

*UNIVERSITE LOUIS PASTEUR  
FACULTE DE STRASBOURG I  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES OFFICIERS DE SAPEURS-POMPIERS*

Année 2005

DIPLOME INTERUNIVERSITAIRE  
SERVICES DE SANTE ET DE SECOURS MEDICAL DES SERVICES  
DEPARTEMENTAUX D'INCENDIE ET DE SECOURS

MODULE SANTE PUBLIQUE

Mémoire présenté par

Docteur Nicolas Longeaux  
Médecin Capitaine Stagiaire  
SDIS 31  
Centre de secours de Saint Gaudens

**SECOURS SPELEOLOGIQUE**  
MESURES DE PROTECTION VIS À VIS DES GAZ EMIS LORS DES  
DESOBSTRUCTIONS À L'EXPLOSIF

- 1-Introduction
- 2-Historique et secours
- 3-Techniques de désobstruction à l'explosif
  - 31-Généralités
  - 32-Le forage du trou de mine
    - 321-Perforateurs à accumulateurs
    - 322-Perforateurs thermiques
    - 323-Perforateurs 220 V
  - 33-Les explosifs
- 4-Toxicité des gaz dégagés
  - 41-Le monoxyde de carbone
    - 411-Origine
    - 412-Caractéristiques physiques
    - 413-Cinétique
    - 414-Toxicité
    - 415-Signes cliniques de l'intoxication aigue
    - 416-Traitement
  - 42-Les vapeurs nitreuses
    - 421-Caractéristiques
    - 422-Toxicité
    - 423-Signes cliniques
    - 424-Concentration et exposition
  - 43-Le gaz carbonique
    - 431-Origine et caractéristiques
    - 432-Toxicité et concentrations
  - 44-L'acide chlorhydrique
  - 45-En pratique spéléologique
- 5-Prévention des accidents
  - 51-Equipements individuels
  - 52-Détéction des atmosphères toxiques
    - 521-Tubes réactifs
    - 522-Capteurs électrochimiques
  - 53-Détéction des courants d'air
- 6-Conclusion

## **1-INTRODUCTION**

La spéléologie sportive est une activité souterraine qui se pratique généralement en groupes, au sein de structures associatives ou fédérales avec un encadrement qualifié. En effet cette activité de découverte et d'exploration du milieu souterrain nécessite l'utilisation de matériels spécifiques souvent onéreux ainsi que de nombreuses règles techniques ce qui limite son accessibilité au plus grand nombre.

En cas d'accident, les secours ont une organisation spécifique et sont le plus souvent médicalisés. Sur les années 1988 à 1998, on recense en France une moyenne de 36 secours par an dont 22 sont médicalisés (60 %) avec 1,22 victime par accident. (1)

La spécificité de la cavité et les difficultés d'évacuation peuvent amener les sauveteurs à effectuer des manœuvres de désobstruction à l'explosif. Outre les problèmes habituels de propagation de l'onde de choc, de projection de déblais, la toxicité des gaz émis lors des tirs dans une atmosphère confinée et mal ventilée est source de problèmes plus spécifiques à la spéléologie.

Le but de ce mémoire est d'analyser les risques liés aux gaz émis lors de manœuvres de désobstruction et d'en tirer des mesures de protection vis à vis des personnels impliqués dans le secours.

## **2-HISTORIQUE ET SECOURS.**

On relève la première désobstruction à l'explosif en 1843 dans l'Hérault, à la Grotte des demoiselles.

En 1866, un accident dû aux gaz toxiques a fait 4 morts dans une grotte près de Trieste en Italie. On retrouve le premier sauvetage à l'explosif près de Gratz en Autriche en 1894, utilisant de la dynamite afin de dégager 7 explorateurs bloqués par une crue pendant une semaine.

Les secours en spéléo en France sont codifiés depuis 1950, en réponse à l'accident du trou de la Creuse (Jura) du 11/11/1950 où 8 spéléologues périrent victimes d'une crue.

L'on peut comparer cette mise en place avec celle des secours en montagne en 1958 faisant suite au secours tragique de Vincendon et Henry dans le massif du Mont Blanc en 1956.

En 1952 a lieu l'accident mortel de Marcel Loubens au gouffre de la Pierre St Martin, entraînant le premier secours médicalisé, et qui sera fortement médiatisé.

