

# DOSSIER INSTRUCTION

Dr Jean-Michel OSTERMANN  
CoMed FFS

**SPELEOLOGIE  
ET  
MEDECINE**

1<sup>ère</sup> édition – Novembre 2002

Ecole Française de  
Spéléologie



# SPELEOLOGIE ET MEDECINE

## **INTRODUCTION**

### **1 - CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES DU MILIEU**

- Obscurité
- Humidité
- Température
- Qualité de l'air
- Niveau sonore
- Obstacles
- Notion de temps vécu

### **2 - NOTIONS DE PHYSIOLOGIE DE L'EFFORT**

- Sources d'énergie
- Hydratation
- Gestion de l'effort

### **3 - GRANDS SYNDROMES**

- Epuisement - Hypothermie
- Syndrome du harnais

### **4 - MALADIES INFECTIEUSES**

- Tétanos
- Poliomyélite
- Rage
- Leptospirose
- Histoplasmosse
- Maladies rares

### **5 - ACCIDENTOLOGIE**

- Les accidents de plongée
- Les chutes
- Les gaz toxiques
- Autres causes
- Evolution des accidents

### **6 - PHARMACIE TYPE**

### **7 - ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE**

## INTRODUCTION

La spéléologie n'est pas un sport dangereux. Il n'en demeure pas moins vrai que la sécurité des explorations est liée, comme pour toute activité de pleine nature, à une bonne connaissance du milieu, et au respect strict des consignes de sécurité enseignées notamment dans les stages de l'E.F.S.. A partir de là, la survenue d'un accident ne peut être qu'exceptionnelle. Le but de ce DI est donc de présenter rapidement les contraintes du milieu souterrain, les réactions de l'organisme face à ces contraintes, et les problèmes médicaux fréquemment constatés lors d'explorations souterraines.



### 1. CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES DU MILIEU

#### 1.1 L'OBSCURITE

Elle est complète dans la plupart des cas. La gestion de l'éclairage est primordiale. L'intensité lumineuse produite est cependant bien inférieure à celle de la surface, d'où une diminution de l'acuité visuelle, de la perception des reliefs et des couleurs (chromatisme).

#### 1.2 L'HUMIDITE

L'hygrométrie étant souvent proche de 100%, on a une diminution de la sensation de soif.

De plus, la conductivité thermique est accrue ce qui entraîne une perte de chaleur chez l'explorateur au repos.

Par ailleurs, chez l'explorateur actif, l'évaporation de la transpiration étant moins importante, la transpiration est accrue et majore donc le risque de déshydratation.

#### 1.3 LES TEMPERATURES

La température d'une cavité correspond à la moyenne des températures extérieures : froide en altitude, 11 à 13° en région de plateau. Sur le plan physiologique, une température basse participe à l'apparition du syndrome d'épuisement - hypothermie, d'où l'importance d'avoir une tenue adaptée à la cavité parcourue (les frissons sont un gaspillage d'énergie !). En cavité chaude (zone intertropicale, cavité hydrothermale), l'excès de transpiration aggrave la déshydratation.

## 1.4 LA QUALITE DE L'AIR

L'air des cavernes peut contenir des germes pathogènes (*Histoplasma capsulatum* par exemple), des gaz toxiques naturels ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,...) ou artificiels ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,...) et des gaz radioactifs (Radon).

La dynamique de l'air en milieu karstique est à connaître, notamment en cas d'utilisation d'explosifs : piège à air froid, à air chaud, tube à vent, cavité confinée, courants de convection...

## 1.5 LE NIVEAU SONORE

Un bas niveau sonore est anxiogène, amplifie les bruits, la réverbération des sons que l'on a des difficultés à localiser.

Dans certaines cavités, on a au contraire un haut niveau sonore (rivière souterraine à gros débit par exemple), ce qui peut provoquer des difficultés de communication, du stress...

