Colled Infos

2022 - N°62





Fédération Française de Spéléologie commission médicale

La CoMed au Congrès UIS Le Bourget-du-Lac Juillet 2022



Commission médicale FFS

SOMMAIRE

Le Congrès vu depuis la CoMed

Les communications du 19^e Symposium *Médecine & santé*

Les excursions



Le site de Technolac Université Savoie Mont-Blanc (Photo G. Valentin)





Le Congrès 2022 de l'UIS vu depuis la CoMed

Dr Jean-Pierre Buch

Un évènement qui restera dans les mémoires

Pour une aventure ce fût une aventure!

1953. Cette date ne va pas parler à beaucoup de monde, déjà 69 ans passés. On oublie tout de suite les remarques éroticoscabreuses bien spéléo à propos de ce chiffre 69, pour se concentrer sur cette année 1953.

C'est le premier congrès international de spéléologie qui aura lieu à Paris, car la plupart des pays participants étaient européens à ce moment.

Pour mémoire, la FFS ne sera créée qu'en 1963 à Millau, par la fusion entre le Comité National de Spéléologie et la Société Spéléologique de France.

Le président de la République en 1953 était Hubert Auriol... Oui, je sais, pour la plupart d'entre vous c'était encore le Moyen-Âge, voire même le Néolithique diront certains...

Depuis cette date, 53 pays ont rejoint l'UIS, Union Internationale de Spéléologie, créée en 1965 lors du quatrième congrès à Postojna en Yougoslavie (encore une référence historico-géographique inconnue pour beaucoup).

Le français Bernard Gèze en sera le premier président.

Ce congrès se réunit tous les quatre ans, calé sur l'olympiade.

Les congrès de l'UIS depuis sa création se sont tenus dans les villes suivantes : 1953 Paris (France), 1958 Bari (Italie), 1961 Vienne (Autriche), 1965 Postojna (Yougoslavie), 1969 Stuttgart (Allemagne), 1973 Olomouc (Tchécoslovaquie), 1977 Sheffield (Grande-Bretagne), 1981 Bowling Green (États-Unis), 1986 Barcelone (Espagne), 1989 Budapest (Hongrie), 1993 Pékin (Chine), 1997 La Chaux-de-Fonds (Suisse), 2001 Brasilia (Brésil), 2005 Athènes-Kalamos (Grèce), 2009 Kerrville (États-Unis), 2013 Brno (République tchèque), 2017 Sydney (Australie), 2021 reporté à 2022 Le Bourget-du-Lac (France).

On peut constater que la très grande majorité a eu lieu en Europe, les seules exceptions étant les USA, la Chine, le Brésil et l'Australie.

L'année 2021 devait donc voir le 18^e congrès se réunir et la FFS s'était portée volontaire pour l'organiser. C'était son retour en France pour la première fois depuis 1953.

Pour Jean-Noël Dubois et moi c'était une première. Mais pour Guy Valentin c'était son deuxième congrès UIS. Il avait participé au 8° congrès, du 18 au 24 juillet 1981, à *Bowling Green* (Kentucky, USA), où il avait présenté une communication de France Guillaume, qui n'avait pas pu s'y rendre, sur *La médicalisation des secours spéléologiques en France. Le point en 1980*. Au passage il avait fait une incursion dans *Mammoth Cave*...

Mais les cieux (ou qui vous voulez selon vos goûts personnels) en ont décidé autrement. Vous devinez évidemment tous pourquoi ce congrès 2021 s'est transformé en congrès 2022... Précisons alors pour les générations futures qui s'intéresseront encore à cette période, que c'est la pandémie mondiale liée à la Covid-19 qui est responsable de ce report. Encore que 2022 ne soit pas délivré, libéré pour autant de ce fichu virus, puisqu'apparemment un cluster Covid a touché un certain nombre de personnes pendant et après le congrès...

Ce congrès 2022, était initialement prévu dans la bonne ville de Lyon, ancienne capitale des Gaules, siège actuel de la FFS. Mais cela aussi était amené à changer, tant qu'on y était.

Le congrès s'est donc retrouvé au Bourget-du-Lac, en Savoie.

L'environnement y est autrement plus attrayant que Lyon, n'en déplaise aux mangeurs de bouchons (précisons aux non-comprenants que l'on parle ici de restaurants typiques et de gastronomie « lourde » et pas de ce trivial objet en liège...).

Comme son nom l'indique, cette bourgade est riveraine du Lac du Bourget, plus grand lac glaciaire de France, autrefois loué par Lamartine (précisons aux non-comprenants que l'on parle ici de louanges et non de contrat de location...), proche de Chambéry, capitale historique des Ducs de Savoie, et d'Aix-les-Bains, grande ville thermale connue déjà des Romains et que la Belle Époque rendra célèbre.

Terminons par les paysages aux alentours : au nord-est du lac, Annecy se profile, à l'est le massif des Bauges et le Mont Revard, à l'ouest le Mont du Chat et sa dent pointue, au sud Chambéry et le Mont Granier, et bientôt la Combe de Savoie et le Grésivaudan.

Pour un spéléologue cela peut représenter une certaine idée du bonheur, qui cependant se mérite car les réseaux sont assez exigeants et techniques.

À deux pas on trouve la Chartreuse et le Vercors et pour les allergiques au calcaire, le massif de Belledonne...

Lamartine avait bien raison en proclamant :

Ô temps, suspends ton vol! et vous, heures propices,

Suspendez votre cours!

Laissez-nous savourer les rapides délices

Des plus beaux de nos jours!

Ah que c'est beau tout ça...! J'en ai encore des frissons!

Mais revenons à nos moutons ou à nos marmottes ou à nos niphargus.

La FFS, Fédération Française de Spéléologie, est donc organisatrice de ce dix-huitième congrès, pour le compte de l'UIS, le deuxième en France depuis celui de Paris. Tout était en ordre en 2021, mais la décision de reporter le congrès, prise par l'UIS et la FFS, est survenue au printemps 2021.

Cela donnait une année de plus pour nous préparer.

Tout au long de l'année se sont constituées les équipes de bénévoles (jusqu'à 250 personnes qui sont intervenues sur le site) et pour ce qui nous concerne, les programmes scientifiques. De nombreuses réunions ont émaillé les années 2021 et 2022.

Le lieu du congrès

Un campus universitaire, celui de Savoie-Technolac, où est basée l'université Savoie Mont-Blanc, situé presque au bord de l'eau et longé par l'aéroport de Chambéry-Savoie. Nous avons pu profiter de leurs installations, amphithéâtres, restauration, salles d'exposition, etc.

Un campus aéré, un peu labyrinthique au prime abord, les activités étant dispersées dans nombre de locaux et bâtiments. Pas toujours facile de s'y retrouver, ça allait mieux sur la fin, mais il y a plein de choses que nous n'avons pas vu...

Tous les stands d'exposants étaient regroupés dans l'espace sportif Émile Allais, vaste gymnase. Le stand CoMed avait sa place déterminée, que l'on a dû échanger une fois installé, dès le premier jour, pour un espace plus périphérique mais plus grand.

Banderole, windflag, les plaquettes, les bulletins et des volontaires à mettre derrière...

Pour la petite histoire, l'échange s'est fait avec un stand vendant la cuvée FFS de vins et bières... Pendant quelques jours, le stock de ces breuvages était juste derrière nous et nos plaquettes contre les addictions, vous pouvez imaginer les commentaires des visiteurs...!!

Notre symposium médical se déroulera toute la matinée du vendredi 29 juillet, dans l'amphithéâtre Aravis situé dans le bâtiment de l'IUT.

Le bâtiment le plus proche était l'Accueil du congrès, ruche en perpétuelle agitation, la restauration était beaucoup plus lointaine, pas loin des *foodtrucks* et du chapiteau prévu pour le repas de gala.

Les parkings étaient nombreux. Par contre le campus est un lieu agréable mais plutôt vide en cette saison et le village du Bourget était naturellement en dehors.

Dans l'ensemble, nous n'avons guère profité des conférences, on ne pouvait pas tout faire... Les expositions des photos et des topographies étaient remarquables.

Les travaux du congrès

Vingt symposiums avec 640 communications étaient prévus. Tout ce qui pouvait s'étudier dans le milieu souterrain était présent et faisait l'objet de la Conférence scientifique.

Finalement se seront 485 communications orales et 51 posters qui seront présentés durant le congrès.

Vous trouverez bien d'autres chiffres dans le Spelunca n°167-2022, bulletin spécial consacré au congrès.

Les symposiums étaient classés ainsi :

- 1, Karst, patrimoine et ressources
- 2, Spéléologie et explorations
- 3, Dépôts karstiques
- 4, Géomorphologie et spéléogenèse
- 5, Hydrogéologie karstique, physico-chimie des eaux
- 6, Climatologie souterraine
- 7, Biologie, vie souterraine
- 8, Archéologie et paléontologie en grottes
- 9, Topographie, cartographie 3D, documentation
- 10, Histoire de la spéléologie
- 11, Pseudokarst
- 12, Spéléologie glaciaire
- 13, Cavités artificielles
- 14, Volcanospéléologie
- 15, Enseignement de la spéléologie, matériels et techniques
- 16, Le secours spéléologique
- 17, Plongée souterraine
- 18, Approches socio-économiques
- 19, Médecine et santé
- 20, Année internationale des grottes et du karst

On le voit, l'approche était riche et diversifiée, témoignant que la spéléologie est une activité extrêmement polyvalente, sportive bien sûr, mais aussi scientifique, environnementale et sociétale.

Du côté de la CoMed, nous avions le symposium numéro 19, Médecine et Santé, avec neuf communications et un poster.

Notre poster, affiché à l'entrée de l'amphithéâtre, exposait la liste de tous les travaux menés par la CoMed depuis sa création en 1979.

Après une rapide introduction, les communications étaient par ordre de présentation :

- La bilharziose en canyon (Jean-Noël Dubois);
- Fractures et luxations en spéléo (Guillaume Séchaud, France Rocourt);
- Profil du médecin en secours spéléo (Guillaume Séchaud, France Rocourt);
- L'exposition au radon en spéléologie. Actualisation 2020 (Jean-Pierre Buch, Cécile Morvant);
- Risques toxiques en spéléologie minière (Jean-Pierre Buch);
- Pratique de la cardiofréquencemétrie en spéléologie et canyonisme (Jean-Noël Dubois, Patrick Guichebaron, Jean-Pierre Buch);
- Deep Time, méthodologie pour une expérience hors du temps ? (Christian Clot, Jérémy Roumian, Stéphane Besnard) ;

- Speleotherapy: mechanism of influence, assessment of suitability of underground objects for medical use (Ivan S. Lemko, Iuri Simionka, Andrij A. Mayor), avec présentation en français par Jean-Pierre Buch;
- Artificial analogies of speleotherapy and their medical use (Olha I. Lemko) avec présentation en français par Jean-Noël Dubois.

Vous trouverez ci-après les textes de ces communications, dans le même ordre, en commençant par le poster.

Les deux dernières communications venaient d'auteurs ukrainiens. En raison de la guerre en Ukraine, ces auteurs n'ont pas pu venir les présenter eux-mêmes. Nous nous sommes donc chargés de le faire en leur nom et avec leur autorisation. C'était d'autant plus important pour nous que la spéléothérapie est un domaine très mal connu en Europe occidentale en général et chez nous en particulier. Nous avons laissé les textes originaux en anglais, mais nous avons adjoint une traduction française en complément pour que ce sujet soit accessible à tous. La traduction a été faite grâce à Google Translate. Nous avons ensuite relu et adapté certains termes ou tournures de phrases, mais nous laissons chacun se faire son opinion sur la qualité de cette traduction qui espère être fidèle à l'original.

Dernière précision, ces textes sont publiés dans les Actes du congrès, tome 6. L'intégralité des actes du congrès est accessible sur le site de l'UIS: https://uis-speleo.org/index.php/proceedings-of-the-international-congress-of-speleology-ics/ »cs.

Chaque présentation était calibrée sur une durée de dix à quinze minutes, suivie d'un temps d'échange avec la salle. Le public a compté environ quarante personnes, ce qui est honorable pour des sujets qui ne passionnent pas forcément les pratiquants.

Se sont partagés les présentations pour la CoMed, JP. Buch, JN. Dubois, P. Guichebaron.

F. Rocourt a enrichi les échanges de son immense expérience à propos de la médicalisation des secours qui était présenté par notre confrère Guillaume Séchaud, G. Valentin s'est chargé des photos souvenirs et de la logistique de la semaine.

Nous ferons connaissance avec Bernard Gauche, venu assister à notre symposium. Éminent plongeur spéléo à qui l'on doit la jonction gouffre de Padirac – résurgence de la Finou en 1996, puis Padirac – résurgence de St Georges en 2014 avec Clément Chaput comme plongeur. Médecin anesthésiste-réanimateur désormais retraité, il est aussi un des trois médecins référents du SSF.

Le stand CoMed

Comme dit précédemment, nous étions au rendez-vous de cet évènement. Nous avions amené la totalité du stock de plaquettes de prévention. Ce qui nous a permis au passage de donner un large échantillon de plaquettes pour la *Maison de la spéléo* en Belgique. De nombreux échanges et prises de contact comme toujours. Nos plaquettes semblent de mieux en mieux connues par les pratiquants français, c'est un point très positif.

Le stand a été tenu du dimanche 24 au samedi 30 juillet, au maximum de nos disponibilités. Lors de certains moments d'absence, nos sympathiques voisins de stand, Alain Dole, qui vendait son livre sur l'Abbé Bernard Abadie (célèbre spéléologue pyrénéen), et son épouse, nous remplaçaient et prenaient les messages. Merci à eux.

Au passage, nous faisons connaissance avec Jean-François Delhom, photographe et canyoniste suisse, auteur du livre « Défaillance humaine en canyon », qui nous a autorisé l'usage de certaines de ses photos pour illustrer nos publications à venir sur la leptospirose, ce dont nous le remercions. Ce livre nous a par ailleurs inspiré le travail sur le facteur humain en spéléologie.

Ont tenu le stand JP. Buch, JN. Dubois, G. Valentin, B. Aloth (venue passer deux jours pleins pour le stand), L. Tual, O. Demirel, P. Guichebaron.

Les excursions

Comme tout congrès il y avait une partie terrain avec de nombreuses options possibles. Trois sorties ont été faites, qui sont détaillées à la fin de ce bulletin.

Conclusion

Après une longue préparation étalée dans le temps, un congrès dense et un séjour ensoleillé et très chaud, le bilan est très positif. C'était un grand moment à vivre, qui ne reviendra pas de sitôt sur notre territoire. Nous sommes heureux d'y avoir participé et d'avoir contribué à la place de la FFS et à celle de la CoMed dans le monde spéléo/canyon.

Maintenant nous pouvons retourner dans nos pénates et reprendre nos travaux.

Un dernier mot, médical celui-là.

La permanence médicale du congrès était assurée par Jean-François Fage (médecin) et Clotilde Collin (infirmière), dont nous récupérons les coordonnées immédiatement...

Loïc Tual assurait également les urgences mais le stand CoMed était le plus souvent sollicité en cas de problème, alors que nous n'avions rien sous la main... Nous aurons vu passer des piqûres de guêpes, un peu de traumatologie et surtout une urgence qui nous mobilisera un bon moment, une luxation de prothèse de hanche...

Enfin, nous ferons une réunion CoMed le mardi 26 juillet avec onze présents, ce qui était inespéré (voir le compte rendu qui sera publié dans le CoMed-Infos n°63).

Au rayon des satisfactions (la *CoMed-pride...*), nous apprenons que la commission médicale de la FFS serait très appréciée de nos amis espagnols en raison du sérieux de nos travaux !

Et cerise sur le gâteau, les T-shirts CoMed ont fait sensation !! Nous avons porté les T-shirts blancs le mardi et les oranges le vendredi. De nombreuses personnes les ont remarqués, sont venus nous féliciter et nous demander où l'on pouvait se les procurer (dommage... !). Même le SSF a fait leur éloge... !





En haut le premier stand

En bas le deuxième stand



Fédération française de spéléologie Commission médicale

Jean-Pierre BUCH (1)

(1) Médecin fédéral national FFS, président de la commission médicale FFS

Résumé

Ce texte retrace les principaux travaux de la Commission médicale FFS depuis sa création en 1979 jusqu'à l'année 2019, soit quarante ans de publications.

Abstract

This text traces the main work of the FFS Medical Commission from its creation in 1979 until the year 2019, so what's forty years of publications.

Resumen

Este texto traza el trabajo principal de la Comisión Médica FFS desde su creación en 1979 hasta el año 2019, es decir, cuarenta años de publicaciones.

1. Introduction

Créée en 1979, la Commission médicale de la FFS, dénommée **CoMed**, a fêté récemment ses quarante ans d'existence. Son comité technique compte treize membres (onze médecins et deux paramédicaux).

Depuis sa création, de nombreux travaux ont été réalisés. Un index complet de ces travaux a été réalisé en

2019, totalisant 622 publications, touchant de nombreux sujets.

De 1979 à 2000, la médicalisation des secours a tenu une place importante dans ces travaux, puis, progressivement, ceux-ci se sont élargis à des problématiques médicales désormais très variées, que nous présentons ci-après.

2. Les travaux de la CoMed

La médicalisation des secours

C'est un concept élaboré en collaboration avec le Spéléo-Secours Français (SSF). L'évacuation d'une victime peut prendre plusieurs jours. Durant cette période il faut assurer sa survie dans les meilleures conditions possibles.

Le montage d'un « point chaud » permet de prodiguer les soins urgents sur place par un médecin ou un infirmier connaissant les caractéristiques du secours en milieu souterrain et de soutenir la victime dans l'attente de son évacuation vers la surface (alimentation, hydratation, chauffage, confort psychique).

Ce concept est maintenant bien codifié et ancré dans les pratiques.

La médicalisation reste cependant un sujet d'actualité, désormais du domaine des urgentistes hospitaliers, souvent étrangers au milieu spéléologique.

Le Syndrome d'épuisement

Associant hypothermie, hypoglycémie et déshydratation, ce syndrome peut être mortel. Les travaux sur sa prévention et la médicalisation des secours ont permis de le faire quasiment disparaître.

Le Syndrome du harnais

Cause de plusieurs décès sur corde, ce syndrome interroge encore les milieux médicaux sur sa physiopathologie. La CoMed a réalisé le premier travail expérimental en laboratoire en 1984 et édicté la règle du décrochage d'urgence en cas de perte de connaissance sur corde, règle inchangée depuis.

Les pathologies infectieuses

- L'histoplasmose: cette maladie emblématique de la spéléologie liée au guano de chauve-souris, est heureusement rare et concerne les expéditions en zone contaminée (grottes chaudes);
- La leptospirose: plus spécifique du canyonisme, mais que l'on peut rencontrer également en spéléologie et en plongée, ainsi qu'en expédition. Une grande étude sur sa séroprévalence chez 497 pratiquants n'a pas permis de mettre en évidence des anticorps spécifiques en dehors des personnes vaccinées pour des raisons professionnelles;

- <u>La bilharziose</u>: des cas de cette maladie exotique sont apparus récemment dans un canyon corse;
- <u>La maladie de Lyme</u>: une revue des aspects médicaux et des recommandations pour sa prévention;
- Les agents pathogènes en milieu souterrain: un travail d'inventaire colossal a été fait, montrant que le risque infectieux est bien présent dans nos pratiques, ce qui ne semblait pas évident de prime abord;
- <u>La rage et les chiroptères</u>: les chauve-souris sont porteuses de nombreux agents pathogènes pour l'être humain, mais les contaminations restent potentielles;
- <u>Le coronavirus</u>: la commission a accompagné la politique fédérale pour le confinement puis le déconfinement et l'actualité du risque sanitaire. Des chroniques de confinement ont été publiées hebdomadairement durant cette période.

Les pathologies générales

- Le diabète insulino-dépendant: une étude réalisée avec un groupe de patients lors de sorties en grotte a montré qu'un patient diabétique de type 1 pouvait pratiquer la spéléologie, moyennant un certain nombre de précautions;
- <u>L'asthme</u>: une étude faite en spéléologie auprès d'adolescents asthmatiques placés en lycée climatique a montré que l'asthme n'était pas une contre-indication à la pratique, mais pouvait même être conseillée en raison des caractéristiques du milieu, dans la mesure où la pathologie est équilibrée;
- <u>La mortalité cardiovasculaire</u>: des décès du type « mort subite » sont apparus en spéléologie à partir des années quatre-vingtdix. L'étude rétrospective a été difficile par absence de données médicales concrètes, mais l'étiologie cardiaque a été retenue comme très probable;
- Les prothèses articulaires: une enquête auprès des pratiquants a retrouvé essentiellement des prothèses de hanche et de genou. Pour la hanche, la reprise de l'activité est très majoritaire et sans déficit notable. Pour le genou la reprise est majoritaire mais à un taux plus faible avec des séquelles plus importantes;
- <u>Le cancer</u>: une enquête auprès des pratiquants a montré que la reprise d'activité était majoritaire, sans limitation notable le plus souvent;
- La cardiofréquencemétrie: suite aux décès compatibles avec une mort subite et au vieillissement des pratiquants (moyenne d'âge de 43 ans en 2019), des enregistrements du rythme cardiaque en continu lors d'explorations spéléologiques et de descentes de canyon (200 enregistrements) ont confirmé la sollicitation cardiaque liée au profil d'effort

très particulier de ces activités. Le canyon est relativement peu sollicitant (hors marche d'approche et marche en rivière), contrairement à la spéléologie où le rythme cardiaque peut atteindre (voire dépasser) la fréquence maximale théorique (FMT). Des recommandations ont été faites en conséquence comme ne pas dépasser 80 % de la fréquence maximale théorique.

La toxicologie

- <u>La toxicité des ga</u>z : monoxyde et dioxyde de carbone, bien connus en milieu souterrain, ont été abordés à de multiples reprises ;
- <u>L'exposition au radon</u>: un très vaste travail a été réalisé en 2005 et actualisé en 2020 suite à une réglementation évolutive. Cette exposition à un gaz cancérogène risque de modifier profondément nos pratiques à l'avenir, en particulier pour les professionnels, qu'ils soient guides ou employés dans une cavité aménagée pour le tourisme;
- Les risques toxiques en spéléologie minière:
 cette discipline est devenue une pratique à part entière. Il est nécessaire de connaître les toxiques présents liés à l'exploitation industrielle passée, comme les métaux (plomb essentiellement) ou la silice, afin de prévenir toute intoxication ou risque médical;
- <u>Le risque amiante en Corse</u>: phénomène unique en France, quelques cavités contiennent des filons d'amiante native.

Les expéditions

Les risques sanitaires des expéditions et leur prévention ont été largement abordés.

Certains comptes rendus médicaux d'expédition fournissent un bon retour d'expérience.

Le psychisme

- <u>Le stress</u>: une enquête a montré que la perception du stress est bien présente chez les pratiquants et que ce stress est le plus souvent bien analysé et géré;
- <u>L'enquête Psychospéléologie</u>: elle a exploré les motivations psychiques de la spéléologie et ses effets bénéfiques pour la construction de soi;
- <u>Dopage et addictions</u>: un travail de sensibilisation sur ces deux problématiques bien distinctes mais qui peuvent se rejoindre;
- <u>La psychomotricité</u>: cette discipline donne un regard très original sur la spéléologie, complètement méconnu des pratiquants, remontant à la vie fœtale et à la petite enfance.

Le certificat médical

Mission importante de la commission médicale, le certificat médical a été réactualisé depuis son obligation légale annuelle en 2016. Il n'y a pas de contre-indication formelle à la pratique de la spéléologie et du canyonisme (la plongée étant un cas particulier), mais toute pathologie doit être suivie et équilibrée, le pratiquant

doit être éduqué à sa pathologie et pratiquer ses activités avec responsabilité et lucidité

Spéléo & canyon pour tous

La commission médicale a participé à ce travail fédéral qui rend accessible la spéléologie et le canyonisme à toute forme de handicap: physique, psychique, sensoriel, psychosocial mais aussi à toute pathologie chronique potentiellement invalidante.

Sport santé

Ce concept a été développé par le CNOSF, Comité National Olympique Sportif Français. Le sport est un facteur de prévention, d'accompagnement et de réhabilitation pour toute personne, qu'elle soit en bonne santé ou porteuse de pathologies.

3. Les publications de la CoMed

Les publications périodiques.

- *La Feuille de liaison*, de 1980 à 2010, avec deux numéros par an, transmettant les informations aux membres de la commission, émaillée d'articles courts. Elle prend fin en 2010.
- *CoMed-Infos* a pris la relève depuis 2010, avec des articles de fond et les comptes rendus de réunions de la

Les plaquettes de prévention

Actuellement, 17 plaquettes ont été publiées et présentées sur les congrès.