En 1963 a lieu un secours de grande ampleur en moyens et en durée à la goule de Foussoubie, avec 2 spéléologues noyés. La Fédération Française de Spéléologie (FFS) est créée la même année, évitant une limitation réglementaire drastique de l'activité par les autorités.

La Société Spéléo Secours Isère est née en 1972.

Le Secours Spéléo français, commission de la FFS est créé en 1977. Ses missions sont

- prévention des accidents,
- formation des sauveteurs spéléo,
- organisation et direction des sauvetages.

La première convention concernant l'organisation des secours en spéléologie, entre l'Etat avec ses corps constitués et la FFS est signée en 1979. Elle sera révisée en 1985 puis en 2003.

La Convention nationale d'assistance technique en spéléo secours du 20 mai 2003 (annexe 1) signée entre l'Etat (Directeur de la Défense et de la Sécurité Civile au Ministère de l'Intérieur) et la FFS détermine les conditions de concours de la FFS aux corps constitués de l'Etat, sur demande d'un Préfet ou d'un Maire en matière de prévention, de prévision, de formation et de secours en milieu souterrain.

De cette convention, il ressort que :

- le SSF s'engage à proposer à chaque Préfet de Département le concours d'un Conseiller Technique Départemental qui sera nommé par arrêté préfectoral.
- La Direction des Opérations de Secours revient au Maire ou au Préfet (DOS) ayant pouvoir de Police Administrative.
- Le Commandement des Opérations de Secours (COS) revient à un Officier de Sapeur Pompier.
- Le Secours Spéléo Français met à la disposition du DOS, sous l'autorité du COS ses conseillers, ses intervenants et ses moyens matériels et ce dans le cadre de Plans de Secours Spécialisés Départementaux en milieu souterrain.
- Le Spéléo Secours Français adresse chaque année à la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile une liste de conseillers et de spécialistes dont des médecins.

Concernant les SAMU, la loi du 6/01/86 sur l'Aide Médicale Urgente (AMU) stipule dans son article 2 que « l'AMU a pour objet, en relation notamment avec les dispositifs communaux et départementaux d'organisation des secours, de faire assurer aux malades, blessés et parturientes, **en quelque endroit qu'ils se trouvent**, les soins d'urgence et appropriés à leur état ».

Enfin, en ce qui concerne les sapeurs pompiers, le Guide National de Référence d'Interventions en Sites Souterrains précise le cadre réglementaire applicable aux personnels

des unités spécialisées GRIMP (Groupe de Reconnaissance et d'Intervention en Milieux Périlleux) et GSMSP (Groupe de Secours en Montagne des Sapeurs Pompiers) intervenant en site souterrain.

Dans le cadre de leurs missions, les personnels du SSSM sont amenés à intervenir dans les secours spéléologiques ; non seulement pour porter assistance aux victimes elles mêmes, ou à leurs sauveteurs (suraccidents fréquents) mais également dans leur rôle de soutien sanitaire vis à vis des personnels engagés avec un rôle majeur de prévention.

### **3-TECHNIQUES DE DESOBSTRUCTION A L'EXPLOSIF.**

#### **31- GENERALITES**

La technique la plus communément utilisée et celle qui devrait être la règle en secours est celle des microtirs rapides : une microcharge inférieure à 5 grammes d'explosifs est mise en place dans un trou de mine de 8 mm de diamètre sur 300 à 400 mm de longueur.

#### **32- LE FORAGE DU TROU DE MINE.**

Il est effectué à l'aide d'un perforateur dont il existe plusieurs types sur le marché.

##### 321- PERFORATEURS A ACCUMULATEURS.

Différents modèles utilisant des tensions de 12, 24 ou 36 Volts. Ils sont parfaitement adaptés à la technique des microtirs nécessitant des forages de 8 mm de diamètre sur 400 mm de longueur. Leur défaut est issu de la gestion des accumulateurs, entraînant une capacité limitée de forage, ainsi que la décharge plus rapide dans des atmosphères froides, ce qui est la règle en spéléologie.

Leur principal avantage est que leur utilisation ne dégage aucun gaz toxique.

##### 322-PERFORATEURS THERMIQUES A MOTEUR 2 TEMPS.

Ils permettent une très grande autonomie de fonctionnement (1 litre de carburant permet plusieurs heures de perforation). Par contre leur utilisation doit être proscrite dans une cavité non ou mal ventilée, les produits de combustion étant toxiques : CO et CO<sub>2</sub>. Des essais ont

permis des adaptations empiriques de catalyseur de gaz d'échappement, néanmoins, leur utilisation en milieu confiné ne nous paraît pas apporter la garantie suffisante et nécessaire lors de manœuvres de secours.