## 1.6 LES OBSTACLES

Ils sont très nombreux : escalades, rampings, puits, eau, argile, etc. Joie ou désespoir du spéléo... La manière de "négocier" ces obstacles va influencer sur la dépense énergétique.

## 1.7 LA NOTION DE TEMPS VECU

Elle découle des précédents paramètres. Elle est généralement inférieure à la durée réelle du temps écoulé. La montre est donc un instrument de sécurité, qui permet de respecter les rythmes biologiques et l'heure de sortie et de gérer la consommation d'éclairage, de nourriture et d'eau.

## 2. NOTIONS DE PHYSIOLOGIE DE L'EFFORT

*Ce chapitre rappelle les grandes notions. Il est indispensable de se reporter au DI « Modifications biologiques à l'effort en spéléo » pour une information plus complète.*

La physiologie de l'effort implique toutes les grandes fonctions de l'organisme : respiration, circulation, digestion, appareil locomoteur, système nerveux, régulation thermique, rein... Ces réactions sont complexes et interdépendantes.

On peut agir sur ce fonctionnement à trois niveaux importants : les apports d'énergie, l'hydratation, et la gestion de l'effort sans oublier l'entraînement

### 2.1 LES SOURCES D'ENERGIE

Elles sont alimentaires :

#### 2.1.1 Les glucides (ou sucres)

Ils sont d'absorption rapide ou lente. Leur digestion produit du glucose, qui a plusieurs destinations dans l'organisme :

- mise en réserve dans le muscle et le foie sous forme de glycogène (quantités modérées)
- transformation en graisses (triglycérides), et mise en réserve dans les cellules graisseuses (adipocytes)
- dégradation directe, par voie aérobie ou anaérobie (cf. § 2.3).

#### 2.1.2 Les lipides (ou graisses)

Ils sont une source importante d'énergie, utilisée par le foie ou mise en réserve dans les adipocytes.

La dégradation des lipides ne se fait correctement qu'en présence de glucides.

#### 2.1.3 Les protides

Ils ont un rôle surtout plastique pour l'organisme (construction cellulaire) et ne participent pas à la production d'énergie pendant l'effort.



## 2.2 L'hydratation

La perte d'un litre d'eau chez un sujet de 60 kg entraîne une baisse de rendement énergétique de 20% ! Il est donc nécessaire de boire avant d'avoir soif (au moins toutes les deux heures) pour éviter cette baisse de rendement..

La perte d'eau en exploration est d'environ **1/2 litre par heure**. La déshydratation est une menace constante pour le spéléologue.

Toutes les études ont montré, en exploration, une hydratation insuffisante car :

- la baisse de sodium dans l'organisme (hyponatrémie) due à l'effort et l'hygrométrie ambiante élevée entraînent une inappétence hydrique
- on a une augmentation des pertes hydriques (sudation, haute fréquence respiratoire,...)
- l'eau est souvent peu disponible en raison d'une mauvaise organisation (la gourde au fond du kit sous les cordes ou dans le kit porté par un autre...)

## 2.3 LA GESTION DE L'EFFORT

Il existe deux types d'effort : endurance et résistance

- l'effort en endurance (fait pour durer) : modéré, avec apport d'oxygène suffisant, constant, c'est l'effort aérobie. Le rendement est excellent.
- l'effort en résistance, ou anaérobie, est violent et nécessairement de courte durée. A réserver aux situations extrêmes.

## 3. GRANDS SYNDROMES

### 3.1 L'ÉPUISEMENT

La fatigue est un symptôme normal dû à l'exploitation de nos ressources physiques dans des conditions poussées. Une période de repos permet de faire disparaître ce symptôme.

L'asthénie se présente par contre comme une fatigue intense, mais qui ne disparaît pas au simple repos. Elle signifie, après une activité physique, un dépassement des mécanismes habituels de compensation. Si l'asthénie est négligée et que l'effort physique se poursuit, on aboutit à l'épuisement, pour lequel une intervention médicale est le seul moyen d'éviter le décès.

