

## MATÉRIEL ET TECHNIQUES

### Essais de détecteurs de monoxyde de carbone Stage national désobstruction 2006

Par Jean-Michel Salmon

Le stage national « désobstruction » organisé par le SSF du 23 au 26 novembre 2006 à Carjac (46) a été l'occasion de tester divers détecteurs modernes de monoxyde de carbone. Le but de cet article n'est pas d'orienter vers l'achat d'un matériel plutôt qu'un autre, mais de présenter les ordres de réponses de chacun des appareils utilisés dans les mêmes situations ainsi que leurs avantages et désavantages majeurs.

#### 1) Appareils testés :

Les appareils testés étaient les suivants :

- **Détecteur MX 21** (Oldham) : mesure en continu de CO, CO<sub>2</sub> et NO dans l'air ambiant avec affichage direct mais sans mémorisation. Seuil alarme de CO réglable.
- **Détecteur portable enregistreur sur clef USB EL-USB-CO** (Lascar electronics) : mesure en continu de CO sans affichage direct, mais avec mémorisation en continu et déchargeable sur microordinateur. Seuil alarme haut de CO réglable. Fréquence de recueil des mesures réglable.
- **Détecteur compact enregistreur Gasalert** (BW Technologies) : mesure en continu de CO avec affichage direct, et mémorisation en continu, déchargeable sur microordinateur. Seuils alarmes haut et bas de CO réglables. Fréquence de recueil des mesures fixe.

#### 2) Conditions de mesure :

Tous les tirs ont été effectués dans une même cavité (le puy de Capy), avec une ventilation artificielle continue par soufflage d'air frais en entrée de la cavité (*photographie 1*).



Photographie 1 : dispositif de soufflage utilisé.

La ventilation par soufflage a permis de faire rapidement chuter la teneur en CO<sub>2</sub> dans cette cavité (chute effectivement observée de 3,3 à 0,1 %), où une première équipe avait signalé de forts symptômes d'essoufflements lors de sa progression sur le trajet vers la salle terminale. Les équipiers en charge des mesures de CO étaient tous situés dans une salle terminale située à environ 100m de l'entrée, séparés de cette entrée par un méandre étroit où étaient réalisés les tirs par d'autres équipes.

La ventilation par soufflage permet non seulement de « pousser » le CO<sub>2</sub> vers le fond de la cavité, mais également de chasser les gaz de tir vers le fond de la cavité où les équipiers en charge des mesures ont récoltés de par leur position la plus en aval dans la cavité tous les gaz de tir (*photographie 2*), conduisant à leur évacuation rapide en fin d'exercice vers la surface.