### 323-PERFORATEURS ELECTRIQUES 220 V.

Leur utilisation permet autonomie et sécurité, ne dégageant pas de gaz de combustion.

Le problème vient ici de leur alimentation. L'utilisation d'un groupe électrogène doit être proscrite sous terre au vu de la quantité des gaz toxiques émis.

On peut donc les voir utilisés à de faibles profondeurs, permettant la mise en place d'un câblage électrique jusqu'à la surface.

### **33- LES EXPLOSIFS.**

Les cordons détonants sont constitués d'un cordon d'explosif très puissant (la penthrite) enveloppé de cellophane et d'une gaine textile elle-même enrobée d'un revêtement PVC.

Les renforçateurs sismiques sont des petites charges d'explosif (3,3 g de penthrite) comprimées dans un tube d'aluminium étanche de 7 mm de diamètre et de 80 mm de long. Ce produit est détourné des recherches en géophysique.

Les détonateurs électriques sont des artifices permettant, par l'intermédiaire d'un courant électrique, de réaliser une onde de choc. Accouplés à un explosif, ils permettent de créer une réaction détonante. Ils se présentent sous la forme d'un tube d'aluminium de 7 mm de diamètre, d'où sortent 2 fils conducteurs qui seront raccordés à la ligne de tir. Ils contiennent 0,8 g de penthrite par détonateur.

Les concentrations de gaz toxiques émis lors d'une explosion sont fonction du type d'explosif. La connaissance de ces concentrations permet de choisir l'explosif adapté le moins toxique.

	<b>Monoxyde de Carbone (CO)</b>	<b>Vapeurs nitreuses (NOx)</b>	<b>Gaz carbonique (CO2)</b>
<b>Titadyne</b>	Important	Important	Important
<b>Sigmagel</b>	Important	Important	Faible
<b>Gomme A</b>	Moyen	Moyen	Important
<b>Titagel</b>	Moyen	Important	Faible
<b>Penthrite dans cordeau détonnant</b>	Important	Faible	Moyen
<b>Penthrite dans renforçateur ou détonateur</b>	Moyen	Nul (à confirmer)	Faible

Il ne faut pas oublier que toute explosion consomme de l'oxygène et que sans courant d'air, les gaz peuvent demeurer des jours dans la cavité.

De ce tableau, ressort l'intérêt des détonateurs et des renforçateurs à la penthrite.

Outre le faible dégagement probable en vapeurs nitreuses, leur utilisation permet d'effectuer des microtirs (charge inférieure à 5 g d'explosif), leur conditionnement est compatible avec les difficultés inhérentes à la progression en spéléologie, et enfin, ils sont commercialisés en France en conditionnement fini avant utilisation.

#### **4-TOXICITE DES GAZ DEGAGES**

##### **41- LE MONOXYDE DE CARBONE (CO)**

###### 411-ORIGINE

Ce gaz est issu de la combustion incomplète de substances contenant du carbone. Ici, cela concerne les matières explosives elles-mêmes, mais aussi leurs enveloppes et les matériaux de bourrage.

###### 412-CARACTERISTIQUES PHYSIQUES.

Inodore, incolore et non irritant, il n'est pas décelable par nos sens. De densité 0,967, donc très proche de l'air, il n'y a pas de poches de concentration, sa diffusion et sa dissipation sont

rapides. Les problèmes sont ici liés à l'absence de ventilation et aux faibles volumes de dilution.

#### 413-CINETIQUE.

L'absorption se fait par voie pulmonaire. Elle est fonction :

- de la concentration en CO dans l'air inhalé
- de la durée d'exposition (longueur des secours...)
- du débit ventilatoire (augmente avec l'effort, avec l'hypoxie relative liée à l'explosion, avec la toxicité des autres gaz...)

Le CO se fixe sur l'hémoglobine à la place de l'oxygène avec une affinité 250 fois supérieure. La liaison HbCO est stable mais réversible en fonction des pressions partielles en CO et en O<sub>2</sub>.

La demi-vie d'élimination du CO en ventilation spontanée est de

- 4 heures en air ambiant
- 80-90 minutes en oxygène pur à pression atmosphérique
- 20 à 25 minutes en oxygène hyperbare à 3 atmosphères.