Plusieurs phénomènes concourent à la survenue de l'état d'épuisement :

- la déshydratation
- l'acidose sanguine (modification de la composition du sang)
- l'hypoglycémie
- l'hypothermie

La déshydratation est due à :

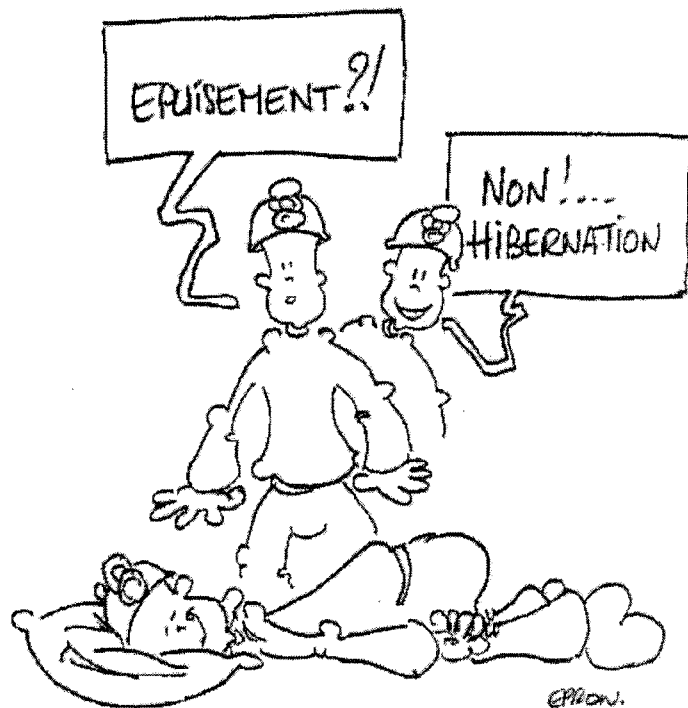
- l'excès de perte (transpiration, urine, ...)
- le déficit en apports (boissons)

L'acidose sanguine est due à :

- l'accumulation d'acide lactique et de déchets métaboliques produits par l'effort musculaire
- l'excès de CO<sub>2</sub> inspiré (dans certaines cavités)

L'hypoglycémie est due à :

- l'insuffisance d'apports notamment alimentaires
- la mauvaise gestion de l'effort



L'hypothermie est due à :

- la diminution de la production de chaleur (immobilité, hypoglycémie,...)
- l'augmentation de la perte de chaleur (vêtements insuffisants ou mouillés, sudation importante, ...)
- les troubles de la thermorégulation

Les symptômes de l'épuisement sont à connaître :

- troubles psychiques (mauvaise humeur, hallucinations auditives ou visuelles,...)
- troubles de la coordination motrice
- modification du rythme cardiaque (tachycardie)
- nausées
- perturbation des sens (vue, ouïe)
- etc.

Tout équipier qui présente ces signes doit être réchauffé, réhydraté, ré-alimenté, rassuré, reposé (les 5 R).

### 3.2 SYNDROME DU HARNAIS

La suspension inerte (sans mouvement de la victime) peut entraîner la mort en moins de trente minutes.

Les circonstances de survenue sont en général une perte de connaissance d'origine traumatique (traumatisme crânien) ou médicale (hypoglycémie, syncope cardiaque,...).

Les symptômes surviennent donc entre 3,5 et 30 minutes après le début de l'inertie, et débutent par une sensation de malaise avec sueurs, nausées et vertiges, bouffées de chaleur, oppression thoracique, paresthésies (sensations anormales) des membres. La fréquence cardiaque monte régulièrement jusqu'à 130-140 par minute, avec des troubles du rythme variables. La pression artérielle augmente elle aussi régulièrement et rapidement, jusqu'à la perte de connaissance et la mort.