Les sujets traités sont : la déshydratation, l'hypoglycémie, l'hypothermie, le Syndrome d'épuisement, le Syndrome du harnais, les expéditions à l'étranger, les vaccinations, les addictions, spéléo &

Le site internet de la CoMed http://comed.ffspeleo.fr/

Les travaux et publications de la commission sont téléchargeables sur notre site.

On y trouve également des réponses aux questions les plus fréquentes sur nos activités, un lexique des termes médicaux et techniques utilisables en secours (français, anglais, espagnol) et un index complet des publications de la CoMed depuis sa création.

Ce concept s'applique plus difficilement à la spéléologie et au canyonisme, mais une réflexion est en cours dans ce sens.

Les projets de la commission

- Un livre sur la médecine en spéléologie, canyonisme et plongée souterraine;
- Les accidents de plongée;
- Travail sur une fiche de retour suite à accident/incident;
- Plaquettes sur le stress post-traumatique et la conduite à tenir en cas d'accident;
- Synthèse sur le risque infectieux ;
- Le facteur humain en spéléologie;
- Protocoles infirmiers de gestion de la douleur.

commission. Il y a un numéro par an, reprenant les travaux de l'année.

- *L'Écho du stétho*, créé en 2010, deux à quatre numéros par an, est une *newsletter* adressée à une liste de diffusion réunissant plus de 120 professionnels médicaux et paramédicaux.

canyon pour tous, le canyonisme (en collaboration avec l'École Française de Canyon - EFC), Spéléo et canyon au féminin, la toxicité des gaz, le certificat médical, la plongée souterraine (en collaboration avec l'École Française de Plongée Souterraine - EFPS), les séniors, la trousse de secours, la nutrition.

Elles sont toutes téléchargeables sur le site de la CoMed.







Figure 2 : les différentes publications de la CoMed : CoMed-Infos La Feuille de liaison historique L'Écho du Stétho



Figure 3 : la page d'accueil du site internet de la CoMed

La bilharziose en canyon

Dr Jean-Noël DUBOIS

Comité technique Commission Médicale FFS, coordonnateur Pôle Santé Secours FFS

Résumé

Leptospira, Escherichia coli sont des hôtes autochtones potentiels des canyons, mais un nouveau résident est apparu en Corse en 2014. Au retour de vacances, des toulousains et des touristes allemands, ont eu la surprise de voir leur urine se colorer en rouge... Le diagnostic de bilharziose urogénitale est finalement posé. Ils avaient tous séjourné durant l'été 2013 dans le même camping en Corse-du-Sud et s'étaient baignés dans la rivière du Cavu. Le responsable fut identifié, Schistosoma haematobium, d'origine sénégalaise. Maladie considérée comme tropicale, on la pensait éradiquée des zones tempérées. Réservoir humain local ou touristes à l'origine de cette réinfestation ?

La Corse, un paradis du canyonisme! alors quelques précautions s'imposent... Un canyon au débit régulier avec une eau tempérée ne présente aucun risque, mais soyons vigilants en cas de vasques d'eau croupie ou simplement stagnante bien ensoleillée avec présence de végétation. La combinaison néoprène est une protection efficace mais en été en Corse, on est souvent en *shorty*.

Au cas où vous uriniez du sang quelques semaines ou mois après une baignade en zone à risques, pensez à le signaler à votre médecin.

Moralité : ce n'est pas bien de faire pipi dans l'eau!

Abstract

Bilharzia in canyon. Leptospira, Escherichia coli are potential native hosts of the canyons, but a new resident has appeared in Corsica in 2014. On returning from holidays, Toulouse inhabitants and German tourists were surprised to see their urine turning red... The diagnosis of urogenital bilharziasis was finally made. They had all stayed during the summer of 2013 in the same campsite in South Corsica and had bathed in the Cavu river. The person responsible was identified, Schistosoma haematobium, of Senegalese origin. A disease considered tropical, it was thought to have been eradicated from temperate zones. Local human reservoir or tourists at the origin of this reinfestation?

Corsica, a paradise for canyoning! So a few precautions are necessary... A canyon with a regular flow of temperate water does not present any risk, but be vigilant in case of pools of water that are stagnant or simply stagnant and very sunny with the presence of vegetation. The neoprene suit is an effective protection but in summer in Corsica, we are often in shorty.

If you urinate blood a few weeks or months after swimming in a risk zone, remember to report it to your doctor. Morality: it's not right to pee in the water!

1. Introduction

La bilharziose est une maladie parasitaire, causée par un ver plat le schistosome, contractée lors de baignades en eau douce. Maladie considérée comme tropicale, touchant 200 millions de personnes et 76 pays dans le monde (150 000 morts par an). On la pensait éradiquée des zones tempérées, les derniers cas observés l'ont été au Portugal

en 1920, mais elle a fait sa réapparition en 2014 en Corse! Qui dit Corse, dit paradis du canyonisme, alors quelques précautions s'imposent...



Figure 1, Le Cavu (Corse-du-Sud), cliché JN Dubois

2. Schisto, le retour...

2014, quelques mois après leur retour de vacances, un père et sa fille de 4 ans, habitant Toulouse, ont la désagréable surprise de voir leur urine se colorer en rouge... Le diagnostic de bilharziose urogénitale est finalement posé. Concomitamment, on retrouve les mêmes symptômes dans deux autres familles et chez des touristes allemands à Düsseldorf. Revenaient-ils ensemble d'un voyage organisé en Afrique ou dans la Péninsule arabique, non! ils avaient séjourné durant l'été 2013 dans le même camping en Corse-du-Sud, près de Porto-Vecchio et s'étaient baignés dans la rivière du *Cavu* (Fig.1). Une

enquête était diligentée auprès des baigneurs potentiels, 110 cas de recensés, le responsable fut rapidement identifié, *Schistosoma haematobium* (Fig.2), d'origine

sénégalaise, parasite à l'origine de la bilharziose urogénitale en Afrique subsaharienne et dans la Péninsule arabique. Que faisait-il là ?

Figure 2, Schistosoma haematobium © Loker laboratory/University of New Mexico



3. Un peu d'histoire et d'étymologie

On doit la découverte du parasite à un médecin allemand, Theodor Maximilian Bilharz, né le 23 mars 1825 à Sigmaringen et mort le 9 mai 1862 au Caire, à l'âge de 37 ans, des suites d'une fièvre typhoïde après avoir soigné la duchesse de Saxe atteinte de la même fièvre. Il fut l'un des précurseurs de l'infectiologie scientifique.

C'est en 1851 que Bilharz a découvert et a décrit l'organisme responsable de la bilharziose, *Distomum haematobium*, appelé plus tard *Schistosoma haematobium*.

Le schistosome doit son nom au grec ancien *skhistos* (« fendu ») et *sôma* (« corps »), car accouplés en permanence, ces vers paraissent fendus à l'observation. Le genre schistosome comporte plus de trente espèces dont six sont pathogènes pour l'Homme, nous allons développer celui rencontré en Corse, *Schistosoma*

haematobium, responsable de la forme urogénitale. Les

autres espèces sont responsables de formes intestinales,

4. Cycle du parasite

Le parasite suit un cycle complexe (voir encadré *Les Transformistes*) avant son installation dans le corps humain. Les œufs du parasite sont en effet excrétés par voie urinaire et éclosent dans l'eau. La larve trouve alors refuge dans un hôte intermédiaire, en l'occurrence un escargot d'eau douce, le bulin *Bulinus truncatus*. Le parasite le quitte sous forme de furcocercaires, prêts à contaminer d'autres baigneurs, dans le corps desquels il atteindra le stade adulte et où la femelle pourra pondre ses œufs.

Phases de la maladie (Fig.3)

Le mécanisme de constitution de la maladie est intéressant à connaître, car il s'agit d'une aberration de la nature. En effet, la femelle adulte pond des œufs après avoir été fécondée par le mâle. Ces œufs sont éliminés pour une

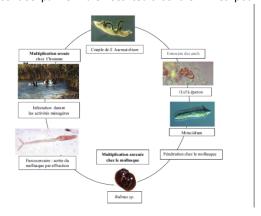


Figure 3, le cycle de vie de Schistosoma haematobium (Djuikwo Nouboue Félicité Flore, original p.27)

moitié environ dans les urines du malade (il faut en effet que ces œufs retournent à l'eau douce pour que le cycle puisse se faire).

Malheureusement, l'autre moitié environ des œufs

traversent les parois des vaisseaux et des organes creux provoquant ainsi des microsaignements expliquant le sang dans les urines. Un certain nombre d'entre eux reste bloqué dans les tissus. Ils sont à l'origine d'une



Figure 4, œuf de Schistosoma haematobium (Wikipédia)

réaction inflammatoire toujours génératrice de rétractions

cicatricielles des organes contaminés. Par exemple, les œufs de *Schistosoma haematobium* (Fig.4) peuvent provoquer un resserrement de l'orifice de la vessie entraînant une stase urinaire. Ils peuvent se calcifier et constituer ainsi une vessie rigidifiée.

Phase de contamination

rectales ou artério-veineuses.

Elle correspond à la pénétration des furcocercaires. Elle peut entraîner un tableau de « dermatite des nageurs » (érythème cutané allergique) survenant 15 à 30 minutes après le bain infestant mais est quasiment toujours absente en cas de bilharziose uro-génitale.

Phase d'invasion toxémique

Elle est contemporaine de la migration et de la maturation des parasites dans la circulation sanguine. Elle peut être marquée par un malaise général : asthénie, fièvre, céphalées, anorexie (fièvre des safaris) accompagné de troubles d'ordre allergique (démangeaisons, douleurs musculaires et articulaires...).

Phase d'état

Elle est en rapport avec la localisation des pontes des femelles. Dans le cas de la bilharziose urogénitale, les parasites se logent dans la vessie.

- La période d'invasion est très longue (de 3 mois à 1 ou 2 ans après le bain infectant) et pratiquement sans symptômes. Un signe d'alerte: le taux de globules blancs éosinophiles pouvant atteindre 70 à 80 %.
- La période d'état débute trois mois après l'infestation, elle commence par des signes d'irritation vésicale: envies fréquentes, brûlures urétrales, douleurs vésicales. Les urines sont floconneuses puis apparait l'hématurie (élimination de sang dans les urines), d'abord microscopique, discrète, en fin de miction, augmentée par la fatigue, les excès et les épices, plus tard elle devient totale, par poussée de quelques jours, avec caillots. L'examen des urines révèle les hématies et les œufs caractéristiques.

Dans la forme intestinale les intestins sont touchés, mais surtout le foie en entraînant, au bout de nombreuses années, une cirrhose.

Dans la forme artério-veineuse, la phase d'état est fréquemment grave, marquée d'emblée par une atteinte du foie et de la rate, une jaunisse, des hémorragies digestives, de l'œdème... En l'absence de prise en charge précoce, le pronostic est sombre.

Phase de complications

Elle correspond à la rétention des œufs. L'évolution de la bilharziose urogénitale en pays d'endémie se fait vers les complications :

• urinaires, la vessie se calcifie puis les voies urinaires

sont dilatées entraînant une destruction du rein ;

 génitales, atteignant 30 % des malades et conduisant à l'impuissance chez l'homme et la stérilité chez la femme.

5. Diagnostic

Le diagnostic devra être suspecté chez toute personne revenant d'une zone d'endémie bilharzienne et l'interrogatoire devra rechercher la notion d'une possible contamination (bain dans un marigot, un lac d'eau douce...). Il sera évoqué devant une émission de sang dans

les urines et une augmentation des globules éosinophiles. Les examens complémentaires suivants doivent être pratiqués : examen des urines (on retrouve la présence de sang et d'œufs à la période de maturation), cystoscopie, tests sérologiques.

6. Traitement

Toute bilharziose évolutive doit être traitée afin d'éviter le risque de complications. Le traitement ne doit pas être commencé en phase d'invasion car il peut aggraver la

symptomatologie. Le traitement actuel repose sur le praziquantel (Biltricide®), efficace sur tous les schistosomes adultes.

7. Prévention

Il n'existe pas de vaccin contre les bilharzioses. Pour les voyageurs à destination des zones à risques, la prévention repose sur le respect d'un conseil simple en théorie : éviter tout contact avec une eau douce stagnante :

 pas de baignade (même en rivière, surtout si le courant est faible), ni de marche pieds nus dans l'eau;

- port de pantalons serrés aux chevilles et de bottes si le passage dans l'eau est inévitable suivi d'un lavage soigneux avec de l'eau savonneuse ou de l'alcool;
- pas de consommation d'eau croupie...

8. Quels sont les risques réels en Corse ?

Suite à l'enquête de 2014, la baignade a été interdite dans le *Cavu*. On pensait l'épisode transitoire (l'escargot ne vit que neuf mois et le furcocercaire n'aime vraiment pas l'eau froide), mais voilà qu'en août 2015, rebelote : nouveau cas. Il est très probable que des personnes infectées en 2013 aient réensemencées le cours d'eau (les dépistages

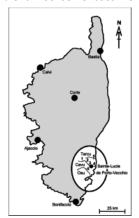


Figure 3, Carte d'après Berry A et al Schistosomiasis haematobium, Corsica, France. EID, 2014; 20:1595-1597

cours d'eau (les dépistages effectués n'ont pas permis de dépister et de traiter toutes les personnes atteintes). Les furcocercaires ont-ils survécu dans les bulins, qui pourraient survivre dans la vase ? Ou bien un réservoir humain local ou de touristes fréquentant cette rivière serait-il à l'origine de cette réinfestation.

Cependant, pas de panique pour les canyonistes, la température de l'eau doit monter à plus de 25 °C pour

> que les bulins relarguent leurs furcocercaires et ils se plaisent plutôt dans les eaux

tranquilles. Un canyon au débit régulier avec une eau tempérée ne présente aucun risque, mais soyons vigilants en cas de vasques d'eau croupie ou simplement stagnante bien ensoleillée avec présence de végétation, notamment près des rives où le débit est bien plus faible (zones à éviter car ce sont des sites où vont frayer les poissons).

La combinaison néoprène est une protection efficace mais en été en Corse, on est souvent en shorty. Voici ce que l'on peut lire d'ailleurs sur le site http://www.descentecanyon.com/canyoning/canyon/22681/Sainte-Lucie.html, à propos de la descente du Cavu : « Rando aqua familiale où l'on pourra effectuer quelques sauts n'excédant pas les 12 m dans une eau limpide et à 25 °C l'été. L'été, un casque et un shorty suffisent ... Aucune corde n'est nécessaire ». De plus, le bulin ne réside pas que dans la rivière Cavu. Les chercheurs en ont retrouvé dans trois autres sites de baignade, dont deux dans la Solenzara et dans l'Osu (Fig.5). Rien n'exclut que ces lieux puissent à leur tour donner lieu à de nouvelles séries de cas, si le parasite y survenait. À ce jour, Bulinus truncatus n'a pas été retrouvé dans des rivières métropolitaines ailleurs qu'en Corse. Il est revanche présent en Sardaigne, en Espagne et au Portugal. Au cas où vous uriniez du sang quelques semaines ou

Au cas où vous uriniez du sang quelques semaines ou mois après une baignade en zone à risques, pensez à le signaler à votre médecin.

Moralité: ce n'est pas bien de faire pipi dans l'eau!!

Mira, Furco, Schisto les transformistes

Je suis issue d'un **Œuf** que ma mère a pondu bien au chaud dans la paroi de la vessie de notre hôte humain. Un besoin pressant au bord d'une rivière par un chaud soleil d'été m'a précipité dans une vasque aux eaux bleutées. Une eau à 22-28 °C et je pouvais débuter ma transformation.

Me voilà **Miracidium**, petite larve ciliée et mobile. Il faut absolument que je trouve un mollusque pour poursuivre mon développement. Je n'ai que 24 heures devant moi. Heureusement l'eau est magnifique, je ne supporte pas les eaux polluées. Voici mon hôte, un petit escargot d'eau douce, un bulin, *Bulinus truncatus*. Là je peux continuer mon cycle, de bourgeonnement en bourgeonnement

Au bout d'un mois, aux heures chaudes de la journée, dans une eau au minimum à 25 °C, on quitte notre bulin. Nous sommes maintenant 10 000 **Furcocercaires** (Fig.6), sorte de spermatozoïde mobile dans l'eau avec une queue bifide,



Figure 4, Schistosoma haematobium, furcocercaire (Wikipédia)

9. Références

Appui scientifique et technique de l'Anses, Saisine n°2014-SA-0119

(https://www.anses.fr/fr/content/note-d%E2%80%99appui-scientifique-et-technique-de-l%E2%80%99anses-relative-au-signalement-de-casgroup%C3%A9s-de)

CONCLUSIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

1 (...)

2 (...)

3. Informer les professionnels susceptibles d'être en contact avec de l'eau (rivières, mares, lacs, etc. notamment celles de Corse) (maîtres-nageurs-sauveteurs, guides de pêche, animateurs, gérants de campings, préleveurs, moniteurs de canyonning, etc.) des modalités de transmission de la bilharziose génito-urinaire

mesurant un demi-millimètre. Petit furcocercaire n'a que 2 à 3 jours de survie devant lui, mais au bout de deux heures il commence à faiblir, il faut absolument trouver un nouvel hôte. Cette fois ce sera un Homme, comme celui que j'ai quitté quelques semaines plus tôt.

Attiré par la peau de cet humain qui batifole dans l'eau, je pénètre par effraction au niveau de sa peau, il ne sentira absolument rien. Me voilà sous la peau, j'en ai perdu ma queue et je suis devenu **Schistosomule** et je suis entraîné par la voie lymphatique dans la grande circulation pour aller m'installer dans les capillaires pulmonaires.

Nouvelle maturation, qui me permet de quitter les poumons et direction le foie en empruntant les veines du système porte. Là je me différencie en **Schistosome** adulte mâle ou femelle et au bout de deux mois, je peux envisager de me reproduire.

Femelle, je vais me loger dans le canal gynécophore du mâle, sorte de gouttière, où se produira l'accouplement. Bien accolés l'un dans l'autre, nous allons remonter la circulation veineuse à contre-courant. Je me sépare ensuite de mon mâle pour me diriger vers les fines veines de la vessie où je pourrais y déposer tranquillement mes œufs.

Il y a longtemps que mon hôte est rentré de vacances.

CHYDERIOTIS Georges, *Le point sur la bilharziose* « *Corse* », https://www.eurofins-biomnis.com/biomnis-live/lumi%C3%A8re-sur/le-point-sur-la-bilharziose-corse/#

DJUIKWO NOUBOUE Félicité Flore, Bulinus globosus et B. truncatus (Gastropoda: Planorbidae): variabilité génétique et implications dans la transmission de Schistosoma haematobium au Cameroun. Thèse de doctorat: Biologie Sciences Santé. Limoges: Université de Limoges, 2011. Disponible sur:

http://epublications.unilim.fr/theses/2011/djuikwonouboue-felicite-flore/djuikwo-nouboue-feliciteflore.pdf

DUBOIS Jean-Noël D^r, « La bilharziose ou schistosomiase », *Spelunca n°146*, pp 38-40, 2017

Fractures et luxations en spéléo

Guillaume SECHAUD (1), France ROCOURT (2)

- (1) Spéléo Secour SIsère, France, guillaume@sssi.fr
- (2) Spéléo SecourS Isère, France, francerocourt38@gmail.com

Résumé

En secours spéléo, 70% des victimes (non indemnes) présentent des lésions traumatiques. Le bilan médical objective une ou plusieurs fractures chez près de la moitié des blessés et 6% ont une luxation d'une articulation.

Si la prise en charge des fractures est bien codifiée dans les services d'urgence ou d'orthopédie c'est parce qu'elle y est quotidienne. Ouverte ou fermée, déplacée ou non, il existe un traitement orthopédique ou chirurgical, résultant des caractéristiques radiologiques de la fracture. La réduction d'une luxation ne résulte pas simplement de la traction sur le membre luxé, mais peut permettre de limiter certaines complications.

En secours spéléo, la radiographie est impossible et le délai avant hospitalisation peut être long. Ces arguments imposent une autre réflexion pour la même pathologie. « Réduire », « tracter », « immobiliser », « panser », « plâtrer »... : des petits gestes pour les témoins et des pistes de réflexion pour les équipes médicales peuvent aider à la prise de décision pour ces pathologies fréquentes...

Abstract

In cave rescue, 70% of the victims (not unscathed) have traumatic injuries. The medical check-up shows one or more fractures in almost half of the injuried and 6% have a dislocated joint.

A dayly task, the management of fractures is well codified in the emergency or orthopaedic services. Open or closed, displaced or not, there is orthopaedic or surgical treatment, resulting from the radiological caracteristics of the fracture. In cave rescue, X-ray are impossible and the delay before hospitalisation can be very long. These arguments require different approach for the same pathology. "Reducing", "pulling", "immobilising", "dressing", "plastering"...: small gestures for witnesses and ideas for medical teams can help in the decision-making process for these frequent pathologies...

1. Introduction

Les spéléologues accidentés présentent dans 58% des cas des fractures ou entorses au niveau des membres. L'extraction d'un blessé de ce milieu hostile implique de grandes difficultés en raison de l'existence de passages étroits et de l'éloignement de la victime. Parfois, des travaux d'élargissement de galeries, sont nécessaires pour faire passer la civière si elle s'avère indispensable.

Une médicalisation judicieuse doit permettre d'évaluer la gravité des blessures. Le diagnostic médical (seul un examen clinique en conditions précaires) supposé va

déterminer les conditions d'évacuation en imposant l'utilisation d'un brancard ou en restituant une certaine autonomie au blessé grâce à un traitement approprié aux conditions imposées par le milieu. La luxation est le déboîtement d'une articulation. La luxation de l'épaule est la plus courante, on l'observe fréquemment au cours de la pratique sportive, notamment spéléologique (elle représente jusqu'à 10% des accidents de spéléologie).

Les fractures et les entorses représentent les pathologies les plus fréquentes dans le milieu du sport.

2. Luxation d'épaule

L'articulation de l'épaule est formée de la tête humérale (os du bras) venant glisser dans une petite cavité de l'omoplate (la glène), le tout étant maintenu par les structures ligamentaires. C'est l'articulation la plus mobile du corps car une structure ronde (la tête humérale) s'articule avec une surface presque plate (la glène), limitant au maximum les contraintes de mouvements, mais occasionnant par le même principe une fragilité : le risque de luxation. La luxation de l'épaule correspond au déboîtement de la tête de l'humérus en dehors de la glène de l'omoplate. Le plus souvent, la tête de l'humérus se déplace vers l'avant.

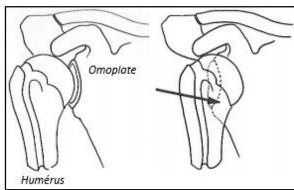


Figure 1 : Épaule normale (gauche) et luxée (droite)

En dehors des cas de laxité anormale et de luxations récidivantes, la luxation survient dans deux situations principales : soit la chute sur l'épaule ou réception sur la main en bras tendu, soit lors d'un mouvement dit en « armé » du bras (rotation externe bras en l'air). Cette dernière situation se retrouve lorsque que l'on glisse et que l'on se rattrape avec le bras sur une main-courante... Lorsqu'un spéléologue présente une laxité avec luxations récidivantes, il semble intéressant connaisse et puisse enseigner à ses partenaires d'exploration la technique de réduction qui lui convient. Si les luxations peuvent être banales et n'engendrer aucune lésion, elles peuvent également s'accompagner de fractures, de lésion de la coiffe des rotateurs et des complications vasculo-nerveuses pouvant redoutables. Certains signes permettent de faire le diagnostic : douleur, impossibilité de mobiliser l'épaule, déformation visible... Une chute ou un contact brutal direct sur l'épaule est un risque de fracture associé, tout comme le fait pour la victime d'avoir ressenti ou entendu un craquement.

Il est important de rechercher rapidement et régulièrement des signes de complications vasculaires (pouls distal, coloration des extrémités) ou nerveuses (déficit moteur, sensations anormales comme des picotements, fourmillements ou anesthésie d'une région des doigts, de la main, du poignet...). La présence d'un tel signe indique une souffrance au niveau de la luxation qu'il conviendra de lever le plus rapidement possible.

Classiquement, il est recommandé de réaliser une radiographie avant toute manœuvre de réduction afin d'éliminer une fracture associée. Dans certaines situations cependant, il n'est pas déraisonnable de procéder à une tentative de réduction douce sans radiographie : l'accident de spéléologie fait partie de ces situations puisque le délai avant radiographie est souvent très long, l'évacuation est grandement facilitée une fois l'épaule remise en place. Le risque de lésion définitive du plexus brachial (ensemble des nerfs du bras) est ainsi écarté. Le traitement d'une luxation est la réduction. Dans tous les cas cette dernière doit s'effectuer avec douceur. Il existe de nombreuses façons de procéder et nous ne les détaillerons pas ici. L'idée générale consiste en une traction douce du bras associée à un relâchement des muscles de l'épaule afin que la tête humérale reprenne sa place. Tout geste un peu trop brusque risque d'entraîner une contraction réflexe des muscles de l'épaule, occasionnant douleur pour la patient et échec de la réduction. Des procédures incluant l'hypnose du patient permettent de relâcher complètement et efficacement la musculature de l'épaule. Elles s'avèrent parfois suffisante pour réduire la luxation, sans administration de médicaments sédatifs (qui endorment). Le patient peut ainsi reprendre une mobilité (hormisl'épaulequidoitêtre immobilisée).