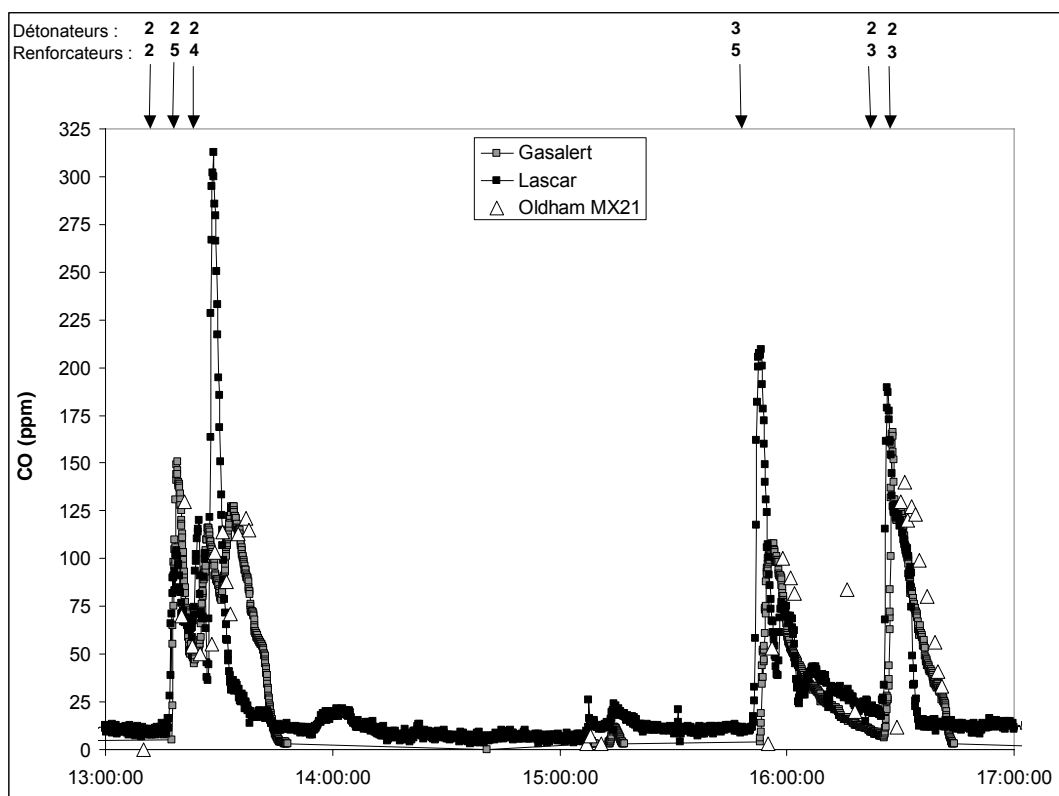
Ce type de ventilation « poussante » permet de faire retomber très rapidement le teneur en CO à des seuils inférieurs à 100ppm en quelques minutes, lors de volées importantes.



Photographie 2 : conditions « difficiles » pour la mesure du CO !

#### 3) Résultats des mesures effectuées :

Les résultats obtenus avec les trois appareils de mesure testés sont présentés sur le graphique joint. Il faut tout d'abord noter que tous les appareils sans exception réagissent fortement au gaz acétylène, ce qui exclue de fait leur utilisation en présence d'éclairage au carbure, où l'on sait d'expérience que la combustion du gaz acétylène reste de loin imparfaite ... Dans les conditions de notre expérimentation, aucun participant n'utilisait donc de lampe à acétylène.



Sur le graphique, sont portées les différentes volées (nombre de détonateurs et de renforteurs utilisés) effectuées dans la cavité en amont du point de mesure situé dans une salle terminale du réseau.

Le graphique ne montre que les dernières quatre heures d'enregistrement sur un total de près de 7 heures totales de mesure. Les trois expérimentateurs étaient situés pour ces quatre dernières heures les uns à côté des autres depuis l'entrée de la salle dans l'ordre suivant : détecteur Lascar le plus proche de l'entrée, puis détecteur Gasalert (cf. photographie 2), puis enfin détecteur Oldham, situé près d'un quatrième expérimentateur en charge de la transmission des valeurs lues vers la surface par système Nicola en milieu de salle. Les données lues sur les trois appareils ont été à la fois retranscrites par la surface, mais également déchargées des appareils enregistreurs ultérieurement (modèles Lascar et Gasalert). On peut tout d'abord noter que les trois appareils utilisés donnent des évolutions de CO strictement identiques pour les différentes volées. Les valeurs maximales des pics ainsi que les formes de restitution correspondent exactement à la localisation des trois détecteurs : Lascar en premier en entrée de salle dans un volume de salle encore étroit, puis Gasalert et Oldham dans une portion de salle plus large, où les gaz s'expansent et mettent plus de temps à se dissiper. Les données obtenues avec les trois appareils de mesure sont toutes très corrélées. Les trois appareils ont tous déclenché un ou plusieurs signaux sonores en corrélation exacte avec le seuil d'alarme fixé au préalable. Il faut toutefois noter l'exception des valeurs de CO fournies par le détecteur MX 21 (Oldham), dont les valeurs étaient aberrantes après chaque déclenchement d'alarme,

nécessitant l'arrêt de l'appareil et sa remise en route systématiques pour continuer les mesures. Aucun des appareils utilisés n'a donc donné de mesure de CO aberrante ou erronée.

