévention

Pour les spéléologues se rendant en expédition en zone intertropicale (Afrique ou Brésil par exemple), une communication sur le risque de transmission doit être réalisée. Pour la protection individuelle, on peut conseiller d'appliquer des répulsifs (86). Le bivouac dans ces cavités est également à déconseiller ou à protéger à l'aide de moustiquaires imprégnées d'insecticides (86).

c) Diagnostic

Il existe 2 formes de leishmanioses : cutanée et viscérale.

La forme cutanée est évoquée devant une lésion « ulcéro-croûteuse » qui évolue sur plusieurs mois et résiste à l'antibiothérapie. Le diagnostic de certitude repose sur la mise en évidence du parasite dans un prélèvement cutané, directement ou après culture (86).

La forme viscérale, après 1 à 6 mois d'incubation, associe une altération de l'état général, avec une hépato-splénomégalie, une hyperthermie fluctuante. La biologie retrouve une pancytopenie. Le diagnostic repose également sur la visualisation du parasite (sur prélèvement sanguin ou de moelle osseuse). La sérologie peut également être utilisée (86).

Les patients immunodéprimés (exemple VIH stade SIDA) sont beaucoup plus atteints.

d) Traitement

Le traitement est complexe et nécessite un avis infectiologique spécialisé. Pour les leishmanioses cutanées, le traitement peut être local ou général. Les leishmanioses viscérales sont en général traitées par amphotéricine B liposomale (86).

6 - Tétanos

a) Historique/épidémiologie

Le tétanos est un germe tellurique, bacille Gram positif anaérobie strict, qui peut tout à fait être présent en milieu karstique. Les plaies et dermabrasions sont fréquentes en spéléologie, souvent souillées avec de la terre ou de l'argile (88).

En Europe, grâce à la vaccination, le tétanos est rare et touche une centaine de personnes par an (en majorité des personnes âgées non à jour de leur calendrier vaccinal) (89).

b) Prévention

La vaccination antitétanique des spéléologues doit absolument être maintenue à jour. Idéalement, la vérification de la vaccination devrait se faire lors de la visite pour obtenir le certificat médical de non contre-indication.

En cas de plaie, il convient de vérifier le statut immun antitétanique sur le carnet de santé ou le dossier médical. Il existe des tests rapides permettant d'évaluer l'immunisation (tétatest). Si la plaie a été souillée et que le patient est non immun ou de statut incertain, l'administration de gammaglobulines antitétaniques associées au vaccin antitétanique est indiquée (89). Les gammaglobulines et le vaccin doivent être administrés sur 2 sites différents.

c) Diagnostic

Le diagnostic est avant tout clinique. Il associe un trismus non fébrile avec une plaie souillée. Le trismus correspond à la contraction des muscles masséters, qui est peu ou pas douloureuse, symétrique et irréductible. Par la suite les contractures gagnent l'ensemble des muscles du corps (muscles paravertébraux : opisthotonos). Le traitement par sérothérapie doit être administré sans attendre la confirmation biologique (prélèvement local pour culture, recherche de la toxine par PCR) (89)

d) Traitement

Le traitement consiste en la sérothérapie et la vaccination dès l'apparition des premiers symptômes. Le malade doit être pris en charge en unité de soins intensifs avec un traitement local de la porte d'entrée, et une antibiothérapie par voie générale (pénicilline G ou métronidazole). Le reste du traitement est symptomatique (myorelaxants, sédatifs, ventilation artificielle, correction des troubles hydro-électrolytiques, anticoagulation préventive...) (89).

7 - Autres virus potentiellement transmis par les chiroptères

a) Virus du Rio Bravo

C'est un virus qui a été isolé dans les glandes salivaires de chiroptères. Inoculé à la souris, il provoque une symptomatologie proche de celle du virus rabique. Chez l'homme il est relativement bénin et serait transmis par contact direct ou par voie aérienne (14).

Il appartient à la famille des *Flaviviridae* et a été isolé pour la première fois en 1954 dans les glandes submandibulaires d'un chiroptère sud-américain *Tadarida brasiliensis mexicana*. Les chauves-souris

sont le seul réservoir et amplificateur connu de ce virus et il semblerait que l'infection soit chronique chez elles. La pathogénicité pour l'être humain est mal connue mais les cas symptomatiques présenteraient un syndrome fébrile avec pharyngite, photophobie, orchite (90).

b) Virus de la stomatite vésiculeuse

Ce virus est présent sur le continent américain et touche principalement les chevaux et les bovins. L'infection humaine est la plupart du temps inapparente, elle peut donner lieu à un syndrome grippal bénin, avec des vésicules buccales fugaces. La contamination se ferait par contact direct. Les chiroptères seraient réservoirs de ce virus et les chauves-souris hématophages pourraient le transmettre à l'homme (14,91).

c) Hantavirus

Les hantavirus appartiennent à la famille des *Bunyaviridae*. Leur transmission est associée aux rongeurs, la contamination se faisant par aérosols urinaires, fécaux, salivaires ou par morsures. Chez l'humain, il provoque la fièvre hémorragique à syndrome rénal (FHSR). Cependant ce type de virus est également présent chez les chiroptères. Il a notamment été isolé chez des sérotines communes et des grands rhinolophes d'Asie (14).

Pour l'instant aucun cas de transmission d'un hantavirus d'un chiroptère à l'homme n'a été identifié mais de nouvelles espèces d'hantavirus ont été découvertes chez des chiroptères d'Afrique (92).

d) Arboviroses

Les arboviroses (arthropod borne virus) sont transmises à l'homme par piqûres d'arthropodes vecteurs. Certaines arboviroses ont été retrouvées chez des chiroptères qui pourraient participer à leurs réservoirs (notamment encéphalite japonaise en Asie, encéphalite de Saint Louis en Amérique...) (14).

e) Virus Ebola

C'est un virus appartenant à la famille des *Filoviridae*, et à la catégorie des fièvres hémorragiques virales, responsables d'épidémies avec une mortalité très élevée en Afrique. Le réservoir animal du virus Ebola est mal connu mais il semblerait que les chauves-souris frugivores d'Afrique constituent un des réservoirs potentiels. En effet, des chiroptères prélevés dans les zones autour des épidémies présentaient des anticorps dirigés contre le virus Ebola (14,93).

Les chiroptères peuvent être porteurs ou séropositifs pour de nombreuses maladies virales mais leur rôle épidémiologique est très mal connu pour beaucoup.

Risques liés à la pollution du milieu souterrain

Le milieu souterrain, par infiltration des eaux, par drainage des déchets en surface, ou dépôts volontaires, peut être pollué. Les spéléologues, en visitant les cavités et en participant régulièrement à des actions de dépollution, sont exposés à des risques infectieux supplémentaires. En France, la « loi Martel » du 15 février 1902, interdit de se débarrasser de cadavres d'animaux et de déchets dans les grottes et gouffres (2). Cependant, même aujourd'hui cette loi n'est malheureusement pas toujours respectée.

1 - Risques liés à la présence de charniers

Il est extrêmement important pour les spéléologues d'être protégés contre le risque infectieux lié à ces charniers, notamment par des combinaisons appropriées (figures 40,41).

a) *Clostridium perfringens*

C'est une bactérie anaérobie qui peut être à l'origine de nombreuses infections. Elle est retrouvée en quantité importante dans les cavités « charniers », c'est-à-dire les gouffres où s'entassent des cadavres d'animaux, tombés accidentellement ou sciemment jetés dans la cavité (figures 40,42).

La contamination peut se faire par voie exogène lors d'une effraction cutanée ou par voie endogène lors d'une effraction muqueuse. Les *Clostridium* sont fréquemment retrouvés dans les gangrènes gazeuses (en cas de plaie profonde et souillée), dans les infections abdominales (toxi-infections alimentaires) (94).

Pour le spéléologue, le risque est surtout présent en cas de plaie souillée : toute plaie doit absolument être lavée et désinfectée avec par exemple de l'eau oxygénée.

b) Brucellose

La brucellose est une anthroponose due à des coccobacilles Gram négatifs intracellulaires facultatifs aérobies (95). Elle touche surtout les ovins et les caprins (avortements spontanés), et peut être présente dans les charniers car la bactérie peut survivre dans un sol humide pendant 3 mois (88).

En ce qui concerne les chiroptères, des bactéries du genre *Brucella* ont été retrouvées chez des chauves-souris hémaphages au Brésil. Elles se seraient contaminées après un repas sanguin sur du bétail infecté. Aucun cas de transmission de brucellose chauve-souris – humain n'a été mis en évidence (14).

En France, les cas de brucelloses sont quasiment tous des cas d'importation. C'est une maladie à déclaration obligatoire. La pénétration de la bactérie peut être cutanée (plaie), muqueuse ou digestive. La contamination se fait par contact direct avec un animal porteur ou indirectement par les produits d'avortement, les litières... Les professions exposées sont les éleveurs, les vétérinaires, les employés d'abattoirs... (95).

L'incubation dure entre 1 et 4 semaines. 90% des primo infections sont asymptomatiques. La primo-infection se manifeste par « la fièvre ondulante sudoroalgique » : la température corporelle augmente progressivement. Elle est accompagnée de frissons, de sueurs, d'arthromyalgies. Puis la température diminue progressivement pour réapparaître quelques jours plus tard. Le diagnostic repose sur la culture à partir de prélèvements biologiques, la PCR ou la sérologie. Le traitement repose sur une bi-antibiothérapie prolongée associant la doxycycline avec la rifampicine ou un aminoside (95).

Le risque pour le spéléologue réside dans la présence de cette bactérie dans les gouffres charniers (88).

c) Campylobacter

Les *Campylobacter* sont des bactéries présentes dans le tube digestif de nombreux animaux à sang chaud. Ils sont notamment commensaux des intestins des oiseaux. Le risque pour le spéléologue se situe dans les cavités abritant des volatiles, comme les choucas (figure 43) qui sont cavernicoles pour la nidification (11).

La contamination se fait généralement par voie alimentaire mais un certain nombre de cas est causé par de l'eau contaminée dans le cadre d'activités de loisirs. Les manifestations les plus courantes d'infection à *Campylobacter* sont les diarrhées, souvent sanglantes et fébriles (11). Pour le spéléologue se rendant dans une cavité à risque, les conseils d'hygiène de base sont à appliquer : lavage des mains, port de gants, éviter les repas sous terre et la consommation de l'eau souterraine...

Le traitement antibiotique en cas de diarrhée à *Campylobacter jejuni* correspond à l'administration d'1g d'azithromycine en dose unique (96).

2 - Contamination de l'eau souterraine

a) Entérobactéries et bactéries fécales

L'eau souterraine peut être contaminée par des matières fécales (figures 44 et 45). Les traceurs utilisés sont *E.coli*, les coliformes, les streptocoques fécaux et les bactériophages. Des entérobactéries comme des salmonelles et des shigelles peuvent être retrouvées dans ces eaux polluées (12). Les chiroptères sont également porteurs de nombreuses bactéries fécales qui ont été retrouvées après analyses de guano, notamment des salmonelles (14).

Les entérobactéries sont des bactéries gram négatif, aéro-anaérobie facultatives. Elles sont la première cause d'infections urinaires et sont souvent retrouvées dans les infections digestives. *Shigella* et *Salmonella* sont surtout à l'origine d'infections coliques et de diarrhées (97). Le diagnostic se fait en général par culture à partir de prélèvements biologiques. Le choix de l'antibiothérapie dépend du site de l'infection et du profil de résistance de la bactérie incriminée (97).

Des études alertent également contre le risque d'infiltration des eaux polluées par des élevages : le mélange des bactéries fécales et des antibiotiques donnés de façon préventive aux animaux peuvent être à l'origine de souches d'entérobactéries résistantes dans les eaux karstiques (98).

Pour le spéléologue, il convient de ne pas boire l'eau souterraine surtout en cas de connaissance de pollution. En cas de diarrhée fébrile chez un spéléologue actif, la réalisation d'une coproculture est souhaitable.

b) Pseudomonas aeruginosa

L'eau souterraine peut également être polluée par des matières organiques : germes telluriques retrouvés sur la matière organique en décomposition. Par exemple, la découverte de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau est considérée comme un marqueur de pollution. C'est un pathogène opportuniste dont la transmission est souvent associée à l'eau (12).

Le *Pseudomonas aeruginosa* est un bacille Gram négatif aérobie stricte. Il touche préférentiellement les patients immunodéprimés. Il peut atteindre un grand nombre d'organes différents (encéphale, poumons chez les patients BPCO, colonisation de cathéters en réanimation...) (99).

Chez le spéléologue, en cas de contact avec des eaux contaminées, le risque réside dans une possible contamination par voie (99):

- Cutanée par une plaie, surtout chez un patient diabétique ;
- Auriculaire, par exemple chez les spéléoplongeurs, réalisant une otite externe. L'otite externe simple peut évoluer vers l'otite externe maligne surtout chez les diabétiques, les immunodéprimés ;
- Ophtalmique en cas de traumatisme, même mineur. Les sujets les plus à risque sont les porteurs de lentilles de contact et les patients immunodéprimés. Il peut en résulter des kérato-conjonctivites, des ulcères de cornée.

c) Poliomyélite

La poliomyélite ou paralysie spinale infantile, est provoquée par des poliovirus. La contamination se fait par voie digestive, la transmission étant principalement interhumaine féco-orale. En France, les normes d'hygiène et l'obligation vaccinale ont rendu cette maladie quasi inexistante (12). Elle fait partie des agents virologiques qui peuvent être transmis par l'eau contaminée (12,88). En France, c'est une maladie à déclaration obligatoire.

Les poliovirus se multiplient initialement dans les tissus lymphoïdes locaux. Si le virus traverse la barrière digestive, il va pouvoir atteindre le système nerveux central, particulièrement les motoneurons de la corne antérieure, ce qui provoque des lésions et une paralysie des muscles concernés (100).

La clinique associe fièvre élevée, myalgies, rachialgies, signes méningés, troubles sphinctériens. Secondairement apparaissent des paralysies flasques avec abolition des réflexes ostéotendineux. Une fois la phase d'état passée, les déficits neurologiques moteurs régressent de façon partielle en laissant des séquelles plus ou moins importantes. Le diagnostic est confirmé par la détection du virus dans le LCR. Le traitement est symptomatique (100).

Les spéléologues doivent donc absolument maintenir à jour leur vaccination, qui est couplée à celle du tétanos, surtout en cas d'expéditions à l'étranger. A noter que le vaccin injectable disponible en France protège uniquement le patient vacciné et n'empêche pas la transmission du virus par les selles, contrairement au vaccin oral (101).

d) Hépatite A

Le virus de l'hépatite A est un virus à ARN non enveloppé. Sa transmission se fait essentiellement par voie féco-orale. Les patients malades excrètent le virus dans les selles, et il peut persister dans le milieu extérieur, notamment dans les eaux contaminées (88,102). L'homme est le seul réservoir du virus. En France, le VHA est soumis à déclaration obligatoire.

L'incubation dure de 10 jours à 6 semaines. Cliniquement la forme la plus fréquente est la forme ictérique : syndrome pseudo grippal, asthénie, douleurs de l'hypochondre droit, puis ictère cutanéomuqueux associé à une décoloration des selles. La biologie retrouve une cytolysé hépatique importante, une cholestase ictérique à bilirubine conjuguée. Il faut penser à doser le taux de prothrombine pour ne pas méconnaître une forme fulminante. Le diagnostic de confirmation repose sur la recherche du virus par PCR et par la sérologie (recherche d'IgM anti-VHA). Le traitement est symptomatique (102).

La prévention pour le spéléologue en France passe par les mesures d'hygiène : lavage, désinfection des mains, ne pas boire l'eau souterraine. En cas d'expédition dans des pays où le niveau d'hygiène est précaire, la vaccination anti-VHA doit être proposée. Elle n'est malheureusement pas remboursée dans cette indication. Le vaccin contient un virus inactivé et nécessite 2 injections à 6 ou 12 mois d'intervalle (102).

Découverte de microorganismes souterrains et pathogènes opportunistes

Les études microbiologiques réalisées en milieu souterrain sont de plus en plus nombreuses. Cela amène à la découverte de nombreux microorganismes qui peuvent être pathogènes opportunistes (11,12,103). Ce risque, moins palpable, est néanmoins existant.

La présence de pathogènes opportunistes en milieu souterrain peut s'avérer dangereuse pour les patients immunodéprimés. Les Actinobactéries sont présentes de façon abondante dans le milieu cavernicole. Elles peuvent être une source importante de substances bioactives (antibiotiques, antivirales...) et représentent donc un réel intérêt pour l'industrie pharmacologique. Cependant, certaines souches d'Actinobactéries (genres *Nocardia*, *Mycobacterium*, *Gordonia*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*) sont responsables d'infections pulmonaires, cutanées, du système nerveux central... surtout chez les patients immunodéprimés (103).