#### 414-TOXICITE

La formation de la carboxy hémoglobine (Hb-CO) entraîne :

- hypoxie cellulaire par diminution de l'oxyhémoglobine et de la libération de l'oxygène par celle-ci
- mauvaise utilisation cellulaire de l'O<sub>2</sub>.

Le CO traverse la barrière placentaire et se fixe sur l'Hb fœtale.

Les conséquences de l'hypoxie sont marquées au niveau du système nerveux central, du myocarde et du fœtus le cas échéant.

#### 415-SIGNES CLINIQUES DE L'INTOXICATION AIGUE.

Formes modérées pour des taux d'HbCO de 15 à 30 % : céphalées, vertiges, asthénie, nausées, vomissements voire troubles du comportement ou euphorie inappropriée.



Formes graves pour des taux d'HbCO supérieurs à 30% : troubles de la conscience jusqu'au coma, infarctus du myocarde, collapsus, œdème pulmonaire. Troubles pouvant aller jusqu'au décès.

ppm CO	Durée d'exposition	Symptômes et risques
50	8 heures	Néant
100	Occasionnellement	Sans danger
200	2 heures	Nausées, céphalées, vertiges, intoxication respiratoire
1000		Intoxications graves (coma, collapsus...)
2000	4 à 5 heures	Mort
4000	1 heure	Mort
5000	20 minutes	Mort
10000	1 minute	Mort

Au décours d'une intoxication aigue même unique, a fortiori si elle se répète, des complications neurologiques peuvent apparaître à distance : c'est le syndrome post intervallaire. Il n'est pas lié à la gravité de l'intoxication aigue. Il peut comprendre : déficit moteur, syndrome extra pyramidal, syndrome cérébelleux, incontinence, troubles cochléo vestibulaires, de la mémoire, de la personnalité, syndrome dépressif.

**On retiendra comme valeur à ne pas dépasser 100 ppm.**

#### 416-TRAITEMENT

Immédiat : retrait de l'atmosphère contaminée aussi rapide que possible (difficile parfois en spéléo)

Spécifique : oxygénothérapie la plus précoce possible normobare à 100% au masque pendant 4 à 6 heures ou hyperbare à 3 atmosphères en caisson en suivant. Les indications d'OHB formelles sont le coma et la grossesse. Toute autre forme clinique d'intoxication après 4h d'oxygénothérapie normobare est une indication relative.

Symptomatique et non spécifique : intubation, ventilation, correction du collapsus...

#### **42- LES VAPEURS NITREUSES OU OXYDES D'AZOTE (NOX)**

#### 421- CARACTERISTIQUES.

Elles sont constituées de :

- N<sub>2</sub>O : Protoxyde d'azote qui n'est pratiquement pas toxique
- NO : Monoxyde d'azote qui est légèrement toxique
- NO<sub>2</sub> : Bioxyde d'azote qui est très toxique.

Ils sont issus de l'explosion des différents types d'explosifs, et en ce qui nous concerne des cordons détonants.

Le NO<sub>2</sub> est un gaz brun rougeâtre, de densité supérieure à celle de l'air, il a donc tendance à stagner au niveau du sol, voire à s'y infiltrer. Il est donc possible de le voir réapparaître au moment de l'évacuation des déblais.

Il est détecté par l'odorat et est irritant. Néanmoins, l'atmosphère peut être mortelle même sans une gêne importante.

#### 422-TOXICITE

Le NO<sub>2</sub>, comme les autres oxydes d'azote est un irritant des muqueuses respiratoires et du parenchyme pulmonaire. Outre ses effets respiratoires, le dioxyde d'azote présente des effets systémiques. En effet, après absorption au niveau respiratoire, il est transformé en acide nitrique puis en ions nitrites dans la circulation sanguine, avec formation de méthémoglobine.

#### 423- SIGNES CLINIQUES

1<sup>ère</sup> phase : irritation transitoire des muqueuses avec larmoiement, toux, dyspnée voire nausées.

2<sup>ème</sup> phase : rémission spontanée des symptômes pendant 6 à 24 heures.

3<sup>ème</sup> phase : Œdème pulmonaire lésionnel avec détresse respiratoire pouvant entraîner le décès de 24 à 36 heures après l'intoxication. Si l'intoxication n'a pas entraîné le décès, une bronchiolite oblitérante s'installe 10 à 30 jours après, laissant de lourdes séquelles fonctionnelles (fibrose, emphysème).