3. Fractures

Les fractures sont des lésions extrêmement fréquentes et diverses.

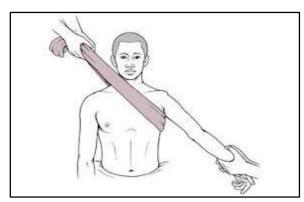


Figure 2 : Réduction par traction

Après réduction, l'épaule doit toujours être immobilisée (technique du coude au corps) afin de limiter le risque de nouvelle luxation. Pour ce faire, de nombreuses techniques sont valables, avec ou sans matériel spécifique (simple foulard, kit sous l'épaule avec sa bretelle maintenant le bras, pull/sweat-shirt en ayant nouéles manches, attelles spécifiques...).

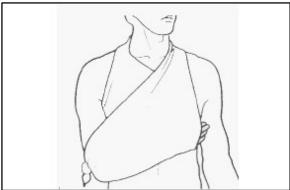


Figure 3 : Immobilisation « coude au corps »

En cas de fracture associée à la luxation (contexte de cinétique, craquement perceptible, déformation visible du bras...) il ne semble pas raisonnable d'entreprendre une tentative de réduction de l'épaule par traction sans image radiographique préalable. L'immobilisation du membre doit être minutieuse.

Dans tous les cas, la victime devra être adressée vers une structure accueillant les urgences traumatologiques pour la réalisation de radiographies et la surveillance clinique des complications exposées précédemment. Il ne convient donc pas de céder à l'envie de la victime de rentrer chez elle une fois sortie de la cavité!

Il existe également des subluxations : la tête humérale ne sort que partiellement de la glène. Dans ce cas, il conviendra de stopper l'exploration spéléologique, d'immobiliser l'épaule afin de limiter le risque de luxation complète à l'occasion d'un mouvement favorable. La victime peut alors être autonomisée pour sa remontée mais assistée pour les obstacles nécessitant l'usage des du bras en question.

Les fractures du bassin et de la colonne vertébrale font généralement suite à une chute de grande hauteur ou

un choc violent. Le risque de la fracture vertébrale est la lésion de la moelle épinière, nécessitant une prudence lors des mobilisations et une immobilisation donc le plus souvent un brancardage en civière. Les hémorragies sont fréquentes dans les fractures du bassin. Il y a un risque de décès par hémorragie du fait des délais d'intervention les fractures proximales (fémur ou humérus) et les fractures distales (en-dessous du genou et du coude). L'immobilisation restera le meilleur moyen de soulager la victime. Elle peut être mise en œuvre dès l'accident, en attendant les secours et présente de multiples objectifs : maintenir aligné le foyer de fracture (limiter les complications cutanées et vasculo-nerveuses), maintenir immobile le foyer de fracture (limiter l'œdème et les douleurs induites), retrouver une autonomie dans certains cas. Initialement sommaire réalisée par les co-équipiers ou plus tard par l'équipe ASV, elle pourra être optimisée lors de la prise en charge médicale. L'immobilisation d'un foyer de fracture nécessite de prendre les articulations sus- et sousjacentes dans le moyen d'immobilisation choisi ; la position d'immobilisation est au maximum neutre (la moins douloureuse, sans compression, point d'appui ni de trouble vasculaire ou nerveux...). L'équipe de soins choisira entre deux types d'immobilisation plâtrée: un plâtre circulaire fendu (permettant une meilleure protection du membre et donc nécessaire lors de déplacements en autonomie de la victime) et l'attelle postérieure (plutôt réservée aux secours longs avec brancardage car elle permet de réexaminer le membre). Les règles de confections des plâtres restent identiques à celles pratiquées à l'hôpital ou en cabinet (examen minutieux préalable, pas de circulaire non fendu...). Deux matériaux sont disponibles pour la confection de plâtres: les bandes plâtrées (lourd, solidité tardive, fragile à l'humidité mais confort, travail aisé de confection) et la résine (plus difficile d'utilisation, non modifiable une fois durcie mais légère, solide et résistante environnement anaérobie (risque infectieux spécifique). En parallèle il sera débuté un traitement antibiotique intraveineux (par exemple association d'amoxicilline/acide clavulanique et de gentamycine) associé à une hydratation optimale. Le déplacement du foyer de fracture expose à un risque de complications vasculo-nerveuses ou tissulaires qu'il conviendra d'évaluer. La réduction, la plus précoce possible, semble fondamentale dans les cas de déficit vasculaire et/ou neurologique. Elle se réalise à deux personnes pour maintenir et tracter légèrement l'os fracturé de part et d'autre de la fracture, sans inclure d'articulation.

Les fractures de l'humérus imposent un brancardage en civière avec le bras immobilisé en « coude au corps » et calé au mieux avec des rembourrages.

Les fractures du fémur imposent une évacuation en civière. La musculature de la cuisse induit un raccourcissement du membre fracturé, ce qui participe au diagnostic mais impose des douleurs importantes! Il est recommandé d'opérer une légère traction continue sur le membre afin de réduire la fracture, diminuer la douleur et les éventuelles compressions. Pendant les phases d'attente, il est bénéfique d'effectuer cette

importants et incompressibles. Dans quelques situations, une contention peut permettre de ralentir ou contenir l'hémorragie afin d'arriver vivant à l'hôpital. Antalgie adaptée et prise en charge médicale sont fondamentales mais c'est la durée de prise en charge qui s'avère critique. Concernant **les membres**, il est intéressant de distinguer à l'eau). Une situation alternative a été proposée en spéléologie : plâtre classique peu épais, recouvert par une simple couche de résine. Cette préconisation permet de cumuler les avantages des deux techniques tout en limitant leurs inconvénients.

La fracture est dite « ouverte » lorsqu'il existe une plaie en regard du foyer de fracture. Cette porte d'entrée pour les micro-organismes est un risque d'infection osseuse. Dans une pratique médicale « classique », c'est le délai de chirurgie/antibiothérapie (réduit au strict minimum) qui permet de limiter le risque infectieux (urgence thérapeutique). C'est malheureusement incompatible avec les délais en spéléologie, où le chirurgien peut attendre des dizaines d'heures avant de pouvoir traiter la fracture. C'est dans ce cadre que s'est développée une proposition de prise en charge très spécifique, en partie inspirée par la méthode de prise en charge des blessures de guerre : gestes thérapeutiques de plaie limités, nettoyage, pansement. Tout d'abord un lavage abondant des plaies à l'aide de sérum physiologique bétadiné éventuellement associé à de l'eau oxygénée puis rinçage abondant au sérum physiologique. En aucun cas il sera pratiqué des gestes agressifs (parage étendu proscrit) et la peau sera laissée volontairement ouverte! Des compresses humidifiées seront ensuite appliquées sur les plaies, sans bourrage, puis recouvertes de pansements américains maintenus par des bandes déroulées mais non compressives. Un tel pansement ne sera pas réouvert pendant plusieurs jours, permettant dans la plupart des cas d'arriver à l'hôpital. Cette technique a l'avantage de permettre l'œdème sans compression tissulaire, l'écoulement des exsudats et évite la formation traction en permanence (attelles de traction, ou bricolage à l'aide d'une sangle autour de la cheville (se méfier alors des compressions induites par le sanglage!). L'idéal est de maintenir cette traction pendant les phases d'évacuation mais les contraintes de la civière la rendent compliquée. Certaines attelles de traction sont incompatibles puisqu'elles rajoutent une longueur importante aux pieds. D'autres présentent des zones de fragilité rendant compliquée leur utilisation souterraine. La dernière version d'une attelle composée de tiges carbone emboitables munie d'un système d'extension par vis à la cheville semble remplir les critères compatibles avec le secours en spéléologie. En l'absence de telles attelles spécifiques (et nécessitant la présence d'un médecin pour la mise en place), il existe également la technique dite de l'A.C.T. (Attelle Cervico-Thoracique) inversée qui permet généralement une immobilisation correcte de la fracture mais sans traction. Cette dernière peut parfois être « bricolée » en liant les deux pieds ou par un mini système de mouflage dont la « tête » serait au point bas de la civière.... La prise en charge associée de la douleur et des complications est bien sûr nécessaire.

Les fractures distales des membres, très fréquentes,

occasionnent moins de complications graves et leur prise en charge est un peu moins compliquée. De nombreuses attelles existent, certaines seront trop fragiles ou encombrantes mais utilisables cependant en grandes galeries. Il est également possible de réaliser un plâtre sommaire. L'autonomisation du blessé sera recherchée, en particulier dans les réseaux étroits nécessitant des travaux d'élargissement pour l'évacuation en civière ou lors d'accidents très profond dans des réseaux techniques demandant trop de ressources humaines.

Dans toutes les situations de blessure en spéléo, le **refroidissement** de la victime sera un point critique et il faudra tout mettre en œuvre pour limiter la déperdition de chaleur.

L'analgésie associée à la prise en charge des fractures

est indispensable mais peut également être source de difficultés supplémentaires : des effets de genre « surdosages » ont été rapportés dans des récits de secours spéléo à des doses standards (possible majoration des effets dans les états de fatigue extrême, déshydratation et stress lié au milieu). Il arrive aussi qu'une sédation trop importante compromette une mobilisation en autonomie... Secours en spéléologie va souvent de pair avec secours long, dans ces cas il est intéressant sur tous les plans d'effectuer une puissante analgésie sans effet sédatif obtenue par l'analgésie loco-régionale. Les principes de réalisation de ces techniques d'anesthésie sont les mêmes qu'à l'hôpital (accès veineux, surveillance, oxygène, asepsie...).

4. Entorses

L'entorse signifie une lésion ligamentaire au cours d'une amplitude de sollicitation articulaire trop importante. La gravité des entorses est variable et peut être appréciée en partie par le ressenti de la victime : craquement, possibilité de motricité, douleur... Les victimes d'entorses simples peuvent fréquemment sortir par leur propre moyen, aidées par leurs camarades. Parfois les entorses

sont plus sévères et douloureuses, il peut être nécessaire d'immobiliser l'articulation et d'administrer un traitement antalgique. Une prise en charge qui va de fait allonger la durée du secours et parfois nécessiter un brancardage... La différence entre fracture et entorse n'est pas toujours évidente.

5. Conclusions

L'immobilisation des fractures constitue une part de la médicalisation des secours; elle permet d'évacuer le blessé en évitant l'aggravation des lésions et en l'aidant dans certains cas à retrouver une certaine autonomie, ce qui peut éviter des travaux de désobstruction conséquents. En cas d'attente prolongée, l'immobilisation doit permettre des examens cliniques itératifs de façon à suivre l'évolution de la lésion et éventuellement d'en réévaluer la gravité.

Les cas de fractures ouvertes nécessitant une évacuation longue ou une attente dans le but de réaliser des travaux d'élargissement bénéficieront d'un lavage simple associé à un pansement spécifique.

Dans tous les cas où ces techniques sont possibles, l'utilisation de l'anesthésie loco-régionale permet de rendre au blessé une certaine autonomie, ce qui peut singulièrement changer la mise quant au déroulement du secours.

La prise en charge des luxations d'épaule doit se faire avec une réflexion spécifique liée au milieu spéléologique. Une réduction sur place (en l'absence de critères évocateurs de fracture associée) peut permettre d'éviter des complications sérieuses à la victime, et simplifier grandement l'évacuation (limiter la lourdeur et les risques de suraccident du secours).

Remerciements

Nous remercions le docteur J. Barth (chirurgien orthopédique) pour ses avis et topo sur le sujet et les sauveteurs de la 3SI pour la réalisation des tests matériels et essais de prise en charge des fractures du fémur lors d'un triple exercice secours dans le Vercors en 2017. Grand merci à T. Larribe pour sa relecture attentive.

Références

FLORENTIN A. (2018) Les accidents en milieu souterrain de 2007 à 2017 : étude descriptive des secours recensés par le SSF, Mémoire de DESC Médecine d'urgence.

BARSOTTI J. (2007) Guide pratique de traumatologie (5e édition), Masson, pp. 32-37.

COUPLAND ROBIN M. (1994) Epidemiological approach to surgical management of the casualties of war, British Medical journal, Vol 308, pp. 1693-1697.

ROWLEY D. (1996) Les blessures de guerre avec fractures :

guide de prise en charge, FRCS Division Santé CICR

PASCAULT Y. (1996) Assistance médicale prolongée en milieu souterrain, Thèse de Médecine Grenoble.

REY S. (2000) La médicalisation des secours en spéléologie : analyse des 58 interventions de l'Isère depuis 1975, Thèse de Médecine Grenoble.

FFS (1988) Spéléo Secours Français : les accidents en milieu souterrain de 1986 à 1997

Profil du médecin en secours spéléo

Guillaume SECHAUD (1), France ROCOURT (2), Thierry LARRIBE (3)

- (1) Spéléo SecourS Isère, France, guillaume@sssi.fr
- (2) Spéléo SecourS Isère, France, francerocourt38@gmail.com
- (3) Spéléo SecourS Isère, France, thierry.larribe@gmail.com

Résumé

Le milieu souterrain, de par ses caractéristiques, sa technicité et son matériel spécifique ainsi que par la durée des secours, impose au médecin œuvrant pour un secours un certain nombre de spécificités à prendre en considération et à maîtriser... Une connaissance minimale du milieu et des techniques ainsi qu'une condition physique adaptée sont nécessaires.

Les pathologies en spéléo secours sont d'ordre traumatique, médical et psychologique..., notions à devoir gérer au cours d'un secours. Cela implique la réalisation d'actes techniques indispensables au bon déroulement du secours, actes d'urgence et début de thérapeutique avec malheureusement un diagnostic peu précis.

Diagnostic, thérapeutiques et soutien psychologique feront partie de ses missions. Les choix de médicalisation conditionneront l'évacuation de la victime jusqu'à la surface. Des décisions souvent difficiles à prendre, demandant conseils et réflexions. En effet les travaux d'élargissement s'avèrent eux-mêmes générateurs de suraccidents.

Abstract

The underground environment, due to its characteristics, its technical nature and its specific equipment, as well as the duration of the rescue operation, imposes a lot of specificity to be taken into consideration and mastered by the doctor working for a rescue operation. A minimum knowledge of the environment and techniques as well as an adapted physical condition are necessary.

Pathologies in caving rescue are of a traumatic, medical and psychological nature..., so many notions to be managed during a rescue. This implies the carrying out of technical acts, which are essential to the smooth running of the rescue, emergency acts and the beginning of therapy with unfortunately a not very precise diagnosis.

Diagnosis, therapy and psychological support will be part of its missions. His choices of medical care will determine the evacuation of the victim to the surface. These decisions are often difficult to take, requiring advice and réflexion. in fact, the enlargement works themselves proves and be generators of overaccidents.

1. Introduction

Pratiquer la médecine est un art qui s'apprend dans les livres et sur le terrain. Certaines situations très spécifiques ne s'apprennent pas telles quelles, elles se découvrent souvent lorsqu'on les rencontre. Il est alors important de faire un retour d'expérience pour partager ces informations et souvent quelques interrogations. Depuis plus de 50 ans que des secours spéléologiques ont lieux, nous avons tirés bon nombre d'enseignements. Certains sont partagés ou inspirés avec d'autres situations en conditions similaires (le secours en montagne, la médecine de guerre ou en milieu isolé...).

Le milieu souterrain est un monde à part, en plus d'y pratiquer la médecine le cas échéant, les équipes médicales devront apprendre à le connaître, l'appréhender et parfois le maîtriser... L'expérience montre que la motivation des médecins varie avec la survenue de secours réels et qu'il existe un gros turn-over de médicaux donc peu de personnes expérimentées qui pratiquent régulièrement l'activité.

La médecine est un champ de connaissances extrêmement vaste, il est illusoire de considérer qu'un médecin peut être compétent dans ses différentes disciplines.

Les pathologies retrouvées en spéléologie sont essentiellement traumatologiques. Liées à l'activité physique et au milieu, parmi les pathologies médicales, on observe des hypothermies, épuisements, hypoglycémies, ainsi que des problèmes cardio-vasculaires. Enfin, et plus rarement, liés à l'environnement, quelques troubles anxieux peuvent apparaître.

Connaissances du milieu

Le risque d'envoyer un médecin ne connaissant pas le milieu est qu'il perde ses moyens au fur et à mesure de la progression (et de l'éloignement avec la surface), d'autant plus qu'il sera fatiguée, qu'il aura froid, qu'il aura

des responsabilités (tout le monde compte sur le médecin pour la prise en charge !).

Les caractéristiques du milieu ne s'improvisent pas et peuvent modifier une prise en charge, un médecin ne les connaissant pas sera surpris et ne les aura pas anticipées donc il pourra se retrouver face à des difficultés supplémentaires sur le plan médical.

L'humidité et le froid peuvent engendrer des modifications physiologiques chez la victime, à prendre en compte et anticiper comme la notion d'hypothermie par exemple. Ils sont également gênant pour le médecin puisqu'ils altèrent ses gestes habituels fait au chaud. Certaines astuces peuvent remédier à quelques problématiques techniques (décollement des sparadraps du fait de l'humidité par exemple que l'on peut renforcer par un bandage approprié...). Un maître mot : l'adaptation !

Le confinement peut faire apparaître des traits psychologiques et modifier les attitudes et comportements de certaines personnes. Son habituation permet de le maîtriser.

La boue, le caractère (très) sale des cavités doit également être connu et anticipé en amont de la réalisation de certains gestes techniques possibles malgré tout et parfois indispensables. La mise à jour de la vaccination antitétanique doit être assurée.

L'éloignement peut être également impressionnant car il participe fortement à l'isolement du professionnel de santé qui devra œuvrer, réfléchir et décider, souvent seul, sur les questions d'ordre médical. Cela diffère fortement

des pratiques mêmes pré-hospitalières (SAMU) car l'accès à des ressources reste souvent possible sur-terre. Sous terre c'est l'isolement médical, ainsi que la perte de contact direct (habituellement téléphonique) entre le médecin et l'hôpital (la régulation du SAMU ou les services hospitaliers). Les seules communications possibles se feront par intermédiaire de T.P.S. (Transmission Par le Sol) ou téléphone filaire, quasiment systématiquement avec un ou plusieurs intermédiaire(s) non médicaux. Il faudra cependant trouver moyen de communiquer en adaptant son langage pour transmettre un message fiable. L'éloignement, associé à la technicité du milieu, participe à l'augmentation de la durée de la médicalisation. Là encore c'est un paramètre souvent inédit qu'une personne non-spéléologue ne peut pas s'imaginer (exemple de l'orthopédiste à qui l'on annonce l'arrivée d'une fracture ouverte avec trois jours de délai alors que c'est une urgence chirurgicale !). Ces durées prolongées doivent également s'anticiper (en termes de ressources médicamenteuses par exemple) et peuvent faire modifier certaines prises en charge (pansements et protocoles spécifiques pour les fractures ouvertes, gestion de l'hydratation et de la diurèse, majoration des contraintes de certaines décisions médicales...). Même spéléo, il faudra lui donner un maximum de conseils avant de partir en secours (conditions de la cavité, matériel à emporter...) et faire le point sur son état de forme.

3. Connaissances techniques

Le médecin spéléo doit être en mesure d'évoluer en toute sécurité pour lui-même et ses accompagnateurs. Il doit donc connaître et maîtriser les quelques spécificités de l'évolution sur corde (main-courante, remontée sur corde. descendre corde, passage sur fractionnements...). C'est même un plus s'il est en capacité d'accompagner la civière mais ce n'est pas indispensable. Il devra en revanche être capable de suivre le rythme de la progression et d'imposer des pauses techniques en fonction de l'état de la victime et de la configuration de la cavité. Le fait d'être en binôme avec un infirmier ou un médecin junior (apprenant) peut lui permettre de mieux gérer les obstacles techniques de la cavité (disposition d'une personne en amont et une en aval avec un moyen de communication entre les deux pour anticiper les actions).

Ses déplacements doivent être conformes au milieu sousterrain (pas de saut ni de glissade, des appuis sûr...) pour ne pas surajouter d'incident au secours en cours ! Il doit également connaître les principes de déplacements en zones étroites ou en eau vive (crues) le cas échéant.

Nous insistons pour que l'équipe médicale soit toujours accompagnée de spéléologues ou spécialistes garants de la sécurité de l'équipe, et permettant également le transport des sacs médicaux. Le nombre de sac est limité au maximum et le médecin doit être ménagé (il ne porte pas de sac en principe lorsque cela est possible) car s'il sait quand il rentre, que sa relève sera moins fréquente que celles des sauveteurs techniciens. Si la cavité présente une étroiture ponctuelle sévère, cette équipe d'accompagnants peut emporter de quoi pratique un ou deux tirs d'élargissement et permettre ainsi le passage aisé du médecin.

4. Connaissances médicales

Attention aux idées préconçues : tous les médecins ont des compétences différentes ! Être médecin ne présage rien de son activité habituelle ni de ses connaissances/compétences/gestion en traumatologie ! Si la formation médicale initiale est commune, chaque médecin se spécialise ensuite pour maîtriser un domaine plus restreint de la médecine. La médecine générale, malgré son nom générique, est une spécialité à part entière ; les médecins généralistes traitent de toutes les disciplines, mais dans le cadre de pathologies « courantes ». Ils se réfèrent aux spécialistes dès que la

spécificité de la pathologie augmente. Ils ont l'habitude de gérer des pathologies traumatiques modérées (entorses, fractures...) mais sont rarement confronté aux polytraumatismes par exemple...

Il semble préférable que le médecin soit habitué à la médecine pré-hospitalière (gestion, organisation, isolement), ainsi qu'à l'autonomie de décision et de gestuelle, car il pourra se retrouver seul lors du secours en spéléologie.

Parmi les prises en charge rencontrées, le médecin doit entre-autre pouvoir gérer la perfusion, l'analgésie et la sédation, la réduction de luxation, l'anesthésie locorégionale, la gestion des polytraumatisés (plus rare car malheureusement ils décèdent souvent avant l'arrivée des secours.

Il semble donc préférable d'envoyer un anesthésisteréanimateur ou un urgentiste, régulièrement sollicités pour ce genre de prise en charge. Un médecin généraliste devrait être envoyé uniquement pour des interventions médicalement moins techniques (perfusion, analgésie...) comme par exemple le relais pour surveillance.

La miniaturisation des appareils d'imagerie médicale permet aujourd'hui de descendre un échographe portable sous terre, la maîtrise de ce genre d'équipement peut être un plus non négligeable pour affiner le diagnostic.

5. L'apport du médecin en secours

En parallèle du diagnostic, souvent très difficile à poser, et de l'initiation des thérapeutiques, le soutien psychologique du médecin envers la victime et les sauveteurs est primordial! De son choix de médicalisation, il conditionne la technique d'évacuation! Il doit transmettre à la surface ses choix/décisions/impératifs... au Conseiller Technique Départemental en Spéléologie (personne responsable de la partie souterraine du secours), si besoin aidé par un médecin en surface; cela permet une réflexion à

plusieurs, c'est primordial si des travaux majeurs sont envisagés (exemple d'un secours où de lourds travaux d'élargissement sont entrepris pour une victime ne nécessitant in fine pas de civière. Il faut discuter ensemble sur ce point. La médicalisation doit permettre une autonomisation de la victime dans la plus grande mesure du possible. Parfois des décisions s'avèrent difficiles à prendre comme par exemple l'arrêt des recherches alors que personne n'est sûr de l'état des victimes : ces décisions se prennent à plusieurs experts.

6. Dotation médicale

Nous sollicitons l'attention sur un point important : dotation médicale signifie « médicaments, perfusions et dispositifs médicaux ». C'est une erreur de la confondre avec la dotation A.S.V. (Assistance aux Victimes, proposée par le Spéléo Secours Français) qui est en fait une dotation de secourisme adapté à la spéléologie!

La dotation médicale doit être spécifique et adaptée au milieu (contenants rigides et étanches, transportable en kit de spéléologie, batteries, taille raisonnable des appareils, quantité limitée...).

Elle doit être entretenue, vérifiée et approvisionnée dans un milieu adapté (SAMU ou pharmacie de SDIS (lien indispensable avec l'hôpital pour disposer de certains médicaments/dispositifs spécifiques)...) car les équipes de la FFS n'ont pas les compétences nécessaires. Tout cela représente beaucoup de travail pour un faible nombre d'intervention. Il n'est probablement pas nécessaire de disposer au sein de chaque département d'une dotation complète opérationnelle. régionalisation de la ressource semble être intéressante à condition d'anticiper les moyens d'acheminement. Il est possible (et même conseillé) d'avoir des dotations a minima réparties en plus grand nombre et pouvant suffire à bon nombre d'interventions ou faire « tampon » en attendant l'arrivée d'une dotation complète par exemple. Les médecins opérationnels peuvent avoir avec leur matériel de spéléologie, un mini kit médical contenant le nécessaire pour perfuser, analgésier, faire des diagnostics cliniques, initier une antibiothérapie, faire des pansements, de quoi administrer de l'oxygène...