#### 4) Conclusions :

Les trois appareils utilisés répondent à une mesure de CO en conditions de désobstruction souterraine à l'explosif avec pour chacun d'entre eux des avantages et des inconvénients certains, que nous allons essayer de résumer :

##### • Détecteur MX 21 (Oldham) :



**Avantages** : détecteur multiparamétrique possédant trois cellules de mesure différentes (CO, CO<sub>2</sub> et NO). Il n'enregistre pas les évolutions des valeurs, mais donne un affichage en temps réel des teneurs en différents gaz. C'est un appareil de très grande fiabilité, équipant déjà les sapeurs-pompiers dans leurs cellules d'intervention pour risque chimique (sur usines classées Seveso...).

C'est essentiellement un appareil pour une mesure sur site par un CE « désobstruction » souhaitant protéger ses artificiers et les replier en cas d'exposition alarmante.

**Inconvénients** : c'est encore un appareil assez volumineux (dim : 198 x 119 x 61mm) dont le prix reste très élevé (env. 450 €). Le coût d'entretien des cellules (entretien annuel obligatoire) reste encore prohibitif (env. 200 € par appareil et par an, données SSF 34).

- **Détecteur portable enregistreur sur clef USB EL-USB-CO** (Lascar Electronics)  
([www.lascarelectronics.com](http://www.lascarelectronics.com))



**Avantages** : ce détecteur de très petites dimensions mesure et enregistre jusqu'à 32 510 valeurs de CO, sur une gamme de température de -10 à +40°C.

La fréquence d'acquisition et le démarrage de cette acquisition se font par insertion de cette clef USB dans un microordinateur et au travers d'un logiciel compatible avec Windows 98, 2000 ou XP d'utilisation conviviale et très simple. Le détecteur fonctionne alors en autonomie sur sa batterie Lithium incorporée, les données étant stockées dans une mémoire non volatile qui n'est pas perdue, même si la pile vient à être déchargée. Une LED rouge ainsi qu'un signal sonore continu sont émis lorsque le niveau d'alarme de CO présélectionné au démarrage est atteint.

Sa capacité de stockage est de 3,7 jours à une fréquence d'acquisition de 10 secondes, de 11 jours à une fréquence de 30 secondes et 22 jours pour une fréquence de 1 minute.

Les données peuvent être déchargées sur microordinateur, tracées automatiquement sous forme de graphe, imprimées ou exportées vers Excel ou autres tableurs compatibles.

**Inconvénients** : l'appareil n'affiche aucune valeur, mais ne fait que sonner une fois un seuil de teneur en CO atteint, et arrête de sonner une fois ce seuil dépassé par le bas. Ce n'est donc qu'un appareil qui permet de mesurer l'exposition *a posteriori*, ce qui limite son utilisation, mais peut aussi aider un CT à évaluer l'exposition au CO de ses équipes d'artificiers. Toutefois son faible prix (env. 40 €) et ses dimensions très restreintes (celles d'une grosse clef USB) permettent d'envisager d'en doter tous les membres d'une équipe d'artificiers.

Des contacts sont déjà pris avec la société qui le développe pour envisager le rajout d'un affichage permettant une lecture en temps réel des valeurs de CO mesurées, ce qui le rendrait alors diablement compétitif si le prix d'achat ne s'en ressent pas.

- **Détecteur compact enregistreur** (Gasalert) :



**Avantages** : détecteur compact (28 x 50 x 95 mm) étanche et résistant mesurant, affichant et enregistrant jusqu'à plus de 20 000 valeurs de CO. La fréquence d'acquisition est fixe à 5 secondes. Le démarrage de cette acquisition se fait sur le détecteur. Le détecteur fonctionne en autonomie sur sa batterie photo 3V, les données étant stockées dans une mémoire non volatile qui n'est pas perdue, même si la pile vient à être déchargée. Deux niveaux d'alarme (haute et basse) peuvent être réglés, et le détecteur est capable de calculer VLE et VME en émettant des signaux d'alarme spécifiques quand ces valeurs sont dépassées. Cet appareil représente le *nec plus ultra* des trois détecteurs testés, et s'il fonctionnait avec toutes ses fonctionnalités, représenterait un outil idéal. Son prix reste toutefois encore très élevé (env. 341 €).