La physiopathologie n'est pas encore éclaircie : aucune explication n'est donnée quant à l'origine des phénomènes observés, et le risque encouru par les sujets soumis aux expériences en laboratoire a fait rapidement stopper les manipulations. Les paramètres biologiques enregistrés (saturation artérielle en O<sub>2</sub>, dosage des lactates, ...) ont présenté une trop grande dispersion pour permettre une interprétation. L'élévation des endorphines peut être interprétée comme une conséquence du malaise physiologique.

La prévention des accidents de suspension inerte repose tout d'abord sur la connaissance du phénomène : c'est pour cela qu'une large diffusion des travaux de la CoMed a été faite, qui a d'ailleurs dépassé de loin le milieu spéléologique. Les techniques de dégagement sur corde doivent être parfaitement connues. Elles seules permettent d'éviter à un équipier en suspension inerte une issue fatale.

## 4. MALADIES INFECTIEUSES

### 4.1 LE TETANOS

C'est une maladie rare mais mortelle. Le germe vit dans le sol, et le spéléo y est donc particulièrement exposé. La vaccination est très efficace et peu onéreuse. C'est un vaccin "obligatoire" qui doit être renouvelé tous les dix ans.

### 4.2 LA POLIOMYELITE

Maladie virale neurologique aux conséquences graves, elle se contracte essentiellement par ingestion d'eau contaminée. Là aussi, le vaccin est très efficace, couplé au tétanos. Vaccin également "obligatoire".



### 4.3 LA RAGE

En Europe, la rage des chauves-souris touche essentiellement la sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) qui est en fait assez rare dans les cavités. Il s'agit alors d'un virus différent de celui de la rage vulpine (la rage du renard), mais tout aussi pathogène. La transmission se fait surtout par morsure d'un animal contaminé, mais de rares cas de transmission par voie respiratoire ont été décrits.

Le vaccin est conseillé pour les spécialistes, et en expédition à l'étranger (Amériques, et zones tropicales) où l'on risque autant la morsure d'un animal à l'extérieur que le contact avec des chiroptères contaminés. Il faut alors tenir compte de l'éloignement des centres anti rabiques. Rappelons également que l'on ne doit pas manipuler les chauves souris, tout particulièrement celles qui ont un comportement « anormal ». Toute morsure doit entraîner une consultation médicale.

### 4.4 LA LEPTOSPIROSE

Le germe est lié aux déjections de rongeurs en eaux stagnantes. La contraction se fait par ingestion ou surtout par l'intermédiaire d'une plaie souillée. Le vaccin est conseillé chez les plongeurs opérant à l'étranger, surtout en Asie où plusieurs cas ont été décrits. Des traitements préventifs existent pour les plongeurs opérant dans des zones insalubres (pertes polluées par exemple).

### 4.5 L'HISTOPLASMOSE

“Maladie des grottes”, due à un champignon microscopique se développant sur le guano en pays tropical (surtout Amériques et Afrique du Sud). Il n'existe pas de vaccin. L'atteinte est essentiellement respiratoire avec un syndrome grippal, mais une diffusion du germe dans l'organisme peut se voir en cas de contamination massive ou de déficit immunitaire. Les mesures prophylactiques sont essentielles (port d'un masque, hygiène des mains, etc.). Se renseigner auprès de la CoMed avant de partir dans ces pays.

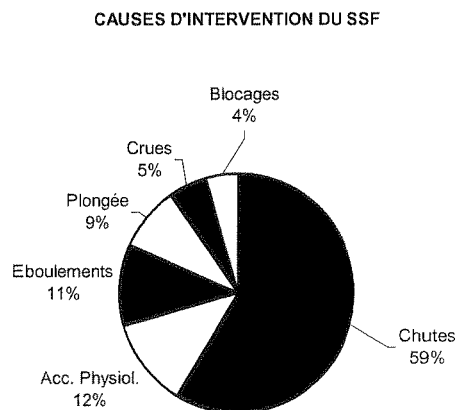
### 4.6 LES MALADIES RARES

D'autres maladies graves peuvent être contractées en pratiquant la spéléologie, mais elles sont peu fréquentes, et peu spécifiques de l'activité : maladie de Lyme (tiques), hantavirose (contact avec un rongeur infecté), tularémie (contact avec un animal malade ou mort), fièvre récurrente à tiques,...