Nous devons spécifier le cas de l'oxygène : apporter de l'oxygène à une victime sous terre est un long parcours du combattant. Il faut conditionner les bouteilles d'oxygène dans des kits spécifiques permettant la fixation constante de l'obus au kit ainsi qu'une protection mousse autour de l'obus et surtout de ses extrémités. Il faut également anticiper la noria pour acheminer régulièrement des bouteilles pleines au cours de la progression de la civière (donc anticiper la « durée de vie » d'une bouteille) car une fois que l'oxygénothérapie est initiée, il peut être délétère de devoir l'interrompre. Un travail de prévision au sein du binôme CTDS/Médecin est donc nécessaire. Il faudra alors prendre en compte la vitesse de progression de la civière, la configuration des lieux pour disposer des bouteilles relais (de façon similaire à la plongée souterraine).

7. Conclusion

Beaucoup de spécificités liées au milieu spéléologique, à la durée des secours, à la technicité et au matériel doivent être prises en considération et maîtrisées par les médecins spéléo. Et il y a très peu de vrais spéléologues parmi ceux-ci. Les équipes médicales envoyées en secours spéléologique doivent être judicieusement sélectionnées pour mener à bien leur mission sans occasionner de difficulté supplémentaire dans le secours. Chaque médecin dispose d'un domaine de compétence limité devant être en adéquation avec le secours à médicaliser. Les spécificités marquées du milieu et la difficulté de

contact avec des référents extérieurs ne rendent pas souhaitable la protocolisation sur le plan médical. L'envoi d'un binôme (médecin/infirmier par exemple) semble être à favoriser afin de permettre un échange et un partage des prises de décisions spécifiques pas toujours évidentes car non-standard dans les prises en charges médicales habituelles. L'envoi d'un infirmier seul n'est pas souhaitable non plus, ou dans un cadre bien précis (pas d'autre solution, autonomie de l'infirmier (exemple I.A.D.E. [Infirmier Anesthésiste Diplômé d'État]), en laissant le choix à l'infirmier de refuser cette responsabilité.

La régionalisation des ressources médicales (humaines et matérielles) semble intéressante et surtout efficiente. Les situations de secours sont trop rares pour que toutes ces données soient validées mais il est de la responsabilité des Spéléo Secours d'anticiper un certain nombre de situations...

Remerciements

Nous remercions Tristan Godet (président du Spéléo SecourS Isère) pour sa relecture attentive.

Références

- FLORENTIN A. (2018) Les accidents en milieu souterrain de 2007 à 2017 : étude descriptive des secours recensés par le SSF, Mémoire de DESC Médecine d'urgence.
- SECHAUD G. (2017) Présentation du SAMU et des spécificités de la médicalisation des secours en spéléologie, Spéléo Secours Français.
- FAUST P. (1983) Les accidents et incidents en Spéléologie : leurs causes, les lésions provoquées et leur prévention
- (étude sur quatre années), Thèse de Médecine Nancy.
- PASCAULT Y. (1996) Assistance médicale prolongée en milieu souterrain, Thèse de Médecine Grenoble.
- REY S. (2000) La médicalisation des secours en spéléologie : analyse des 58 interventions de l'Isère depuis 1975, Thèse de Médecine Grenoble.
- FFS (1988) Spéléo Secours Français : les accidents en milieu souterrain de 1986 à 1997. 145 p.

L'exposition au radon en spéléologie Actualisation 2020

Jean-Pierre BUCH (1), Cécile MORVANT (2).

- (1) Médecin fédéral national, Président de la commission médicale FFS
- (2) Médecin de médecine de réadaptation fonctionnelle

Résumé

Ce travail permet de redéfinir et d'actualiser les notions concernant l'exposition au radon dans les pratiques spéléologiques de loisir et professionnelle. Après un rappel technique sur le radon et sur la réglementation, sont envisagées les mesures de prévention possibles, bien que difficiles, dans le milieu souterrain.

Abstract

This work makes it possible to redefine and update notions concerning exposure to radon in recreational and professional caving practice. After a technical reminder on radon and the regulations, possible preventive measures, although difficult, in the underground environment are considered.

Resumen

Este trabajo permite redefinir y actualizar las nociones sobre la exposición al radón en las prácticas de ocio y espeleología profesionales. Tras un recordatorio técnico sobre radón y sobre normativa, se plantean posibles medidas preventivas, aunque difíciles, en el medio subterráneo.

1. Introduction

Le radon en milieu souterrain est une notion encore mal connue. La Commission médicale de la FFS a publié un important rapport en 2007 sur les taux de radon mesurés dans plusieurs cavités françaises. Ce taux s'exprime en Becquerel par mètre cube (Bq/m³), le Becquerel étant l'unité de radioactivité d'un élément. —La moyenne

constatée dans les dix sept cavités de cette étude a été de 3 049 Bq/m³. Les publications internationales de l'époque constatent des taux d'au moins 1 000 Bq/m³ dans diverses cavités. Ce taux est très largement supérieur à la norme réglementaire pour les bâtiments construits, qui est actuellement de 300 Bq/m³.

2. Le radon

C'est un gaz lourd, naturel, radioactif, d'origine tellurique, maillon de la chaîne de désintégration de l'uranium, accompagné d'isotopes solides. Il est ubiquitaire mais prédomine naturellement dans les régions riches en matériaux uranifères comme les granites ou les schistes. Le calcaire est pauvre en uranium mais le fonctionnement du karst permet l'intégration de roches magmatiques, par remplissage argileux, par inclusion d'éléments allochtones (galets), ou par la circulation d'eaux chargées en radon, ce qui explique les teneurs parfois très élevées de certaines cavités. Un substrat schisto-granitique sous le réseau peut également être à l'origine du radon.

3. La toxicité du radon

Le radon est inodore, chimiquement inerte, il ne provoque aucun symptôme (contrairement au dioxyde de carbone), il est donc indétectable par l'être humain.

Emanation du radon 222 et dispersion de ses descendants

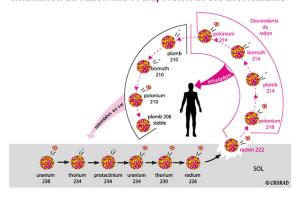


Figure 1 : Infographie CRIIRAD. Chaîne de désintégration de l'uranium

Il est reconnu comme agent cancérigène de groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Le radon gazeux, mais surtout ses isotopes solides, pénètrent dans l'organisme par la voie respiratoire. Si le radon va transiter rapidement lors de quelques cycles ventilatoires et être éliminé, il n'en est pas de même pour ses isotopes solides qui vont pénétrer jusqu'aux alvéoles pulmonaires et y persister. Comme tout élément radioactif, ici avec un rayonnement α donc peu pénétrant mais très énergétique, il va occasionner des lésions chromosomiques. Si celles-ci ne sont pas réparées, elles peuvent entraîner à long terme un cancer

pulmonaire. On admet actuellement que 10 % des cancers du poumon dans la population sont liés au radon, et que l'exposition chronique à faible puissance est plus toxique qu'une exposition brève mais plus forte. Le risque augmente proportionnellement avec le taux de radon et il n'y a pas d'effet de seuil. Le radon est devenu un vrai enjeu de santé publique.

Quelques ordres de grandeur

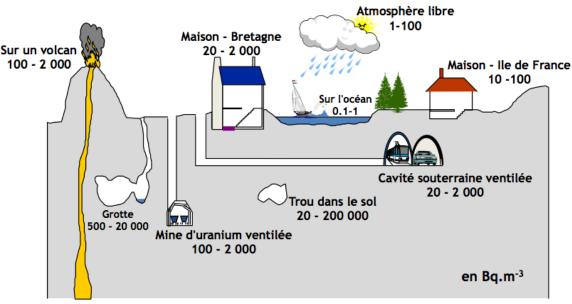


Figure 2 : infographie iRSN, approche des taux de radon constatés dans l'environnement

4. Le radon en milieu souterrain

Le radon pénètre dans le milieu par les fissures, la porosité des roches et la circulation d'eau souterraine. Le radon est un gaz lourd, il stagne dans les parties déclives des cavités. Il est très sensible à la ventilation de la cavité, il va donc s'accumuler dans les zones confinées peu ventilées. Il présente des fluctuations saisonnières importantes, avec un taux maximal l'été. Pour avoir une mesure fiable il faut donc faire une moyenne des mesures effectuées sur plusieurs saisons.

Le radon est présent sur l'ensemble du territoire français. Une campagne nationale de mesure a permis de faire une cartographie où chaque commune est classée selon le risque potentiel du radon.

6. La réglementation

Elle a été modifiée en 2018, avec un abaissement du taux maximal de radon de 400 à 300 Bq/m³, en sachant que cette norme s'applique aux bâtiments construits. Pour le milieu souterrain, des arrêtés techniques spécifiques sont prévus mais pas encore publiés.

Cette réglementation concerne le Code du travail, donc les travailleurs exposés au radon dans leur poste de travail. Dans ce domaine on distinguera les guides professionnels, indépendants ou salariés d'une structure, et les salariés employés dans les cavités aménagées pour le tourisme.

Cette base de données informatique est publique et accessible à tous sur le site de l'IRSN (https://www.irsn.fr/carte-radon). Chacun peut donc vérifier si sa commune est située dans une zone de risque potentiel faible, moyen ou fort. Ceci dit il ne s'agit que d'un potentiel. Il sera donc toujours nécessaire de faire des mesures du taux de radon dans une cavité, quelle que soit sa localisation géographique.

Rappelons que la législation ne s'applique qu'à partir d'un taux de radon supérieur à 300 Bq/m³.

Mais le spéléologue de loisir sera impacté par ce risque dans son activité, même s'il ne relève pas de la réglementation.

Si l'on prend le taux moyen de radon constaté lors de l'étude de 2007, soit 3 049 Bq/m³, on mesure l'importance du travail à réaliser pour prévenir ce risque et l'impact économique que cela peut représenter pour les professionnels et les entreprises.

De plus, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), instance de référence en matière de radioprotection, a recommandé d'appliquer un

coefficient majoré pour le calcul de la dose reçue en milieu souterrain. Pour l'instant, dans l'attente des nouveaux arrêtés, la réglementation actuelle reste applicable. Mais si ce coefficient est appliqué, ce qui est sans doute prévisible, les doses reçues vont être multipliées par quatre pour les travailleurs, et dans nombre de cas incompatibles avec le poste de travail...

7. Chiffrage de l'exposition

L'unité d'exposition de l'être humain aux rayons ionisants est exprimée en Sievert (Sv), unité pondérant la dose absorbée en fonction du radioélément, de son rayonnement et de la radiosensibilité des tissus humains. Il reflète le risque sanitaire de l'exposition. Ses valeurs sont habituellement basses et sont exprimées en millisieverts (mSv). La réglementation limite l'exposition du public à 1 mSv par an, au professionnel à 20 mSv par an mais avec un premier seuil à 6 mSv.

Dans l'étude de 2007, la pratique de loisir n'était pas très impactée par le radon, contrairement aux professionnels, qui, dès 400 à 600 heures de pratique par an, étaient déjà concernés. Mais à l'époque, la

8. Mesures de prévention

Le Code du travail précise les neufs principes de prévention, applicables à tous les domaines professionnels. Ils concernent les mesures techniques mais aussi les mesures organisationnelles du travail.

Concrètement et techniquement, il existe deux méthodes pour faire baisser les taux de radon.

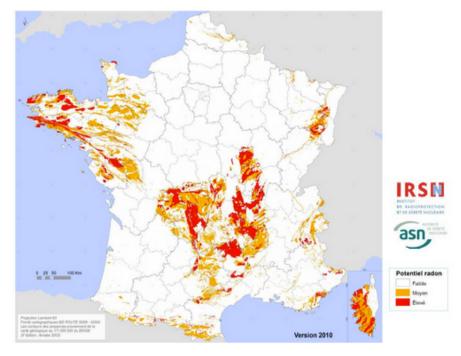
réglementation ne concernait que 31 départements en France, alors que la nouvelle réglementation concerne tout le territoire.

En prenant le taux moyen de 3 049 Bq/m³ et le coefficient recommandé par la CIPR, 100 heures de pratique donnent une exposition de 4,1 mSv par an, et pour 400 heures de pratique une exposition de 16,3 mSv par an, ce qui est déjà très conséquent et nécessite un suivi médical renforcé. Un tel taux n'est pas admissible pour des activités touristiques.

Un professionnel travaille *a priori* plus de 400 heures par an sous terre, ce qui pose un grave problème.

La première est d'étanchéifier les locaux. On imagine la difficulté pour réaliser cette mesure dans une cavité naturelle...!

La seconde est de ventiler la cavité. Cette solution peut être appliquée dans certaines conditions en mettant la cavité en surpression, quitte à la cloisonner si nécessaire.



Carte du potentiel radon des formations géologiques, version 2010 [IRSN, ASN] [3]

Figure 3 : Infographie IRSN, cartographie géographique du potentiel radon

Mais ce cloisonnement peut modifier la climatologie de la cavité avec une altération possible du concrétionnement ou de la faune cavernicole.

Les mesures organisationnelles sont plus simples à appliquer, limiter le temps d'exposition des travailleurs dans le milieu souterrain, limiter le nombre de personnes exposées, ce qui n'est évidemment pas toujours facile.

La lutte contre le tabagisme fait partie de la prévention puisque le tabac multiplie le risque de cancer par trois.

9. Résumé de la démarche

La première étape est de vérifier dans quelle zone de potentiel radon se situe la cavité. Mais les données des études montrent que le taux de radon en milieu souterrain est largement supérieur aux valeurs limites réglementaires. Il sera donc nécessaire de mesurer le taux moyen annuel effectif pour chaque cavité.

Si le taux reste inférieur à 300 Bq/m³, la démarche peut s'arrêter là.

10. Conclusion

La gestion de l'exposition au radon en spéléologie est complexe et évolutive puisque la réglementation n'est pas encore fixée pour le milieu souterrain. Elle risque d'être encore plus difficile si les taux recommandés par la CIPR sont appliqués, ce que l'avenir nous dira.

Les enjeux sanitaires ne sont pas négligeables, avec un risque cancérigène avéré.

Enfin, l'exposition nécessitera un suivi dosimétrique des travailleurs exposés dès que ceux-ci reçoivent une dose d'au moins 1 mSv par an.

Pour le spéléologue de loisir, qui ne bénéficiera pas d'un suivi médical spécifique, diverses mesures peuvent être appliquées, comme privilégier les saisons moins productives de radon, éviter les bivouacs.

Deux situations n'ont pas encore été étudiées, les tubes de lave et la spéléologie sous glacière.

Si le taux est supérieur à 300 Bq/m³, il est nécessaire de prendre des mesures de prévention, qui devront être suivi d'un contrôle des taux. Si ces taux ne s'améliorent pas, il est recommandé de faire appel à une société spécialisée afin de préciser les taux de radon par zones et de mettre en place des mesures de prévention plus contraignantes.

La démarche de prévention n'est pour autant pas inaccessible pour les professionnels, même si elle est compliquée et aux résultats incertains.

Pour le spéléologue de loisir, ce risque doit désormais être pris en compte ce qui peut tendre à modifier les pratiques.

Le détecteur de radon risque d'être un outil indispensable à l'avenir.

11. Remerciements

Nous remercions le D^r Jean-Michel Ostermann, auteur du rapport de 2007, qui a bien voulu relire notre travail, le D^r Jean-Noël Dubois pour sa relecture attentive et M. Julien Siren, ingénieur géologue de la CRIIRAD pour ses précieux conseils.

12. Références

OSTERMANN J.-M., BAUER J., HERBILLON C., BOUTHORS M., FAVERJON M., DEVOS A., LISMONDE B., MARGET C., OURNIE B., WIENIN M., Le radon atmosphérique dans quelques cavités françaises. Approche de l'évaluation du risque pour les spéléologues, Commission médicale, Fédération Française de Spéléologie, 2005

BUCH J.-P., C. MORVANT, Le radon en spéléologie. Actualisation 2020. CoMed-Infos n°60-2020. Téléchargeable avec le lien

http://comed.ffspeleo.fr/docs_comed/feuilles_de_liaison/Comed%20Infos%2060.pdf

BOURDIEU A., Exposition au radon: comment se fait l'évaluation du risque?, Références en santé au travail n°160, INRS, décembre 2019

Nouveaux coefficients de dose pour le radon recommandés par la CIPR dans sa Publication 137, Note explicative, Rapport PSE-SANTE | 2018-00002 Pôle Santé et Environnement

Décret n°2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire.

Décret n°2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants.

Décret n°2018-438 du 4 juin 2018 relatif à la protection contre les risques dus aux rayonnements ionisants auxquels sont soumis certains travailleurs.

Arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon du territoire français

Arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.

Risques toxiques en spéléologie minière

Jean-Pierre BUCH (1)

(1) Médecin fédéral national FFS, président de la commission médicale FFS

Résumé

Cet article permet de sensibiliser le pratiquant aux risques toxiques potentiels lors de l'exploration de réseaux anthropiques (mines et carrières) afin qu'il puisse les explorer en toute sérénité. L'article fait un inventaire des toxiques rencontrés, leurs risques pour la santé, les moyens de prévention et la gestion de la contamination. Une analyse détaillée est faite sur le plomb, toxique le plus fréquent.

Abstracts

This article makes it possible to sensitize the practitioner to the potential toxic risks during the exploration of anthropogenic networks (mines and quarries) so that he can explore them with confidence. The article makes an inventory of the toxics encountered, their health risks, means of prevention and management of contamination. A detailed analysis is made on lead, the most common toxicant.

Resumen

Este artículo permite sensibilizar al practicante sobre los posibles riesgos tóxicos durante la exploración de redes antropogénicas (minas y canteras) para que pueda explorar las con confianza. El artículo hace un inventario de los tóxicos encontrados, sus riesgos para la salud, los medios de prevención y manejo de la contaminación. Se realiza un análisis detallado del plomo, el tóxico más común.

1. Introduction

La spéléologie se déroule habituellement en milieu naturel où les risques toxiques sont quasiment inexistants hors pollution accidentelle. Notons cependant l'existence de filons d'amiante dans des cavités de Corse, exemple unique de ce type en France, ou le développement de cavités à partir de failles minéralisées (pyrite, blende, galène, fluorine).

La spéléologie minière s'est beaucoup développée ces dernières décennies et tend à devenir une activité à part entière en terme de technique et de progression. Il ne faudrait pas oublier que ces réseaux anthropiques avaient une raison d'être bien différente, l'extraction massive de minerais à des fins industrielles.

L'exploration de ces réseaux peut donc exposer le spéléologue à des produits toxiques dont il n'a pas forcément connaissance, qui pourraient être nocifs pour sa santé.

L'exposition aux toxiques des ouvriers mineurs est marquée par son intensité et sa durée tout au long d'une vie professionnelle. Les quelques heures ou dizaines d'heures qu'un spéléologue passera dans ce milieu l'exposera à un risque très limité, sans aucune commune mesure avec une exposition professionnelle.

Ce qui n'empêche pas de prendre des mesures de prévention adaptées.



Elles sont au nombre de trois.

- La voie respiratoire est la principale. L'inhalation de poussières en suspension ou au sol, est favorisée par la progression et la pose des amarrages. Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures (nez, bronches), mais les plus fines



Figure 1: puits dans une mine

pénètrent jusqu'aux alvéoles et y restent piégées, pouvant alors provoquer des irritations locales, des allergies, et ensuite migrer dans la circulation sanguine. Un facteur aggravant est l'hyperventilation consécutive à l'effort physique, qui augmente la pénétration des poussières.

- La voie digestive : l'absorption d'eau polluée (source) ou d'aliments souillés lors de leur manipulation avec des mains sales, entraîne l'ingestion de particules toxiques qui passent directement dans la circulation sanguine au niveau du tube digestif.
- La voie cutanée: la peau n'est pas un organe totalement étanche, surtout lorsqu'il y a des plaies, des microlésions, ou une pathologie dermatologique comme de l'eczéma. Le port de vêtements souillés par un produit toxique est un grand facteur de contamination, ainsi que l'argile collante. Les toxiques métalliques sont éliminés dans les urines.

Figure 2: Boisage - Mine de zinc, plomb, argent, cadmium - Gard

3. Les toxiques présents

Ils sont potentiellement très nombreux mais finalement assez peu présents en réalité dans les conditions habituelles de la spéléologie minière.

Les poussières sont peu concentrées en toxiques, que ce soit pour les roches exploitées (quelques pour cent au maximum) ou pour les « stériles », roches n'ayant pas une concentration suffisante de métal pour être extraites, mais qui le sont encore suffisamment pour être toxiques.

On peut distinguer deux grandes familles de produits miniers : les produits métalliques et les produits



Figure 3 : Boisage peu rassurant - Eau minéralisée – Mine de barytine - Lozère

4. L'exemple du plomb

Métal lourd, il peut emprunter les trois voies de pénétration. Il se stocke dans les os et peut être relargué pendant des années. Il est particulièrement dangereux chez l'enfant.

Le plomb est toxique pour plusieurs organes : le système nerveux (neuropathie, encéphalo-pathie), l'appareil digestif (douleurs abdominales, vomissements), les reins (insuffisance rénale), la moelle osseuse (anémie), la reproduction (baisse de la fertilité, retard de croissance, effet tératogène).

Le diagnostic de l'intoxication repose sur le dosage sanguin, la plombémie, qui reflète assez fidèlement le niveau d'exposition, mais pas la quantité qui a pénétré



minéraux non métalliques.

- Les produits minéraux non métalliques sont le charbon, la houille, la potasse, le gypse, les bitumes, les phosphates, etc. Le toxique majeur est la silice qui est un constituant de nombreuses roches. Elle est cancérogène pour le poumon et provoque la silicose, maladie emblématique des mineurs de fond. Les bitumes exposent à des produits pétroliers volatiles, toxiques pour les lignées de cellules sanguines.
- Les produits métalliques sont très nombreux, qu'ils soient l'objet même de l'extraction ou qu'ils soient un composé associé dans le terrain : fer, plomb, argent, arsenic, antimoine, uranium, or, baryum, cadmium, mercure, manganèse, zinc, nickel, tungstène, thallium, bismuth, cobalt, fluor, strontium, cuivre, aluminium, etc. Chacun a sa toxicité propre, que l'on peut retrouver dans les « Fiches toxicologiques » de l'INRS à l'adresse suivante

http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html.

D'autres éléments toxiques peuvent être présents, comme le méthane, le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone (essentiellement en cas de désobstruction), le radon, les éventuels polluants exogènes (hydrocarbures).

Mais le produit le plus souvent rencontré est le plomb (mines plomb-argent).

dans le corps. Il sera complété par le dosage de la PPZ (protoporphyrine-zinc, enzyme de la chaîne de synthèse de l'hémoglobine), qui est le reflet de la toxicité concrète dans le corps.

L'élimination du plomb étant très longue, les dosages doivent être étalés dans le temps sur plusieurs mois.

Le taux de plombémie pour une personne non exposée professionnellement ne doit pas dépasser 90 $\mu g/l$ chez l'homme et 70 $\mu g/l$ chez la femme. Pour un enfant : le taux doit rester inférieur à 50 $\mu g/l$. Pour les personnes exposées professionnellement, les taux admissibles sont plus élevés et imposent un suivi médical spécifique.



Figure 4 : Voûte de mine médiévale du 13e siècle - Mine de plomb argent - Gard

5. Les mesures de prévention

À défaut d'éviter totalement le contact avec le toxique, il faut limiter au maximum la durée d'exposition et favoriser son élimination en buvant deux litres d'eau par jour (à condition qu'elle ne soit pas elle-même contaminée...).

- Pour la voie respiratoire, il n'y a pas beaucoup d'alternatives, c'est le port d'un demi-masque facial filtrant anti-poussières du type FFP2 ou FFP3. Il faut reconnaître que cette protection respiratoire est très inconfortable quand elle doit être gardée plusieurs heures, tout en faisant des efforts physiques importants et d'autant plus si la température ambiante est chaude.



Figure 5 : Boisage mixte, mine de zinc, plomb, cadmium, cuivre

- Pour la voie digestive: ne boire que de l'eau encapsulée, ce qui peut s'avérer difficile dans une région isolée. Les sources naturelles peuvent être contaminées par les terrains traversés par l'aquifère. Il faut éviter de prendre ses repas sur place, et en tout cas de se laver le visage et les mains avec de l'eau savonneuse si possible avant de manger. En fin de journée il faut prendre une douche complète, shampoing compris, avec un savonnage soigneux pour enlever le maximum de souillures.