**Inconvénients** : la programmation de l'appareil n'est pas vraiment conviviale, et demande un apprentissage certain. Le déchargement des données enregistrées dans l'appareil (données extrêmement complètes par ailleurs) nécessite l'utilisation d'un logiciel fort peu convivial et spécifique au constructeur. L'export vers un tableur Excel est par contre automatique, avec réalisation automatique de graphes associés. Les valeurs de VLE et de VME calculées sont fantaisistes, mais résultent peut-être d'une mauvaise programmation initiale !

Jean-Michel Salmon

## ATMOSPHERES CONFINEES KARSTIQUES

Sujet de thèse du Dr OSTERMANN. Merci de l'aider en diffusant son questionnaire.

### QUESTIONNAIRE CO2

Ce questionnaire est destiné à mieux connaître les effets des atmosphères confinées souterraines dans le cadre d'une thèse de médecine. Quelques précisions pour le remplir:

1°) CAVITES: Il n'est évidemment pas obligatoire de répondre à toutes les questions pour valider le questionnaire, en particulier en ce qui concerne les mesures instrumentales.

Cependant, le maximum de précision est souhaitable.

2°) EXPLORATEUR: La rubrique "Antécédents médico-chirurgicaux" est confidentielle, mais indispensable, aussi l'indication des noms et adresse n'est pas obligatoire.

REMARQUE: Nous déconseillons formellement l'emploi d'oxygène et d'aspirine au cours ou décours d'une exposition à une atmosphère enrichie en CO2.

Renseignements complémentaires à J.M.OSTERMAN 31, Rue du Général Morand Apt 213, 24000 PERIGUEUX - Merci de participer à cette étude.

### QUESTIONNAIRE CO2

CAVITE Date de l'exploration:

Nom: Commune: Département / Pays:

Description:

Bibliographie:

Localisation du CO2:

Teneur maximum de CO2:

Teneur minimum d'O2:

Pression atmosphérique extérieure:

Buts de l'exploration:

Durée estimée de l'exposition:

### EXPLORATEUR

Nom: Age:

Antécédents médico-chirurgicaux:

Traitement en cours:

Etes-vous fumeur ?:

Avez-vous déjà pratiqué des explorations avec CO2 ?:

Pratiquez-vous la plongée ?:

Spéléo pratiquée depuis :

Parmi les troubles suivants, soulignez ceux que vous avez ressentis et leur durée :

- |                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
| - Céphalées                  | -Fatigue (pendant et après la visite)      | -Accélération ou diminution du pouls     |
| -Vertiges                    |  |  |
| -Troubles visuels (nature ?) | -Sensation de chaleur, sueurs              | -Picotement oculaire, pharyngé           |
| -Angoisse                    | -Troubles moteurs - Nausées. Vomissements, | -Hyperthermie dans les jours qui suivent |
| -Euphorie                    | douleurs gastriques                        | -Autres signes                           |
| -Obnubilation                |  |  |
| -Diminution du champ visuel  | -Soif, polyurie                            |  |
|                              | -Difficultés respiratoires                 |  |

Avez-vous pris un traitement, lequel ? Y a-t-il eu alors amélioration des troubles ? Remarques :

OSTERMAN: Continuation du travail bibliographique, déjà bien développé par BALLEREAU. Merci de l'aider en lui adressant tous documents intéressants (adresse dans la feuille de liaison n°18),,

### AMELIORATION DE LA COMMUNICATION

Nous avons envisagé d'ouvrir un service CoMed sur le minitel fédéral. Ce service sera Certainement opérationnel avant la fin de l'année. Les collègues intéressés peuvent me contacter.