## 5. ACCIDENTOLOGIE\*

L'étude statistique des accidents survenant en spéléologie est très riche en enseignements : réalisée en permanence par le SSF, la CoMed, et la commission assurance fédérale, elle permet de dégager des mesures de prévention, d'adapter les techniques, et d'éviter ainsi probablement de nombreux accidents.

On déplore cependant environ 35 interventions du SSF chaque année, et la mortalité moyenne pour la période considérée est de 7 par an. On apprend aussi que 70% des victimes secourues en milieu souterrain ne sont pas fédérées, et que 50% ne sont pas spéléologues...



\* Les chiffres utilisés ici sont basés sur la période 1988-1997.

## 5.1 ACCIDENTS DE PLONGEE

Ils représentent la plus forte mortalité (environ 75% des victimes). Là aussi, 40% seulement de spéléos...(et 20 % de fédérés). On observe une augmentation du nombre absolu d'accidents ces dernières années, mais une diminution de la mortalité relative (3% des pratiquants en 1950 contre 0,46% actuellement).

Les causes les plus fréquentes sont :

- problèmes de fil d'Ariane : absence ou mauvaise utilisation
- mauvaise gestion des gaz et mélanges respiratoires
- coincement
- narcose
- hyperoxie
- défaillance matérielle...

D'où l'importance d'être formé aux techniques spécifiques de la plongée souterraine enseignées dans les stages organisés par l'EFPS (Ecole Française de Plongée Souterraine).





## 5.2 LES CHUTES

Elles représentent environ 40% des accidents, et 14% sont mortelles. On peut distinguer les chute sur agrès, et sans agrès :

### 5.2.1 Chutes sur agrès : 23%

30% sont mortelles.

Les causes les plus fréquentes sont :

- corde trop courte (sans nœud terminal !)
- rupture d'amarrage
- mauvais éclairage
- non longé
- mauvaise utilisation du descendeur
- rappel sur un brin
- ...etc

On remarque ici que toutes ces causes sont liées à un **non respect des règles de sécurité** enseignées par l'E.F.S..

### 5.2.2 Chutes sans agrès : 77 %

Seulement 8% sont mortelles.

Les causes les plus fréquentes sont :

- glissade
- escalade
- opposition
- bloc instable
- etc.

### 5.2.3 Conséquences

Les conséquences des chutes peuvent être le décès, les fractures (surtout des membres et du rachis), les luxations (épaule ++)...

## 5.3 LES GAZ TOXIQUES

Ils représentent la deuxième cause de mortalité en spéléologie " sèche " pour la période 1988-1997. Ce chiffre est cependant élevé en raison d'un événement ayant provoqué neuf victimes (carrière de Montérolier (76) en 1995).

Ce sont donc des accidents rares, mais très meurtriers. Quels sont les gaz concernés ?

### 5.3.1 Le monoxyde de carbone

Formule : CO. Gaz très léger, moins dense que l'air, caractérisé par une fixation très forte à l'hémoglobine.

Origine : la plupart du temps désobstruction à l'explosif, parfois combustions incomplètes : feu, moteur thermique (perforatrice à essence, groupe électrogène,...)

L'oxyde de carbone est toxique dans l'air à partir de **100 ppm** \*.

On lui doit environ **80% des décès** par gaz toxiques.

### 5.3.2 Les vapeurs nitreuses

Formule : NO<sub>x</sub> (où x = 1, 2, 3,...). Gaz plus lourd que l'air, tend à s'accumuler dans les parties basses des cavités.