Les *Nocardia* sont des bacilles Gram positifs, ramifiés, aérobies, mobiles, acido-alcool-résistants. Ce sont des germes telluriques qui sont responsables d'infections opportunistes rares, principalement pulmonaires chez les patients immunodéprimés (104). De nouvelles espèces de *Nocardia* sont découvertes régulièrement sous terre, cependant il n'existe pas à ce jour de preuve de leur pathogénicité (103).

Des levures et dermatophytes d'espèces nouvelles sont également retrouvés en milieu souterrain (*Microsporum*, *Trichosporon*) (103).

La fréquentation des cavités par l'homme amène également un risque théorique d'échanges possibles entre les bactéries cavernicoles et les bactéries humaines, qui pourraient mener à l'émergence de nouveaux pathogènes. Les humains peuvent également participer à la propagation de microorganismes pathogènes pour la faune cavernicole, par exemple *Pseudogymnoascus destructans* qui touche les chiroptères d'Amérique du Nord (103,105).

B – Fiches réflexes

1 - Fiche réflexe à destination des spéléologues

La spéléologie et le canyoning

Les formations assurées par les écoles fédérales (spéléo, canyoning, plongée) de la Fédération Française de Spéléologie (FFS), dans ses stages et dans ses clubs, préparent le pratiquant à être autonome dans sa progression en milieu naturel, qu'il soit souterrain ou canyoning.

- Que le parcours soit facile ou difficile, horizontal ou vertical, qu'il y ait présence d'eau vive ou non, le pratiquant est quelque un de conscient et responsable.
- Le débutant est encadré par une équipe compétente.
- Il pourra progresser à son rythme dans l'apprentissage des techniques et de la connaissance du milieu naturel.
- Spéléologie et canyoning peuvent être pratiqués dès le plus jeune âge.
- Tous les handicaps ou pathologies chroniques sont compatibles avec une pratique raisonnée.

La Fédération Française de Spéléologie est présente partout en France et regroupe près de 7000 pratiquants licenciés. Un club existe forcément près de chez vous. La FFS est agréée par la Sécurité civile et le Ministère de l'Environnement.

Sa commission médicale, la CoMed, est pilotée par une équipe de médecins et personnels de santé.

Les milieux naturels

L'être humain est fragile et inadapté à la vie prolongée en milieu naturel

Respectez la nature et votre environnement.

Anticipez les obstacles et les difficultés.

Préparez-vous

- matériellement,
- techniquement,
- physiquement,
- mentalement.

pour que votre séjour dans la nature reste une expérience épanouissante et inoubliable.

LE RISQUE INFECTIEUX

Généralités
En spéléologie
En canyoning
En plongée souterraine
Prévention



Contact

Fédération Française de Spéléologie :
28 rue Delandine, 69002 LYON
04 72 56 09 63
www.fspeleo.fr

Commission médicale FFS :
<http://comed.fspeleo.fr>

Figure 2 : fiche réflexe à destination des spéléologues recto



Généralités

Le milieu souterrain est très riche en microorganismes, qui ne pourront poser de problèmes que dans des cas très particuliers, chez les personnes immunodéprimées par exemple.

Les germes pathogènes sont donc importés du milieu extérieur, par les chiroptères (chauves-souris) ou la pollution des eaux en milieu karstique. Ils existent aussi dans le milieu naturel extérieur, lors des marches d'approche et de retour. La contamination humaine peut se faire par voie aérienne, digestive ou cutanée.

Il faut bien distinguer la pratique en France métropolitaine, où le risque infectieux est très faible, de la pratique en milieu tropical, à l'étranger et dans la France d'outre-mer, où le risque est très présent et multiple. Dans ce cas, tout dépendra de la région considérée et de la saison.

Spéléologie

Les chiroptères sont porteurs de nombreux microbes, virus, parasites et champignons, éventuellement transmissibles à l'être humain comme la rage et l'histoplasmosse.

La règle est de ne jamais toucher ou manipuler une chauve-souris, surtout si elle a un comportement anormal.

En cas de morsure ou griffure, il est impératif de consulter un centre antirabique.

L'histoplasmosse se manifeste par un syndrome grippal au retour d'une expédition en zone tropicale contaminée avec présence de chauves-souris ou de guano. La pratique de la spéléologie doit être absolument signalée au médecin dans ce cas afin de ne pas retarder ce diagnostic peu connu en Europe. Les tiques peuvent donner la maladie de Lyme et les rongeurs la leptospirose.

La diversité des maladies tropicales est extrêmement riche, comme paludisme, dengue, fièvre hémorragique, fièvres liées aux tiques, coronavirus, etc. Lors des expéditions, il faudra se renseigner sur ces pathologies, leur prévention et leur traitement.

La pollution des eaux de surface (salmonelles, entérobactéries, poliovirus, hépatite A) peut occasionner des gastro-entérites et hépatites (diarrhées, vomissements) car le calcaire ne filtre pas les eaux et les sources de pollution sont nombreuses (agricoles, eaux usées, industrie).

Il ne faut pas boire l'eau souterraine, surtout l'eau courante, même quand elle est limpide mais emmener de l'eau potable avec soi.

Enfin, le tétanos peut être omniprésent.

Canyonisme

C'est la leptospirose qui domine le risque infectieux. Elle se manifeste par un syndrome grippal important, survenant dans les vingt jours après une activité aquatique, éventuellement accompagné d'un ictère (jaunisse) qui est alors un signe de gravité. La pratique du canyonisme doit être absolument signalée au médecin dans ce cas afin de ne pas retarder ce diagnostic et d'entamer une antibiothérapie précoce après un bilan biologique.

Viennent ensuite les gastro-entérites liées aux germes de pollution des eaux de surface.

Certains parasites tropicaux ont pu être décrits en France comme la bilharziose.

Les cyanobactéries voient une émergence récente en milieu aquatique, produisant des toxines dangereuses (foie, peau, système nerveux). Il faut éviter les eaux stagnantes, rourpiles. Enfin, l'humidité permanente dans les combinaisons néoprène favorise la survenue de mycoses cutanées. Les combinaisons doivent être séchées et désinfectées après la sortie.

Plongée souterraine

On retrouve toutes les maladies déjà citées, avec notamment la leptospirose, plus spécifique des plongeurs.

Prévention

La prise en compte du risque infectieux doit faire partie de la préparation de toute sortie ou expédition.

Il est cependant impossible d'aborder ici toutes les précautions à prendre en fonction des maladies, des activités et des régions de pratique.

Cela nécessite une approche spécifique et approfondie de chaque situation et la prise de renseignements actualisés auprès d'organismes compétents.

En plus des conseils déjà abordés, signalons la vaccination (tétanos, poliomyélite, leptospirose, rage, fièvre jaune, etc.), le port de masque respiratoire (pour l'histoplasmosse), la désinfection et protection de toute plaie cutanée, le port de gants et d'une tenue vestimentaire appropriée, la filtration générale (prévention des mycoses), les traitements prophylactiques éventuels (paludisme, leptospirose, rage).

Parmi les sources officielles, citons :

- Institut Pasteur, www.pasteur.fr
- ministère des affaires étrangères, www.diplomatie.gouv.fr
- calendrier vaccinal, <https://sante.gouv.fr>
- conseils aux voyageurs, www.santepubliquefrance.fr

Figure 3 : fiche réflexe à destination des spéléologues verso

Cette fiche se compose donc de 5 parties : Généralités, Spéléologies, Canyonisme, Plongée souterraine et Prévention. C'est une synthèse informative à destination des spéléologues. Elle expose les principaux risques infectieux et les moyens de les prévenir de façon succincte. Elle mentionne l'importance de signaler à son médecin la pratique de la spéléologie ou du canyon.

7 réponses sont revenues pour ce questionnaire.

L'évaluation globale de la fiche est « très pertinente » pour 85,7% des réponses, et « pertinente » pour 14,3% des réponses. Les pourcentages sont les mêmes pour les parties « spéléologie », « canyonisme » et « prévention ». Les parties « généralités » et « plongée souterraine » ont quant à elles reçu 71% de réponses « très pertinentes » et 29% de réponses « pertinentes ».

Les réponses aux questions ouvertes conseillent d'insister sur la maladie de Lyme et d'être plus précis dans les vaccins recommandés en fonction du lieu d'exploration et de l'activité.

2 - Fiche réflexe à destination des médecins généralistes

La spéléologie et le canyoning

Les formations assurées par les écoles fédérales (spéléo, canyoning, plongée) de la Fédération Française de Spéléologie (FFS), dans ses stages et dans ses clubs, préparent le pratiquant à être autonome dans sa progression en milieu naturel, qu'il soit souterrain ou canyoning.

- Que le parcours soit facile ou difficile, horizontal ou vertical, qu'il y ait présence d'eau vive ou non, le pratiquant est quelqu'un de conscient et responsable.
- Le débutant est encadré par une équipe compétente.
- Il pourra progresser à son rythme dans l'apprentissage des techniques et de la connaissance du milieu naturel.
- Spéléologie et canyoning peuvent être pratiqués dès le plus jeune âge.
- Tous les handicaps ou pathologies chroniques sont compatibles avec une pratique raisonnée.

La Fédération Française de Spéléologie est présente partout en France et regroupe près de 7000 pratiquants licenciés. Un club existe forcément près de chez vous. La FFS est agréée par la Sécurité civile et le Ministère de l'Environnement.

Sa commission médicale, la CoMed, est pilotée par une équipe de médecins et personnels de santé.



Les milieux naturels

L'être humain est fragile et inadapté à la vie prolongée en milieu naturel

Respectez la nature et votre environnement.

Anticipez les obstacles et les difficultés.

Préparez-vous

- matériellement,
- techniquement,
- physiquement,
- mentalement,

pour que votre séjour dans la nature reste une expérience épanouissante et inoubliable.

Contact

Fédération Française de Spéléologie :
28 rue Delandrine, 69002 LYON
04 72 56 09 63
www.ffspeleo.fr

Commission médicale FFS :
<http://comed.ffspeleo.fr>



LE RISQUE INFECTIEUX EN SPÉLÉOLOGIE

Pour les médecins généralistes qui suivent des patients spéléologues



Figure 4 : fiche réflexe à destination des médecins généralistes recto



Généralités

La visite pour le certificat de non contre-indication à la pratique de la spéléologie est l'occasion d'analyser le risque infectieux auquel est exposé le spéléologue et d'optimiser sa prévention, notamment par la mise à jour des vaccinations.

La spéléologie se pratique en milieu souterrain, qui présente des particularités physiques à l'origine de la présence des microorganismes qui lui sont plus ou moins spécifiques (absence de rayonnement solaire, températures constantes, hygrométrie élevée, colonisation par une faune particulière). Le risque est minime en France mais devient plus important lors des expéditions spéléologiques à l'étranger.

En France

- **Prévention** : vaccins DTPolio à jour à minima. Leptospirose chez les plongeurs spéléos.
- **En cas de morsure ou griffure par un chiroptère** : indication à la prévention rabique post-exposition. Se rapprocher pour cela du centre antirabique le plus proche.
- **En cas de plaie** : lavage abondant au savon et désinfection. Prévention antitétanique chez les sujets non immuns. +/- antibiothérapie si plaie souillée.
- **Leptospirose** : savoir y penser devant un syndrome grippal associé à une conjonctivite, surtout s'il existe

un ictère. Risque lors de la fréquentation de cavités aquatiques et de canyons.

- **Diarrhées/vomissements** : attention à la pollution des eaux karstiques et aux bactéries qu'elles peuvent véhiculer : salmonelles, campylobacter, entérobactéries...

À l'étranger

- **Prévention** : mise à jour de la vaccination DTPolio et des vaccinations sont à faire en fonction de la destination (rage, leptospirose, VHA).

- **L'histoplasmosse** est présente sur tous les continents, mais surtout en Amérique. C'est la « fièvre des cavernes ». Se méfier d'un syndrome grippal avec une toux de retour d'un pays d'endémie. Il peut exister des formes graves avec détresse respiratoire. Y compris chez les patients immunocompétents. Prévention par port de masques FFP2, évitement des cavités connues pour des épidémies d'histoplasmosse ...

- **Rage** : risque non quantifiable mais bien existant en cas de morsure de chiroptère ; indication à sérothérapie et vaccination.

- **Fièvres hémorragiques** : virus Marburg dans les cavités à mégachiroptères en Afrique Centrale.

- **Leptospirose** en zone tropicale, surtout pour les plongeurs spéléologues, indication à la vaccination préventive et à une prophylaxie par doxycycline.

- **Fièvre récurrente à tiques** : dans les cavités du Moyen-Orient et au Texas. Prévention par mesures antivectorielles et prophylaxie par doxycycline.

- **Maladie de Chagas ou trypanosomose américaine** : les vecteurs sont présents dans les cavités d'Amérique du Sud. Prévention par lutte antivectorielle.

- **Leishmanioses** : des phlébotomes porteurs ont été retrouvés en cavité, notamment au Brésil et en Ethiopie.

Compléments

Des précautions particulières sont à prendre chez les patients immunodéprimés (sous traitement immunosuppresseurs, aspléniques, chimiothérapie, corticoïdes, diabétiques) car les milieux souterrains abritent de nombreux pathogènes opportunistes (*Pseudomonas aeruginosa*, nocardioses, cryptococques).

Il convient d'éviter tout contact avec les chiroptères qui sont porteurs d'un grand nombre de microorganismes pathogènes dont certains sont mal connus (espèces de coronavirus des chiroptères, arbovirus...).

De manière générale, il faut considérer que l'eau souterraine est impropre à la consommation car potentiellement contaminée par de nombreuses bactéries.

Figure 5 : fiche réflexe à destination des médecins généralistes verso

Cette fiche est composée de 4 parties : Généralités, En France, à l'étranger, Compléments. Elle survole les situations à risque et les principales pathologies infectieuses auxquelles les spéléologues peuvent être exposés. Elle aborde rapidement leurs moyens de prévention. Elle est destinée aux médecins généralistes qui suivent des patients spéléologues.

8 réponses sont revenues pour ce questionnaire.

L'évaluation globale de la fiche a été qualifiée de « très pertinente » pour 87,5% des réponses (7/8 réponses) et « moyennement pertinente » pour 12,5% des réponses (1/8 réponse). La partie « généralités » reçoit le même pourcentage de réponses.

Les parties « En France », « à l'étranger » et « compléments » sont qualifiées de « très pertinentes » pour 75% des réponses, « pertinentes » pour 12,5% et « moyennement pertinentes » pour 12,5%.

La qualité scientifique des informations apportées est ressentie comme étant de « très bon niveau » pour 50% des réponses et de « bon niveau » pour les 50% restants.

Dans les questions ouvertes, les propositions sont :

- Les modalités de diagnostic et de traitement des différentes pathologies ;
- « Non, mais le sujet est tellement vaste, que le traiter sur une demi feuille rend l'exercice quasiment impossible. Remarque valable sur les autres points. A vrai dire il manque quelques préconisations simples (mais caricaturales...) Remarque valable pour les autres paragraphes. Ceci dit, je me sens totalement incapable de faire mieux. »
- L'ajout des vaccinations contre le VHB et le VHA en France ;
- L'ajout du vaccin contre le typhoïde pour la partie « A l'étranger » ;
- Ajouter sur la fiche un lien pour contacter la Commission Médicale de la FFS pour les médecins généralistes qui auraient des questions sur l'activité.

IV – DISCUSSION

A - Forces et limites

1 – Limites

Cette étude comporte certaines faiblesses : la majorité des documents inclus dans la revue narrative correspond à des études de cas et à des études observationnelles, ce qui ne permet pas de quantifier précisément le risque infectieux. Il existe donc un biais secondaire au niveau de preuve des documents. Les 4 revues systématiques de littérature incluses abordent l'histoplasmose (22,32), le virus Marburg (58) et la fièvre récurrente à tiques (48) uniquement.

Il existe également probablement un biais de publication : les études des micro-organismes pathogènes en milieu spéléologique sont rares.

Cette revue narrative ne permet donc pas d'être exhaustif sur le risque infectieux en spéléologie mais amène de nombreuses pistes de travail et la nécessité d'études supplémentaires prospectives.

2 – Forces

En l'absence de revue systématique de la littérature sur ce sujet, ce travail participe à une actualisation des connaissances du risque infectieux en milieu karstique.

Ce travail a permis l'élaboration des deux fiches réflexes sur la pathologie infectieuse en lien avec la pratique spéléologique. Elles rendent accessible les éléments de la revue narrative aux spéléologues et à leurs médecins généralistes de façon synthétique.

B – Objectif principal

Il est intéressant de noter les années de parution des différents documents. Les publications antérieures aux années 2000 portent majoritairement sur l'histoplasmose (9 publications), qui est connue comme la maladie du spéléologue. Une publication de 1994 aborde la fièvre récurrente à tiques au Moyen-Orient, aussi appelée fièvre des cavernes (46). Une publication de 1991 aborde le risque rabique chez le spéléologue (71). Les articles plus récents mettent en évidence un risque potentiel émergent : virus Marburg, SARS-Cov, trypanosomose américaine, leishmaniose, rôle de réservoir de l'ordre des chiroptères. Cela montre une certaine évolution dans les connaissances des pathologies infectieuses en lien avec le milieu souterrain et la nécessité de leur actualisation.