Dans le même ordre d'idée, il ne faut pas boire ou fumer en zone contaminée.

- Pour la voie cutanée : il faut protéger les parties découvertes, essentiellement les mains avec des gants, le corps avec une combinaison. Pour le visage on fera surtout appel au lavage à grande eau du visage. Pour le reste du corps, il faut enlever les vêtements souillés si possible tous les jours et les laver à part des autres vêtements pour ne pas les contaminer à leur tour. Laver les bottes ou chaussures à grande eau.

Dans certains cas d'eaux stagnantes riches en produits agressifs on peut porter des tenues spécifiques résistant aux produits chimiques (pontonnière, waders, cuissardes).

On peut envisager l'utilisation de sur-combinaison à usage unique, mais elles sont fragiles et se déchirent facilement en milieu agressif. Elles peuvent être utilisées en sous-combinaison.

6. Le retour

Après une exposition à un produit toxique, il peut paraître logique et utile de réaliser des dosages sanguins et/ou urinaires pour vérifier la portée de l'imprégnation. Encore faut-il savoir précisément à quels toxiques on a été exposé... Il y a souvent une exposition multiple, sans que l'on sache quel est le principal.

Les laboratoires spécialisés ne sont pas nombreux, les examens coûtent chers, les conditions de prélèvement nécessitent parfois un protocole complexe et la signification d'un taux isolé est loin d'être pertinente, en particulier selon le délai écoulé entre l'exposition et le contrôle biologique.

7. Conclusion

Les risques toxiques en spéléologie minière sont très limités du fait d'une courte période d'exposition, qui n'a aucune commune mesure avec une exposition professionnelle, et d'une faible concentration habituelle de toxiques.

Elle ne doit cependant pas être négligée en fonction de

la nocivité du toxique concerné.

La prévention peut être parfois difficile à respecter, mais elle reste la seule réponse efficace, puisque l'on ne peut pas agir une fois que le toxique a pénétré l'organisme, si ce n'est de boire abondamment pour forcer l'élimination urinaire naturelle du toxique.

Remerciements

Nous remercions sincèrement Michel WIENIN pour ses précieux conseils, les photographies et l'aide apportée à ce travail.

Références

BUCH J.-P. (2018) Risques toxiques en spéléologie minière, *Spelunca* 152-2018, 42-45 BUCH J.-P. (2018) Risques toxiques en spéléologie minière, CoMed-Infos n°55, 2018, 30-33 INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ, Fiches toxicologiques (www.inrs.fr)



Figure 6: filon de houille, mine de 1830 - Gard

Pratique de la cardiofréquencemétrie en spéléologie et canyonisme

<u>Dr Jean-Noël DUBOIS</u> (1), Dr Patrick GUICHEBARON (2) et Dr Jean-Pierre BUCH (3)

- (1) Comité technique Commission Médicale FFS, coordonnateur Pôle Santé Secours FFS
- (2) Comité technique Commission Médicale FFS
- (3) Médecin fédéral national, président de la Commission médicale FFS

Résumé

Constatant une augmentation du nombre de décès non traumatiques en spéléologie l'hypothèse de mort subite cardiaque nous semblait la plus probable. Deux questions se sont posées :

- les contraintes physiologiques de nos activités peuvent-elles faire craindre un risque médical?
- quelles recommandations pratiques en tirer?

Afin de tenter d'y répondre, nous avons proposé d'évaluer la « pénibilité » de l'effort physique par la mesure de la fréquence cardiaque qui augmente de manière linéaire avec l'intensité de l'effort. Notre étude montre une pénibilité forte, classée comme « excessive » selon les normes de travail, mais on peut se faire plaisir quelque soit le niveau de pratique, gratter dans un abri sous roche ou « faire » un moins 1000...

Abstract

Practice of cardiofrequencemetry in speleology and canyoning. Noting an increase in the number of non-traumatic deaths in speleology, the hypothesis of sudden cardiac death seemed the most probable. Two questions arose:

- Can the physiological constraints of our activities make us fear a medical risk?
- What practical recommendations can be drawn from this?

In order to try to answer these questions, we proposed to evaluate the "arduousness" of physical effort by measuring the heart rate, which increases linearly with the intensity of the effort. Our study shows a high degree of arduousness, classified as "excessive" according to working standards, but one can enjoy oneself whatever the level of practice, scratching in a rock shelter or "doing" a minus 1000?

1. Le contexte

En 2003, la CoMed réalisait une étude sur la mortalité d'origine cardiovasculaire en spéléologie qui relevait des décès non traumatiques dont l'hypothèse de mort subite cardiaque semblait la plus probable. La moyenne d'âge des fédérés en 1965 était de 25 ans, elle est de 43 ans en 2018, cette quatrième décennie étant une période où apparaissent beaucoup de pathologies cardiovasculaires.

Nous devions caractériser l'intensité des contraintes physiologiques de nos activités, leur « pénibilité ».

Le reflet le plus précis de l'effort physique est la mesure de la fréquence cardiaque car elle augmente de manière linéaire avec l'intensité de l'effort.

Spéléologie et canyonisme sont des activités basées sur l'endurance, durant plusieurs heures, comportant des phases d'intensité maximale, se déroulant dans un milieu très particulier et inhabituel: pour la spéléologie,

obscurité, froid et humidité; pour le canyonisme, l'eau vive; pour la plongée, les contraintes physiques des gaz et de la pression qui se surajoutent à la progression en milieu souterrain.

Cinq années auront été nécessaires pour réaliser plus de 200 enregistrements, dans différentes cavités et canyons, dans diverses situations (cavités engagées, cavités courantes, JNSC), chez des pratiquants de tous âges et niveaux. Ce travail nous permet de répondre aux deux questions initiales :

- la spéléologie et le canyonisme ont-elles une ou des contraintes physiologiques pouvant faire craindre un risque médical ?
- quelles recommandations pratiques en tirer et quels enseignements pour le certificat médical ?

2. Modalités pratiques

Le matériel : capteurs thoraciques émetteurs-récepteurs de la marque *POLAR*, assortis des logiciels *ProTeam 2* et *ProPulse Ergo Plus*.

Le protocole : recueil des données qui seront nécessaires à l'analyse : médicales, environnementales et techniques.

La feuille de recueil d'activité : élément clé de la mesure, une fiche papier et un crayon permettent à la personne de noter les horaires de progression en fonction des obstacles à franchir. La segmentation du tracé permet ensuite d'analyser chaque phase séparément, en plus de l'analyse globale.

3. Paramètres

Ne pouvant calculer les seuils ventilatoires utilisés en médecine du sport, nous avons tenu compte du parallélisme entre la VO₂ et le Coût Cardiaque Relatif. Il nous a paru pertinent de retenir les indicateurs utilisés dans le monde professionnel:

- Fréquence Cardiaque de Repos FCR
- Fréquence Cardiaque Maximale Théorique FCMT
- Fréquence Cardiaque Moyenne FCM de la sortie
- Pourcentage du temps de sortie passé au-delà de 80 % de la FCMT. Très parlant et surligné en rouge sur la courbe enregistrée sur le logiciel *ErgoPlus*.
- CCA, coût cardiaque absolu
- CCR moyen (en %) (Fig.1). Au-delà de 40 %, on peut parler de pénibilité. Le CCR permet de fixer des limites à ne pas dépasser sur huit heures : ≤ 50 % pour un sujet sain.

4. Enregistrements

Spéléologie

- O Sorties des membres du club de spéléologie *I Topi Pinnuti* (Bastia-Corse) : cavités locales (horizontales, dénivelés < 100 m) ; pré-alpes de Grasse, Hérault ; JNSC sur une population d'initié(e)s (-20 m). 47 enregistrements (36 personnes ([15 hommes et 21 femmes]).
- o **Sorties en milieu extrême:** explorations hivernales d'une cavité alpine d'envergure à grande profondeur (850m) et de grande amplitude horaire (> 24 h) avec bivouac. 14 spéléologues de sexe masculin (17 à 57 ans, moy.=44), 30 enregistrements.

Résultats

Aide à la compréhension des diagrammes :

Le diagramme retenu est celui dit « Abaque de Meunier » utilisé en médecine du travail. Dans le cas de notre population, nous avons choisi des critères élevés : pour les

SPELEOLOGIE

Grotte de Lano (horizontale)

Cavité horizontale, sans puits ni fractionnements, quelques étroitures ponctuelles et un laminoir d'une quinzaine de mètres.

o Homme de 64 ans spéléologue confirmé mais avec peu de pratique. FC moyenne à 123, CCR à 35 et CCR 99 à 74. La

Initiation JNSC

Découverte des techniques de spéléologie alpine par une initiation de deux heures avant de descendre sous terre. Cinq d'entre eux



pratiquaient une activité sportive (montagne, aviron, course à pied, canyon).

FC moyenne globalement plus élevée (126 versus 114) que la moyenne des pratiquants confirmés; CCR également (53 versus 45); ainsi que le CCR 99 (99 versus 88). Le temps passé au-delà des 80 % de la FCMT varie de 7 à 67 %, ce qui

Au-delà de 60 % on atteint le seuil de production des lactates (phase anaérobie) et au-delà de 80 % le seuil d'accumulation des lactates.

• CCR 99 (en %). Coût cardiaque de crête



dépassé pendant 1 % de Figure 1 : Définition CCR l'activité (soit environ 5 mn), il est recommandé de ne pas aller au-delà de 60 %.

• Le score selon Meunier qui permet de classer les activités en « acceptable/plutôt lourd/excessif ».

• Canyonisme

22 enregistrements (six canyons dont un de nuit). Durée des sorties trois à sept heures avec des marches d'approche ou de sortie de trente minutes à une heure. Quatre enregistrements lors d'une sortie initiation.

Plongée souterraine

Plongée profonde (-852) en solo intégral, en hivernal, en première, dans le siphon terminal d'un grand réseau alpin. Durée de la plongée 45 min, profondeur atteinte - 35 m.

phases d'endurance, le seuil de pénibilité pour le CCR moyen a été fixé à 50 % (trait rouge vertical) et pour les phases dynamiques, le seuil a été fixé à 60 % (trait rouge horizontal).

limite de 80 % de la FCMT est dépassée dans 40 % de temps de la sortie (Fig.2).



Figure 2

Dans cette cavité, on trouve le CCR moyen le plus élevé lors du passage du laminoir.

signifie une grande variabilité des sujets dans l'adaptabilité à l'effort.

o Homme de 56 ans, prédiabétique et prenant un traitement antihypertenseur, pratiquant l'aviron et le sport en salle. FC moyenne à 154, CCR à 88, CCR 99 à 112 avec 96 % du temps de la sortie passé au-delà de 80 % de sa FCMT (Fig.3).



Figure 3

Sans surprise, c'est la remontée du puits de sortie, un P7, qui entraîne le CCR le plus élevé, 30 % de plus que la valeur moyenne.

Sortie en milieu extrême

1/Le profil global de progression est coûteux

Homme de 48 ans, entrainé, sortie d'exploration de 26 heures avec bivouac. Le CCA de la sortie est supérieur à 30 bpm (activité jugée pénible). Le CCR est supérieur à 30 % (astreinte cardiaque élevée) (Fig.4).

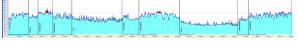


Figure 4

- Dans les très grands puits, le coût énergétique de la descente est identique à celui de la montée. Engagement lié au passage des fractionnements « plein gaz », aux pendules, au matériel spécifique interdisant la moindre faute, à l'énergie parfois nécessaire pour se délonger. Inversement, la montée aux bloqueurs est plus rassurante, et surtout plus calme car « il faut durer ».
- La progression en méandre et le franchissement d'un gros P100 arrosé, technique et engagé, génèrent les coûts cardiaques les plus élevés de la sortie.
- Les activités les moins pénibles sont la réalisation de la topographie et les phases de repos au bivouac. La phase de sommeil, permet de récupérer correctement pour la remontée du lendemain.

2/Le coût énergétique d'une sortie peut varier en fonction de l'âge, de l'expérience et du niveau d'entrainement

Deux sujets sont comparés lors de la même sortie commune au fond du réseau, de type découverte et sortie photo. Quarante ans les séparent (57 ans, spéléo très expérimenté/17 ans jeune spéléo prometteur). Côte – 800, bivouac et vingt-quatre heures passées sous terre (Fig.5).



Les fréquences cardiaques : Les FC de crête (maximale de l'effort) sont assez proches (174 contre 181), et témoignent d'un régime passager de très forte montée de FC chez notre senior (11 points de plus que la FCMT [163])

CANYONISME

SPÉLÉO Si l'on compare aux enregistrements réalisés en CCR 99 sorties spéléo, les valeurs sont sensiblement identiques.

Sorties pratiquants: Les valeurs peuvent sembler surprenantes, FC moy supérieure aux valeurs du groupe entier et à celle des initiés, de même pour le CCR et le CCR 99, mais le Rassemblement Canyon a été très festif et que certaines soirées précédant la sortie se sont terminées tardivement...



Figure 7 canyon, pratiquant régulier

Les coûts cardiaques : Le CCA est significativement plus élevé chez notre senior (46) que chez son jeune ami (35). Il représente le coût énergétique de la sortie.

Le CCR reflète bien la pénibilité de l'activité quel que soit le sujet. Il est bien plus élevé chez le senior/jeune (48,4 contre 29,7) et prouve que celui-ci, malgré toute son expérience, a puisé bien plus d'énergie dans ses réserves (coût énergétique 20 points plus élevé).

Le CCR 99 définit la pénibilité de crête de l'activité, il est dépassé chez le jeune (66 %) mais surtout chez le senior

Pourcentage du temps de sortie passé au-delà de 80 % de la FMT (en rouge), 35 % pour notre ancien et 1 % chez le junior.

Au total, la comparaison par âge sur une même sortie engagée est riche d'enseignements. Les coûts cardiaques révèlent un niveau de sollicitation bien plus élevé chez le senior. Le bon niveau physique de base, l'expérience du sujet, sa gestion des difficultés, l'entraide et la cohésion de l'équipe ont permis à cette sortie de se dérouler sans incident. Chi va piano va sano e va lontano devrait être un adage de toute progression engagée en milieu souterrain.

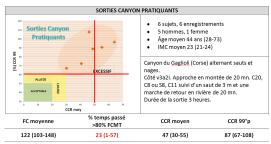
3/Accidents physiologiques avec montée très importante de la fréquence cardiaque

Conséquence d'une presque noyade (Fig.6): Franchissement d'un P17 équipé hors crue, une vague de

crue surprend un équipier de 56 ans, qui suffoque sous la violence de l'eau. S'en suit un pic de FC très élevé (sujet en survie » pour « mode récupérer de l'impact et franchir les quatre derniers Figure-6.¶ mètres le séparant de la sortie.)



Conséquence d'un incident technique dans un P100 : Difficulté au passage d'un fractionnement à la descente d'un P100 technique (multiples pendules), poignée bloquée sous le nœud. S'en suivent quelques minutes d'efforts explosifs, en plein milieu d'un grand puits. La FC max de la sortie est atteinte lors de cette difficulté technique à la descente. Les paramètres de coûts cardiaques de cet épisode qui n'a duré que huit minutes sont particulièrement élevés, et témoignent d'un effort en force pure (faisant appel au métabolisme anaérobie) dans un contexte de stress.



spéléologie. FC moyenne à 133, CCR 64 et CCR 99 de 97. A dépassé 80 % de sa FCMT pendant 57 % de la sortie (Fig.7). Sorties initiation: Quatre personnes ayant très peu de pratique de canyonisme ou remontant à plusieurs années. Canyon sans difficulté majeure si ce n'est sa marche de sortie très raide. Les valeurs sont moins élevées que lors des initiations spéléo. Elles sont cependant sensiblement plus élevées que les valeurs de l'ensemble des canyonistes, notamment pour le CCR 99 (113 *versus* 87).



Figure 8

PLONGEE PROFONDE (FOND DE CAVITE)

Sortie rapide dans le siphon terminal du Gouffre de la Muraille de Chine (-852), d'une quinzaine d'heures en allerretour. Durée de la plongée 45 mn, profondeur atteinte 35 m, en première, en solo intégral.

Faits saillants: CCA plus élevé lors de la progression en méandre et dans la descente d'un grands puits à -600 (N° 3) que lors de la plongée en elle-même (N° 6). CCR également plus élevé lors des progressions en méandre et franchissements de grands puits (N° 3/8/10) que lors de l'immersion (Fig.9).

Il ressort de cette analyse que la plongée en elle-même ne semble pas être l'activité la plus contraignante et ce malgré un environnement défavorable (pointe en solo et à grande

6. Conclusion

On peut chiffrer la sollicitation physique (le coût cardiaque) de la spéléologie et du canyonisme comme forte, classée comme « excessive » selon les normes de travail L'effort est soutenu et fractionné, avec un niveau élevé lors des phases en endurance et des phases dynamiques pouvant être très intenses. Cependant ils peuvent développer les capacités d'adaptation cardiaque à l'effort, avec tous ses effets bénéfiques et l'avantage de solliciter tous les groupes musculaires.

Les phases les plus critiques pour la spéléologie sont les puits (y compris à la descente) et les étroitures; pour le canyon, ce sont les marches d'approche et de sortie et le parcours en rivière; pour la plongée souterraine il semble que l'équipement et le début de la plongée soient les phases les plus intenses. Il faut rajouter le stress (facteur très important), les incidents de parcours et les conditions générales de l'exploration.

Mais entre un pratiquant très entraîné, voire professionnel, et un amateur occasionnel, entre une cavité horizontale sans difficultés et un gouffre alpin très engagé, tous les intermédiaires existent. On peut se faire plaisir quel que soit le niveau de pratique, gratter dans un abri sous roche ou « faire » un moins 1000...

Il est conseillé de ne pas dépasser la fréquence cardiaque correspondant à 80 % de la fréquence maxima théorique, en tout cas le moins longtemps possible.

Les recommandations

• tenir compte des divers facteurs de santé (âge, pathologies, état de santé, forme physique du moment, hygiène de vie, facteurs de risque cardiovasculaire) ;

7. Bibliographie-Notes

Le compte rendu complet de cette étude avec 19 références bibliographiques est consultable et téléchargeable sur le site de la CoMed à l'adresse suivante :

http://comed.ffspeleo.fr/docs_comed/feuilles_de_liaison/CoMed_I_nfos%20n_56_%202019.pdf

L'analyse par blocs confirme que ce sont la marche de sortie, la séquence marche en rivière, la nage en bief et la descente raide (à la limite de la désescalade) qui entrainent les CCR les plus élevés (Fig.8).

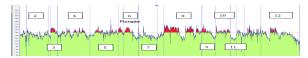


Figure 9

profondeur, eau froide, stress de la première). Les phases les plus exposées se situent lors des progressions en méandre et dans les grandes verticales, plus précisément au début de la remontée (Nos 8/9/10). Il convient de protéger et d'assister le plongeur tout particulièrement dans ces phases de progression. La seconde phase de la plongée révèle une baisse notable de la fréquence cardiaque, pour laquelle plusieurs hypothèses peuvent être émises: bradycardie liée au froid, vasoconstriction, relâchement et détente de retour de pointe?

- tenir compte du niveau technique et de l'entraînement ;
- s'hydrater régulièrement et s'alimenter le mieux possible.
- supprimer tabac et alcool (ou à défaut les limiter) ou toute autre conduite addictive; attention à la prise de médicaments ou de compléments alimentaires (dopage caché);
- ménager ses efforts, faire des pauses, s'entraîner régulièrement y compris hors cavité (falaise, salle).
- adapter la cavité ou le canyon au niveau technique des pratiquants, en s'alignant sur la personne la plus fragile;
- maîtriser et appliquer les règles techniques pour s'économiser physiquement;
- avoir un équipement technique et vestimentaire adapté ;
- être lucide sur ses capacités et savoir renoncer si nécessaire ;
- après une plongée souterraine, éviter les efforts intenses, juste après et pendant les heures qui suivent.

Pour ce qui est du certificat médical

- le pratiquant ayant un ou des facteurs de risque cardiovasculaire doit faire le point sur sa capacité à l'effort, son médecin étant seul juge des moyens appropriés;
- le pratiquant ayant une pathologie cardiovasculaire nécessite un bilan approfondi, et doit rester prudent dans sa pratique;
- à partir de quarante ans, un bilan général et cardiologique est fortement conseillé.

BUCH J.-P., VALENTIN G., VIDAL A. Drs, « Mortalité cardio-vasculaire en spéléologie », *Spelunca* n°107, p 5-9, 2007

DUBOIS J.-N, GUICHEBARON P., BUCH J.P D^{rs} , « Pratique de la cardiofréquencemétrie en spéléologie et canyonisme », *Spelunca* $n^{\circ}154$, pp 50-59, 2019

Deep Time, méthodologie pour une expérience hors du temps?

Christian CLOT (1), Jérémy ROUMIAN (2) & Stéphane BESNARD (3)

- (1) Human Adaptation Institute, 18 rue Eugène Jumin, 75019, Paris, France, christian@adaptation-institute.com
- (2) Human Adaptation Institute et Université Paris Panthéon Assas, Largepa, 18 rue Eugène Jumin, 75019, Paris, France, <u>jroumian@adaptation-institute.com</u>
- (3) Université de Caen Normandie, Caen, France, GDR Vertige CNRS 2074, Human Adaptation Institute, Paris, France. stephane.besnard@unicaen.fr

Résumé

L'étude des individus et de leurs systèmes organisations oscille entre deux extrêmes. D'un côté, les simulations contrôlées et modélisées, qui permettent l'observation de paramètres pré-déterminés et spécifiques mais qui sont souvent limitées pour l'extrapolation à des situations réelles toujours plus complexes. D'un autre côté, des recherches en situations réelles, limitées et compliquées en termes de mesures réalisées, parfois rétrospectives, portant sur des récits ou des données subjectives et sur de trop petits effectifs et non généralisables. L'objet de cette communication est de proposer une méthodologie de recherche-action intégrative (combinant les deux approches), à savoir une production de connaissances interdisciplinaires dans notre modèle d'expéditions.

La mission *Deep Time* (2021) a consisté en un confinement volontaire de quinze personnes pendant quarante jours dans le milieu naturel la grotte de Lombrives en France, sans accès à la lumière du soleil ni aucun indicateur temporel. La conception et le but de cette mission étaient de comprendre sous différentes approches les mécanismes de la perception cognitive temporelle et la capacité de synchronisation biologique et sociale d'un groupe en situation d'isolement temporel. Au travers d'une analyse opérationnelle et organisationnelle de la mission, cette communication permet de mettre en avant l'intérêt de construire des missions scientifiques de terrain sur-mesure.

Abstract

The study of individuals and their organisational systems oscillates between two extremes. On the one hand, controlled and modelled simulations, which allow the observation of pre-determined and specific parameters, but which are often limited in terms of extrapolation to ever more complex real-life situations. On the other hand, research in real situations, limited and complicated in terms of measurements carried out, sometimes retrospective, on stories or subjective data and on too small cohorts that cannot be generalised. The purpose of this paper is to propose an integrative action research methodology (combining the two approaches), i.e. interdisciplinary knowledge production in our expedition model.

The *Deep Time mission* (2021) consisted of a voluntary confinement of 15 people for 40 days in the natural environment of the Lombrives cave in France, without access to sunlight or any temporal indicators. The conception and aim of this mission were to understand, from different approaches, the mechanisms of temporal cognitive perception and the biological and social synchronisation capacity of a group in a situation of temporal anomie. Through an operational and organisational analysis of the mission, this paper highlights the interest of building tailor-made scientific field missions.

1. Introduction

Depuis le milieu du xxe siècle, des centaines d'expériences en temporalité dirigée et en milieu fermé ont été menées dans le monde, mais seulement une vingtaine ont été conduites totalement hors du temps, en milieu naturel avec ses contraintes associées, adossées à un protocole scientifique sérieux. La plupart d'entre elles étaient en solitaire et quelques-unes en petit groupe de deux ou trois participants, toujours non mixte. Leur durée variait de 7 à 177 jours. Dès 1938, une première expérience est dirigée par N. Kleitman et son assistant B. Richardson qui s'enferment pendant 32 jours dans *Mammoth cave* au Kentucky (USA), à 42 mètres de profondeur, sans lumière naturelle et à une température constante de 11 degrés Celsius. Ce n'est que dans les années soixante que de

véritables expériences « hors du temps » sont menées. En France, le spéléologue Michel Siffre s'enferme en solitaire à 100 mètres sous terre dans le gouffre de Scarasson pour 60 jours. L'allemand J. Aschoff de son côté installe un bunker en forme de maison pour placer de petits groupes dans un monde « hors du temps », pour de courtes périodes. Durant deux décennies, sous l'impulsion de ces deux hommes autant que des agences spatiales russes et américaines, dont les vols habités obligent à des questions plus poussées sur les rythmes biologiques humains, plusieurs expériences seront menées (Siffre, 1963 ; Siffre, 1972 ; Human Adaptation Institute, 2021). De ces expériences est ressorti un consensus qui fait aujourd'hui référence : le rythme biologique circadien profond, inné,

ne serait pas exactement de 24 heures. En l'absence de marqueurs de temps synchroniseurs que sont les rythmes sociaux et les alternances jour-nuit, le rythme spontané s'installe sur 25 heures ou 24 heures 30. Les oscillations de la température centrale, de la sécrétion du cortisol et vraisemblablement les rythmes de sommeil paradoxal, reculent d'une heure toutes les 24 heures.