### NOUVELLE THESE MEDICALE

**"LES ATMOSPHERES CONFINEES KARSTIQUES ET AUTRES GAZ DES CAVERNES"**

**J.M.OSTERMANN. Thèse de Doctorat en Médecine, Limoges 1990, 166 pages.**

### RESUME

Les atmosphères confinées (enrichies en CO<sub>2</sub> et pauvres en O<sub>2</sub>) ne sont pas exceptionnelles sous terre, et gênent même parfois les explorateurs de certaines régions karstiques (LOT,

ARDECHE,..). Bien que l'innocuité relative de ce type d'atmosphère semble avoir été empiriquement constatée, la nature et l'importance des troubles ressentis n'avaient encore été que peu étudiées.

Après quelques notions de climatologie karstique et de physiologie respiratoire, ce travail aborde les effets connus de l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'air inspiré, puis ceux de l'hypoxie.

A l'exception des travaux de BERT au début du siècle, les observations concernant la physiologie des atmosphères à la fois enrichies en CO<sub>2</sub> et pauvres en O<sub>2</sub> sont rares. Elles montrent que les pressions alvéolaires d'O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> varient dans le même sens que les pressions inspirées, mais beaucoup plus lentement.

En atmosphère confinée karstique, de nombreux symptômes ont été décrits avec des troubles neurologiques (céphalées, troubles de la motricité, asthénie, déficit mnésique, troubles d'orientation), une atteinte sensorielle (troubles visuels, hallucinations, dysgueusie), des troubles digestifs (nausées et parfois vomissements), des troubles respiratoires quasi systématiques, avec dyspnée, oppressions thoracique, des troubles cardio-vasculaires (flush, extrasystoles)

Sur le plan physiopathologique, des études de gazométrie sanguine réalisées en cavité à atmosphère confinée sur sept sujets ont montré un maintien et parfois même une élévation des PaO<sub>2</sub>. On trouve par ailleurs une acidose métabolique qu'il est difficile d'expliquer.

Il paraît prudent de ne pas dépasser les teneurs en CO<sub>2</sub> de 5% lors d'explorations spéléologiques, et en deçà de 14% pour O<sub>2</sub>.

L'atmosphère des cavernes peut par ailleurs contenir de nombreux autres gaz parfois très toxiques; On rencontre souvent CO et Vapeurs nitreuses lors de l'utilisation d'explosifs, et I-Id, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, Rn, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, vapeurs d'hydrocarbures, acide cyanhydrique, chloropicrine..,

La prévention des accidents dus aux gaz des cavernes passe par le respect des consignes de sécurité lors de l'utilisation d'explosifs, la connaissance des phénomènes de climatologie karstiques, l'utilisation de moyens de détection appropriés.

Le bilan hospitalier montre une élévation modérée des CPK et une kaliurie, signant les compressions musculaires du "crush syndrom", absence de lésion thoraco-abdominale. Evolution sans séquelle. D'après le CR d'intervention du Médecin-Commandant P.BARD publié dans la revue des sapeurs pompiers, 1991,118-120.

### INTOXICATION PAR GAZ TOXIQUES (Isère) Novembre 1990

Suite à plusieurs séances (en quelques jours successifs) d'utilisation de la perforatrice à essence (normalement sans plomb) suivies de tirs, un spéléo est resté inconscient 40 min puis est ressorti du trou, vascillant, aidé par ses copains et ... est rentré chez lui !!! Il n'est allé à l'hôpital que le lendemain pour ressortir tout de suite après une série d'examen négatifs dont une radio pulmonaire normale. Avertie le 4<sup>e</sup> Jour le Dr France ROCOURT le fait hospitaliser. Le diagnostic retenu fut une intoxication à l'oxyde de carbone (la prise de sang était négative mais faite trop tard car le CO était déjà fixé dans les tissus). La symptomatologie présentait : douleurs abdominales, diarrhée, et surtout une polynévrite des membres inférieurs qui dura 3 mois.