Les recherches sur les chiroptères sont nombreuses en raison de leur rôle possible de vecteur (17,56). A ce titre, elles soulèvent des questionnements quant à l'origine de certaines épidémies, voir pandémies (Marburg, Ebola, SARS-Cov...). Il est établi que cet ordre semble être le réservoir d'un grand nombre de micro-organismes potentiellement pathogènes.

Les problématiques de pollution des eaux karstiques et des gouffres représentent également un risque infectieux non négligeable (88).

C – Objectifs secondaires

Les études microbiologiques effectuées en milieu souterrain amènent à la découverte de nombreux microorganismes potentiellement pathogènes dont l'épidémiologie est mal connue (11,12). De nombreuses occurrences pathologiques en rapport avec la spéléologie ne sont pas rapprochées de l'activité et sont encore moins l'objet de publications. Les explorations spéléologiques donnent rarement lieu à des comptes-rendus médicaux précis car elles ne sont pas souvent accompagnées de personnel médical. Cette étude a permis de recenser les pathogènes présentant un risque infectieux pour le spéléologue à partir de publications référencées.

La rédaction des deux fiches réflexes a pour objet de rendre simple et accessible cette actualisation des connaissances. En effet, pour un médecin généraliste en quête d'information, l'accessibilité semble être un déterminant majeur. Un des facteurs limitants est le temps accordé à la formation, compte-tenu de l'environnement de travail, des horaires d'exercice et de la fatigue qui en découle (106). Les fiches ont été réalisées au format standard des fiches de la Commission Médicale de la FFS. Pour le spéléologue elle permet de mettre en place les mesures de prévention basique. Pour le médecin généraliste, la fiche réflexe donne un aperçu rapide du risque infectieux dans cette discipline mal connue qu'est la spéléologie. Elle va orienter le praticien vers certaines pathologies plus ou moins spécifiques du milieu souterrain. Elle peut également servir de base à la réalisation de recherches complémentaires ou pour demander un avis orienté auprès d'un infectiologue.

Ces deux fiches ont été validées par la Commission Médicale : l'évaluation des deux fiches réflexes par les médecins de la FFS a, d'après les résultats aux questionnaires, été positive, avec quelques ajouts à faire. Le nombre de réponses étant faible (7 pour la fiche réflexe à destination des spéléologues et 8 pour celle à destination des médecins généralistes), on peut cependant s'attendre à ce que des modifications soient faites lors de la prochaine réunion de la Commission Médicale. Ces deux fiches seront ensuite mises à disposition et téléchargeables gratuitement sur le site internet de la Commission Médicale de la FFS.

Il est nécessaire à présent d'évaluer la validité de ces deux fiches en situation réelle.

V – CONCLUSION

Comme le montrent les nombreux documents composant cette revue narrative, le monde souterrain est loin d'être stérile et abrite de nombreux microorganismes aux caractéristiques diverses.

Le risque infectieux pour le spéléologue réside majoritairement dans les contacts avec les animaux cavernicoles les plus connus : les chiroptères. Ils sont en effet porteurs d'un grand nombre d'agents pathogènes référencés (histoplasmoses, rage, virus Marburg et Ebola, borrélioses, coronavirus, salmonelles...), mais ils pourraient aussi être la source de microorganismes émergents, notamment viraux, à cause de leurs caractéristiques immunologiques particulières. Certains vecteurs de zoonoses occasionnellement cavernicoles présentent également un risque : punaises hématophages pour la trypanosomose américaine, phlébotomes pour les leishmanioses, tiques pour les fièvres récurrentes et autres borrélioses.

L'eau souterraine peut également être vectrice : leptospirose, maladies à transmission féco-orale pour les eaux polluées par exemple. La contamination du milieu souterrain par l'infiltration d'eaux usées peut devenir un réel problème de santé publique (souches de bactéries résistantes aux antibiotiques retrouvées dans l'eau souterraine...) notamment par infiltration d'eaux usées des élevages. La pollution des cavités par des matières organiques représente aussi un risque à prendre en compte (*Clostridium perfringens*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*...).

Les premières mesures préventives sont basées sur des principes d'hygiène : lavages des mains, désinfection soignée de toute plaie, protection antivectorielle... Dans certaines régions du globe, le port de masques adaptés peut être conseillé. En fonction des destinations d'expédition, un certain nombre de vaccins est disponible pour protéger les spéléologues (rage, leptospirose, VHA...). Des antibiothérapies préventives sont également possibles (notamment par doxycycline pour la leptospirose et les fièvres récurrentes à tiques).

Le risque d'infection opportuniste chez les patients immunodéprimés est important : histoplasmoses, cryptococcose... Le développement de la recherche de microorganismes souterrains permet la découverte de nouvelles espèces dont certaines appartiennent à des genres connus comme pathogènes opportunistes. En cas d'immunodépression avérée chez un spéléologue (corticothérapie, chimiothérapie, immunosuppresseurs, diabète...), il convient d'être particulièrement vigilant et de déconseiller vivement les expéditions spéléologiques dans les régions à risque (zones d'endémie de l'histoplasmoses, milieux tropicaux et intertropicaux...).

Une infime partie de la population microbienne présente dans le monde souterrain a été découverte. Il reste assurément de nombreuses études à mener qui permettront des avancées scientifiques, dans la découverte de microorganismes mais aussi dans la production de nouvelles substances bioactives (antibiotiques, antivirales...).

Ce travail de thèse peut servir de base de données pour des études prospectives, au cours de futures expéditions spéléologiques.

Les deux fiches réflexes permettront une prise en charge pertinente et efficace des spéléologues pouvant s'exposer au risque infectieux en milieu souterrain.

VI – BIBLIOGRAPHIE

1. Martel EA. La France ignorée. 2° éd. Paris: Librairie Delagrave; 1933. 294 p.
2. Loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique. (JORF n° 0049 du 19/02/1902) [Internet],[cité 13 déc 2022]. Disponible sur:
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000692884/>
3. ffspeleo.fr[Internet]. Histoire de la fédération[cité 15 oct 2023]. Disponible sur:
<https://ffspeleo.fr/historique.html>
4. ffspeleo.fr[Internet]. Organigramme[cité 15 oct 2023]. Disponible sur:
<https://ffspeleo.fr/organigramme.html#commission>
5. ffspeleo.fr[Internet]. CREI - Relations Expéditions Internationales[cité 15 oct 2023]. Disponible sur: <https://crei.ffspeleo.fr/>
6. speleo-secours.fr[Internet]. Spéléo Secours Français[cité 15 oct 2023]. Disponible sur:
<https://www.speleo-secours.fr/>
7. ffspeleo.fr[Internet]. Commission scientifique[cité 15 oct 2023]. Disponible sur: <https://ffspeleo.fr>
8. ffspeleo.fr[Internet]. Commission médicale[cité 15 oct 2023]. Disponible sur:
<https://comed.ffspeleo.fr/>
9. Florentin DA. Les accidents en milieu souterrain de 2007 à 2017. Étude descriptive des secours recensés par le Spéléo-Secours-Français. [Mémoire de diplôme d'études spécialisées complémentaires en médecine d'urgence] Nancy : Université De Lorraine UFR de Médecine; 2018.
10. ffspeleo.fr[Internet]. Fiches de prévention Comed[cité 15 oct 2023]. Disponible sur:
<https://comed.ffspeleo.fr/index.php?page=prevention>
11. Demichelis A. Agents biologiques en spéléologie et canyon - première partie. Comed Info. 2016;50 :144.
12. Demichelis A. Agents biologiques en spéléologie et canyon - deuxième partie. Comed Info. 2016;53 :173.
13. Deleron A. Histoplasmose à *Histoplasma capsulatum* et spéléologie à travers le monde. [Thèse de médecine]. Bordeaux : Université de Bordeaux II; 1996.
14. Sara D. Chauves-souris et zoonoses [thèse de médecine vétérinaire]. Créteil : Faculté de médecine de Créteil; 2002.
15. Muller S. Elaboration d'un livret d'information sur les pathologies infectieuses et leur prévention destiné aux spéléologues en expédition en zone intertropicale. [Thèse de médecine].Grenoble: Faculté de médecine de Grenoble; 2004.
16. Igreja RP. Infectious diseases associated with caves. Wilderness Environ Med. Juin 2011;22(2):115-21.
17. Han HJ, Wen H ling, Zhou CM, Chen FF, Luo LM, Liu J wei, et al. Bats as reservoirs of severe emerging infectious diseases. Virus Res. Juil 2015;205:1-6.
18. Deleron A. Histoplasmose à *Histoplasma Capsulatum* ou histoplasmose américaine, ses rapports avec le monde souterrain. Spelunca Mém. 2003;26:68-76.

19. Nasta P, Donisi A, Cattane A, Chiodera A, Casari S. Acute histoplasmosis in spelunkers returning from Mato Grosso, Peru. *J Travel Med.* 1997;4(4):176-8.
20. Guery R, Lanternier F, Lortholary O. Mycoses systémiques. In: *E Pilly Maladies Infectieuses et Tropicales.* Alinéa plus. 2020. p. 565.
21. Staffolani S, Riccardi N, Farina C, Lo Cascio G, Gulletta M, Gobbi F, et al. Acute histoplasmosis in travelers: a retrospective study in an Italian referral center for tropical diseases. *Pathog Glob Health.* 2020;114(1):40-5.
22. Staffolani S, Buonfrate D, Angheben A, Gobbi F, Giorli G, Guerriero M, et al. Acute histoplasmosis in immunocompetent travelers: a systematic review of literature. *BMC Infect Dis.* Déc 2018;18(1):673.
23. Gugnani HC. Histoplasmosis in Africa: a review. *Indian J Chest Dis Allied Sci.* Déc 2000;42(4):271-7.
24. Taylor ML, Granados J, Toriello C. Biological and sociocultural approaches of histoplasmosis in the State of Guerrero, Mexico. *Mycoses.* Sept 1996;39(9-10):375-9.
25. Denning DW, Gugnani HC. Burden of serious fungal infections in Trinidad and Tobago. *Mycoses.* Oct 2015;58(55):80-4.
26. Sournin G. histoplasmosis en Papouasie Nouvelle Guinée. *Spelunca.* 1981;40-41.
27. Ashford DA, Hajjeh RA, Kelley MF, Kaufman L, Hutwagner L, McNeil MM. Outbreak of histoplasmosis among cavers attending the National Speleological Society Annual Convention, Texas, 1994. *Am J Trop Med Hyg.* Juin 1999;60(6):899-903.
28. Lottenberg R, Waldman RH, Ajello L, Hoff GL, Bigler W, Zellner SR. Pulmonary histoplasmosis associated with exploration of a bat cave. *Am J Epidemiol.* Août 1979;110(2):156-61.
29. Noel M, Levenes H, Duval P, Barbe C, Ramognino P, Verhaegen F. [Epidemic of pulmonary histoplasmosis after visiting a cave in New Caledonia]. *Sante Montrouge Fr.* Août 1995;5(4):219-25.
30. Weinberg M, Weeks J, Lance-Parker S, Traeger M, Wiersma S, Phan Q, et al. Severe histoplasmosis in travelers to Nicaragua. *Emerg Infect Dis.* Oct 2003;9(10):1322-5.
31. Lyon GM, Bravo AV, Espino A, Lindsley MD, Gutierrez RE, Rodriguez I, et al. Histoplasmosis associated with exploring a bat-inhabited cave in Costa Rica, 1998-1999. *Am J Trop Med Hyg.* Avr 2004;70(4):438-42.
32. Guerra BT, Almeida-Silva F, Almeida-Paes R, Basso RP, Bernardes JPRA, Almeida MA, et al. Histoplasmosis Outbreaks in Brazil: Lessons to Learn About Preventing Exposure. *Mycopathologia.* Oct 2020;185(5):881-92.
33. Diaz JH. Environmental and Wilderness-Related Risk Factors for Histoplasmosis: More Than Bats in Caves. *Wilderness Environ Med.* Déc 2018;29(4):531-40.
34. Sánchez Alemán MÁ. Histoplasmosis, the traveler mycosis. *Enfermedades Infecc Microbiol.* 2009;29(3):111-6.
35. Gordon SM, Reines SS, Alvarado CS, Nolte F, Keyserling HL, Bryan J. Disseminated histoplasmosis caused by *Histoplasma capsulatum* in an immunocompromised adolescent after exploration of a bat cave. *Pediatr Infect Dis J.* Janv 1993;12(1):102-4.
36. Polos PG. Hypoxic respiratory failure in a 30-year-old spelunker. *Chest.* Avr 1998;113(4):1125-6.

37. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Leptospiroses. In: EPILLY 27e éd. Paris : ALINEA Plus Ed ; 2020. p. 384-6.
38. Monahan AM, Miller IS, Nally JE. Leptospirosis: risks during recreational activities. *J Appl Microbiol.* Sept 2009;107(3):707-16.
39. Mortimer RB. Leptospirosis in a caver returned from Sarawak, Malaysia. *Wilderness Environ Med.* Sept 2005;16(3):129-31.
40. Self CA, Iskrzynska WI, Waitkins SA, Wicher JW, Wicher JT. Leptospirosis among British Cavers. *Cave Sci.* Déc 1987;14(3).
41. Kaneko Y, Ostermann JM. La leptospirose : un risque en spéléologie et canyonisme. *Spelunca.* 2009;(116):22-4.
42. De Laroche M, Jauréguiberry S. Leptospirosis. *Rev Prat.* Oct 2016;66(8):886-92.
43. chu-nantes.fr[Internet]. CVI - tarif des vaccins[cité 17 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.chu-nantes.fr/tarif-des-vaccins>
44. Garnier, Delamare. Dictionnaire illustré des termes de médecine. 31ème édition. Maloine. 2012.
45. Dworkin MS, Schwan TG, Anderson Jr DE. Tick-borne relapsing fever in North America. *Med Clin North Am.* 2002;86(2):417-33.
46. Guberman D, Vardy DA, Klapholz L, Klaus SN. Vector-borne infections: a hazard for adventure visitors to Israel. *J Wilderness Med.* 1994;5(3):254-62.
47. Binenbaum Y, Ben-Ami R, Baneth G, Langford B, Negev Y, Friedlander E, et al. Single dose of doxycycline for the prevention of tick-borne relapsing fever. *Clin Infect Dis.* Oct 2020;71(7):1768-71.
48. Dworkin MS, Shoemaker PC, Fritz CL, Dowell ME, Anderson DE. The epidemiology of tickborne relapsing fever in the United States. *Am J Trop Med Hyg.* Juin 2002;66(6):753-8.
49. Campbell SB, Klioueva A, Taylor J, Nelson C, Tomasi S, Replogle A, et al. Evaluating the risk of tick-borne relapsing fever among occupational cavers—Austin, TX, 2017. *Zoonoses Public Health.* Sept 2019;66(6):579-86.
50. Hansmann Y, Christmann D. Borréliose de Lyme et autres borrélioses. In: E Pilly. Alinea plus. 2020. p. 376-80.
51. Debord T. Fièvres hémorragiques virales. In: EPilly Maladies Infectieuses et Tropicales. Alinéa plus. 2020. p. 494-6.
52. van Paassen J, Bauer MP, Arbous MS, Visser LG, Schmidt-Chanasit J, Schilling S, et al. Acute liver failure, multiorgan failure, cerebral oedema, and activation of proangiogenic and antiangiogenic factors in a case of Marburg haemorrhagic fever. *Lancet Infect Dis.* Août 2012;12(8):635-42.
53. Timen A, Koopmans MPG, Vossen ACTM, van Doornum GJJ, Günther S, van den Berkmortel F, et al. Response to imported case of Marburg hemorrhagic fever, the Netherland. *Emerg Infect Dis.* août 2009;15(8):1171-5.
54. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Imported case of Marburg hemorrhagic fever - Colorado, 2008. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* Déc 2009;58(49):1377-81.
55. About Marburg Virus Disease | Marburg (Marburg Virus Disease) | CDC [Internet]. 2023 [cité 29 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.cdc.gov/vhf/marburg/about.html>