Ces données et ces conclusions posent cependant de nombreuses questions et présentent plusieurs lacunes. La première étant de comprendre pourquoi, si nos rythmes biologiques sont véritablement réglés de manière absolue, les rythmes de vie sont eux totalement décalés, dans la perception et dans les faits. En effet, l'ensemble des participants aux expériences « hors du temps » a ressenti un décalage profond du temps, à commencer par la première expérience de M. Siffre avec plus de 25 jours. Doit-on remettre en cause la méthode de collecte des données ou devons-nous admettre que nos principaux synchronisateurs, en dehors des cycles terrestres et de nos activités quotidiennes, ne sont peut-être pas biologiques mais d'un autre ordre, liés au cognitif, à la psychologie et personnalité, à la motivation ou aux conditions de vie ? Les travaux antérieurs manquent en réalité souvent de tests bien contrôlés et ont utilisé des critères hétérogènes conduisant à des incohérences méthodologiques avec la littérature de simulation en laboratoire (Gaoua, 2010; P. A. Hancock & Vasmatzidis, 2003; P. A. Hancock, Ross et Szalma, 2007).

L'autre évidence est la limite de telles expériences sur un très petit nombre de sujets, souvent en solitaire, avec une capacité de déplacement hors du camp de base très limitée et les outils de mesure, certes à la pointe à l'époque mais limités dans leurs précisions et leur amplitude. En particulier, si la biologie humaine a été le sujet focalisant des études menées, la cognition, la psychologie, le rapport au territoire et à autrui ont été presque totalement absents de ces trayaux.

Aussi, dans un contexte de vie terrestre de plus en plus changeant et incertain, alors que l'installation sur de nouveaux corps célestes dans un futur proche est redevenue une réalité et que la quantité d'injonctions temporelles et fonctionnelles extérieures nous perturbent de plus en plus, il nous a paru intéressant de reprendre ces travaux au sujet de l'adaptation et des rythmes humains dans des conditions extrêmes, à savoir dans un univers entièrement nouveau pour les sujets et en absence de toutes informations temporelles naturelles (lumière du soleil absente), ou technologiques (réveil, montre, support numérique horodaté).

2. La méthodologie

Pour tenter de répondre à ces questions, mais plus généralement à la question des aptitudes adaptatives dans un environnement nouveau et anomique, nous avons mis en place une mission d'isolement temporel qui s'est déroulée du 14 mars au 24 avril 2021 et a été intitulée *Deep Time*.

Principe général de la mission

Quinze personnes, dirigées par l'explorateur-chercheur Christian Clot, se sont isolés pour quarante jours dans la grotte de Lombrives à Ussat en Ariège (09) dans les Pyrénées françaises, sans accès à la lumière du soleil, sans aucun indicateur temporel, ni contact direct avec une équipe de surface. Cette expédition de recherche a permis d'étudier la capacité d'adaptation d'un individu et d'un groupe face à une situation « d'anomie temporelle », et plus généralement face à une situation de perte totale de repères. Cette vie en situation « d'anomie temporelle » a été le premier et le plus grand élément perturbateur que les équipiers ont dû affronter. Le second a été l'installation dans un territoire nouveau dans des conditions de vie protégées d'un environnement climatique déréglé, proche d'un fonctionnement de « base avancée » comme on peut l'imaginer actuellement en Antarctique ou lors de missions spatiales, ou dans le futur. La vie a donc dû s'organiser sans notion de temps (pas de rendez-vous, d'horaire déterminé pour manger, dormir, travailler, etc.), tout en permettant au groupe de collaborer et de générer une coordination fonctionnelle pour réaliser les tâches qui lui avaient été dévolues. Cela représente environ l'équivalent de six à sept heures d'activités nécessaires et le reste est réparti en temps de repas, loisir et repos. Chaque personne a des tâches qui lui ont été attribuées et qui lui ont été propres durant la mission. Pendant la durée de la mission, sauf en cas de force majeure, les équipiers n'ont pas eu le droit de se réveiller les uns les autres, ni de s'inciter à aller se coucher ou de dormir de manière synchronisée. Chacun doit respecter son propre rythme biologique.

Une grotte naturelle plutôt qu'une installation artificielle

Pour comprendre les aptitudes et fonctionnements humains, il est nécessaire de les étudier dans un milieu naturel et lors de situations au plus proche d'un principe de vie réelle ou possible, plutôt qu'en simulation dans un espace artificiel, restreint et sans véritables mouvements possibles. Ces conditions permettent des observations fines prenant en compte l'ensemble sensoriel et émotif qui influence les décisions et les actions à chaque instant de nos vies. Il a donc été choisi une grotte de grande ampleur permettant à la fois d'installer un camp de qualité pour les études ainsi qu'un espace d'évolution, de découverte, d'exploration. Cela apporte des sensations naturelles capitales au moment d'étudier des humains face à de nouvelles conditions de vie, en conservant inconsciemment perceptions et émotions provoquées l'environnement : curiosité, sensorialité, aptitude à l'émerveillement, exploration et mouvement. Il s'agit d'un cadre propice pour retrouver des conditions de vie proches de nos habitudes « exploratoires » humaines, tout en évitant absolument le risque de contact avec des personnes extérieures de même que l'accès aux informations solaires ou autres indicateurs temporels.

La grotte de Lombrives est idéale pour une mission d'étude scientifique en immersion. L'implantation de la base souterraine est organisée en six zones : une zone de vie, une zone de travaux scientifiques, une zone de sommeil, un espace de parole isolé, un sas pour l'évacuation des déchets, une zone de toilette et de sanitaires.

Le recrutement et les membres de la mission

Le recrutement de ces participants a été fait de façon rigoureuse comme pour un séjour sur les bases polaires ou autres missions en milieu extrême et isolé. À l'exception du chef de mission, les quatorze autres membres ne sont pas des spécialistes des expéditions ou des milieux extrêmes. Ils viennent de différents milieux socioprofessionnels : responsable de communication, bijoutière, cordiste, analyste, enseignant, biologiste, etc. Les personnalités sont également très diverses avec des profils psychologiques très différents. Le groupe est mixte et paritaire (une fois mis de côté le chef d'expédition). Il comprend donc sept femmes et huit hommes. Ceci a été conçu dans le but de créer un groupe extrêmement divers dans sa sociologie pour comprendre, au plus proche de la réalité du quotidien, comment un groupe peut s'adapter à ces conditions de vie avec un impact soudain et radical. Ce sont des sujets sains entre 25 et 50 ans inclus, de nationalité française, droitiers, sans antécédents médicaux ou chirurgicaux incompatibles avec l'expédition, ayant accepté par écrit de participer à l'expédition, ayant donné leur autorisation de droit à l'image et ayant signé leur consentement éclairé pour participer au protocole scientifique associé à cette expédition (CPP Ouest IV, 2021-A00474-37). Ces participants sont tous volontaires et très motivés. Pour être autorisé à participer, chacun a reçu un certificat d'aptitude médicale et chaque participant a bénéficié avant la mission d'un entretien psychologique par une psychologue afin de dépister tout problème de cet ordre.

Les protocoles scientifiques

Les thématiques globales de recherches portent sur (i) les mécanismes d'adaptation à un lieu de vie aux

3. Résultats

Les résultats avancés ici sont issus des constats faits sur l'ensemble de la mission et des résultats préliminaires des travaux scientifiques domaine par domaine. Nous retenons, au moment de l'écriture de cette communication, cinq points principaux :

i) Il est possible de réaliser une expérience « hors du temps » avec des novices en spéléologie dans un environnement naturel. Toute l'équipe est restée confinée pendant les quarante jours sans manifester un désir impérieux de sortir de la grotte. La fin de l'expérience a plutôt été vécue comme arrivant « trop rapidement » par une majorité des membres de l'équipe. Signe, s'il en est, que le dispositif matériel et le cadre fonctionnel (direction, recrutement, pilotage du déroulement de la mission) s'est révélé efficient.

caractéristiques extrêmes sans lumière naturelle et en totale rupture avec nos lieux de vie habituels; (ii) la capacité individuelle de perception du temps en l'absence de tout marqueur temporel (lumière, montre, équipement numérique); et (iii), la synchronisation collective fonctionnelle secondaire à l'absence de ces marqueurs temporels. Ces travaux génériques sont menés au travers d'une méthodologie associant différents protocoles complémentaires entre eux touchant à l'ensemble des paramètres individuels et collectifs, au travers d'études pluridisciplinaires, multifactorielles et intégratives, dont les principales portent sur :

- La cognition: mécanismes d'adaptation, modifications structurelles, gestion du temps, circuits décisionnels, réactivité émotionnelle, etc.
- La physiologie/biologie: génétique, biologie générale (homéostasie), rythme circadien, sommeil, etc.
- La sensorialité: perception sensorielle et son adaptation/altération (ouïe, vue, olfaction, équilibration), capacités d'orientation et relations avec l'émotion.
- Les états et aptitudes mentales, relations interindividuelles : psychologie, éthologie, etc.
- La sociologie et gestion d'équipe: fonctionnement et structure sociale, leadership, dynamique de groupe, systèmes organisationnels, etc.
- L'environnement écologique dans lequel évoluent les sujets est intégré à nos études pour évaluer l'impact du milieu sur l'humain et réciproquement. Il touche aux conditions écologiques de vie, à la qualité de l'air, aux conditions atmosphériques et météorologiques de la grotte, etc.

Les protocoles ont été proposés par les différents chercheurs et équipes de recherches qui sont ensuite en charge des analyses spécifiques à leur domaine. Plusieurs réunions et analyses transdisciplinaires ont permis ensuite d'évaluer et d'étudier les interactions entre ces différents domaines et paramètres mesurés afin d'obtenir une vision intégrative de l'évolution intra et inter individuelle et de répondre à nos thématiques principales de recherche.

- ii) Le second résultat, que met en lumière le déroulement intégral de la mission, concerne les protocoles scientifiques élaborés. L'ensemble des protocoles ont pu être menés avant, pendant et après la mission. À quelques rares exceptions près (pour des raisons techniques), les données ont pu être collectées de manière fiable et exploitable pour la recherche. Il n'y a pas eu, par exemple, d'arrêt ou d'abandon du protocole scientifique par les sujets. Cela valide d'une part la faisabilité de chacun des protocoles et d'autre part l'intérêt de développer une approche intégrative pour les expériences « hors du temps ».
- iii) Pendant la durée de la mission, il n'y a eu aucun lien avec la surface. Cette absence de communication a permis la création d'une vie autonome sous terre sans avoir ni injonction, ni lien émotionnel direct à gérer avec la surface.

Il en est ressorti un sentiment de liberté de la part de l'équipe et une capacité de projection d'une vie en autonomie indépendante et adaptée à la vie sous terre « hors du temps ».

iv) La dimension exploratoire (la possibilité offerte à l'équipe d'explorer la grotte qui leur était inconnue) s'est révélée essentielle comme stabilisateur psycho-émotionnel du groupe. Le milieu naturel, la taille de la grotte et la

formation dispensée à l'équipe pour pratiquer l'activité spéléologique ont rendu cela possible.

v) Les activités structurant la vie sociale ont été un élément important de l'organisation de la vie souterraine. Il s'agit des activités liées à la vie du camp (production d'électricité, eau, etc.) et des activités scientifiques liées à l'écologie et à l'environnement de la grotte.

4. Discussion

La méthodologie mise en place pour *Deep Time* est en rupture avec les méthodologies antérieures. La taille du groupe, la configuration des lieux, la parité, l'absence de communication avec l'extérieur et la possibilité d'explorer de nouveaux territoires pendant la mission ont été des éléments qui ont permis une réussite de la mission et qui ouvrent de nouveaux champs de recherche ultérieurs. Par ailleurs, la validation de la faisabilité de la mission telle qu'elle a été conçue lors de cette expérience, permet d'envisager de varier la composition d'équipes lors de missions ultérieures tel que notamment le mix d'experts et de non-experts.

L'absence de communication avec la surface - réelle nouveauté par rapport aux expéditions précédentes - a permis de ne pas formuler d'injonction auprès de l'équipe sous terre et donc de limiter l'impact de la surface. Cette absence de communication semble également avoir été le moyen de créer un système de vie sociale très différent des missions précédentes et d'avoir une perception de l'écoulement du temps et une sensation de liberté jamais constatée auparavant.

Par ailleurs, le sentiment d'émerveillement, généré par la possibilité d'exploration souterraine de la grotte de Lombrives, s'est révélé être un levier de bien-être et de stabilité psycho-émotionnel du groupe très puissant. Confortant l'hypothèse des travaux du Human Adaptation Institute, selon laquelle l'adaptation à un nouvel environnement de vie est possible entre autres grâce à la possibilité de ressentir des émotions positives et notamment l'émerveillement face un nouvel environnement, et qui se voit renforcée avec la mission Deep Time.

Enfin, les premiers résultats préliminaires (théories des organisations, sommeil, adaptation, cardio-vasculaire, etc.) vont à l'encontre de beaucoup de résultats de missions passées. Cela peut s'expliquer par une méthodologie de mission différente qui aurait un impact sur les membres du groupe. Cela peut aussi s'expliquer par des techniques de mesure plus fines que par le passé. Mais sans doute surtout en raison du groupe, qui s'approche plus d'une vie sociale réelle impliquant des contraintes mais aussi des soutiens importants.

5. Conclusions

Le succès humain et scientifique de la mission nous permet de poser les bases d'une nouvelle typologie de missions « hors du temps »– mais aussi plus généralement d'un principe d'étude en condition réelle de vie– avec des paramètres d'installation, de sélection et de préparation des équipes, et d'organisation sous terre différents de ceux mis en place par le passé.

Par ailleurs, les premiers résultats préliminaires et les observations réalisées sur le terrain confirment la nécessité de poursuivre ces missions « hors du temps » en environnement naturel.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des laboratoires et universités partenaires scientifiques de la mission Deep Time et du Human Adaptation Institute.

Références

GAOUA, N. (2010), Cognitive function in hot environments: a question of methodology, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20: 60-70.

HANCOCK, P. A., ROSS, J. M., & SZALMA, J. L. (2007), A meta-analysis of performance response under thermal stressors, *Human Factors*, 49(5), 851–877

HANCOCK, P. A., ROSS, J. M., & SZALMA, J. L. (2007), A meta-analysis of performance response under thermal stressors, *Human Factors*, 49(5), 851–877

HUMAN ADAPTATION INSTITUTE (2021) Deep Time | Audelà du Temps.

https://deeptime.fr/wp-content/uploads/2021/11/Chronologie-expe-confinement HorsTemps-Publi-21.11.09.pdf

SIFFRE M. (1963), Expériences Hors du Temps, Ed. Julliard

SIFFRE M. (1972), Expériences Hors du Temps, Ed. Fayard

Speleotherapy: mechanism of influence, assessment of suitability of underground objects for medical use

Ivan S. LEMKO (1), Iuri Simionka (2) & Andrij A. Mayor (3)

- (1) GI « The Scientific-practical Medical Centre «Rehabilitation» Health Ministry of Ukraine », 10 Velykokam'ana str., 88 000 Uzhhorod, Ukraine, isl.rehab@gmail.com
- (2) Permanent Commission on Speleotherapy (PCS) / Commission permanente de spéléothérapie (CPS) of the UIS; National Institute of Rehabilitation, Physical Medicine and Balneoclimatology, Strada Sfântul Dumitru 1, București 030167, Romania, simionca iuri@yahoo.com
- (3) SI « Ukrainian Allergologic Hospital Health Ministry of Ukraine », 42 Tereka str., 90575, Solotvino, Tyachiv district, Transcarpathia, Ukraine, dzual@ukr.net

Résumé (French)

Spéléothérapie: mécanisme d'influence, évaluation de l'adéquation des objets souterrains à un usage médical. L'effet clinique positif de la spéléothérapie est conditionné par la constance des principales caractéristiques physiques et chimiques du microclimat, par l'absence de micro-organismes et d'allergènes, la présence d'aérosols biologiquement actifs. Presque tous les objets souterrains naturels peuvent être utilisés à des fins médicales. Dans le même temps, lors de l'organisation des établissements médicaux de spéléothérapie, il convient de résoudre deux ensembles de problèmes distincts obligatoires - techniques et médicaux. Ces deux groupes de questions sont résumés et détaillés dans le présent article.

Abstract

The positive clinical effect of speleotherapy is conditioned by the constancy of main physical and chemical characteristics of the microclimate, by the absence of microorganisms and allergens, the presence of biological-active aerosol. Almost all natural underground objects may be used for medical purpose. At the same time, while organizing speleotherapeutic medical establishments, two obligatory separate complexes of problems should be solved – technical and medical. These two groups of questions are summarized and detailed in the present article.

Abstrakt (German)

Speläotherapie: Wirkungsmechanismus, Bewertung der Eignung von unterirdischen Objekten für medizinische Zwecke. Die positive klinische Wirkung der Speläotherapie wird durch die Konstanz der wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften des Mikroklimas, durch das Fehlen von Mikroorganismen und Allergenen, das Vorhandensein von biologisch aktivem Aerosol bedingt. Fast alle natürlichen unterirdischen Objekte können für medizinische Zwecke verwendet werden. Gleichzeitig sollten bei der Organisation speläotherapeutischer medizinischer Einrichtungen zwei obligatorische getrennte Problemkomplexe gelöst werden – technische und medizinische. Diese beiden Fragengruppen werden im vorliegenden Beitrag zusammengefasst und detailliert.

1. Introduction

The salt mines and caves microclimate is widely used throughout the world for treatment of bronchial asthma and other lung diseases associated with bronchial obstruction. The curative effect of this method was proved by long-time experience and numerous evidence based investigations. It was revealed that the positive clinical effect of speleotherapy is conditioned by the constancy of main physical and chemical characteristics of the microclimate, by absence of microorganisms and allergens, the presence of biological-active aerosol.

It must be noted, that despite of differences in the main physical and chemical characteristics of carst caves and salt mines, which are used for speleotherapy, there are no significant differences in their therapeutic effect. It is conditioned by the general positive influence of the microclimate in speleotherapeutic establishments on the human organism.

There may be separated four main components of the curative mechanism of speleotherapy:

- defensive (isolation from the environment, practical absence of pollutants and allergens in the air, low concentration of microorganisms),
- sanative influence of aerosol media (hyperosmolar stimulation of rock salt aerosol),
- training effect (through stay in unusual underground conditions, which result in mild prolonged stress for the organism),

 rehabilitation of adaptive-compensative reserves of the organism (as a result of immunocorrection, decreasing

2. Materials and methods

On the base of almost 45 years experience of speleotherapeutic institution functioning in Solotvino the analysis and generalization of the basic methodical

the activity of inflammation in broncho-pulmonary system).

approaches to the organizing of new speleotherapeutic medical establishments were developed.

3. Results

The history of speleotherapy in Ukraine started in 1968 with the opening of the first speleotherapeutic department on the basis of the district hospital in Solotvyno, Transcarpathia. In few months (in 1968) the Regional allergologic hospital was opened. Its' underground department was located in the old mine workings Nº 8 at a depth of 206 m. Microclimatic characteristics of this department were: temperature 16-18°C, humidity 30-50%, concentration of haloaerosol 3,6 – 4,3 mg/m³, content of particles up to 3 μ m in size – 21-54%, 3 μ m – 29-43%, 6 μ m – 5-29%, over 6 μ m – 8-11%.

The course of treatment lasted for 6 weeks and included 2 adaptation descents for 6 hours, followed by daily night sessions for 12 hours (except Sunday). The total duration of speleotherapeutic procedures for patients was 300 hours.

After 8 years, accounting high effectiveness of treatment, a new Republican allergological hospital was built up for 240 patients.

Unlike similar institutions, the underground department of this hospital was specially built as a healthcare facility based on the mine N_2 9 at a depth of 300 m. It was a unique building that did not have and has no analogues in the world (Fig. 1).

The microclimatic parameters factors of the underground department were characterized by high stability: air temperature 22,5-23,5°C, humidity 30-60%, saturation with aerosol of rock salt - 5,0 - 8,0 mg/m³, low microbial background (70-100 microbes/m³) and practical absence of pollutants.

Measurements of the chemical composition (Fig. 2) were made in the spectral laboratory of the Institute of Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences.





Figure 1: The underground department of the Ukrainian Allergologic hospital, Solotvino, Ukraine

Samples	Elements and their content in %								
	Mg	Mn	Si	Fe	Al	Ca	V	Ti	Cu
White salt	0,003	0,001	0,01	0,05	0,005	0,0003	0,0003	0,003	0,0003
Grey salt	0,01	0,006	0,01	0,05	0.005	0,0003	0,0003	0,005	tracks

Figure 2: Results of spectral analysis of salt samples

Accounting hundreds of patients staying in the underground department of the hospital, special aspect of speleotherapy was the anthropogenic impact on the natural environment. These studies were also conducted at the Institute of Geology and Geophysics (Prof. Kazansky Yu.P.). Two varieties of Halite were distinguished:

- 1. Primary rocks, without signs of anthropogenic influence.
- 2. Secondary rocks, with signs of anthropogenic impact.

Primary rocks mainly form crystals of more than 0.5 mm in size (Fig. 3). Secondary varieties of Halite (Fig. 4), in

contrast to primary, have predominantly small crystal sizes (less than 0.025 mm). The presence of these secondary rocks is a marker of anthropogenic pollution and indicates the need for periodic cleaning of the underground department.

On the base of clinical effectiveness evaluation 5 differentiated treatment regimens of speleotherapy were developed that include the use of daytime (5-hours) and night (12-hours) and the total numbers of speleotherapeutic sessions (18-22).







White salt

Figure 3: Primary (root rock) rocks of Halite (Scanning microscope, x 600)

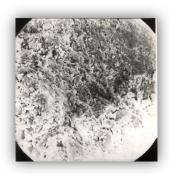


Figure 4: Secondary rock of Halite

The effectiveness of speleotherapy in Solotvino was testified by the results of treatment of more than 100 000 patients with bronchial asthma, COPD and other diseases of bronchopulmonar system.

4. Discussions

Scientific and practical achievements of the Transcarpathian Speleo- and Haloaerosoltherapy School are enclosed in more than 1000 publications, over 30 invention certificates, patents. The innovative practical results and conclusions were approved by the Ministry of Health of Ukraine in the form of 25 information and methodic recommendations, 30 dissertations (including for doctor's degree).

Results of scientific researches and practical experience of speleotherapy are presented at numerous scientific conferences of different levels, international symposiums in Hungary, France, Germany, Poland, Belarus, Romania, Slovakia, the Czech Republic and Austria, Slovenia and other countries.

The underground department of the hospital successfully worked until 2010. More than 100 000 of patients were treated in the hospital during this period. However, for technical reasons, the underground department was flooded.

But the experience gained for 42 years is very important and can be successfully used in other similar institutions.

Organization of new and optimal functioning of existing speleotherapeutic establishments needs close interaction of medical and technical services.

It is also necessary to prevent secondary antropogenic changes, which may cause non-desirable and harmful influences on the curative features of the microclimate.

Two separate complexes of problems should be solved while organizing speleotherapeutic medical establishments: technical and medical.

TECHNICAL QUESTIONS:

1.The physical-chemical composition and structure of the rock:

- presence and concentration of the salt;
- presence of other components in the rock salt;
- chemical composition of the rock in the mine and presence of toxic elements.

2. The microclimate of underground clinic:

- · air composition and its regeneration;
- aerosol: dispersity, ionization and concentration;
- temperature and humidity of the air: maximal and minimal value, daily fluctuations, season fluctuations;
- microbial pollution and its dynamics, the presence of pathogenic and conditionally pathogenic flora, the duration of air regeneration;
- Persistence of underground environment against anthropogenic influence and preservation of its curative qualities.

3. Technical mining problems:

- · ventilation of underground mine galleries;
- following all the rules of safety precautions by patients and the medical staff.

The medical part of the evaluation program includes as follows:

1.Indications and contra-indications

2.Organization of clinic process on the surface

3. Organization of speleotherapeutic treatment:

- to define the duration of speleotherapeutic course;
- to define the treatment variations with different intensity of influence;
- to define period for adaptation and readaptation;
- to control patients health condition during treatment;
- organization of medical help in the underground department.