Remarque : il est le seul de l'équipe à avoir une telle gravité car il y a un effet cumulatif du CO d'une séance sur l'autre et il avait fait plus de séances que les autres.

Voilà une histoire qui va servir de leçon...les gaz d'explosifs sont toxiques et les gaz d'échappement aussi! D'après les communications transmises par le Dr France ROCOURT

### DE RETOUR D'EXPE

Le G.S.H.P. de retour de leur expé Grèce Eté 1990 nous communique parmi leurs membres un cas de taeniasis traité au retour en France et des piqûres de tiques, sans conséquence.

### TEST HEAT-PAC Drs Marc BOUVARD Michel MALLARD

Nous avons eu l'occasion de tester le HEAT-PAC durant l'exercice spéléo-secours des 27 et 28 Oct 1990 à la Pierre Saint-Martin (PSM). Le Heat-Pac (voir Spelunca n°37 p42) est un petit générateur d'air chaud produit par la combustion d'un bloc de charbon de bois purifié et diffusé par un ventilateur rotatif (sur pile 1,5V). Il ne pèse au total que 750 g. Le débit d'air atteint 120 l/min. Cet air est entièrement séparé des gaz de combustion qui sont évacués par un circuit isolé, après avoir traversé un catalyseur qui élimine la quasi totalité du CO après 10 minutes de combustion (penser à l'allumer un peu avant d'arriver près du blessé). La puissance est réglable, entre 40 et 160 W (45 et 65 °C). Avec une puissance de 100W, un élément de combustible dure environ 6 heures. A la P.S.M, pendant 4 heures d'évacuation en civière spéléo, un blessé fictif a pu être tenu dans une ambiance thermique constante de 31°C sous le duvet quallofil (température contrôlée en permanence par un thermomètre électronique à affichage digital). Le HEAT-PAC était réglé au minimum et la température de la cavité était de 4°C. Le boîtier était placé entre les cuisses (à l'extérieur du duvet et sous le rabat en texair de la civière) et la chaleur acheminée par la pieuvre (à l'intérieur du duvet) dont 2 sorties pour le thorax et les aisselles et deux sorties pour la face interne des membres inférieurs à proximité des vaisseaux fémoraux. Le tuyau d'échappement amenait les gaz toxiques à l'extérieur de la civière. Le volontaire fut pleinement satisfait des conditions de confort car en plus de la chaleur, il était protégé contre les chocs par un mini matelas coquille fixé sur le brancard. Ce nouvel appareil est révolutionnaire pour lutter contre l'hypothermie des secourus, même durant l'évacuation en civière.

## PROJET D'ETUDE DES VARIATIONS ELECTROCARDIOGRAPHIQUES LORS D'EXPOSITION A UNE ATMOSPHERE CONFINEE KARSTIQUE

### OBJECTIFS:

Certaines régions karstiques en plateau (Ardèche, Quercy,...), présentent de nombreuses cavités ayant d'importantes modifications atmosphériques: forte teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), et diminution proportionnelle de la teneur en oxygène(O<sub>2</sub>), ainsi qu'une fréquentation spéléologique non négligeable. Les effets délétères de ces atmosphères sont étudiés, notamment par la commission médicale de la Fédération Française de Spéléologie, depuis quelques années (OSTERMANN, 1990).

Cependant, peu d'éléments sont connus sur les effets cardio-vasculaires des atmosphères confinées, le déficit en O<sub>2</sub> et l'excès de CO<sub>2</sub> ayant été étudiés séparément, et hors du contexte spéléologique.

L'excès de gaz carbonique dans le sang est susceptible d'induire l'apparition de troubles du rythme cardiaque, essentiellement à type d'extra-systoles ventriculaires, et ce à partir de 3% de CO<sub>2</sub> dans l'air inspiré, d'après les données actuelles de la littérature (RADZISZEWSKI, 1987). Les teneurs des cavités sus-citées pouvant être notablement supérieures, et le déficit en O<sub>2</sub> pouvant être un facteur aggravant, l'étude des variations de tracés électrocardiographiques concernant des spéléologues en exploration nous paraît légitime.