56. Rodhain F. [Bats and Viruses: complex relationships]. *Bull Soc Pathol Exot* 1990. Oct 2015;108(4):272-89.
57. Gundacker ND, Rolfe RJ, Rodriguez JM. Infections associated with adventure travel: A systematic review. *Travel Med Infect Dis*. Mar-Avr 2017;16:3-10.
58. Asad A, Aamir A, Qureshi NE, Bhimani S, Jatoi NN, Batra S, et al. Past and current advances in Marburg virus disease: a review. *Infez Med*. Sept 2020;28(3):332-45.
59. Cavalcante E, Montoni J, Oliveira G, Campos I, Paz J, Silva C, Meningite criptocócica fatal em paciente com lúpus eritematoso sistêmico juvenil, *Revista Brasileira de Reumatologia*, Mars-Avr 2014;54(2):155-158
60. Boga C, Ozdogu H, Diri B, Oguzkurt L, Asma S, Yeral M. Lemierre syndrome variant: Staphylococcus aureus associated with thrombosis of both the right internal jugular vein and the splenic vein after the exploration of a river cave. *J Thromb Thrombolysis*. Avr 2007;23(2):151-154.
61. Hommel C. VIDAL. 2020 [cité 5 nov 2021]. Découverte a posteriori d'un cas exceptionnel de rage des chauves-souris chez un patient décédé en aout 2019. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/actualites/26169-decouverte-a-posteriori-d-un-cas-exceptionnel-de-rage-deschauves-souris-chez-un-patient-decede-en-aout-2019.html>
62. Gibbons RV, Holman RC, Mosberg SR, Rupprecht CE. Knowledge of bat rabies and human exposure among United States cavers. *Emerg Infect Dis*. Mai 2002;8(5):532-4.
63. Strady C. Rage. In: *E Pilly-Maladies infectieuses et tropicales*. 27eme éd. 2020. p. 484-7.
64. Nigg AJ, Walker PL. Overview, prevention, and treatment of rabies. *Pharmacotherapy*. Oct 2009;29(10):1182-95.
65. Ostermann JM. Spéléologie et rage des Chiroptères. *Spelunca Mém*. 2003;(26):61-5.
66. Plan National d'Actions Chiroptères. plan-actions-chiropteres.fr[Internet]. [cité 15 déc 2021]. Disponible sur: <https://plan-actions-chiropteres.fr/les-chauve-souris/les-especes-en-france/serotine-commune>
67. Bat Conservation International. batcon.org[Internet]. *Perimyotis subflavus*[cité 22 nov 2022].. Disponible sur: <https://www.batcon.org/bat/tricolored-bat/>
68. Bat Conservation International. batcon.org[Internet]. *Lasiurus noctivagans*[cité 22 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.batcon.org/bat/lasiurus-noctivagans/>
69. Bat Conservation International. batcon.org[Internet]. *Tadarida brasiliensis*[cité 22 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.batcon.org/bat/tadarida-brasiliensis/>
70. Robertson K, Lumlerdacha B, Franka R, Petersen B, Bhengsri S, Henchaichon S, et al. Rabies-related knowledge and practices among persons at risk of bat exposures in Thailand. *PLoS Negl Trop Dis*. Juin 2011;5(6):e1054.
71. Bariod J, Gauthey A. Rage et chauve-souris. *Spelunca*. 1991;(42):25-6.
72. Hommel C. Nouvelles recommandations de l'OMS : la vaccination antirabique pré-exposition simplifiée [Internet]. 2019[cité 6 déc 2022]. Disponible sur: <http://www.mesvaccins.net/web/news/12250-nouvellesrecommandations-de-l-oms-la-vaccination-antirabique-pre-exposition-simplifiee>
73. Ader F. Virus pneumotropes communautaires hors grippe - Syndromes respiratoires aigues liés

- aux coronavirus. In: EPilly Maladies Infectieuses et Tropicales. Alinéa Plus. 2020. p. 474.
74. Wendong L, Zhengli S, Meng Y, Wuze R, Craig S. Bats Are Natural Reservoirs of SARS-Like Coronaviruses. *Science*. Oct 2005;310:676-9.
75. Ostermann JM. SARS et chauve-souris, un risque pour le spéléologue ? *Feuille Liaison Comed*. 2006;(39).
76. Carrington CVF, Foster JE, Zhu HC, Zhang JX, Smith GJD, Thompson N, et al. Detection and Phylogenetic Analysis of Group 1 Coronaviruses in South American Bats. *Emerg Infect Dis*. Déc 2008;14(12):1890-3.
77. Hu B, Zeng LP, Yang XL, Ge XY, Zhang W, Li B, et al. Discovery of a rich gene pool of bat SARS-related coronaviruses provides new insights into the origin of SARS coronavirus. *PLoS Pathog*. Nov 2017;13(11):e1006698.
78. Cyranoski D. Bat cave solves mystery of deadly SARS virus - and suggests new outbreak could occur. *Nature*. Déc 2017;552(7683):15-6.
79. Maganga GD, Pinto A, Mombo IM, Madjitobaye M, Mbeang Beyeme AM, Boundenga L, et al. Genetic diversity and ecology of coronaviruses hosted by cave-dwelling bats in Gabon. *Sci Rep*. Avr 2020;10(1):7314.
80. Thakur N, Das S, Kumar S, Maurya VK, Dhama K, Paweska JT, et al. Tracing the origin of Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2): A systematic review and narrative synthesis. *J Med Virol*. Dec 2022;94(12):5766-79.
81. Coordination Opérationnelle Risque Epidémique et Biologique. Covid-19 - Prise en charge initiale et suivi du patient en médecine de ville – [Internet]. COREB; 2022 [cité 12 févr 2023]. Disponible sur: <https://www.coreb.infectiologie.com/UserFiles/File/covid-19/coreb-covidville-30juin2022vf.pdf>
82. Duvignaud A, Malvy D. Trypanosomoses humaines. In: EPILLY 27eme édition. Alinea plus. 2020. p. 531-5.
83. Stevens L, Monroy MC, Rodas AG, Dorn PL. Hunting, swimming, and worshipping: human cultural practices illuminate the blood meal sources of cave dwelling Chagas vectors (*Triatoma dimidiata*) in Guatemala and Belize. *PLoS Negl Trop Dis*. Sept 2014;8(9):e3047.
84. Michalik J, Wodecka B, Liberska J, Dabert M, Postawa T, Piksa K, et al. Diversity of *Borrelia burgdorferi* sensu lato species in Ixodes ticks (Acari: Ixodidae) associated with cave-dwelling bats from Poland and Romania. *Ticks Tick-Borne Dis*. Janv 2020;11(1):101300.
85. Pareyn M, Van den Bosch E, Girma N, van Houtte N, Van Dongen S, Van der Auwera G, et al. Ecology and seasonality of sandflies and potential reservoirs of cutaneous leishmaniasis in Ochollo, a hotspot in southern Ethiopia. *PLoS Negl Trop Dis*. août 2019;13(8):0007667.
86. Reynes J, Makinson A. Leishmanioses. In: EPilly Maladies Infectieuses et Tropicales. Alinea plus. 2020. p. 528-30.
87. Dutra-Rêgo F, Freire ML, Carvalho GM de L, Andrade-Filho JD. Revisiting the cave-dwelling sand flies (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) from Brazil: Diversity and potential role in the transmission of *Leishmania Ross, 1903* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae). *Med Vet Entomol*. Déc 2022;36(4):408-23.
88. Ostermann JM. Risques médicaux liés aux actions de dépollution en milieu karstique. *Spelunca*. 1996;(64):46-8.

89. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Tétanos. In: EPilly 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 354-5.
90. Volkova E, Tesh RB, Monath TP, Vasilakis N. Full Genomic Sequence of the Prototype Strain (M64) of Rio Bravo Virus. *J Virol.* Avr 2012;86(8):4715-4715.
91. Joubert L, Fédida M, Prave M, Favier C, Peillon M. Pathogénicité résiduelle d'une souche de virus de la stomatite vésiculeuse contagieuse (Indiana) de culture cellulaire. II. Infections humaines au laboratoire. *Bull Académie Vét Fr.* 1973;126(3):129-33.
92. Tordo N, Castel G, Filippone C, Marianneau P. Données récentes sur les hantavirus et perspectives de recherche. *Bull Académie Vét Fr.* 2013;166(4):364-71.
93. Leroy EM, Kumulungui B, Pourrut X, Rouquet P, Hassanin A, Yaba P, et al. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature.* Déc 2005;438(7068):575-6.
94. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Infections à anaérobie - gangrène gazeuse. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p.356-9.
95. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Brucellose. In: EPILLY, 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 340-2.
96. Stratégie thérapeutique : diarrhée aiguë bactérienne / ADULTE - GERME campylobacter - IR non-G non - A non [Internet]. [cité 10 mars 2023]. Disponible sur: <https://antibiocliv.com/strategie/161/1691>
97. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Entérobactéries. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 317-9.
98. Gaalova B, Donauerova A, Seman M, Bujdakova H. Identification and β -lactam resistance in aquatic isolates of *Enterobacter cloacae* and their status in microbiota of Domica Cave in Slovak Karst (Slovakia). *Int J Speleol.* Janv 2014;43(1):69-77.
99. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Infections à *Pseudomonas*. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 329-33.
100. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Infections à entérovirus. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 488-90.
101. Barnéoud L. Immunisés? Un nouveau regard sur les vaccins. Premier Parallèle. 2017. 238 p.
102. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Hépatite virale A. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 433-5.
103. Jurado V, Laiz L, Rodriguez-Nava V, Boiron P, Hermosin B, Sanchez-Moral S, et al. Pathogenic and opportunistic microorganisms in caves. *Int J Speleol.* Janv 2010;39(1):15-24.
104. Collège des Universitaires des Maladies Infectieuses et Tropicales. Actinomycoses - Nocardioses. In: EPILLY 27e édition. Alinéa plus. 2020. p. 409-12.
105. Frick WF, Pollock JF, Hicks AC, Langwig KE, Reynolds DS, Turner GG, et al. An Emerging Disease Causes Regional Population Collapse of a Common North American Bat Species. *Science.* 6 août 2010;329(5992):679-82.
106. Thomazo M, Soulie B. Cheminement et sélection d'une source d'information en médecine de premier recours : proposition d'un modèle explicatif par théorisation ancrée. *Exercer.* Avr 2023;(192):148-53.

107. Salomon JN. Les karsts des zones arides et semi-arides. In: Les karsts des régions climatiques extrêmes [Internet]. Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux; 2019 [cité 3 févr 2022]. p. 159-91. (À la croisée des sciences). Disponible sur: <http://books.openedition.org/pub/1064>
108. Association française des enseignants de parasitologie et mycologie. Histoplasmosse. Université médicale virtuelle francophone; 2014.
109. Kajfasz P, Basiak W. Outbreak of pulmonary histoplasmosis involving a group of four Polish travellers returning from Ecuador. *Int Marit Health*. 2012;63(1):59-62.
110. Pouladfar GhR, Alborzi A, Pourabbas B. Tick-borne relapsing fever, a neglected cause of fever in fars province. *Iran J Med Sci*. 2008;33(3):177-9.
111. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Uganda Python Cave [Internet]. 2018 [cité 29 oct 2023]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=pN-M_pi9Fmw
112. Tracking Viral Hemorrhagic Fevers in Uganda | Stories & Features | NCEZID | CDC [Internet]. 2019 [cité 7 nov 2022]. Disponible sur: <https://www.cdc.gov/ncezid/stories-features/global-stories/tracking-vhf-in-uganda.html>
113. Bat Conservation International [Internet]. [cité 29 oct 2023]. *Desmodus rotundus*. Disponible sur: <https://www.batcon.org/bat/desmodus-rotundus-2/>
114. Vargaz EB. *Triatoma dimidiata* [Internet]. 2009 [cité 4 nov 2022]. Disponible sur: <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/5565?proyecto=Irekani>

VIII – SERMENT D’HIPPOCRATE

Au moment d’être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d’être fidèle aux lois de l’honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J’interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l’humanité.

J’informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n’exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l’indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l’intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l’intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l’indépendance nécessaire à l’accomplissement de ma mission. Je n’entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.


J’apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu’à leurs familles dans l’adversité.


Que les hommes et mes confrères m’accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses : que je sois déshonorée et méprisée si j’y manque.

IX – ANNEXES

A – Liste des documents inclus dans la revue narrative

Référence	Type de document	Pathogène incriminé	Date de parution	Résultats	Localisation	Forces/intérêt	Biais
Acute histoplasmosis in immunocompetent travelers : a systematic review of littérature (22)	Revue systématique de littérature	Histoplasmosse	2018	60,9% des cas acquis après exposition en cavité et/ou à du guano de chiroptères	Amérique Centrale, Etats-Unis, Afrique du Sud	Méthodologie, 71 études et 835 patients inclus	Nombreux cas non diagnostiqués
Acute histoplasmosis in spelunkers returning from Mato Grosso, Peru (19)	Etude de cas	Histoplasmosse	1997	4 spéléologues italiens en bonne santé ont développé une histoplasmosse pulmonaire. Traitement par ketoconazole. Diagnostic par sérologies, pas de diagnostic direct	Pérou		Petit échantillon
Acute histoplasmosis in travellers : a retrospective study in an Italian referral center for tropical disease (21)	Etude observationnelle rétrospective	Histoplasmosse	2020	23 patients diagnostiqués avec l'histoplasmosse, 3 exposés par la spéléologie	Amérique Centrale, Amérique du Sud		Etude rétrospective, la plupart des cas de l'étude n'ont pas eu de diagnostic de certitude
Acute liver failure, multiorgan failure, cerebral oedema, and activation of proangiogenic and antiangiogenic factors in a case of Marburg haemorrhagic fever (52)	Etude de cas	Virus Marburg	2012	1 patiente ayant contracté le virus Marburg pendant la visite d'une cavité en Ouganda, peuplée de chiroptères (Roussettes d'Égypte), est décédée suite à une défaillance multiviscérale	Grotte du Python, Ouganda	Premier cas d'infection à virus Marburg en Europe depuis l'épidémie de laboratoire de 1967. Etude précise des paramètres biologiques en unité de soins intensifs-réanimation.	Peu d'autres cas pouvant être comparés
Bat cave solves mystery of deadly SARS virus — and suggests new outbreak could occur (78)	Description d'une étude virologique	SARS-Cov	2017	Des rhinophiles d'une grotte sont porteurs de virus semblables aux SARS-Cov, qui pourraient se recombiner et occasionner une nouvelle pandémie	Une cavité dans la province de Yunnan, Chine	Etude virologique avec séquençages génomique, avant l'émergence de la pandémie à SARS-Cov 2	Absence de preuve d'une transmission possible de ces virus SARS-Cov like à une autre espèce de mammifères
Bats and viruses : complexe relationships (56)	Etat des connaissances actuelles	Virus portés par les chiroptères : Lyssavirus, Filoviridae, Coronaviridae	2015	Les caractéristiques des chiroptères ont permis une co-évolution avec un grand nombre de virus et en font des réservoirs parfaits. Questionnement sur l'attente par l'homme des écosystèmes sauvages abritant les chiroptères : risques de contamination nouvelles?	Amérique, Europe, Asie, Afrique	Ouverture sur de nombreuses études à mener sur les chiroptères, pour la compréhension de leur rôle de réservoirs, l'épidémiologie des zoonoses virales émergentes.	N'est pas une revue systématique de la littérature

Bats as reservoirs of severe emerging infectious diseases (17)	Revue de littérature	Ebola, Marburg, SARS-Cov, MERS-Cov	2015	Les chiroptères sont porteurs des "pat borne viruses", leur rôle épidémiologique est mal connu. Il existe plusieurs modes de transmission possible, direct ou indirect. Les infections croissantes entre humains et chiroptères pourraient être à l'origine de nouvelles pandémies.	Amérique, Europe, Asie, Afrique	État des connaissances actuelles et amène un questionnement sur le rôle épidémiologique des chauves-souris pour ces virus.	N'est pas une revue  systématique de la littérature
Biological and sociocultural approaches of histoplasmosis in the State of Guerrero, Mexico (24)	Etude observationnelle calcul de prévalence	Histoplasmosse	1996	87% des personnes testées au village de Juxtahuaca ont une intra-dérmo-réaction à l'histoplasmine positive (activités en relation avec le guano de chiroptères et la grotte ornée), contre seulement 2% à Coyuca de Benitez (population de pêcheurs).	Grotte de Juxtahuaca, état de Guerrero, Mexique		Absence de description des méthodes de calcul, du nombre de patients testés. Absence de calcul d'intervalle de confiance.
Burden of serious fungal infections in Trinidad and Tobago (25)	Etude observationnelle calcul de prévalence	Histoplasmosse	2015	Manque de données n'ont pas permis de calculer la prévalence de l'histoplasmosse à Trinidad et Tobago. Une épidémie chez 3 biologistes allemands dans la grotte de Tamana en 2006. Probablement sous-diagnostiquée.	Trinidad et Tobago, grotte de Tamana		Pas de calcul possible par manque de données, et sous-diagnostic.
Discovery of a rich gene pool of bat SARS related coronaviruses provides new insights into the origin of SARS coronavirus (77)	Analyses génomiques de souches virales	SARS-Cov	2017	Veille sanitaire de 5 ans dans une cavité abritant des rhinophores. Découverte de 11 nouvelles espèces de SARS-related Cov, dont 3 sont capables d'utiliser le récepteur ACE2. Mise en évidence de recombinaisons fréquentes menant à l'hypothèse d'une origine du SARS Cov par recombinaison de coronavirus de chiroptères	Chine, province de Yunnan	Alerte sur le risque émergence d'une nouvelle pandémie à SARS Cov	Etude dans une seule cavité
Disseminated histoplasmosis caused by Histoplasma capsulatum in an immunocompromised adolescent after exploration of a bat cave (35)	Etude de cas	Histoplasmosse	1993	Patent de 17 ans sous chimiothérapie pour leucémie lymphoïde aigüe a développé une histoplasmosse disséminée 6 semaines après la visite d'une grotte. Diagnostic direct par mise en évidence des levures dans les macrophages du LBA. Traitement par ketoconazole.	Grotte de Climax, Georgie (Etats-Unis)	Risque de forme disséminée d'histoplasmosse en cas d'immunodépression.	Pas de chiffres statistiques.
Diversity of Borrelia burgdorferi sensu lato species in Ixodes ticks (Acari: Ixodidae) associated with cave-dwelling bats from Poland and Romania (84)	Etude de prévalence	Borrelia burgdorferi sensu lato	2020	Borrelia burgdorferi s.l. a été détecté chez 24% des tiques de chiroptères prélevées (64 sur 266 échantillons). Certaines espèces de chiroptères (Myotis et minioptères de schreiber) semblent porter plus de tiques infectées.	16 grottes en Pologne et Roumanie	Les tiques de chiroptères sont impliqués dans la circulation de Borrelia burgdorferi	Nécessité d'études sur de plus grands échantillons.
Ecology and seasonality of sandflies and potential reservoirs of cutaneous leishmaniasis in Ochollo, a hotspot in southern Ethiopia (85)	Etude observationnelle	Leishmaniose cutanée	2019	Le nombre de phlébotomes porteurs de la leishmaniose cutanée était significativement plus important chez les phlébotomes récoltés en cavités (4,27%) par rapport à ceux récoltés en extérieur (0,97%) (p<0,001)	village d'Ochollo, Ethiopie	Résultats statistiquement significatifs	Un seul lieu étudié, ne permettant pas la généralisation des résultats : d'autres études sont à mener.