#### 424- CONCENTRATION ET EXPOSITION.

Seuil de perception : 0,2 ppm

Selon le ministère de la santé, les seuils d'effets réversibles (simples irritations des muqueuses, asthénie transitoire), d'effets irréversibles (intoxication grave avec les 3 phases et séquelles) et d'effets létaux sont les suivants :

<b>Durée d'exposition (minutes)</b>	<b>Seuils d'effets réversibles (ppm)</b>	<b>Seuils d'effets irréversibles (ppm)</b>	<b>Seuils d'effets létaux (ppm)</b>
1 minute	5	105	170
10 minutes	5	60	100
20 minutes	5	55	90
30 minutes	5	50	80
60 minutes	5	40	70

**En pratique, on retiendra un danger majeur en spéléologie au dessus de 10 ppm.**

### **43- LE GAZ CARBONIQUE (CO<sub>2</sub>)**

#### 431-ORIGINE ET CARACTERISTIQUES.

Le CO<sub>2</sub> est présent dans l'air à l'état naturel à des concentrations de 300 à 600 ppm. En spéléologie, il peut être présent dans les cavités confinées, issu des sols par décomposition de matières organiques. Enfin, il est dégagé lors de toute explosion contenant du Carbone.

Sa densité est de 1,52. Il a donc tendance à stagner au niveau du sol et peut également réapparaître lors de l'évacuation de déblais.

#### 432- TOXICITE ET CONCENTRATIONS.

Il faut des concentrations très élevées en CO<sub>2</sub> pour arriver à un stade de toxicité pour l'homme, dans le cadre d'une intoxication sans autres gaz.

<b>Taux %</b>	<b>Taux CO2</b>	<b>Signes cliniques</b>
0,5%	5000 ppm	Faible hyperventilation
2%	20000 ppm	Augmentation de 50% de la ventilation (VC) : hyperpnée efficace
3%	30000 ppm	Augmentation de 100% de la ventilation (VC). Narcotique
5%	50000 ppm	Augmentation de 300% de la ventilation (VC et FR). Dyspnée, céphalées (vasodilatation cérébrale)
5 à 8 %	50000 à 800000 ppm	Malaise, perte de connaissance, dyspnée majeure, acouphènes, bradycardie
Sup. à 8 %	Sup. à 80000ppm	Peut entraîner le décès en quelques minutes

Même si sa toxicité spécifique est moindre que celle des autres gaz, il provoque une augmentation du débit respiratoire. Dans le cas d'un mélange gazeux, ceci entraîne une absorption plus élevée des différents gaz, en renforçant d'autant leur toxicité.

**Sans autres gaz toxiques, les seuils admis en spéléologie sont de**

**- 4% pendant une exposition d'une heure**

**- 5% pendant une exposition d'un quart d'heure**

En présence d'autres gaz toxiques, ces normes ne sont plus valables du fait du renforcement de la toxicité des gaz. Le seuil est alors de 2%.

#### **44-L'ACIDE CHLORHYDRIQUE (HCL)**

Ce gaz est ici cité pour mémoire, car peu d'explosifs en sont à l'origine.

Il pourrait cependant être produit par le cordeau détonnant depuis la combustion de sa gaine. Néanmoins, une série de mesures de la Commission médicale de la fédération française de spéléologie n'a pas permis de le retrouver.

#### **45-EN PRATIQUE SPELEOLOGIQUE.**

Les gaz toxiques produits par les explosifs en spéléologie sont proches de ceux retrouvés dans les fumées d'incendie. On ne retrouve néanmoins pas de cyanures, d'acroléine ou de formaldéhydes.

Néanmoins, il paraît difficile de mener plus loin la comparaison en termes de mesures préventives. En effet, il semble non envisageable a priori d'engager des personnels munis d'Appareil Respiratoire Isolant (ARI) lors d'un secours spéléologique, du fait des difficultés de progression, des durées d'utilisation ou du nombre de personnels engagés.

Les mesures de prévention seront donc différentes, faisant appel en particulier aux détections des gaz toxiques : l'évacuation est une urgence relative en spéléologie. Le brancardage est une épreuve, et une fois démarré, il faut être sûr de la progression constante de la civière. Aussi préférera-t-on attendre le renouvellement d'une atmosphère avec dilution des gaz toxiques, à condition de pouvoir être sûr de la nature et de la concentration des gaz incriminés.