### RAPPELS:

#### Les atmosphères karstiques:

La qualité atmosphérique des cavités du karst dépend essentiellement de l'importance de leur ventilation: les cavités des régions montagneuses, présentant souvent une dénivellation importante, ou en relation avec l'extérieur par de nombreuses fissures, possèdent souvent une bonne aération de leurs galeries. La teneur atmosphérique en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> sera donc proche de celle de la surface (soit CO<sub>2</sub>= 0.03%, et O<sub>2</sub>= 20.9%).

Dans les cavités non ou mal ventilées, ce qui est souvent le cas des régions de plateau en raison du colmatage important des fissures et de la faible dénivellation, la qualité atmosphérique sera proche de celle de la zone pédologique: on a alors une élévation du CO<sub>2</sub>, et diminution proportionnelle de l'O<sub>2</sub> (par exemple CO<sub>2</sub>= 3%, et O<sub>2</sub>= 18%). Les variations de la zone pédologique dépendent de l'activité des micro-organismes du sol, et est donc variable en fonction de la saison, avec un maximum en fin d'été. Des teneurs en CO<sub>2</sub> de 4 à 5% ne sont pas exceptionnelles dans les cavités du Quercy (RENAULT, 1982).

#### Physiopathologie des atmosphères confinées:

Paul BERT (1878) fût le premier à s'intéresser de près aux effets physiologiques des atmosphères confinées. Il mit notamment en évidence l'importance du rôle joué par le gaz carbonique dans la respiration. Par la suite, de nombreux travaux sur ces deux gaz trouvèrent leur application en réanimation médicale. Les effets du déficit en oxygène furent l'objet de nombreuses études, qui concernèrent notamment les alpinistes. Sur le plan du gaz carbonique, c'est surtout les militaires qui s'y intéressèrent, en raison des problèmes posés par la survie dans les sous-marins. L'effet conjoint des deux gaz n'intéressa par contre que peu de chercheurs, en dépit des accidents fréquents qui survinrent à certaines professions (fossoyeurs, puisatiers, ... etc.).

Sur le plan spéléologique, les accidents dus aux atmosphères confinées sont peu nombreux, mais les intoxications très fréquentes. L'intérêt des études entreprises par la CoMéd réside dans l'approche globale du problème des a. c. et son application à la sécurité en spéléologie.

Des travaux récents (RADZISZEWSKI, 1987) ont montré l'apparition d'extra-systoles ventriculaires chez des sujets soumis à un effort dans une atmosphère contenant 3% de CO<sub>2</sub> ou plus, ce qui correspond à une valeur fréquente dans certaines cavernes.

En 1993, la CoMéd entreprenait une première série d'observations électrocardiographiques de sujets en atmosphère confinée karstique, afin d'évaluer la possibilité de réaliser cette étude à plus grande échelle:

### **RESUME:**

*Cinq spéléologues ont été exposés à une atmosphère confinée dans la grotte de LANGRAU (GRAMAT, LOT) en Octobre 1993. Un enregistrement électrocardiographique a été réalisé avant l'exposition, puis pendant le séjour dans la cavité, dont l'atmosphère contenait des teneurs en CO<sub>2</sub>= 3,45% et O<sub>2</sub>= 16,3%. Chaque enregistrement comportait les douze dérivations standards (DI, D2, D3, aVR, aVL, aVF, Vi à V6), et un tracé de 3 minutes pour étude du rythme au repos, puis après effort physique. Pour chaque tracé ont été comparés avant et après exposition, puis après effort: la fréquence, le rythme, l'intervalle PR, l'axe QRS, le segment ST, l'intervalle QT. (i note l'apparition, chez deux sujets sur cinq, d'une arythmie sinusale non corrélée à la respiration. Aucune extra-systole ventriculaire n'a été retrouvée, contrairement aux données de la littérature.*

Nous avons donc mis en évidence un trouble du rythme bénin mais non répertorié à notre connaissance dans ce contexte, ce qui nous incite à poursuivre le travail.