Environmental and Wilderness-Related Risk Factors for Histoplasmosis: More Than Bats in Caves (33)	Revue de littérature	Histoplasmosse	2018	L'histoplasmosse s'acquière par inhalation de spores. Les patients immunodéprimés sont les plus à risque. Un des facteurs de risques est l'exposition au guano de chiroptères, notamment en cavités. Il existe des cas d'importation dans les zones non endémiques.		Description précise de l'état des connaissances de l'histoplasmosse	pas de diagramme de flux  d'analyse du niveau de preuve des documents inclus
Epidémie d'histoplasmosse pulmonaire après visite d'une grotte en Nouvelle Calédonie (29)	Etude de cas	Histoplasmosse	1995	Taux d'attaque de 87,5% pour cette épidémie. Lors d'un exercice de secours spéleologique, 21 personnes sur les 24 symptomatiques. Les recherches d'histoplasmosse chez les malades et dans la grotte sont négatives avec les techniques de l'époque, le diagnostic est posé grâce à la séroconversion de 13 des patients.	grotte de Touaourou, Nouvelle-Calédonie	Etude bien menée d'une épidémie d'histoplasmosse, alors que la Nouvelle-Calédonie n'avait connu que 5 cas rapportés d'histoplasmosse auparavant	Biais de mémorisation possible, autoquestionnaires chez les employés
Evaluating the risk of tick-borne relapsing fever among occupational cavers (49)	Etude observationnelle	Fèvre récurrente à tiques	2017	Sérologies chez 44 employés de grottes touristiques. Chez les 5 employés avec sérologies positives, on note un nombre de visites de grottes qui est significativement plus important que chez les employés séronégatifs (médiane 25 contre médiane 4, p=0,04)	Sud-Ouest d'Austin, Texas	Résultats statistiquement significatifs, étude menée suite à l'augmentation des cas de fièvre récurrente à tiques autour d'Austin	Echantillon de rongeurs (494) n'a pas permis de mettre en évidence d'infection : trop faible ou récolte seulement en zones urbaines?
Genetic diversity and ecology of coronaviruses hosted by cave-dwelling bats in Gabon (79)	Etude de prévalence	Coronavirus	2020	Analyse de 1867 animaux prélevés entre 2009 et 2015. Seuls les chiroptères insectivores ont été retrouvés positifs à des coronavirus, particulièrement dans la grotte du Faucon. Cette étude met en évidence une variation saisonnière des infections chez les chiroptères et alerte sur l'émergence possible de nouvelles épidémies dues aux perturbations humaines de l'écosystème des chiroptères.	grotte du Faucon, grotte de Batouala, Gabon	Echantillon de chiroptères important (1066), récolté sur plusieurs années	
Histoplasmosis associated with exploring a bat-inhabited cave in Costa-Rica. 1998-1999 (31)	2 études observationnelles présentées : une étude cas-témoin et une étude de cohorte	Histoplasmosse	2004	Cas-témoin : ramper et visiter une des salles humides de la grotte exposait à un plus grand risque de développer l'histoplasmosse. Se laver les mains était un facteur protecteur. Etude de cohorte : les masques chirurgicaux ne sont pas un facteur protecteur.	Costa Rica	Etude de 2 épidémies d'histoplasmosse chez deux groupes ayant visité la même cavité à 1 an d'intervalle.	Etude cas-témoins, petits échantillons, certains résultats ne sont pas statistiquement significatifs
Histoplasmosis in Africa : a review (23)	Revue de littérature	Histoplasmosse	2000	Histoplasma capsulatum var capsulatum et var duboisii sont endémiques en Afrique (Afrique du Sud, Tanzanie et Zimbabwe pour histoplasmosse classique et Afrique Centrale et de l'Ouest et Madagascar pour l'histoplasmosse africaine).	Afrique		Absence de diagramme de flux, de description des documents inclus dans la revue

Histoplasmosis in the Cape province. A report of a second outbreak	Etude de cas	Histoplasmosse	1979	Cas d'histoplasmosse disséminée chez patient de 66 ans, 3 semaines après une sortie spéléo. Diagnostic direct par biopsie pulmonaire. Traitement par amphotéricine B. Les 9 autres spéléologues qui ont visité la cavité avec lui ont développé une histoplasmosse pulmonaire bénigne 15 jours plus tard.	Grotte de Hoop, province du Cape, Afrique du Sud	Cette cavité, pourtant connue depuis longtemps, n'avait jamais provoqué d'épidémie d'histoplasmosse. L'histoplasmosse a donc du être amenée dans cette grotte aux conditions favorables de développement (29°C, taux d'humidité 100%, présence de minioptères de shreber).	19 Nombreux cas non diagnostiqués
Histoplasmosis outbreaks in Brazil: lessons to learn about preventing exposure (32)	Revue systématique de littérature	Histoplasmosse	2019	La plupart des épidémies au Brésil ont eu lieu suite à une exposition souterraine (52,5%). Cela pourrait devenir un problème de santé public avec le développement de la spéléologie touristique au Brésil.	Brésil	Mise en évidence du risque de l'augmentation du nombre de cas avec le développement de l'éco tourisme au Brésil.	Absence de description de la sélection des articles
Histoplasmosis, the traveler mycosis (34)	Revue de littérature	Histoplasmosse	2009	Description des caractéristiques mycologiques de l'histoplasmosse, des signes cliniques, des moyens diagnostiques, de l'épidémiologie dans les pays d'Amérique Latine.	Amérique Latine	Les punaises hématophage sont présentes dans les régions peuplées mais aussi dans les régions syvatiques et cavernicoles. On pensait que le cycle de transmission de la maladie de Chagas était assuré quasiment uniquement par les punaises des zones anthropiques. Cette étude suggère la participation de la population cavernicole également dans la circulation de T. cruzi	Petit échantillon (24 punaises prélevées et analysées), seulement 10 punaises testées pour T. cruzi.
Hunting, swimming and worshipping: human cultural practices illuminate the Blood Meal Sources of cave dwelling Chagas vectors (Triatoma dimidiata) in Guatemala and Belize (83)	Etude observationnelle	Trypanosomose américaine ou maladie de Chagas	2014	Sur l'échantillon de punaises prélevées dans les cavités, 70% se sont nourries sur des êtres humains et plusieurs d'entre elles étaient porteuse de Trypanosoma cruzi.	Guatemala et Belize	L'insuffisance respiratoire aigue est rare chez les patients immunocompétents mais peut néanmoins survenir, comme le montre ce cas clinique. L'hypothèse est celle d'un fort inoculum de départ.	
Hypoxic respiratory failure in a 30 years old spelunker (36)	Etude de cas	Histoplasmosse	1998	Après 15 jours d'archéologie dans des grottes d'Amérique du Sud, un spéléologue de 30 ans insuffisance respiratoire aigue suite à une histoplasmosse pulmonaire.	Amérique du Sud		

<p>Imported case of Marburg hemorrhagic fever (54)</p>	<p>Etude de cas</p>	<p>Virus Marburg</p>	<p>2008</p>	<p>Diagnostic rétrospectif par sérologie d'infection à virus Marburg chez une américaine ayant visité la grotte du Python en Ouganda. Les premières analyses étaient négatives pour le virus Marburg. Elle a développé une hépatite, une insuffisance rénale aigue, une pancytopénie, une pancréatite, une encéphalopathie... Convalescence de plusieurs mois après la sortie d'hospitalisation</p>	<p>Grotte du Python, Ouganda</p>	<p>Prélèvements initiaux négatifs pour le virus Marburg. Ce n'est qu'après plusieurs mois que la patiente a entendu parler de la patiente hollandaise décédée suite à l'infection par virus Marburg suite à la visite de la grotte du Python. Elle a alors demandé la réalisation d'une sérologie qui s'est avérée positive.</p>	<p>92</p>
<p>Infections associated with adventure travel : a systematic review (57)</p>	<p>Revue systématique de littérature</p>	<p>Histoplasmosse, un cas de méningite à cryptocoque, virus Marburg, rage, leptospirose, fièvre récurrente à tiques</p>	<p>2017</p>	<p>Liste des pathologies infectieuses à risque chez les pratiquants des sports de nature, avec un paragraphe portant sur la spéléologie</p>	<p>Bibliographie intéressante</p>	<p>Absence de description des types d'articles inclus, exclusion de tous les articles non écrits en anglais, pas de discussion</p>	
<p>Infectious diseases associated with caves (16)</p>	<p>Revue de littérature</p>	<p>Histoplasmosse, rage, virus Marburg, leptospirose, fièvre récurrente à tiques, tétanos</p>	<p>2011</p>	<p>Liste et moyens de prévention et de traitement des pathologies infectieuses retrouvées en milieu cavernicole</p>	<p>Base de données intéressante</p>	<p>Absence de critères de sélection des articles, de l'équation de recherche, du diagramme de flux</p>	
<p>Knowledge of bat rabies and human exposure among United-States cavers (62)</p>	<p>Etude descriptive</p>	<p>Rage</p>	<p>2002</p>	<p>15% des spéléologues américains ne considéreraient pas une morsure de chauve-souris comme à risque de transmission rabique. La rage des chauve-souris est devenue la première cause de rage aux Etats-Unis pendant le 20ème siècle. Il est recommandé aux spéléologues une prévention pré-exposition, ce qui est le cas pour seulement 20% d'entre eux</p>	<p>Etats-Unis</p>	<p>Met en évidence le faible taux de couverture vaccinale antirabique et le manque de connaissance des spéléologues aux Etats-Unis à propos du risque représenté par les chauve-souris.</p>	<p>Faible taux de réponse, biais de mémorisation.</p>
<p>Lemierre syndrome variant : staphylococcus aureus associated with thrombosis of both the right internal jugular vein and the splenic vein after the exploration of a river cave (60)</p>	<p>Etude de cas</p>	<p>Staphylocoque doré</p>	<p>2007</p>	<p>Un patient de 22 ans a développé une variante du syndrome de Lemierre du à un staphylocoque doré métri résistant. 10 jours après avoir visité une grotte touristique en Turquie.</p>	<p>Grotte d'Insuynu, Turquie</p>	<p>Informations erronées : la grotte d'Insuynu, avec 597m de développement, n'est pas la deuxième grotte la plus longue au monde. Parlent de prélèvements réalisés dans la cavité qui retrouvent des staph aureus. Pensez que la contamination s'est faite par inhalation.</p>	

Leptospirosis in a caver returned from Sarrawah, Malaysia (39)	Etude de cas	Leptospirose	2005	Un patient de 37 ans en expédition spéléo en Malaisie (nombreuses immersions dans des rivières souterraines) a contracté la leptospirose alors qu'il prenait une prophylaxie anti-paludéenne par doxycycline 100 mg par jour. Diagnostic sérologique rétrospectif, deux mois après l'hospitalisation.	Malaisie	Description du cas clinique, soulève la question de la prophylaxie, normalement de 200 mg de doxycycline par semaine pour la leptospirose. Cette dose pourrait être insuffisante dans les cas de forte exposition.	Absence de description de sélection des articles, niveaux de preuves...
Leptospirosis : risks during recreational activities (38)	Revue de littérature	Leptospirose	2009	Physiopathologie de l'infection à leptospirose. Description des cas de leptospirose survenus après activités de loisirs, dont la spéléologie. Discussion sur les moyens de prévention.		Etat des lieux des connaissances	
Leptospirose (42)	Article de revue	Leptospirose	2016	Description de l'épidémiologie, des populations à risque dont font partie les spéléologues. Description de la symptomatologie clinique, des moyens de diagnostic et de traitement.		Résumé intéressant des éléments importants à connaître sur la leptospirose pour le praticien	Pas de description des critères de sélection des articles...
Outbreak of histoplasmosis among cavers attending the National Speleological Society Annual Convention, Texas, 1994 (27)	Etude cas-témoin et étude de prévalence par test d'intra dermo réaction à Histoplasmine	Histoplasmosse	1999	Sur les 19 cavités visitées pendant le congrès, seulement 2 étaient associées à 92% des cas d'histoplasmosse. Les cas étaient significativement plus jeunes et moins expérimentés en spéléo que les témoins. Les cas ont passé plus de temps dans la grotte que les témoins. 60% des participants du congrès qui ont fait le test d'intra dermo réaction ont eu un test positif, donc une exposition passée à l'histoplasmosse	Texas	Epidémie d'histoplasmosse concernant 2 cavités sur un congrès spéléologique. Met en évidence le risque associé à l'activité et la prévalence importante de contact avec l'histoplasmosse chez les spéléologues (intra dermo réaction).	Etude cas-témoins
Outbreak of pulmonary histoplasmosis involving a group of four polish travellers returning from Ecuador (109)	Etude de cas	Histoplasmosse	2012	3 patients ont contracté l'histoplasmosse après avoir fait de la spéléologie en Equateur, avec contacts fréquents avec du guano de chiroptères. Le diagnostic a été clinique, radiologique, puis sérologique. Le traitement a	Equateur	Description précise des 3 cas cliniques	

Overview, prevention and treatment for rabies (64)	Revue	Rage	2009	Les patients à haut risque d'exposition comprennent les laborantins, les vétérinaires, les chercheurs sur le virus rabique et les spéléologues. La prophylaxie pré exposition correspond au vaccin. La prophylaxie post exposition correspond à la sérothérapie et à la vaccination. Les chiens sont responsables de la majorité des cas dans le monde mais aux Etats-Unis, 76% des cas entre 1995 et 2008 sont dus aux chiroptères.	Amérique	Description physiopathologique, épidémiologique, clinique du virus rabique. Moyens de prévention pré et post exposition, traitement de support des cas avérés.	Absence de description de la sélection des articles	64
Past and current advances in Marburg virus disease : a review (58)	Revue systématique de littérature	Virus Marburg	2020	La plupart des infections primaires de Marburg sont liés à des patients s'étant rendus dans des cavités avec chiroptères (Roussetus aegyptiacus). L'OMS classe le virus en pathogène groupe risque 4. Il n'existe aujourd'hui pas de prophylaxie ni de traitement efficace. Le traitement des cas est symptomatique et comprend la prise en charge des défaillances d'organes.	Grotte de Senoia au Zimbabwe, grotte de Kitum au Kenya, mine d'or au Congo, mines et grotte du Python en Ouganda	Revue des connaissances actuelles sur le virus Marburg et ses différentes épidémies connues.		
Pulmonary histoplasmosis associated with exploration of a bat cave (28)	Etude de cas	Histoplasmosse	1979	23 jeunes (sur un groupe de 29, soit taux d'attaque de 79%) ont développé une histoplasmosse pulmonaire après la visite d'une cavité calcaire de Floride. Plusieurs d'entre eux avaient essayé de faire bouger les chiroptères pendus au plafond en leur lançant du guano. Les tests d'intra dermo réaction à l'histoplasmine ont eu une réponse très faible chez les habitants de Suwanee qui n'étaient pas spéléologues, contrairement au groupe concerné.	Grotte d'O'Brien, Suwanee, Floride	Troisième épidémie en Floride, toujours associée à la spéléologie.		
Pulmonary histoplasmosis in three austrian travelers after a journey in Mexico	Etude de cas	Histoplasmosse	2008	3 patients ont été atteints d'histoplasmosse après avoir visité une cavité à chiroptères. Le diagnostic a été confirmé par la présence d'IgM spécifiques. Même s'ils ne présentaient pas une forme sévère, ils ont été traités efficacement par itraconazole pendant 2 mois.	Grotte de Balancanche, près de Cancun, Mexique	Cas clinique récent qui pointe le risque d'infection par histoplasmosse lors de la visite de cavités en zones endémiques.	Les patients ont été traités alors qu'ils n'étaient normalement pas éligibles au traitement.	
Rabies related knowledge and practices among persons at risk of bat exposures in Thailand (70)	Etude transversale	Rage	2011	Etude des connaissances de la rage des chiroptères chez les professions exposées qui cotoient les chiroptères et les cavités où elles s'abritent (chercheur de guano, chasseurs de chiroptères...). Seulement 10% d'entre eux considéraient les chiroptères comme potentiellement porteurs de la rage. A ce jour aucun cas de rage des chiroptères n'a été recensé en Thaïlande chez l'être humain mais des anticorps anti-rabiques ont été retrouvés chez la patiente néerlandaise en 2008 ainsi que la prise en charge des cas contacts avec une surveillance sérologique 5 à 7 mois après le contact. Aucun autre cas ni séroconversion n'a été enregistré.	Thaïlande	Met en évidence le manque de connaissance chez les professions exposées aux chiroptères et la nécessité de campagnes d'information.	Petit échantillon, faible puissance statistique, biais de mémorisation.	
Response to imported case of Marburg hemorrhagic fever (53)	Etude de cas, suivi des cas contacts	Virus Marburg	2009	Cette étude présente le cas d'infection à virus Marburg chez la patiente néerlandaise en 2008 ainsi que la prise en charge des cas contacts avec une surveillance sérologique 5 à 7 mois après le contact. Aucun autre cas ni séroconversion n'a été enregistré.	Grotte du Python, Ouganda	Description précise du cas clinique et de la prise en charge des cas contacts.	Seuls 85 des 130 cas contacts ont eu une sérologie à distance.	