Origine : désobstruction à l'explosif ou chantier de travaux publics en surface. L'utilisation en spéléologie de renforteurs qui ne dégagent que du CO et CO<sub>2</sub> tend à faire disparaître ce risque dû essentiellement aux gels.

Toxicité à partir de **10 ppm**.

Tout comme le CO, il peut être présent dans une cavité plusieurs semaines après l'explosion.

### 5.3.3 Le gaz carbonique

Formule : CO<sub>2</sub>. Gaz plus lourd que l'air, tend à s'accumuler aux points bas des cavités. Il est présent souvent en quantités importantes (jusqu'à 7%) dans les cavités des régions de plateau comme le Quercy ou l'Ardèche.

---

\* Le ppm est une unité de mesure (parties par million). 10 000 ppm = 1%.

"Toxicité" modérée à partir de 2%.

Ce gaz est rarement le responsable direct d'accidents, mais peut participer à la survenue d'épuisements. Par contre, il peut considérablement augmenter la toxicité des autres gaz (attention aux désobstructions à l'explosif en cavité confinée).

### 5.3.4 Autres gaz

De nombreux autres gaz peuvent se rencontrer dans les cavités, mais ils sont plus rarement en cause dans les accidents : H<sub>2</sub>S (Hydrogène sulfuré), (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) Acétylène, (CH<sub>4</sub>) Méthane, SO<sub>2</sub> (Dioxyde de soufre), Chloropicrine et acide cyanhydrique (servent au gazage des terriers), Ammoniac (NH<sub>3</sub>).

Le radon est quant à lui un gaz radioactif qui peut induire l'apparition de cancers du poumon, mais les quelques mesures réalisées en France ne sont pas inquiétantes pour l'instant (étude en cours).

## 5.4 AUTRES CAUSES D'ACCIDENTS

### 5.4.1 Accidents physiologiques

Les causes sont très variées :

- malaises cardiaques
- épuisements
- troubles psychiatriques
- etc.

Ils semblent en recrudescence depuis quelques années.

### 5.4.2 Blocages

- Par éboulement : d'origine naturelle ou lié à une désobstruction, provoqué par la victime ou par un tiers. Peu fréquents, parfois mortels, souvent graves. Nécessitent des secours de grande envergure.
- Par étroitures : sont rares, peuvent être meurtriers, entraînent le plus souvent un épuisement.

### 5.4.3 Crues

Les crues sont rarement meurtrières, mais peuvent bloquer de nombreuses personnes, et sont très médiatisées.

Prévention :

- couverture météo (avant et pendant l'exploration)
- connaissance du massif
- connaissance de la cavité
- signes de mise en charge, abris...

Les conséquences d'une crue peuvent être : noyade, épuisements, hypothermie,...

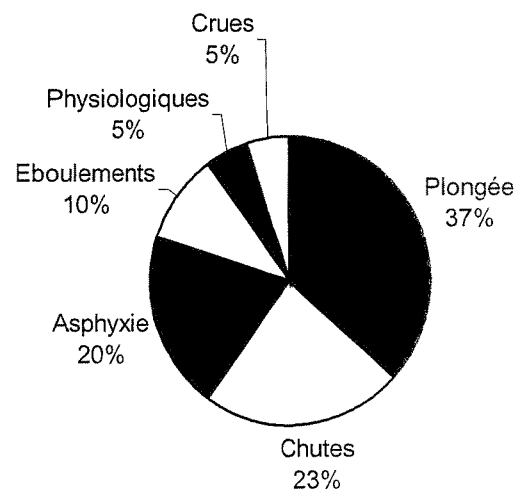
## 5.5 EVOLUTION DES ACCIDENTS

L'étude de l'évolution des accidents est intéressante car elle permet d'évaluer les actions de prévention entreprises, mais également de développer des stratégies pour éviter de nouveaux types d'accidents. On a ainsi décelé une nette diminution des interventions en spéléologie depuis ces quinze dernières années. Par ailleurs, le nombre des victimes a également nettement diminué, puisqu'on passe d'une quarantaine dans les années 80, à moins d'une vingtaine actuellement.