It must be emphasized that the positive clinical effect of speleotherapy is based on the precise and detailed evaluation of every underground object and is one of the most important measures, which must be conducted preliminary to its medical use.

5. Conclusions

The positive clinical effect of speleotherapy is conditioned by the constancy of main physical and chemical characteristics of the microclimate, by the absence of microorganisms and allergens, the presence of biologicalactive aerosol. Almost all natural underground objects may be used for medical purpose. At the same time, while organizing speleotherapeutic medical establishments, two obligatory separate complexes of problems should be solved – technical and medical. These measures must be conducted preliminary to their medical use.

References

- KAZANSKIY Yu.P., DYMKIN V.A., LEMKO I.S. et al. (1986) Geological aspects of speleotherapy (on the example of curative mine in Solotvino Transcarpathian Region of USSR). Institute of geology and geophysics Novosibirsk, 79 p. (rus.).
- LEMKO I., KAZANSKY Yu., LEMKO O. (1989) Organization principles of salt mine speleotherapy. International Congress of Speleology (13-20 August, Budapest, Hungary), Proceedings, III, 780.
- TOROKHTIN M.D., CHONKA Ya.V., LEMKO I.S.

 Speleotherapy of the respiratory diseases in conditions

- of the salt mines microclimate. Uzhgorod: "Zakarpattya", 288 p. (rus.).
- LEMKO I.S. (2011) Modern organization principles of speleotherapy. Materials of the International Scientific Congress and the 64-th Session of the General Assembly of the World Federation of Hydrotherapy and Climatotherapy (FEMTEC) (16-19 October 2011, Bled-Radenci, Slovenia), 121.
- LEMKO I.S., LEMKO O.I. (2012) Underground objects for curative use: Algorithm of their complex evaluation. National Conference of Speleotherapy (06-08 October, 2011, Turda Salt Mine, Romania), Cluj-Napoca, 2012, 27-28.

Spéléothérapie: mécanisme d'influence, évaluation de l'adéquation des objets souterrains à un usage médical.

Ivan S. LEMKO (1), Iuri Simionka (2) & Andrij A. Mayor (3)

- (1) GI « The Scientific-practical Medical Centre «Rehabilitation» Health Ministry of Ukraine », 10 Velykokam'ana str., 88 000 Uzhhorod, Ukraine, isl.rehab@gmail.com
- (2) Permanent Commission on Speleotherapy (PCS) / Commission permanente de spéléothérapie (CPS) of the UIS; National Institute of Rehabilitation, Physical Medicine and Balneoclimatology, Strada Sfântul Dumitru 1, București 030167, Romania, simionca_iuri@yahoo.com
- (3) SI « Ukrainian Allergologic Hospital Health Ministry of Ukraine », 42 Tereka str., 90575, Solotvino, Tyachiv district, Transcarpathia, Ukraine, dzual@ukr.net

Résumé (French)

Spéléothérapie: mécanisme d'influence, évaluation de l'adéquation des objets souterrains à un usage médical. L'effet clinique positif de la spéléothérapie est conditionné par la constance des principales caractéristiques physiques et chimiques du microclimat, par l'absence de micro-organismes et d'allergènes, la présence d'aérosols biologiquement actifs. Presque tous les objets souterrains naturels peuvent être utilisés à des fins médicales. Dans le même temps, lors de l'organisation des établissements médicaux de spéléothérapie, il convient de résoudre deux ensembles de problèmes distincts obligatoires - techniques et médicaux. Ces deux groupes de questions sont résumés et détaillés dans le présent article.

1. Introduction

Le microclimat des mines de sel et des grottes est largement utilisé dans le monde entier pour le traitement de l'asthme bronchique et d'autres maladies pulmonaires associées à une obstruction bronchique. L'effet curatif de cette méthode a été prouvé par une longue expérience et de nombreuses enquêtes fondées sur des preuves. Il a été révélé que l'effet clinique positif de la spéléothérapie est conditionné par la constance des principales caractéristiques physiques et chimiques du microclimat, par l'absence de micro-organismes et d'allergènes, la présence d'aérosols biologiquement actifs.

Il convient de noter qu'en dépit des différences dans les principales caractéristiques physiques et chimiques des grottes du karst et des mines de sel, qui sont utilisées pour la spéléothérapie, il n'y a pas de différences significatives dans leur effet thérapeutique. Il est conditionné par l'influence positive générale du microclimat des établissements de spéléothérapie sur l'organisme humain.

On peut séparer quatre composants principaux du mécanisme curatif de la spéléothérapie :

- défensif (isolement de l'environnement, absence pratique de polluants et d'allergènes dans l'air, faible concentration de micro-organismes) ;
- influence sanitaire des milieux aérosols (stimulation hyperosmolaire des aérosols de sel gemme) ;
- effet d'entraînement (par séjour dans des conditions souterraines inhabituelles, qui entraînent un léger stress prolongé pour l'organisme) ;
- réhabilitation des réserves adaptatives et compensatrices de l'organisme (à la suite de l'immuno-correction, diminuant l'activité de l'inflammation dans le système broncho-pulmonaire).

2. Matériels et méthodes

Sur la base de près de 45 ans d'expérience du fonctionnement d'institutions spéléothérapeutiques à Solotvino, l'analyse et la généralisation des approches méthodiques de base pour l'organisation de nouveaux établissements médicaux spéléothérapeutiques ont été développées.

3. Résultats

L'histoire de la spéléothérapie en Ukraine a commencé en 1968 avec l'ouverture du premier service de spéléothérapie sur la base de l'hôpital de district de Solotvyno, en Transcarpatie. En quelques mois (en 1968) l'hôpital régional allergologique a été ouvert. Son département souterrain était situé dans l'ancien chantier

minier N° 8 à une profondeur de 206 m. Les caractéristiques microclimatiques de ce département étaient : température 16-18 °C, humidité 30-50 %, concentration d'haloaérosol 3,6 – 4,3 mg/m³, teneur en particules jusqu'à 3 μ m – 21-54 %, 3 μ m – 29-43 %, 6 μ m – 5-29 %, plus de 6 μ m – 8-11 %.

La cure a duré 6 semaines et comprenait deux descentes d'adaptation de six heures, suivies de séances nocturnes quotidiennes de 12 heures (sauf le dimanche). La durée totale des actes de spéléothérapie pour les patients était de 300 heures.

Après huit années, compte tenu de l'efficacité élevée du traitement, un nouvel hôpital allergologique républicain a été construit pour 240 patients.

Contrairement aux institutions similaires, le service souterrain de cet hôpital a été spécialement construit en tant qu'établissement de santé basé sur la mine N° 9 à une profondeur de 300 m. C'était un bâtiment unique qui n'avait pas et n'a pas d'analogues dans le monde (Fig. 1).





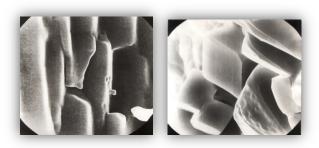
Figure 1 : Le département souterrain de l'Hôpital allergologique ukrainien de Solotvino (Ukraine)

Les paramètres microclimatiques effecteurs du département souterrain ont été caractérisés par une grande stabilité : température de l'air 22,5-23,5 °C, humidité 30-60 %, saturation en aérosol de sel gemme 5,0 - 8,0 mg/m³, faible bruit de fond (70-100 microbes/m³) et absence pratique de polluants.

Des mesures de la composition chimique (Fig. 2) ont été effectuées dans le laboratoire spectral de l'Institut de géologie et de géophysique de la branche sibérienne de l'Académie des Sciences de l'URSS.

Échantillons	Les éléments et leur contenu en %								
	Mg	Mn	Si	Fe	Al	Ca	V	Ti	Cu
Sel blanc	0,003	0,001	0,01	0,05	0,005	0,0003	0,0003	0,003	0,0003
Sel gris	0,01	0,006	0,01	0,05	0.005	0,0003	0,0003	0,005	traces

Figure 2 : Résultats de l'analyse spectrale des échantillons de sel



Cristaux de sel avec inclusions

Sel blanc

Figure 3 : Roches primaires (roche racine) de Halite (Microscope à balayage, x 600)



Figure 4 : Roche secondaire de Halite

Comptant des centaines de patients séjournant dans le service souterrain de l'hôpital, l'aspect particulier de la spéléothérapie était l'impact anthropique sur l'environnement naturel. Ces études ont également été menées à l'Institut de géologie et de géophysique (Prof. Kazansky Yu.P.). Deux variétés de Halite ont été distinguées :

- 1. Roches primaires, sans signes d'influence anthropique.
- 2. Roches secondaires, avec des signes d'impact anthropique.

Les roches primaires forment principalement des cristaux de taille supérieure à 0,5 mm (Fig. 3). Les variétés secondaires de Halite (Fig. 4), contrairement aux primaires, ont principalement des cristaux de petites tailles (moins de 0,025 mm). La présence de ces roches secondaires est un marqueur de pollution anthropique et indique la nécessité d'un nettoyage périodique du service souterrain.

Sur la base de l'évaluation de l'efficacité clinique, cinq schémas thérapeutiques différenciés de spéléothérapie ont été développés qui incluent l'utilisation du jour (5 heures) et de la nuit (12 heures) et le nombre total de séances de spéléothérapie (18-22).

L'efficacité de la spéléothérapie à Solotvino a été attestée par les résultats du traitement de plus de 100 000 patients souffrant d'asthme bronchique, de BPCO et d'autres maladies du système broncho-pulmonaire.

4. Discussions

Les réalisations scientifiques et pratiques de l'école de spéléo- et d'haloaérosolthérapie de Transcarpatie sont contenues dans plus de 1000 publications, plus de 30 certificats d'invention et brevets. Les résultats pratiques innovants et les conclusions ont été approuvés par le ministère de la Santé de l'Ukraine sous la forme de 25 informations et recommandations méthodiques, 30 mémoires (y compris pour le diplôme de docteur). Les résultats des recherches scientifiques et l'expérience pratique de la spéléothérapie sont présentés lors de nombreuses conférences scientifiques de différents niveaux, symposiums internationaux en Hongrie, France, Allemagne, Pologne, Biélorussie, Roumanie, Slovaquie, République tchèque et Autriche, Slovénie et autres pays.

Le service souterrain de l'hôpital a fonctionné avec succès jusqu'en 2010. Plus de 100 000 patients ont été traités à l'hôpital pendant cette période. Cependant, pour des raisons techniques, le service souterrain a été inondé.

Mais l'expérience acquise depuis 42 ans est très importante et peut être utilisée avec succès dans d'autres institutions similaires.

L'organisation du fonctionnement nouveau et optimal des établissements de spéléothérapie existants nécessite une interaction étroite des services médicaux et techniques.

Il est également nécessaire d'empêcher les changements anthropiques secondaires, qui peuvent provoquer des influences indésirables et néfastes sur les caractéristiques curatives du microclimat.

Deux complexes de problèmes distincts doivent être résolus lors de l'organisation des établissements médicaux de spéléothérapie : technique et médical

QUESTIONS TECHNIQUES:

1.La composition physico-chimique et la structure de la roche;

- présence et concentration du sel ;
- présence d'autres composants dans le sel gemme ;
- composition chimique de la roche dans la mine et présence d'éléments toxiques.

2. Le microclimat de la clinique souterraine :

- la composition de l'air et sa régénération ;
- aérosol : dispersibilité, ionisation et concentration ;
- température et humidité de l'air : valeur maximale et minimale, fluctuations journalières, fluctuations saisonnières ;
- la pollution microbienne et sa dynamique, la présence de flore pathogène et conditionnellement pathogène, la durée de régénération de l'air ;
- Persistance du milieu souterrain contre l'influence anthropique et préservation de ses qualités curatives.

- 3. Problèmes techniques liés à la mine :
 - ventilation des galeries minières souterraines ;
 - en suivant toutes les règles de précautions de sécurité par les patients et le personnel médical.

La partie médicale du programme d'évaluation comprend les éléments suivants :

- 1. Indications et contre-indications
- 2. Organisation du processus clinique en surface
- 3. Organisation du traitement spéléothérapeutique :
 - définir la durée de la cure de spéléothérapie ;
 - définir les variations de traitement avec différentes intensités d'influence ;
 - définir des périodes d'adaptation et de réadaptation ;
 - contrôler l'état de santé des patients pendant le traitement ;
 - organisation de l'aide médicale dans le service souterrain.

Il faut souligner que l'effet clinique positif de la spéléothérapie est basé sur l'évaluation précise et détaillée de chaque objet souterrain et est l'une des mesures les plus importantes qui doivent être menées avant son utilisation médicale.

5. Conclusions

L'effet clinique positif de la spéléothérapie est conditionné par la constance des principales caractéristiques physiques et chimiques du microclimat, par l'absence de micro-organismes et d'allergènes, la présence d'aérosols biologiquement actifs. Presque tous les objets souterrains naturels peuvent être utilisés à des fins médicales. Dans le même temps, lors de l'organisation des établissements médicaux de spéléothérapie, il convient de résoudre deux ensembles de problèmes distincts obligatoires, techniques et médicaux. Ces mesures doivent être menées préalablement à leur utilisation médicale.

Références

- KAZANSKIY Yu.P., DYMKIN V.A., LEMKO I.S. et al. (1986) Geological aspects of speleotherapy (on the example of curative mine in Solotvino Transcarpathian Region of USSR). Institute of geology and geophysics Novosibirsk, 79 p. (rus.).
- LEMKO I., KAZANSKY Yu., LEMKO O. (1989) Organization principles of salt mine speleotherapy. International Congress of Speleology (13-20 August, Budapest, Hungary), Proceedings, III, 780.
- TOROKHTIN M.D., CHONKA Ya.V., LEMKO I.S. Speleotherapy of the respiratory diseases in conditions of the salt mines microclimate. Uzhgorod: "Zakarpattya", 288 p. (rus.).
- LEMKO I.S. (2011) Modern organization principles of speleotherapy. Materials of the International Scientific Congress and the 64-th Session of the General Assembly of the World Federation of Hydrotherapy and Climatotherapy (FEMTEC) (16-19 October 2011, Bled-Radenci, Slovenia), 121.
- LEMKO I.S., LEMKO O.I. (2012) Underground objects for curative use: Algorithm of their complex evaluation. National Conference of Speleotherapy (06-08 October, 2011, Turda Salt Mine, Romania), Cluj-Napoca, 2012, 27-28.

Artificial analogies of speleotherapy and their medical use

Olha I. LEMKO (1)

(1) GI "The Scientific-practical Medical Centre 'Rehabilitation' Health Ministry of Ukraine", 10 Velykokam'ana str., 88 000 Uzhhorod, Ukraine, o.i.lemko@gmail.com

Résumé

Les techniques artificielles de spéléothérapie et leur utilisation médicale. Sur la base de nos recherches et des données de la littérature, nous avons analysé les différentes techniques artificielles de spéléothérapie, une terminologie précise a été définie et les mécanismes physiopathologiques des aérosols secs ont été étayés. Il a été démontré que l'utilisation de milieux aérosols de sel gemme sec (haloaérosol), avec une certaine concentration (supérieure à 2-3 mg/m³) et dispersion, est la plus efficace sous forme d'inhalations de groupe devant être appelée « haloaérosolthérapie ». Il est également prouvé que les procédures effectuées dans des pièces avec des murs recouverts de sel sans l'utilisation d'un halogène ne peuvent être considérées que comme une procédure de spa.

Abstract

On the basis of own researches and literature data the comparative analysis of artificial analogues of speleotherapy is carried out, questions of the correct terminology are considered, mechanisms of medical influence of dry aerosols are substantiated. It was testified that the use of dry rock salt aerosol (haloaerosol) media with a certain concentration (not less than 2-3 mg/m³) and dispersion is the most effective and in a form of group inhalations should be termed "haloaerosoltherapy". It is also proved that the procedures performed in rooms with salt covering of walls without the use of a halogenerator can be regarded only as a spa procedure.

Resumen [German]

Künstliche Analogien der Speläotherapie und ihre medizinische Anwendung Auf der Grundlage eigener Forschungen und Literaturdaten wird eine vergleichende Analyse künstlicher Analoga der Speläotherapie durchgeführt, Fragen der korrekten Terminologie berücksichtigt, Mechanismen der medizinischen Wirkung trockener Aerosole begründet. Es wurde bezeugt, dass die Verwendung von trockenen Steinsalz-Aerosolmedien (Haloaerosol) mit einer bestimmten Konzentration (nicht weniger als 2-3 mg/m³) und Dispersion am effektivsten ist und in Form von Gruppeninhalationen als "Haloaerosoltherapie" bezeichnet werden sollte. Es ist auch bewiesen, dass die Behandlungen, die in Räumen mit salzbedeckten Wänden ohne Verwendung eines Halogengenerators durchgeführt werden, nur als Kurbehandlung angesehen werden können.

1. Introduction

From the very beginning of speleotherapy, it was clear that the underground departments of speleotherapeutic establishments would not be able to provide treatment to all who need it. So, the question arose about development of therapeutic technologies in conditions on the surface, which could simulate certain parameters of speleotherapy.

One more reason for the development of such therapeutic technologies is also existing contraindications to descent underground for certain categories of patients.

Different researches were developed throughout the world. They resulted in the creation of several varieties of artificial analogues of speleotherapy in salt mines.

2. Materials and methods

On the basis of literature data review and results of own researches peculiarities of influence of various haloaerosols (halite — mineral of sodium chloride) as analogues of speleotherapy are analyzed.

Comprehensive description of haloaerosol medical usage, its mechanisms, available technologies, indications and effectiveness were also given.

3. Results and discussion

The first scientific developments in this field were conducted in Ukraine at the Uzhgorod Branch of the

Odessa Scientific-Research Institute of Kurortology (at present Government Institution "The Scientific-practical

Medical Centre "Rehabilitation" Health Ministry of Ukraine") under the leadership of Prof. Torokhtin M.D. and Zheltvay V.V., PhD.

First, the technology of creating a wet aerosol of 20 % solution of sodium chloride in the form of group inhalation was used. But wet aerosol media have some deficiences:

- instability, which makes it difficult to achieve and maintain certain parameters of the aerosol environment;
- expressed balneoreactions in the form of cough attacks and bronchospasm in 20-25% of patients.

The first experimental device for the creation of dry rock salt aerosol medium was developed in 1978. The received result allowed to patent in 1980 the method of treatment of patients with bronchial asthma in conditions on the surface by creating dry aerosol medium of rock salt with aerosol concentration of 10 mg/m³. Later, the developed device was proposed for serial production.



Fig. 1 : Patent for invention №940384, priority date 1980, authors M.D.Torokhtin, V.V.Zheltvaj

The question about the proper term for this method of treatment arose immediately. In the early period of the research, the terms "artificial speleotherapy", "chambers of artificial microclimate" and "microclimate therapy" were often used. When choosing a proper term it is important to consider the following:

- Speleotherapy means staying in underground conditions, in which there are a number of factors, and not just rock salt aerosol. Any therapeutic objects on the surface do not have speleotherapeutic effects and can not be called speleotherapy.
- Only the idea of the rock salt aerosol use for therapeutic purposes is adopted.

Therefore, the most correct term for the therapeutic use of rock salt aerosols of sufficient concentration and dispersion in form of group inhalations is "haloaerosoltherapy" (HAT). This term clearly indicates the main curative factor - rock salt aerosol.

It should be noted that a number of researchers have proven that the minimum concentration of haloaerosol, which has a therapeutic effect, is 2-3 mg/m³), which can be obtained only with special devices - halogenerators. Salt covering of walls does not provide the appropriate aerosol. Further researches proved the benefits of using dry aerosols. In particular, the peculiarities of the crystal structure of the haloaerosol provide its certain active features and increase effectiveness of HAT. Some other properties (negative particle charge. concentration, etc.) determine the antibacterial and hypoallergenic features of the media. It is also proved that the origin of salt is of great importance. The higher is the content of insoluble components, the less such salt is suitable for the creation of therapeutic media. The salt obtained by evaporation cannot be used at all to create therapeutic aerosols.

It is also necessary to account the dispersion of aerosol. Particles of 2-8 μm in size, which influence on all parts of the bronchial tree, are of primary importance. Their content must be 70-80 %. The dispersed phase of the aerosol less than 1 μm is not retained in the respiratory tract and therefore can't have hyperosmolar and therapeutic effects.

The next proposition of artificial analogy of speleotherapy in salt mines was made by V.F.Slesarenko and P.P.Gorbenko in 1984. It was named "Halochamber" and the method of treatment was called "halotherapy (concentration of haloaerosol can reach 10 mg/m³)".

However, today the term "halotherapy" is widely used for both wet and dry aerosols and, in addition, for methods where haloaerosol itself is completely absent. This causes the incorrectness of this term.

Majority of researchers consider that the main active therapeutic factor of rock salt aerosols of appropriate concentration and dispersion is **hyperosmolar stimulus**. It improves drainage function of bronchi and provides sanitizing effect, which causes further changes at local and systemic levels. This justifies haloaerosoltherapy usage as method of rehabilitation treatment.

The main components of the mechanism of curative influence of haloaerosoltherapy is given on the Fig.2.

In 1989 (Perm, Russia) "sylvinite speleoclimatic chamber" (Sylvinite - a mineral that contains both sodium chloride and potassium chloride) was proposed. Aerosol in a concentration of up to 0.07 mg/m³ was obtained due to a special ventilation system and wall covering with salt. Probably, the law concentration of aerosol is the reason for the lack of unified general approaches to treatment.

There are also individual inhalations of dry and wet haloaerosols, received with the help of special devices - haloinhalation therapy (HIT).

The indications for HIT with wet aerosol are bronchial asthma, chronic and recurrent bronchitis in convalescence period, certain ENT - pathology; cystic fibrosis.

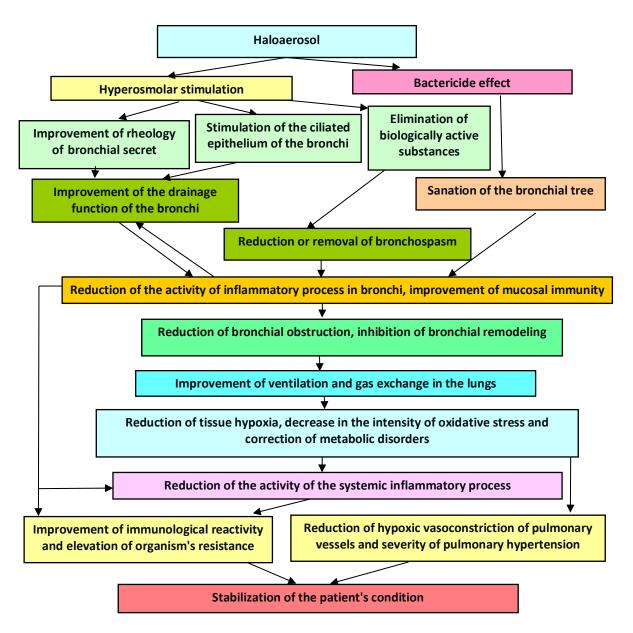


Fig. 2: Mechanisms of curative influence of haloaerosoltherapy

Romanian researchers use HIT in a form of dry aerosol in bronchial asthma and COPD in acute stage (when giving emergency care).

In recent years, various uses of halite in the form of "salt rooms", "salt caves" and others have become widespread. In all these cases, medical design is used, which consists of covering the walls with salt (halite) with possible use of

additional lighting and music. But no halogenerators are used and therefore the main active factor - haloaerosol at a concentration of at least 2-3 mg/m³ and the appropriate dispersion is not present. That is, these techniques can be considered only as a spa procedure.

Comparison of speleotherapy, haloaerosoltherapy and "salt rooms" is presented in the Fig. 3.

5. Conclusions

The term "halotherapy", which indicates a type of therapeutic procedure using rock salt aerosol, has lost its significance. The use of dry rock salt aerosol media with a certain concentration (not less 2 mg/m³) and dispersion in form of group inhalations should be termed "haloaerosoltherapy". It is the most effective artificial

analogy of speleotherapy in salt mines. It is necessary to specify the haloaerosol characteristics, duration of procedures and their number.

The basis of the curative influence of haloaerosoltherapy is a hyperosmolar stimulus that provides further positive local and general changes in the human organism.

Methods of using halite without haloaerosol with a concentration of less than 2 mg/m³ can not be considered

a method of treatment, but only a spa procedure.