Severe histoplasmosis in travelers to Nicaragua (30)	Etude de cas	Histoplasmosse	2003	Après la visite d'une cavité au Nicaragua, 14 voyageurs en bonne santé ont développé une histoplasmosse (taux d'attaque 100%), dont 2 cas asymptomatique mais 6 cas avec détresse respiratoire modérée à sévère. Traitement par itraconazole entre 6 et 12 semaines.	Nicaragua	Des cas d'histoplasmosse pulmonaire sévères peuvent survenir également chez des patients immunocompétents.	
Single dose of doxycycline for the prevention of tick-borne relapsing fever (47)	Etude observationnelle analytique, cohorte rétrospective	Fièvre récurrente à tiques	2020	Analyse la prévention par une prise unique de doxycycline post-exposition à des tiques dans les cavités du moyen orient. Aucun des spéléologues ayant pris la doxycycline (200 mg) n'a contracté de fièvre récurrente à tique, contre 44% des spéléologues sans prophylaxie.	Israël	Groupes comparables sauf pour le nombre de morsures de tiques, plus important dans le groupe recevant la prophylaxie. Résultats statistiquement significatifs.	Etude rétrospective, biais de mémorisation possible
The epidemiology of tick borne relapsing fever in the US (48)	Revue de littérature et des données de veille sanitaire	Fièvre récurrente à tiques	2002	Au Texas, la fièvre récurrente à tiques est associée à la fréquentation de grottes calcaires où vivent les vecteurs <i>Ornithodoros turicata</i> , qui transmet <i>Borrelia turicatae</i> .	Texas	450 cas identifiés dans cette revue et analysés.	La maladie n'est pas à déclaration obligatoire dans tous les états des EU, de nombreux cas ont donc pu être sous-diagnostiqués.
Tick borne relapsing fever in North America (45)	Revue de littérature	Fièvre récurrente à tiques	2002	Etat des lieux des connaissances sur la fièvre récurrente à tiques aux Etats-Unis : physiopathologie, épidémiologie, clinique, moyens de diagnostic direct ou par sérologie, traitement, réaction de Jansch-Herxheimer, moyens de prévention	Amérique du Nord	Etats des connaissances utiles pour les praticiens.	Pas de critères de sélection des articles.
Tick borne relapsing fever, a neglected cause of fever in Fars province (110)	Etude de cas	Fièvre récurrente à tiques	2008	Patient de 16 ans a développé une fièvre récurrente à tique après avoir dormi dans une grotte pendant plusieurs nuits. Diagnostic par mise en évidence de spirochètes sur le frottis sanguin. Traitement par pénicilline G IV.	Province du Fars, Iran	Premier cas documenté de fièvre récurrente à tiques dans la province du Fars.	
Vector borne infections : a hazard for adventure visitors to Israel (46)	Article de revue	Fièvre récurrente à tiques	1994	La fièvre récurrente à tique, aussi nommée "fièvre des cavernes", est causée par <i>Borrelia persica</i> , transmise par une espèce de tique : <i>Ornithodoros tholozani</i> . Les tiques présentes dans les cavités laissent des marques de piqûres. L'incubation est rapide. Le diagnostic se fait habituellement sur frottis sanguin. Le traitement recommandé est la tétracycline.	Israël	Exposition des critères de diagnostic et de traitement de la fièvre récurrente à tiques en Israël en 1994.	Absence de description des articles de la bibliographie.
SARS et chauves-souris : un risque pour le spéléologue ? (75)	Communiqué de la Commission Médicale de la FFS	Coronavirus	2006	L'épidémie de Sars-Cov en 2003 a mis en alerte l'OMS. Le réservoir du coronavirus en question semble être la population de chiroptères de Chine. Cet article apporte des conseils aux spéléologues sur l'attitude à adopter avec les chiroptères en Chine : éviter les contacts, l'inhalation de poussières des cavités...	Chine	Mise en garde des spéléologues quant au risque d'émergence d'autres épidémies à SARS-Cov	Hypothèse de possible transmission, pas de cas avérés de contamination en cavité.

La leptospirose : un risque en spéléologie et canyonsisme (41)	Etude de cas, description du pathogène	Leptospirose	2009	La leptospirose est un risque en canyon et en spéléologie	France et zones tropicales	Mise en garde et moyens de prévention de la leptospirose	
Rage et chauves-souris (71)	Communiqué de la FFS	Rage	1991	Description des moyens de prévention de la rage des chiroptères, en France et à l'étranger.	France, Amérique du Sud...	Moyens de prévention contre la rage des chiroptères et conduite à tenir en cas de contact.	Absence de bibliographie
Spéléologie et rage des chiroptères (65)	Article de la revue fédérale	Rage	2003	Physiopathologie, historique et épidémiologie de la rage des chiroptères. La Commission Médicale de la FFS préconise la vaccination pour les spéléologues se rendant en expédition à l'étranger. Conduite à tenir en cas de morsure.	France et à l'étranger	Recommandations de la Commission Médicale de la FFS sur la conduite à tenir en cas de contact avec les chiroptères et recommandations de vaccination.	
Histoplasmosse à <i>Histoplasma capsulatum</i> ou histoplasmosse américaine et ses rapports avec le monde souterrain (18)	Article de la revue fédérale	Histoplasmosse	2003	Historique, caractéristiques biologiques d' <i>Histoplasma capsulatum</i> , épidémiologie, milieux colonisés. Moyens de prévention à disposition des spéléologues.	Zones d'endémie histoplasmosiques : Amériques, Afrique, Asie.	Description précise de l'épidémiologie, du biotope de <i>Histoplasma</i>	Absence de bibliographie
L'histoplasmosse en Papouasie Nouvelle Guinée	Etude descriptive	Histoplasmosse	1981	Etude de prélèvements de sol réalisés dans des cavités de Papouasie Nouvelle Guinée à la recherche d' <i>Histoplasma capsulatum</i> . Sur 12 prélèvements, 2 sont porteurs du champignon.	Papouasie-Nouvelle-Guinée	Confirme la présence d'histoplasmosse dans certaines cavités de PNG.	Faible nombre de prélèvements, techniques d'analyse par culture, puis inoculation à des souris puis anathomopathologie sur ces souris.
Risques médicaux liés aux actions de dépollution en milieu karstique (88)	Recommandations de la Commission médicale de la FFS, article de revue fédérale	Tétanos, polyomyélite, leptospirose, <i>Clostridium perfringens</i> , brucellose, hépatite A, typhoïde	1996	Les actions de dépollution des spéléologues les exposent à un risque infectieux qu'il convient de prévenir par la mise à jour des vaccinations (tétanos, polyomyélite à minima, leptospirose, hépatites à discuter), la protection corporelle par le port d'équipement adapté, le lavage et la désinfection des mains, du matériel et de toute plaque.	France	Recommandations de prévention pour tout spéléologue.	Risque possible, germes qui n'ont pas forcément été retrouvés en cavité.

Agents biologiques en spéléologie et canyon, première partie (11)	Etude microbiologique sur les microorganismes et parasites présents en milieu souterrain et en canyon	Actinomyces, nocardioses, streptomycetes, campylobacter, clostridium perfringens, clostridium tetani, leishmaniose, lyssavirus, virus Ebola, borréliose	2016	De nombreux microorganismes et parasites peuvent être retrouvés en cavité. Leur pathogénéicité est souvent mal connue. Des études en cours découvrent régulièrement de nouvelles espèces.	Monde entier	Inventaire très large des microorganismes et parasites retrouvés en cavité	Etude microbiologique précise mais application directe à la médecine compliquée par l'abondance des détails, les organismes dont la pathogénéicité n'est pas connue...
Agents biologiques en spéléologie et canyon, deuxième partie (12)	Etude microbiologique sur les microorganismes et parasites présents en milieu souterrain et en canyon	E. coli, coliformes, streptococques fécaux, cyanobactéries, entérobacléries, leptospirose	2016	De nombreux microorganismes et parasites peuvent être retrouvés en cavité. Leur pathogénéicité est souvent mal connue. Des études en cours découvrent régulièrement de nouvelles espèces.	Monde entier	Inventaire très large des microorganismes et parasites retrouvés en cavité	Etude microbiologique précise mais application directe à la médecine compliquée par l'abondance des détails, les organismes dont la pathogénéicité n'est pas connue...
Chauves-souris et zoonoses (14)	Thèse	Salmonelles, shigellose, brucellose, leptospirose, borélioses, lyssavirus, virus du Raï Brava, virus Ebola, stomatite vésiculaire, arbovirose	2002	L'ordre des chiroptères est très anciens (premières chauves-souris datées à -52 millions d'années). Cela a permis une très longue co-évolution avec certains agents pathogènes, notamment viraux. Ils sont porteurs d'un grand nombre d'agents pathogènes.	Monde entier	Énumération des pathogènes portés par les chiroptères en l'état des connaissances actuelles.	Absence de description méthodologique
Elaboration d'un livret d'information sur les pathologies infectieuses et leur prévention destiné aux spéléologues en expédition en zone intertropicale (15)	Thèse, analyse de comptes-rendus d'expéditions	Rage, VHA, leptospirose, histoplasmoses, leishmaniose, maladie de Chagas	2004	Les spéléologues en expédition en zone intertropicale s'exposent à un grand nombre de pathologies infectieuses. La plupart des contaminations se fait à l'air libre mais certaines ont lieu en milieu souterrain, comme l'histoplasmoses.	Zones intertropicales	Base de données intéressante pour les expéditions spéléologiques et la prévention des pathologies infectieuses.	Comptes-rendus d'expéditions ne sont pas exhaustifs, biais de mémorisation...

Tableau 1 : liste et caractéristiques des documents inclus dans la revue narrative de la littérature

B – Liste des figures

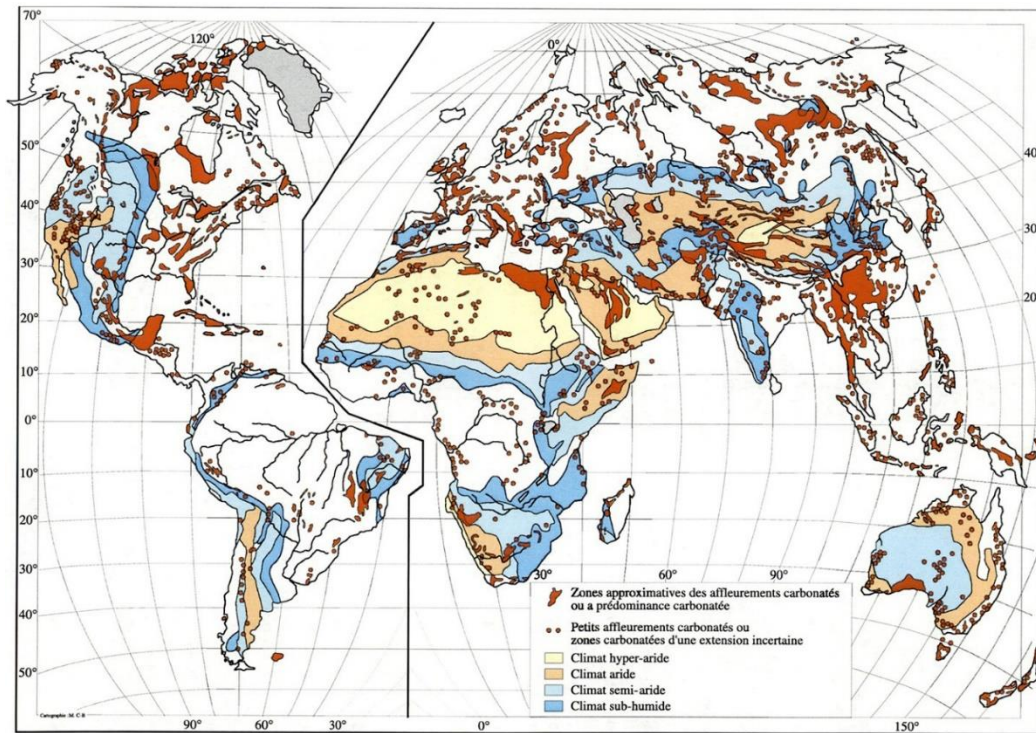


Figure 6 : Carte représentant les zones karstiques terrestres (107).

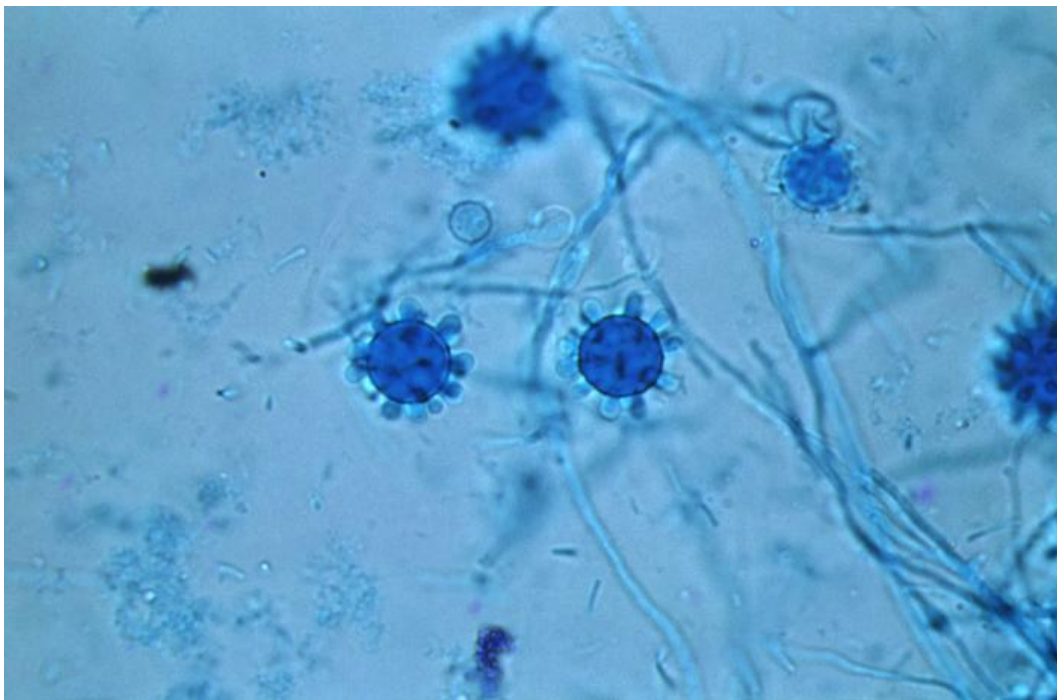


Figure 7 : Filaments mycéliens associés à des spores d'*Histoplasma capsulatum*, grossissement x800. US Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. Public Health Image Library [PHIL].