Les actions de prévention ont également entraîné une quasi disparition des épuisements (3ème cause de mortalité dans les années 80), mais on déplore une augmentation des décès en plongée souterraine (avec cependant une diminution par rapport au nombre de pratiquants).

Il y a enfin ces dernières années une tendance à l'augmentation des accidents physiologiques (notamment cardiaques).

CAUSES DE MORTALITE



## 6. PHARMACIE TYPE

*Cette pharmacie permettra de faire face à la plupart des petits désagréments survenant en exploration.*

- Antiseptique (Septéal / Hexomédine,...) 1 flacon [plaies]
- Compresses 30x30 2 boîtes de 10
- Sérum physiologique (unidoses) 10 [lavages]
- Micropore 2.5 cm 1 rouleau
- Bandes Nylex 7 cm : 3
- Biafine 1 tube [brûlures]
- Ciseaux Cesco
- Gants d'examen médical non stériles
- Couverture de survie épaisse
- Carnet + crayon
- Ibuprofène (Nurofen, Advil,...) 1 boîte [douleurs]
- Paracétamol (Doliprane, Dafalgan,...) 1 boîte [douleurs]
- Spasfon lyoc 1 boîte [douleurs abdominales]
- Antidiarrhéique (Imosel) [diarrhée]
- Chlore (Aquatabs / Hydroclonazone) [désinfection de l'eau]
- Vitamine C 1000 [fatigue]
- Conditionnement : petite boîte type "Tupperware" de la taille de la couverture survie

*Remarques :*

- *Ne mettre qu'un seul antiseptique (certains sont incompatibles entre eux)*
- *Pas de formes effervescentes pour les comprimés, pas de flacons en verre*
- *L'Aquatabs est plus efficace que l'Hydroclonazone pour la désinfection de l'eau*
- *Les noms commerciaux sont donnés à titre indicatif, les produits pouvant être remplacés par des équivalents.*

## 7. ORIENTATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

BALLEREAU A., 1981 : Secourisme spéléo. Dossier Instruction E.F.S., 8 p.

BARIOD J., THERY B. CoMed et CREPS de Chalain, 1987 : Pathologie induite par le harnais. Cassette vidéo, 12 min.

COUTURIER J.P., 1998 : Les accidents en milieu souterrain de 1986 à 1997. Ed. S.S.F., 145p.

GUILLAUME F., 1995 : Modifications biologiques à l'effort en spéléologie. Dossiers Instruction E.F.S., 2<sup>o</sup> ed., 8 p.

GUILLOT F., 1998 : La prévention en spéléologie. Accidents, incidents, conduite à tenir. Dossier Instruction E.F.S., 10 p.

JAILLET J., 1999 : Les accidents et secours de spéléologie en France de 1988 à 1997. Thèse Méd. Grenoble.

JAILLET S., 1999 : La crue sous terre. Les cahiers de l'EFS n° 10.

LISMONDE B., 2002 : Climatologie du monde souterrain. CDS Isère, 2 tomes, 168 + 362 p.

MALLARD M., 1985 : Secours et prévention en spéléologie. Thèse Méd. Lille, 601 + 6 + 37p.

ROY N., 2001 : Les accidents mortels de plongée souterraine en France de 1990 à 2000. Thèse Méd. Dijon, 114 p.

WOHRER P. 2001 : Méthodes de purification de l'eau, applications à la spéléologie. Spéléo Ile de France n°47, 3p. (<http://www.ffspeleo.fr/csr/cosif>)

- o - o - o -

Dessins originaux de *Alain EPRON*  
Reproduction autorisée sous réserve d'en informer l'auteur