Main characteristics	Speleotherapy	НАТ	«Salt room»				
Concentration of the haloaerosol	4-24 mg/m ³	4-12 mg/m ² and more	<2 mg/m ³				
Large-grained haloaerosol	+	+++	-				
Medium-grained haloaerosol	+	+++	-				
Small-grained haloaerosol	+++	+++	+ (<1 μm in size)				
Low microbial content in the air	+++	+	-				
Hypoallergic background	+++	+	-				
Fields of use:							
- health improvement	±	+++	+				
- treatment	+++	+++	-				
- secondary prophylactics	+++	+++	-				
Duration of the treatment procedure: - for adults - for children	5-12 hours 3-5 hours	30-60 min 15-30 min	not regulated (1-10 hours 1-10 hours)				
Duration of the course of treatment	18-25 procedures	18-22 procedures	not regulated (from 5 to 20 procedures)				

Fig. 3: Comparative characteristics of the curative factors of speleotherapy, haloaerosoltherapy (HAT) and «salt rooms»

References

- BAR-YOSEPH R., KUGELMAN N., LIVNAT G. et al. (2017) Halotherapy as asthma treatment in children: A randomized, controlled, prospective pilot study. Pediatr. Pulmonol., n. 52(5), 580-587.
- CZAJKA K., SZIWA D., DROBNIK M., LATOUR T. (2006) Porównanie własnosci mikroklimatu i aerozoli w wyrobiskah kopalnianych i naziemnych grotach solnych. Balneologia Polska, n. 3, 176-181 (pol.).
- GORBENKO P.P., BOGDANOVA A.V., IVANOVA P.A., BOYTSOVA E.V. (1991) Halotherapy in the treatment of allergic respiratory diseases in children: Methodical recommendations, Leningrad, 10 p. (rus.).
- KHAN M.A., KOTENKO K.V., KORCSHAZHKINA N.B. et al. (2016) The promising directions for the further development of halotherapy in pediatric medicine. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy, n. 6, 61-64 (rus.).
- LEMKO O.I., LEMKO I.S. (2018) Speleotherapy, halotherapy, haloaerosoltherapy: definitions, mechanisms of influence, perspectives of usage (part II). Asthma and Allergy, 2018; n. 3, 34-41.

- LEMKO O., LEMKO I. (2021) Haloaerosoltherapy:
 Mechanisms of Curative Effect and Place in the
 Respiratory Rehabilitation. Balneo and PRM Research
 Journal, Vol.12, n. 4, December, 365-375.
- LYAN N.A., KHAN M.A., IVANOVA D.A., CHUKINA I.N. (2012) The application of the physical factors for the rehabilitation of the children presenting with bronchial asthma. Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy, n. 6, 47-53 (rus.).
- OPRITA B., PANDREA C., DINU B., AIGNATOAIE B. (2010) SaltMed the therapy with sodium chloride dry aerosols. Therapeutics, Pharmacology and Clinical Toxicology, Vol. XIV(3), 201-204 (rom.).
- PONIKOWSKA I., LATOUR T, CHERVINSKAYA A. Et al. (2009) Badania właściwości fizyczno-chemicznych suchego aerozolu solnego w komorze naziemnej. Balneologia Polska. n. 52(2) (116), 92-100 (pol.).
- VERIKHOVA L.A. (2000) Speleotherapy in Russia. Perm, 231 p. (rus.).
- ZAJAC J., BOJAR I., HELBIN J. et al. (2014) Salt caves as simulation of natural environment and significance of halotherapy. Ann. Agric. Environ. Med., n. 21(1), 124-127 (pol.).

Les analogies artificielles de la spéléothérapie et leur utilisation médicale

Olha I. LEMKO (1)

(1) GI «The Scientific-practical Medical Centre «Rehabilitation» Health Ministry of Ukraine», 10 Velykokam'ana str., 88 000 Uzhhorod, Ukraine, o.i.lemko@gmail.com

Résumé

Sur la base de nos propres recherches et des données de la littérature, l'analyse comparative des analogues artificiels de la spéléothérapie est effectuée, les questions de la terminologie correcte sont examinées, les mécanismes de l'influence médicale des aérosols secs sont étayés. Il a été témoigné que l'utilisation de milieux aérosols de sel gemme sec (haloaérosol) avec une certaine concentration (pas moins de 2-3 mg/m³) et la dispersion est la plus efficace et sous une forme d'inhalations de groupe devrait être appelée "haloaérosolthérapie". Il est également prouvé que les procédures effectuées dans des pièces avec des murs recouverts de sel sans l'utilisation d'un halogène ne peuvent être considérées que comme une procédure de spa.

1. Introduction

Dès le début de la spéléothérapie, il était clair que les services souterrains des établissements de spéléothérapie ne seraient pas en mesure de fournir un traitement à tous ceux qui en auraient besoin. Ainsi, la question s'est posée du développement de technologies thérapeutiques en conditions de surface, qui pourraient simuler certains paramètres de la spéléothérapie. Une autre raison du développement de telles technologies thérapeutiques est également l'existence de contre-indications à la descente sous terre pour certaines catégories de patients. Différentes recherches ont été développées à travers le monde. Ils ont abouti à la création de plusieurs variétés d'analogues artificiels de la spéléothérapie dans les mines de sel.

2. Matériels et méthodes

Sur la base de la revue des données de la littérature et des résultats de ses propres recherches, les particularités de l'influence de divers haloaérosols (halite - minéral de chlorure de sodium) en tant qu'analogues de la spéléothérapie sont analysées. Une description complète de l'utilisation médicale des haloaérosols, de ses mécanismes, des technologies disponibles, des indications et de l'efficacité a également été donnée.

3. Résultats et discussion

Les premiers développements scientifiques dans ce domaine ont été menés en Ukraine à la branche d'Uzhgorod de l'Institut de recherche scientifique d'Odessa en kurortologie (actuellement l'institution gouvernementale "Le centre médical scientifique et pratique "Réhabilitation" Ministère de la santé de l'Ukraine") sous la direction du professeur Torokhtin M.D. et Zheltvay V.V., PhD. Tout d'abord, la technologie de création d'un aérosol humide en solution à 20% de chlorure de sodium sous forme d'inhalation de groupe a été utilisée. Mais les milieux aérosols humides présentent quelques lacunes :

- l'instabilité, qui rend difficile l'atteinte et le maintien de certains paramètres de l'environnement aérosol ;
- balnéoréactions exprimées sous forme de crises de toux et de bronchospasme chez 20 à 25% des patients. Le premier dispositif expérimental pour la création d'un milieu aérosol de sel gemme sec a été développé en 1978. Le résultat obtenu a permis de breveter en 1980 la méthode de traitement des patients souffrant d'asthme bronchique dans des conditions de surface en créant un milieu aérosol sec de sel gemme avec un aérosol à la concentration de 10 mg/m3. Plus tard, le dispositif développé a été proposé pour la production en série.



Fig. 1: Brevet d'invention n° 940384, date de priorité 1980, auteurs M.D.Torokhtin, V.V.Zheltvaj

La question du terme approprié pour cette méthode de traitement s'est posée immédiatement. Au début de la recherche, les termes "spéléothérapie artificielle", "chambres de microclimat artificiel" et "thérapie par microclimat" étaient souvent utilisés. Lors du choix d'un terme approprié, il est important de tenir compte des éléments suivants :

- La spéléothérapie signifie rester dans des conditions souterraines, dans lesquelles il existe un certain nombre de facteurs, et pas seulement des aérosols de sel gemme. Tous les objets thérapeutiques à la surface n'ont pas d'effets spéléothérapeutiques et ne peuvent pas être appelés spéléothérapie.
- Seule l'idée de l'utilisation des sels minéraux en aérosol à des fins thérapeutiques est retenue. Par conséquent, le terme le plus correct pour l'utilisation thérapeutique des aérosols de sel gemme de concentration et de dispersion suffisantes sous forme d'inhalations de groupe est «haloaérosolthérapie» (HAT). Ce terme indique clairement le facteur curatif principal l'aérosol de sel gemme. Il convient de noter qu'un certain nombre de chercheurs ont prouvé que la concentration minimale d'haloaérosol qui a un effet thérapeutique, est de 2-3 mg/m3), qui ne peut être obtenue qu'avec des appareils spéciaux halogénateurs.

Le sel recouvrant les murs ne fournit pas l'aérosol approprié. D'autres recherches ont prouvé les avantages de l'utilisation d'aérosols secs. En particulier, les particularités de la structure cristalline de l'haloaérosol lui confèrent certaines caractéristiques actives et augmentent l'efficacité de la HAT. Certaines autres propriétés physiques (charge négative des particules, concentration, etc.) déterminent les caractéristiques antibactériennes et hypoallergéniques du média. Il est également prouvé que l'origine du sel est d'une grande importance. Plus la teneur en composants insolubles est élevée, moins un tel sel est adapté à la création de milieux thérapeutiques. Le sel obtenu par évaporation ne peut en aucun cas être utilisé pour créer des aérosols thérapeutiques. Il faut aussi tenir compte de la dispersion des aérosols. Les particules d'une taille de 2 à 8 µm, qui influencent toutes les parties de l'arbre bronchique, sont d'une importance primordiale. Leur teneur doit être de 70-80 %. La phase dispersée de l'aérosol inférieure à 1 μm n'est pas retenue dans les voies respiratoires et ne peut donc pas avoir d'effets hyperosmolaires et thérapeutiques. La proposition suivante d'analogie artificielle de la spéléothérapie dans les mines de sel a été faite par V.F.Slesarenko et P.P.Gorbenko en 1984. Elle a été nommée "Halochamber" et la méthode de traitement s'appelait "halothérapie (la concentration d'haloaérosol peut atteindre 10 mg/m3)". Cependant, aujourd'hui, le terme «halothérapie» est largement utilisé pour les aérosols humides et secs et, en outre, pour les méthodes où l'haloaérosol lui-même est complètement absent. Cela provoque l'inexactitude de ce terme. La majorité des chercheurs considère que le principal facteur thérapeutique actif des aérosols

de sel gemme de concentration et de dispersion appropriées est le stimulus hyperosmolaire. Il améliore la fonction de drainage des bronches et fournit un effet désinfectant, ce qui provoque d'autres changements aux niveaux local et systémique. Cela justifie l'utilisation de l'haloaérosolthérapie comme méthode de traitement de rééducation.

Les principales composantes du mécanisme d'influence curative de l'haloaérosolthérapie sont données sur la Fig.2. En 1989 (Perm, Russie) une "chambre spéléoclimatique en sylvinite" (Sylvinite, un minéral qui contient à la fois du chlorure de sodium et du chlorure de potassium) a été proposée. Un aérosol à une concentration allant jusqu'à 0,07 mg/m³ a été obtenu grâce à un système de ventilation spécial et à un revêtement mural avec du sel. Probablement, la loi de concentration d'aérosol est la raison du manque d'approches générales unifiées pour le traitement.

Il existe également des inhalations individuelles d'haloaérosols secs et humides, reçus à l'aide d'appareils spéciaux - la thérapie par haloinhalation (HIT). Les indications de la HIT avec aérosol humide sont l'asthme bronchique, la bronchite chronique et récidivante en période de convalescence, certaines pathologies ORL, fibrose kystique.

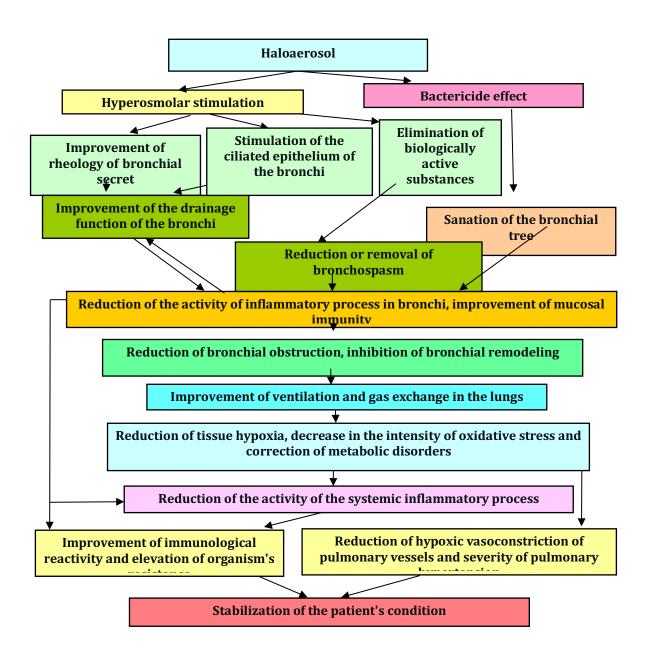


Fig. 2 : Mécanismes d'influence curative de l'haloaérosolthérapie

Des chercheurs roumains utilisent la HIT sous forme d'aérosol sec dans l'asthme bronchique et la BPCO au stade aigu (lors des soins d'urgence). Ces dernières années, diverses utilisations de l'halite sous forme de "salles de sel", "grottes de sel" et autres se sont généralisées. Dans tous ces cas, la conception médicale est utilisée, qui consiste à recouvrir les murs de sel (halite) avec l'utilisation éventuelle d'un éclairage et d'une musique supplémentaires. Mais aucun générateur de sel n'est utilisé et donc le principal facteur actif haloaérosol à une concentration d'au moins 2-3 mg/m3 et la dispersion appropriée n'est pas présent. Autrement dit, ces techniques ne peuvent être considérées que comme une procédure de spa. La comparaison de la spéléothérapie, de l'haloaérosolthérapie et des "salles de sel" est présentée dans la Fig. 3.

4. Conclusions

Le terme "halothérapie", qui désigne un type de procédure thérapeutique utilisant un aérosol de sel gemme, a perdu sa signification. L'utilisation de milieux aérosols de sel gemme sec avec une certaine concentration (pas moins de 2 mg/m3) et la dispersion sous forme d'inhalations de groupe doivent être appelées "haloaérosolthérapie". C'est l'analogie artificielle la plus efficace de la spéléothérapie dans les mines de sel. Il est nécessaire de préciser les caractéristiques des haloaérosols, la durée des actes et leur nombre. La base de l'influence curative de l'haloaérosolthérapie est un stimulus hyperosmolaire qui fournit d'autres changements locaux et généraux positifs dans l'organisme humain. Les méthodes d'utilisation d'halite sans haloaérosol avec une concentration inférieure à 2 mg/m3 ne peuvent pas être considérées comme une méthode de traitement, mais seulement comme une procédure thermale.

Main characteristics	Speleotherapy	НАТ	«Salt room»				
Concentration of the haloaerosol	4-24 mg/m ³	4-12 mg/m² and more	<2 mg/m³				
Large-grained haloaerosol	+	+++	-				
Medium-grained haloaerosol	+	+++	-				
Small-grained haloaerosol	+++	+++	+ (<1 μm in size)				
Low microbial content in the air	+++	+	-				
Hypoallergic background	+++	+	-				
Fields of use:							
- health improvement	±	+++	+				
- treatment	+++	+++	-				
- secondary prophylactics	+++	+++	-				
Duration of the treatment procedure: - for adults - for children	5-12 hours 3-5 hours	30-60 min 15-30 min	not regulated (1-10 hours 1-10 hours)				
Duration of the course of treatment	18-25 procedures	18-22 procedures	not regulated (from 5 to 20 procedures)				

Fig. 3 : Caractéristiques comparées des facteurs curatifs de la spéléothérapie, de l'haloaérosolthérapie (THA) et des « salles de sel »

References

BAR-YOSEPH R., KUGELMAN N., LIVNAT G. et al. (2017) Halotherapy as asthma treatment in children: A randomized, controlled, prospective pilot study. Pediatr. Pulmonol., n. 52(5), 580-587.

CZAJKA K., SZIWA D., DROBNIK M., LATOUR T. (2006) Porównanie własnosci mikroklimatu i aerozoli w wyrobiskah kopalnianych i naziemnych grotach solnych. Balneologia Polska, n. 3, 176-181 (pol.).

GORBENKO P.P., BOGDANOVA A.V., IVANOVA P.A., BOYTSOVA E.V. (1991) Halotherapy in the treatment of allergic respiratory diseases in children: Methodical recommendations, Leningrad, 10 p. (rus.).

KHAN M.A., KOTENKO K.V., KORCSHAZHKINA N.B. et al. (2016) The promising directions for the further development of halotherapy in pediatric medicine. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy, n. 6, 61-64 (rus.).

LEMKO O.I., LEMKO I.S. (2018) Speleotherapy, halotherapy, haloaerosoltherapy: definitions, mechanisms of influence, perspectives of usage (part II). Asthma and Allergy, 2018; n. 3, 34-41.

LEMKO O., LEMKO I. (2021) Haloaerosoltherapy: Mechanisms of Curative Effect and Place in the Respiratory Rehabilitation. Balneo and PRM Research Journal, Vol.12, n. 4, December, 365-375.

LYAN N.A., KHAN M.A., IVANOVA D.A., CHUKINA I.N. (2012) The application of the physical factors for the rehabilitation of the children presenting with bronchial asthma. Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy, n. 6, 47-53 (rus.).

OPRITA B., PANDREA C., DINU B., AIGNATOAIE B. (2010) SaltMed - the therapy with sodium chloride dry aerosols. Therapeutics, Pharmacology and Clinical Toxicology, Vol. XIV(3), 201-204 (rom.).

PONIKOWSKA I., LATOUR T, CHERVINSKAYA A. Et al. (2009) Badania właściwości fizyczno-chemicznych suchego aerozolu solnego w komorze naziemnej. Balneologia Polska. n. 52(2) (116), 92-100 (pol.).

VERIKHOVA L.A. (2000) Speleotherapy in Russia. Perm, 231 p. (rus.).
ZAJAC J., BOJAR I., HELBIN J. et al. (2014) Salt caves as simulation of natural environment and significance of halotherapy. Ann. Agric. Environ. Med., n. 21(1), 124-127 (pol.).



La bilharziose



Fractures & luxations



Le profil médecin



Le radon



Cardiofréquencemétrie 1



Cardiofréquencemétrie 2



Risque toxique dans les mines



Deep Time



La spéléothérapie



Les analogues de la spéléothérapie

Les excursions

Plusieurs activités étaient proposées lors de ce congrès, dont certaines très éloignées comme les Pyrénées. Plusieurs cavités loco-régionales étaient équipées pour l'occasion ainsi que des excursions touristiques. Pour notre part nous ferons une sortie spéléo, une sortie de terrain pédagogique et une sortie touristique.

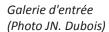
La grotte de Prérouge

Pour la spéléologie, une sortie a été faite à la grotte de Prérouge (L. Tual, JN. Dubois, G. Valentin), grande classique du secteur, la grande sécheresse du moment facilitant ce parcours qui peut facilement s'ennoyer.

Mais le caractère labyrinthique du réseau a eu raison de nos confrères qui n'ont pas pu atteindre leur objectif qui était le siphon. Ce sera pour une autre fois...



L'entrée de la grotte de Prérouge (Photo JN. Dubois)





Les participants (L. Tual, JN. Dubois, G. Valentin)



Galerie de Prérouge (Photo G. Valentin)

La découverte du plateau du Sornin et des Cuves de Sassenage

L'excursion vers la grotte de Choranche a été annulée, mais nous avions déjà opté pour cette autre excursion (JP. Buch, JN. Dubois, G. Valentin).

Les Cuves de Sassenage sont la résurgence du gouffre Berger et de son réseau. Le plateau de Sornin (massif du Vercors nord), où s'ouvre le gouffre Berger et ses différentes entrées, est un endroit idéal pour découvrir les karsts d'altitude et les massifs environnants, Chartreuse et Belledonne, plus loin l'Oisans, le Dévoluy et le Mont-Blanc.

Magnifique journée ensoleillée avec un accompagnement de spécialistes en géographie, Christophe Gauchon et Jean-Jacques Delannoy, tous deux universitaires savoyards.

Le car dépose le groupe d'une quinzaine de personnes à la prairie de La Molière, au-dessus d'Autrans. Le chemin nous amène au Puits aux Écritures, petite glaciaire facilement accessible, dont les parois sont couvertes d'une multitude de pétroglyphes. Ces gravures, pas toujours bien individualisables car se recouvrant souvent, remontent au Néolithique pour les plus anciennes, mais aussi à des bergers signalant leur passage, sans oublier les inévitables graffitis modernes.















Le Puits aux Écritures : le site, nos guides Christophe Gauchon et Jean-Jacques Delannoy, les pétroglyphes (photos G. Valentin, JP. Buch)



Le chemin continue jusqu'à l'entrée du gouffre de la Fromagère. C'est là, dans la première salle, qu'étaient conservés les fromages avant leur descente dans la vallée. Ce gouffre a été ensuite relié au gouffre Berger par plongée dans sa partie profonde, et est devenue l'entrée la plus haute de ce mythique réseau.

L'entrée du gouffre de la Fromagère (photo JP. Buch)

Un peu plus loin, un sentier descend dans une grande zone déclive où se trouve l'entrée du gouffre Berger. À noter que le « Rassemblement Berger » se déroule en ce moment même, du 20 juillet au 10 août. L'épopée de cette découverte nous est brièvement racontée, ce qui donne l'envie de lire ou relire l'ouvrage de référence, Gouffre Berger premier -1000, de Georges Marry, paru en 1977, les temps héroïques...

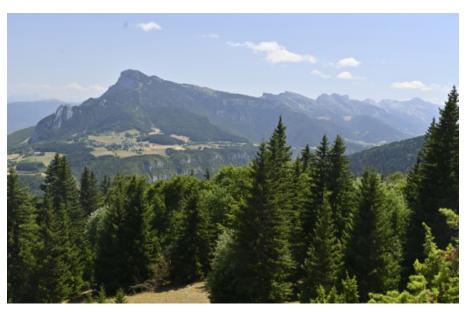




L'entrée du gouffre Berger

Après quelques photos souvenir de l'entrée, nous reprenons le chemin qui descend vers la vallée, avec les magnifiques paysages de la Chartreuse, de Belledonne, du Dévoluy, avec Grenoble en fond de vallée, et plus près de nous le Moucherotte, le replat de St-Nizier-de-Moucherotte et le rocher des Trois Pucelles.

Le replat de St Nizier, les Trois Pucelles, le Moucherotte et les crêtes occidentales du Vercors jusqu'à la Grande Moucherolle (photo JP. Buch)



La descente, très raide et caillouteuse, nous amènera à porter assistance à trois personnes du groupe en réelle difficulté, ce qui nous retardera beaucoup pour retrouver le car au Fournel avec deux heures de retard.

Celui-ci nous déposera ensuite à côté du Château de Sassenage, pour descendre à pied une bonne centaine de mètres de dénivelé, passer pratiquement au ras des maisons du village et remonter l'intégralité du dénivelé par un chemin très raide en rive gauche du Furon, amenant à l'entrée des Cuves de Sassenage après la traversée du Furon grâce à une passerelle.

Nous visitons la partie aménagée des Cuves, qui vient de vivre un drame récent au mois de mai, le décès de Sabine Lorne, guide spéléo chevronnée, qui s'est noyée en sauvant une adolescente dont le groupe avait été surpris par une crue soudaine et imprévisible.

La visite est assez courte, très rustique, on peut y voir le travail de l'eau et on imagine sa violence par l'absence totale de la plus petite particule de glaise sur les parois. La roche est d'une propreté parfaite...

Le ruisseau issu des Cuves, le Germe, a la particularité de se jeter immédiatement dans le Furon, c'est sans doute la plus petite rivière de France ayant un nom propre...!

Le retour s'effectue par un chemin encore assez raide, cette fois-ci en rive droite du Furon, jusqu'au village où nous retrouvons le car qui nous ramènera au campus, douze heures après notre départ.





Les Cuves de Sassenage : Galerie active, résurgence du Germe photos JP. Buch)





Les Cuves de Sassenage : salle d'entrée, bancs de silex du sénonien (photos JP. Buch, G. Valentin)

L'abbaye d'Hautecombe

Cette fois c'est du tourisme pur. L'abbaye d'Hautecombe, située au bord du lac du Bourget, sur la rive occidentale (côté Mont du Chat), presque en face d'Aix-les-Bains. L'idéal est de la rejoindre en bateau en partant d'Aix, mais nous la rejoindrons en voiture par une route touristique avec de beaux points de vue.

La visite de l'abbaye est courte, se résumant à l'église abbatiale au décor flamboyant, nécropole de la Maison de Savoie. L'abbaye date de 1125, d'abord d'obédience cistercienne puis bénédictine et enfin récemment du renouveau charismatique.

Nous visitons également la Grange Batelière, qui servait autrefois de débarcadère, désormais aménagée en lieu d'exposition. Nous pourrons profiter de l'exposition en cours sur les mines de montagne, en parfaite adéquation avec le congrès et notre communication sur les risques toxiques en spéléologie minière.



Le porche d'entrée de l'abbaye



L'abbaye située sur la rive du lac





Le décor flamboyant de la nef

La Grange Batelière, ancien embarcadère (photos JP. Buch)

La journée se terminera en complétant le tour du lac, longeant au passage le pittoresque canal de Savières pour revenir au site du congrès en passant par Aix-les-Bains. Ce fût malheureusement la journée la plus grise de la semaine sur le plan de la météo...

Le massif des Bauges (photo G. Valentin)



La las du Paurant



Le lac du Bourget vers le nord (photo G. Valentin)



Le lac du Bourget vers le sud, le Granier (photo JP. Buch)





Affiche de l'exposition (© Création graphique : Sandra Marchal, photo originale : Céline Clanet)