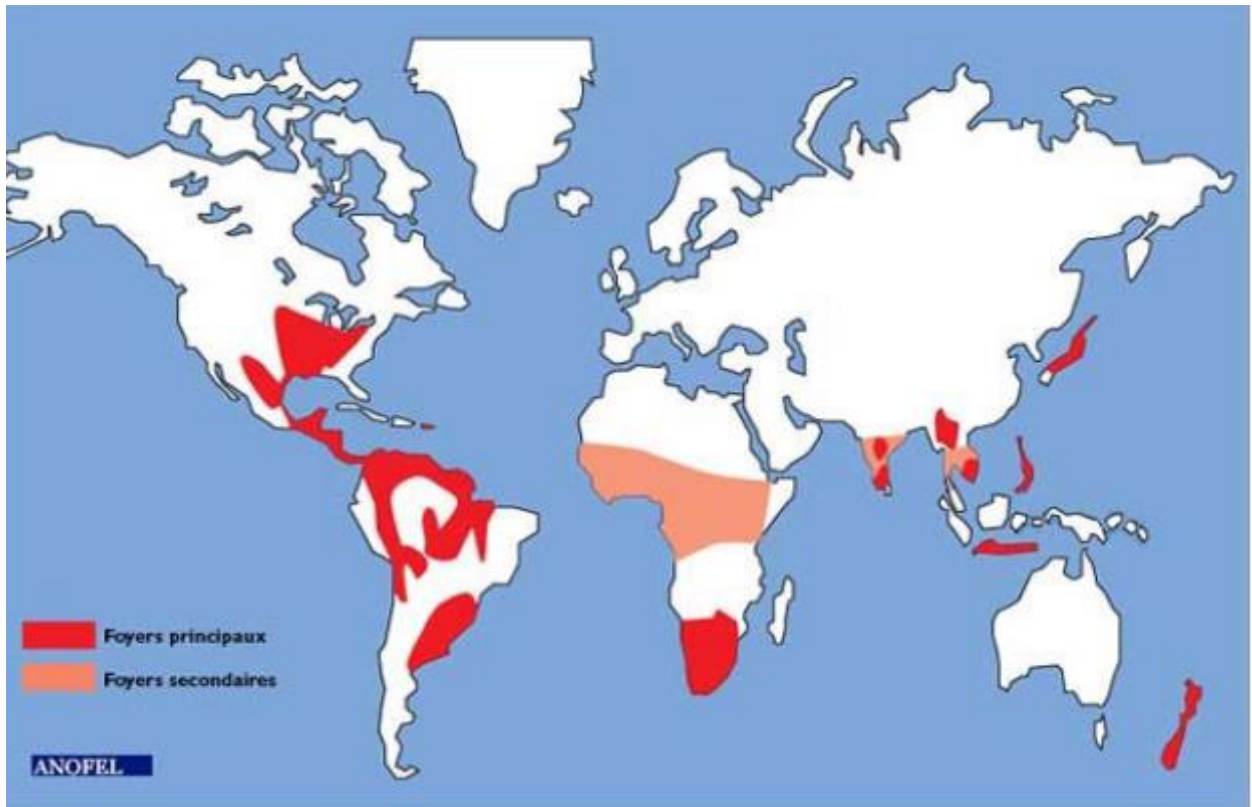


Figure 8 : Principaux foyers d'histoplasmose à *Histoplasma capsulatum* (108)



Figure 9 : Principaux foyers de l'histoplasmose à *Histoplasma duboisii* (108)

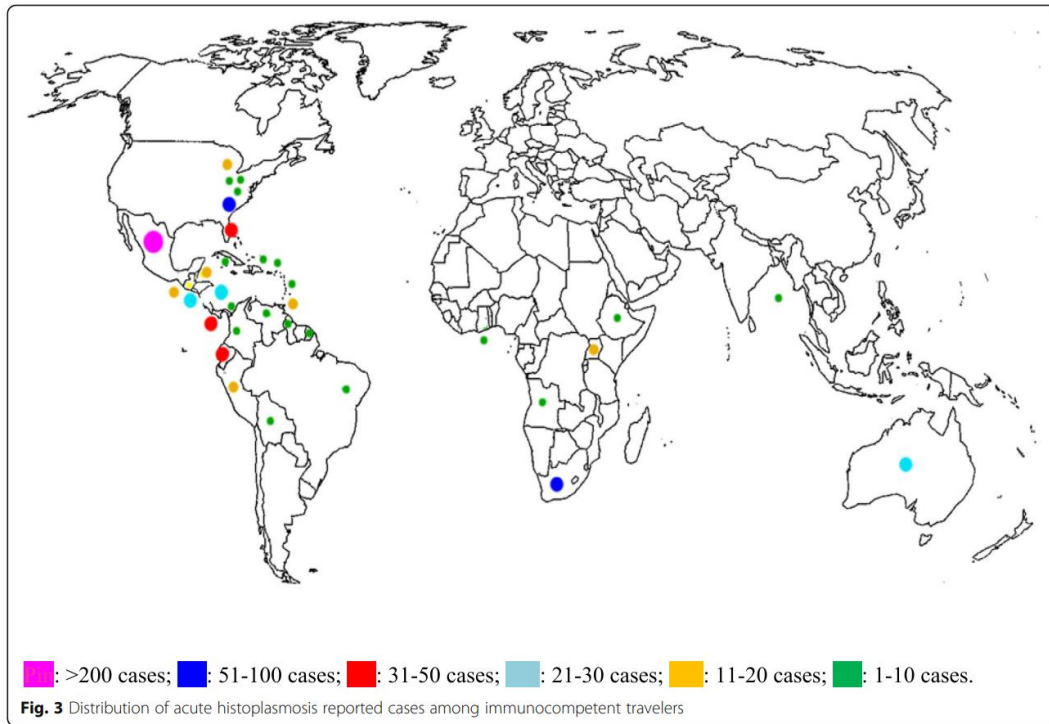


Figure 10 : Répartition des cas d'histoplasmosse chez les voyageurs immunocompétents recensés par la revue de littérature du BMC Infectious Disease (22)



Figure 11 : Guano de chiroptères, Jerônimo cave, Bahia, Brésil. Photographie : Daniel Menin.



Figure 12 : affiche du 19^{ème} congrès international de spéléologie prévu au Brésil en 2025.

« Le Brésil est une zone à risque d'épidémies d'histoplasmosse à cause du développement de la spéléologie, à travers le grand nombre de cavités présentes dans tout le pays, associé aux conditions idéales pour la croissance et la dispersion du champignon dans cet environnement. » (32)



Figure 13 : Présence abondante de chiroptères au plafond d'une cavité, Laos. Photographie : P. Bence.



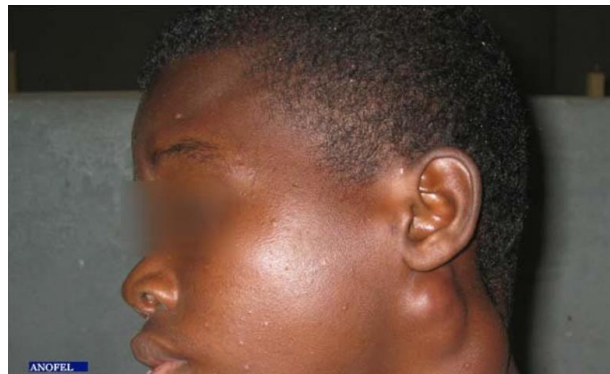
Figure 14 : Radiographie thoracique montrant un infiltrat diffus bilatéral chez un biologiste de 43 ans qui contracta l'histoplasmose après avoir été en contact avec des chiroptères dans la grotte de Tamana à Trinidad et Tobago en 2006 (25).



Figure 15 : Radiographie thoracique chez une patiente de 23 ans atteinte d'histoplasmose pulmonaire, montrant des opacités nodulaires bilatérales (109)



Figure 16 : Scanner thoracique d'un patient atteint d'histoplasmose pulmonaire. US Centers for Disease Control and Prevention [CDC], Public Health Image Library [PHIL].



Figures 17 et 18 : Formes cutanées et lymphatiques d'histoplasmose africaine (108).

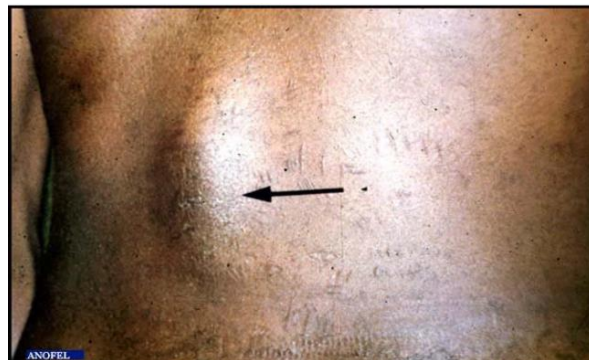


Figure 19 : Forme osseuse d'histoplasmose africaine touchant le rachis lombaire (108)

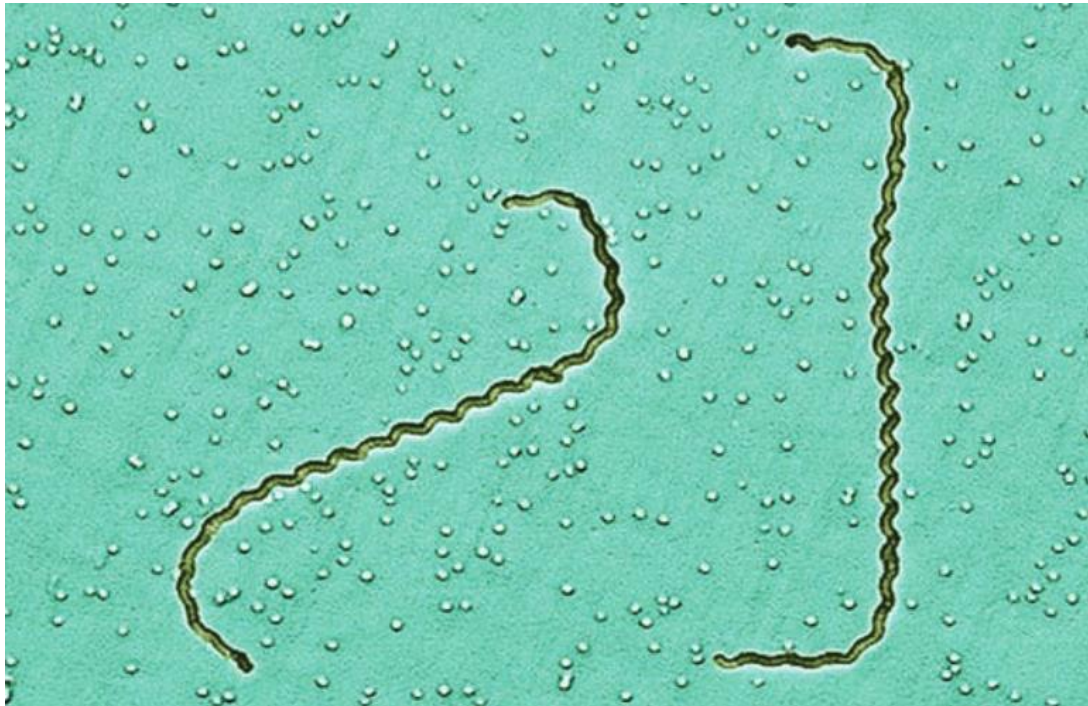


Figure 20 : *Leptospira interrogans* vue en microscopie électronique (42).

----- : Grotte de Rochecaille (La Chapelle Faucher)

Visite de cette cavité autrement connue comme le "Trou du Virus" après le cas de leptospyrose que son inventeur y a contracté. Notre but est de contrôler les possibilités de continuation signalées par nos prédécesseurs : possibilités qui s'avèrent, à notre avis, très aléatoires. La cavité est faiblement concrétionnée, mis à part une fabuleuse méduse blanche située dans un des diverticules. L'entrée, chatière descendante en baïonnette, est très "sportive". A revoir pour topographie.

Figure 21 : Mention d'une contamination dans un rapport d'exploration spéléologique en France.
Revue Spéleo-Dordogne 1991, tome 4, page 26, Andrew Kay.



Figure 22 : Exploration spéléologique au Laos : immersion en rivière souterraine, habits déchirés, dermabrasions. Photographie : B. Galibert.

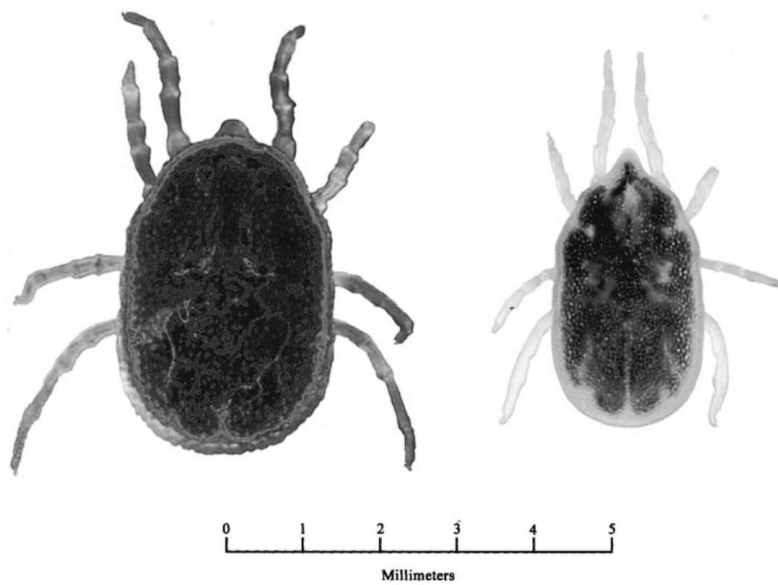


Figure 23 : *Ornithodoros hermsi* (droite) et *Ornithodoros turicata* (gauche) (45)

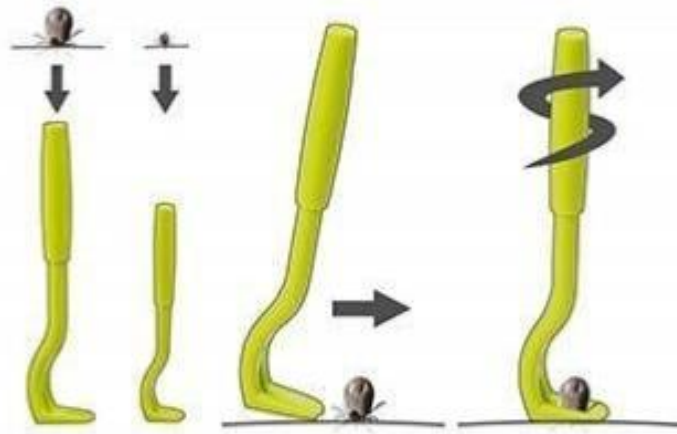


Figure 24 : Dispositif de retrait de tiques après morsure (rotation dans le sens antihoraire).



Figure 25 : Papule hémorragique avec halo causée par la morsure d'*Ornithodoros tholozani* (46)

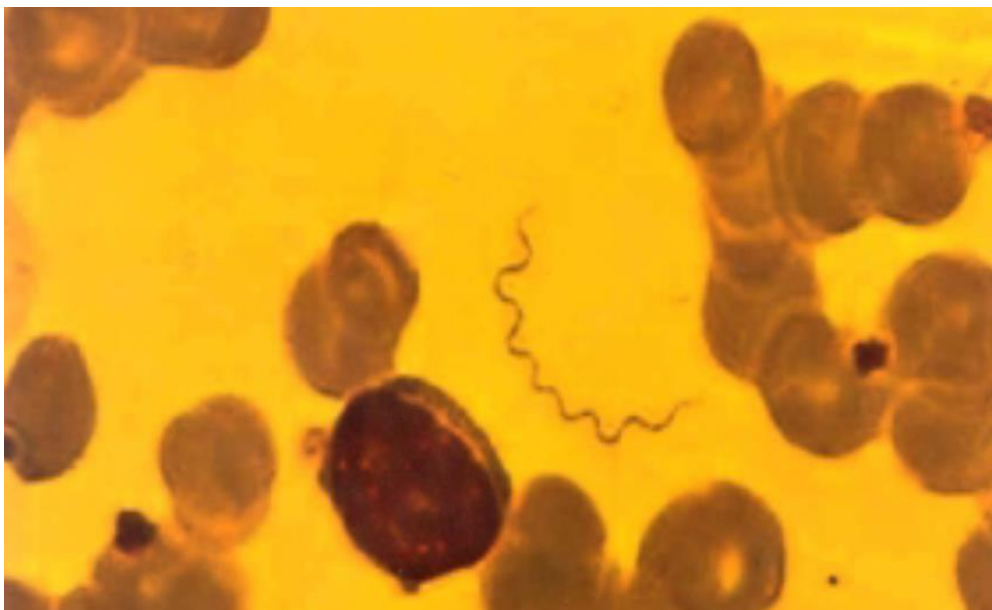


Figure 26 : *Borrelia persica* sur le frottis sanguin d'un adolescent iranien atteint de fièvre récurrente à tique (110)



Figure 27 : Rousettus aegyptiacus : chauve-souris frugivore cavernicole, réservoir du virus Marburg (111).