## **5-PREVENTION DES ACCIDENTS**

### **51-EQUIPEMENTS INDIVIDUELS**

Nous avons déjà évoqué le problème de l'ARI. Nous pouvons ici parler des cartouches filtrantes de protection respiratoire. Leur déplacement en spéléologie semble plus aisé, leur durée d'utilisation de 20 minutes semble intéressante afin de permettre les prélèvements et mesures faisant suite aux tirs d'explosifs.

### **52- DETECTION DES ATMOSPHERES TOXIQUES**

La détection physiologique par l'odeur ou l'irritation des muqueuses est une manière bien approximative pour évaluer le danger d'une atmosphère. En effet, certains gaz dont le CO sont totalement inodores, d'autres ou les mêmes peuvent être à des concentrations de toxicité foudroyante.

La concentration en gaz toxiques va diminuer de façon spontanée par dilution et dissipation. La vitesse de décroissance est extrêmement variable selon la topographie locale (confinement strict, courant d'air, ventilation artificielle...)

De façon empirique et très approximative, et selon la quantité d'explosifs utilisés, des valeurs de temps d'attente à distance du tir avant prélèvement du CO sur site sont utilisées lors des microtirs rapides :

Détonateur électrique	Renforteur sismique	Quantité de penthrite	Délai d'attente
1	0	0,8 g	1 min.
2	0	1,6 g	2 min.
3	0	2,4 g	3 min.
1	1	4,1 g	5 min.
1	2	7,4 g	8 min.
1	3	10,7 g	15 min.

On constate que pour les microtirs rapides vrais (quantité d'explosif inférieure à 5 g), le délai maximal d'attente avant prélèvement est de 5 minutes.

Bien que ces données ne reposent pas sur un fond scientifique, il nous semble très important de tenir compte de ces délais, en particulier sans dispositif de protection individuel.

#### 521- TUBES REACTIFS.



Ils sont utilisés avec une pompe qui aspire l'air qui passe à l'intérieur d'une ampoule contenant le réactif qui change de couleur en présence du gaz toxique considéré.

La plus couramment utilisée en spéléologie est la pompe Dräger 21/31, pompe à soufflet aspirant 100 cm<sup>3</sup> à chaque fois, la lecture se faisant directement sur l'ampoule à l'aide d'une échelle graduée.

Les mesures obtenues sont ponctuelles, et ne permettent pas un suivi de l'évolution des gaz en fonction du temps. De plus, la mesure est parfois longue.

Gaz détecté	Pompe Drager : référence du réactif	Première plage d'utilisation		Deuxième plage d'utilisation	
<b>CO</b> Seuil 100 ppm	CH 20 601	1 coup de pompe	100 à 3000 ppm	10 coups de pompe	10 à 300 ppm
<b>NOx</b> Seuil 10 ppm	CH 31 001	5 coups de pompe	5 à 100 ppm	10 coups de pompe	2 à 50 ppm
<b>CO2</b> seuil 5%	CH 23 501	1 coup de pompe	0,5 à 6 %	5 coups de pompe	0,1 à 1,2 %

Il convient donc d'effectuer une première mesure dans la première plage d'utilisation. Si celle-ci s'avère positive, nous nous trouvons en atmosphère toxique. Si elle est négative, une deuxième mesure dans la deuxième plage d'utilisation permet d'affiner le résultat. Ces mesures doivent être effectuées en sécurité, donc sous mesures de protections individuelles. Attention, les seuils de dangerosité pour le CO et les vapeurs nitreuses sont à considérer en présence de moins de 2 % de CO<sub>2</sub>. Au delà de 2% de CO<sub>2</sub>, il faudra dans tous les cas prévoir une ventilation de la cavité.

#### 522- CAPTEURS ELECTROCHIMIQUES.

Les appareils de détection électroniques permettent de mesurer la concentration instantanée de CO. Les plus adaptés à la spéléologie sont par exemple : Pack III (Dräger), Toxi Plus (Biosystems), Snifit et bodyguard (Bacharach). Les capteurs ont une durée de vie limitée dans le temps (environ 3 ans) et ils nécessitent une calibration périodique.

Certains modèles comme Oldham permettent de réaliser des mesures de CO dans l'air ambiant et dans l'air expiré.