Figure 28 : Chercheurs devant l'entrée de Python Cave, Ouganda (112)

Location	Year	Cases/Deaths	Epidemiology
Germany / Serbia	1976	32/7	Infection occurred due to the tissues from monkeys imported for research from Uganda.
Zimbabwe	1975	3/1	Unknown origin, the lethal index case was infected in Zimbabwe on a visit to the Senoia caves in Rhodesia.
Kenya	1980	2/1	Unknown origin, Index case, visited the Kitum cave before the illness which had a huge population of bats.
Kenya	1987	1/1	Expatriate traveling in western Kenya.
Russia	1988	1/1	Laboratory accident
Russia	1991	1/1	Laboratory accident
Russia	1995	1/0	Laboratory accident
Democratic of the Congo Angola	1998-2000	154/128	Infections were related to mining.
Angola	2004-2005	252/227	Unknown cases: cases linked to Uige Hospital
Uganda	2007	4/1	Workers of Kitaka mine
USA	2008	1/0	Infection from the visit to a cave in Western Uganda.
The Netherlands	2008	1/1	Infection from the visit to a cave in Western Uganda.
Uganda	2012	32/15	Outbreak in the Ibanda district same as where the Kitaka mine was
Uganda	2014	198/1	Unknown origin.
Uganda	2017	-	Unknown origin.

Taleau 2 : Épidémies à virus Marburg et leurs origines, de 1976 à 2017 (58).

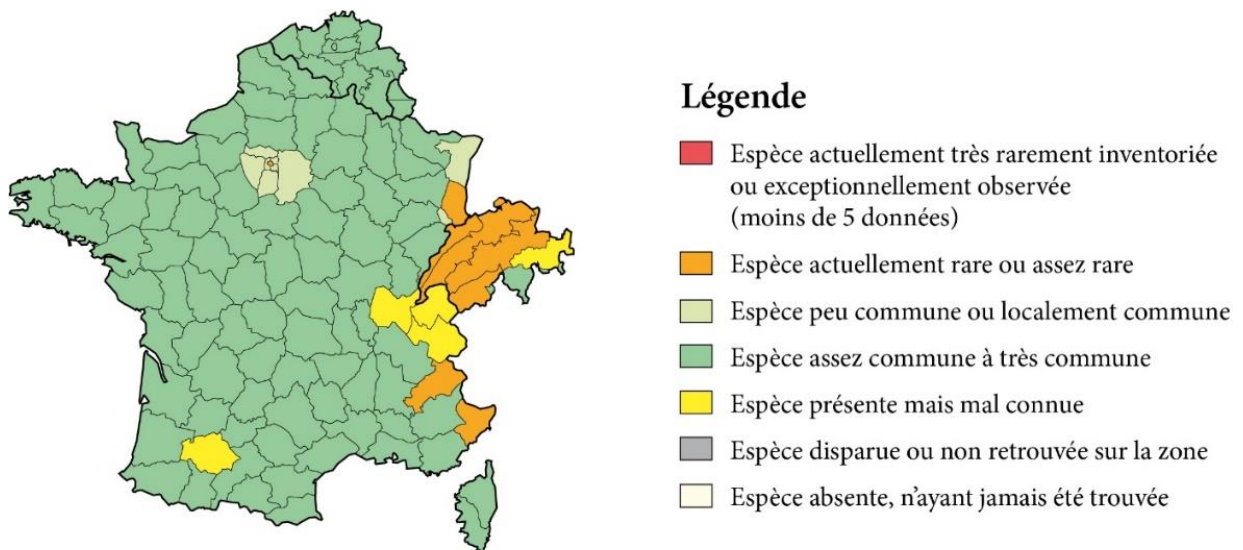
Tableau 1 Principaux virus du genre <i>Lyssavirus</i> : hôtes et répartition / <i>Main viruses of the Lyssavirus genus: hosts and distribution.</i>		
Lyssavirus	Principaux hôtes infectés (réservoirs)	Répartition géographique
<i>Phylogroupe 1 :</i>		
virus de la rage (RAB)***	Carnivores (cosmopolite) Chiroptères (Amériques)	Cosmopolite
Duvenhage (DUV)***	<i>Nycteris thebaica</i>	Afrique méridionale
Europ. bat virus 1 (EBL1)***	<i>Eptesicus serotinus</i>	Europe
Europ. bat virus 2 (EBL2)***	<i>Myotis</i> sp.	Europe
Austral. Bat virus (ABL)***	<i>Pteropus</i> sp., <i>Saccolaimus</i> sp.	Australie
Aravan (ARA)	<i>Myotis blythi</i>	Asie centr. (Kirghizstan)
Khujand (KHU)	<i>Myotis mystacinus</i>	Asie centr. (Tadjikistan)
Irkut (IRK)**	<i>Murina leucogaster</i>	Sibérie orientale, Chine
Bokeloh (BBL)*	<i>Myotis nattereri</i>	Europe (Allemagne, France)
<i>Phylogroupe 2 :</i>		
Lagos bat (LB)	<i>Eidolon</i> , <i>Epomophorus</i> , <i>Atilax paludinosus</i>	Afrique sub-saharienne
Mokola (MOK)**	musaraigne	Afrique sub-saharienne
Shimoni bat (SHIB)	<i>Ilipposideros commersoni</i>	Afrique orientale (Kenya)
<i>Phylogroupe 3 :</i>		
West Caucasian bat (WCB)	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Caucase
Lleida bat (LLB)*	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Espagne
Ikoma (IKO)*	Civette	Afrique orientale (Kenya)
* : statut non encore officiellement défini ; ** : virus susceptible d'infecter l'homme ; *** : virus susceptible d'infecter l'homme et, éventuellement, de causer un syndrome rabique.		

Tableau 3 : Tableau représentant les principaux virus du genre *Lyssavirus* (56)



Figure 29 : Portrait de la Sérotine commune, copyright Laurent Arthur (66).

Distribution de la Sérotine commune



Source : Arthur L., Lemaire M., 2015. - *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 2^e éd., 544p.*

Figure 30 : la sérotine commune est présente sur quasiment tout le territoire français.

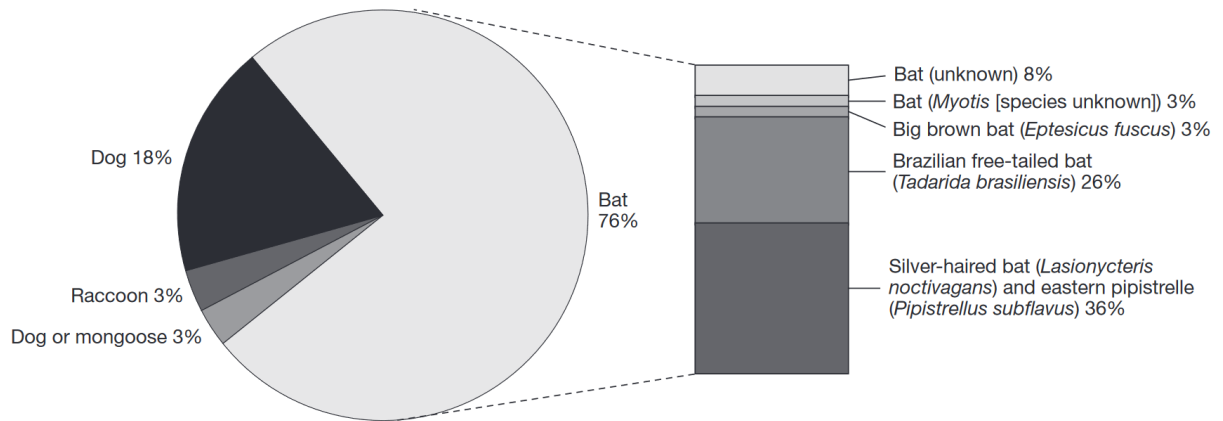


Figure 31 : Animaux responsables de transmission de rage à l'être humain, parmi les 38 cas survenus aux États-Unis entre 1995 et 2008 : 76% de chiroptères (64).



Figures 32 et 33 : *Lasiorycteris noctivagans* (M. Durham) et *Pipistrellus subflavus* (J. Scott Altenbach) : deux espèces de chiroptères impliquées dans la transmission rabique aux États Unis (67,68).



Figure 34 : *Tadarida brasiliensis* (M. Durham), chiroptère porteur du virus rabique présent en Amérique du Nord, Centrale et en Amérique du Sud (69).



Figure 35 : Desmodus rotundus : la principale espèce de chiroptère hématophage, (113)



Figure 36 : Temple bouddhiste au Laos, construit dans une cavité. Tham Phra. Photo JM Ostermann.



Figure 37 : Populations de rhinolophes porteuses de SARSr-Cov (78)



Figure 38 : Photographie de la punaise hématophage Triatoma dimidiata, vectrice de la maladie de Chagas (114)



Figure 39 : Erythème migrant chez un spéléologue suite à une morsure de tique, probablement acquise lors d'une marche d'approche. Dordogne 2021.



Figure 40 : Cadavre de cheval tombé dans le gouffre Etchar (massif des Arbailles, Pyrénées Atlantiques). Photographie : David Iraundegui.



Figure 41 : Chaulage au gouffre Etchar par les spéléologues du club de Saint-Jean-Pied-de-Port (Leize Mendi). Photographie : David Iraundegui.



Figure 42 : Charnier de l'Eydze d'Ajat, Dordogne. Photographie : Vincent Peureux.

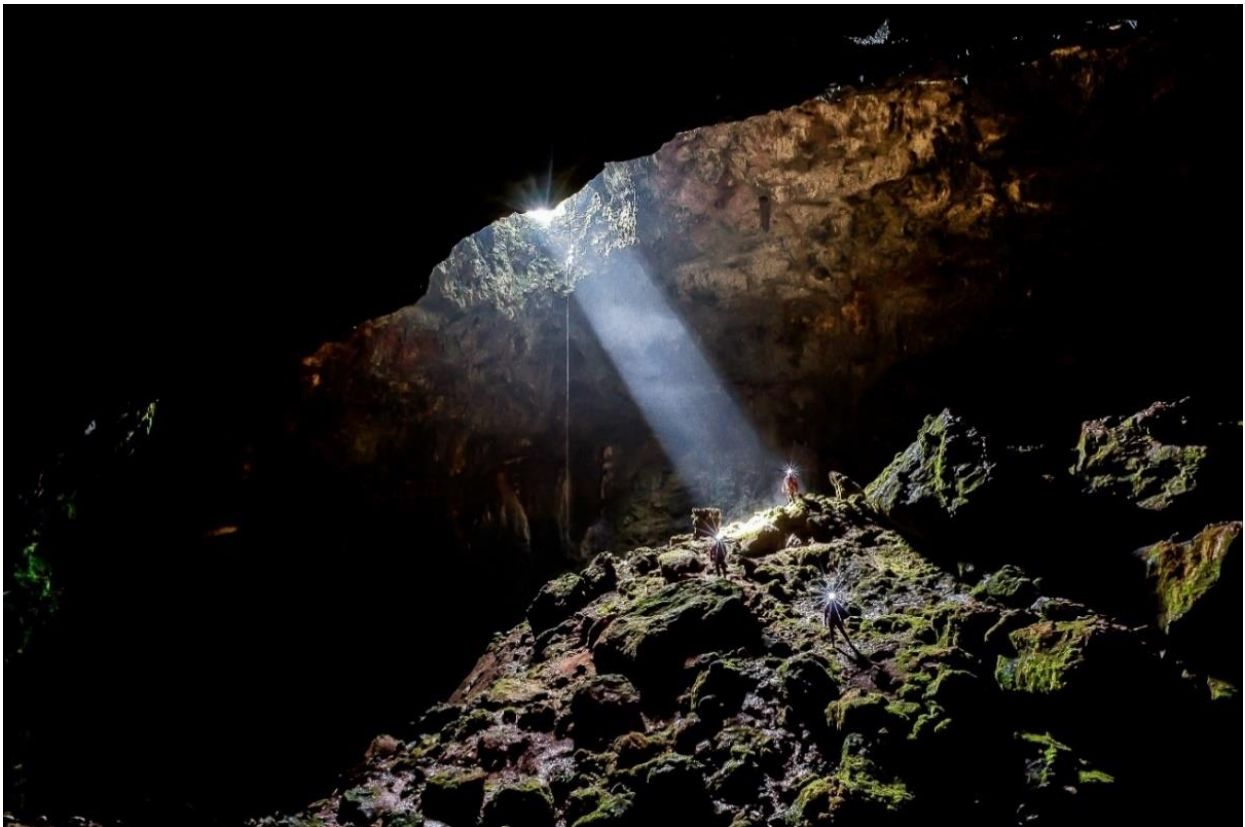
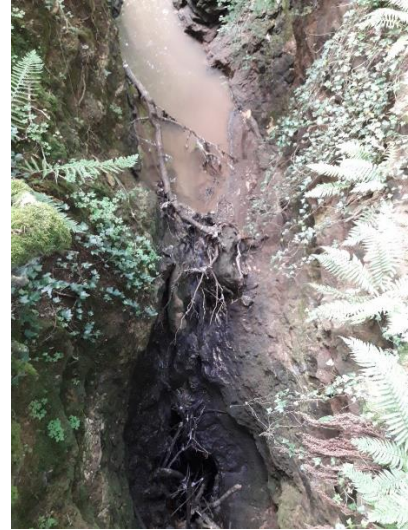


Figure 43 : L'Aven Noir (Aveyron) qui abrite une importante colonie de Choucas. Photographie : Serge Caillault.



Figures 44 et 45 : La pollution des eaux souterraines : pollution par des égouts en amont de la perte de Plaisance, Dordogne. Photographie : Thierry Bucquoy.

X - RÉSUMÉ

La spéléologie est la science du milieu souterrain. C'est également une activité physique qui se pratique dans un environnement aux conditions particulières : températures constantes, absence de rayonnement solaire, hygrométrie élevée... Le monde souterrain, obscur et immobile dans l'imaginaire collectif, abrite de nombreux organismes et microorganismes. Il existe certaines pathologies infectieuses bien connues des spéléologues comme l'histoplasmosse. Cependant, l'évolution des études microbiologiques en milieu souterrain et le développement de la spéléologie dans le monde rendent nécessaire l'actualisation du risque infectieux inhérent à cette activité. Cette revue narrative a exploité les bases de données Pubmed et Scopus, ainsi que les documents mis à disposition par la Commission Médicale de la Fédération Française de Spéléologie. 57 documents ont été inclus et une synthèse a été produite sur les différentes pathologies infectieuses, leur épidémiologie, leurs moyens de prévention, de diagnostic et de traitement. Elle distingue le risque avéré de contamination en cavité (histoplasmosse, leptospirose, fièvre récurrente à tiques, virus Marburg...) et le risque théorique de contamination par des microorganismes présents en milieu souterrain (rage, coronavirus, borrélioses, leishmaniose, maladie de Chagas, pollution des rivières souterraines et découverte de pathogènes opportunistes...). Cette revue narrative a servi de base pour la création d'une synthèse simple et accessible du risque infectieux en spéléologie, sous forme de deux fiches réflexes, à destination des spéléologues et de leurs médecins généralistes. Ces deux fiches ont fait l'objet d'un questionnaire de validation envoyé aux médecins appartenant à la Fédération Française de Spéléologie. La fiche à destination des spéléologues a été qualifiée de « très pertinente » dans 85,7% des cas, et celle à destination des médecins dans 87,5% des cas. Elles seront disponibles ainsi que la revue narrative sur le site internet de la Commission Médicale de la FFS. Des études sur leur utilité en situation réelle seront cependant nécessaires.

Mots clefs : grotte, sports, spéléologues, infection, chiroptères, histoplasmosse, leptospirose, rage

ABSTRACT

Speleology is the underground environment science. It is also a physical activity which is practiced in a special environment : constant temperatures, no light, high hygrometry levels... The underground world, which is thought to be dark and motionless, shelters a large number of living beings and microorganisms. Some infectious diseases are well-known, such as histoplasmosis. However, the microbiological studies evolution and the worldwide development of caving make necessary the update of the speleological infectious risk. This narrative review used the databases of Pubmed, Scopus and of the Medical Commission of the French Speleology Federation. 57 documents were included and an synthesis was made about the infectious diseases, their epidemiology, their means of prevention, diagnosis and treatment. We shall make a difference between the proven risk (recognised cases of contamination in the underground environment : histoplasmosis, leptospirosis, tick-borne relapsing fever, Marburg virus...) and possible risk (microorganisms found in underground environment : rabies, coronavirus, borreliosis, leishmaniasis, Chagas disease, underground rivers pollution, opportunistic germs...). This narrative review is used as a database for a simple and attainable synthesis of the caving infectious risk. Two data sheets have been created, destined to the cavers and their GPs. They have been evaluated by the FFS doctors, by an online questionnaire. The cavers' sheet was « very relevant » for 85,7% of the answers. The GPs' sheet was « very relevant » for 87,5% of the answers. The two sheets will be available with the narrative review online (Medical Commission of the FFS website). More studies are needed to evaluate their usefulness in real conditions.

Key words : cave, sports, cavers, infection, bats, histoplasmosis, leptospirosis, rabies