Les capteurs sont très sensibles à l'acétylène ce qui est très gênant pour les spéléologues (éclairage). Il existe des filtres sélectifs pour limiter cet effet.



### **53-DETECTION DES COURANTS D'AIR.**

Leur connaissance est primordiale : ils permettent de prévoir le déplacement d'un nuage toxique, sa dilution dans un plus grand volume, ou encore la stagnation dans une zone confinée.

Dräger commercialise un détecteur de courant d'air bien utile en spéléologie et en particulier en secours. Il permet de vérifier la présence ou non de courant d'air ainsi que le sens de son déplacement dans la cavité. Il ne faut jamais oublier que même sous terre, un courant d'air peut s'arrêter ou s'inverser.

Plusieurs techniques permettent d'augmenter la ventilation des cavités : il est parfois possible d'élargir une entrée, et la ventilation artificielle de conduits karstiques a déjà été employée à l'aide de gros ventilateurs.

## **6- CONCLUSION**

Le secours en spéléologie se fait le plus souvent dans des conditions difficiles liées entre autre aux particularités du milieu souterrain et aux difficultés d'accès à la victime.

Le recours aux explosifs est parfois nécessaire afin de faciliter le passage d'une civière entraînant la libération de gaz toxiques dans un milieu confiné.

Les techniques de minage les plus sûres reposent sur la technique des microtirs rapides avec utilisation de perforateurs à accumulateurs et d'explosifs à base de penthrite sous forme de détonateurs électriques ou de renforceurs sismiques. Ces techniques sont mises en œuvre par de spécialistes, titulaires du Certificat de Préposé au Tir, soumis à une réglementation spécifique.

Les gaz toxiques émis sont principalement le monoxyde de carbone, des vapeurs nitreuses et le dioxyde de carbone. Il existe une potentialisation de l'intoxication entre ces différents gaz.



Les mesures préventives reposent sur des moyens de protection individuels mais surtout sur des mesures de concentration de gaz toxiques en atmosphère confinée. Ces mesures doivent être effectuées par des spéléologues spécialement formés et expérimentés. La détection des courants d'air est également primordiale.

Dans son rôle de conseiller lors d'un secours spéléo, le SSSM doit se tenir informé des techniques utilisées, afin de mettre en œuvre les mesures de protection vis à vis des personnels engagés.

Enfin, la connaissance des différents signes d'intoxication et leur traitement nous semble primordiale lors d'un tel secours.

## BIBLIOGRAPHIE

1-VINNEMAN N. « Toxicité du monoxyde de carbone lors de l'utilisation d'explosifs en spéléo secours ». Université Paul Sabatier. Toulouse. Faculté de Médecine Purpan. Mémoire Diplôme interuniversitaire de médecine et d'urgence de montagne. 2004

2-LONGEAUX N. « La médicalisation des secours en spéléologie. Interactions entre prise en charge médicale et prise en charge secouriste ». Université Paul Sabatier. Toulouse. Faculté de Médecine Purpan. Mémoire Diplôme interuniversitaire de médecine et d'urgence de montagne. 2004

3-BOU C. et le club les spéléologues du causse de Limogne-en-Quercy. « Désobstruction à l'explosif ». 1992

4-DDSC. Direction de la défense et de la sécurité civile. Sous direction des sapeurs-pompiers. « Interventions en site souterrain. Guide national de référence ». 2004

5-DAVID E. « Les gaz » Fédération Française de Spéléologie. Secours Spéléo Français. Fichier info SSFSTA061. 1997

6-DESCOTTES J., TESTUD F., FRANTZ P. « Les urgences en toxicologie », édition Maloine, p. 451-455.

7-BISMUTH Ch. « Toxicologie clinique ». Ed. Flammarion-Médecine, p.278-735

8-DEMIERRE M. « Monoxyde de carbone et minages en spéléologie ». [www.techt.ch](http://www.techt.ch) 2002

9-TISSOT S., PICHARD A. « Seuils de toxicité aigue du NO<sub>2</sub> ». Rapport final INERIS. Ministère de la Santé. 2004

10-ROCOURT F. « Toxicité des gaz d'explosifs ». Société de secours spéléo de l'Isère. 2004

11-LAFARGUETTE A.,OSTERMAN J.M., PELISSIE T. « Etude de la toxicité des gaz d'explosifs en spéléologie ». Commission médicale de la fédération française de spéléologie.  
1992