### **METHODE**

Deux séances d'observations seront réalisées courant 1995/1996, selon un protocole établi lors de l'expérience de 1993.

\* La cavité: Plusieurs cavités du Causse de GRAMAT correspondent aux critères retenus pour cette étude (facilités d'accès, confinement atmosphérique, et facilité d'évacuation): Igues de Monnac, de Pépin,, d'Angélie, grotte de Langrau,... Les teneurs atmosphériques en CO<sub>2</sub> étant variables, la cavité sera choisie peu avant les expériences, en fonction d'une étude climatologique sommaire préalable.

Les teneurs en CO<sub>2</sub> devront être supérieures ou égales à 3,5%.

Durant l'expérimentation, une étude climatologique détaillée sera effectuée par des manipulateurs confirmés, de manière à établir précisément les teneurs en CO<sub>2</sub> et (Y de la cavité). Ces mesures seront effectuées à la pompe DRAEGER munie de cartouches adaptées, corrigées en fonction de la pression barométrique.

\* Déroulement des observations: Comme dans les observations menées en 1993, les sujets subiront avant exposition à l'atmosphère confinée un examen clinique complet avec recherche d'antécédents contre-indiquant l'expérience, et un tracé électrocardiographique au repos qui servira de référence. Les sujets, spéléologues expérimentés, seront au nombre de six pour les deux séries d'observations.



La réalisation des tracés ECG sera faite après une exposition d'au moins une heure à l'atmosphère de la cavité. Un premier tracé concernera le sujet au repos, et comprendra les douze dérivations standard, ainsi qu'un tracé rythme de trois minutes. Un second tracé identique sera réalisé après un effort physique quantifié. La mesure des pressions artérielles sera réalisée à chaque phase (repos, effort).

Les électrocardiogrammes n'étant pas réalisables simultanément, le temps d'exposition sera noté pour chaque individu.

Les observations seront réalisées sous tente, à une température confortable contrairement à ce qui avait été réalisé en 1993.

\* Interprétation des résultats: Elle sera faite après études comparatives de différents paramètres des ECG: fréquence, rythme, axe QRS, intervalle PR, QT, segment ST. L'interprétation des résultats sera soumise à l'avis de cardiologues.

### **CONCLUSION**

Cette série d'observations permettra de progresser dans la connaissance des effets cardiovasculaires des atmosphères confinées karstiques. Elle peut aboutir à rétablissement de consignes de sécurité pour les spéléologues explorant ce type de cavités.

### **BIBLIOGRAPHIE:**

BERT P., 1878: La pression barométrique; recherches de physiologie expérimentale. Ed. du C.N.R.S., (rééd. de 1979), 1183p.

OSTERMANN J.M., 1990: Les atmosphères confinées karstiques et autres gaz des cavernes. Thèse Med. Limoges, 166p.

RADZISZEWSKI E., 1987: Effets physiologiques chez l'homme du confinement de longue durée en atmosphère enrichie en dioxyde de carbone. Thèse Science Lyon, 329p.

RENAULT P., 1982: Le CO<sub>2</sub> dans quelques cavernes du Quercy. Spéleo-Dordogne 74, 116p.

Jean-Michel Ostermann

---

Cette feuille de liaison est la vôtre: ses colonnes vous sont ouvertes.

## NOTES DE LECTURE

HERNANDEZ GUELMES C., DALMAU HEVIA E., MEDINA A., MERINO A., 1995 : **Reacciones fisiologicas principales del organismo humano en trempas termicas, (Cuevas de calor); medicina espeleologica.** *Congreso Internacional LV Aniversario, Prirnera Reunion Iberoamericana, La Habana 11-15 set. 1995, 32 pages.*

Cette étude, qui nous a été adressée par les spéléologues cubains, concerne les principales modifications physiologiques observées chez les spéléologues dans les cavités chaudes ("trampa termica") du pays, avec une température de 33 à 35°C. L'origine de ces anomalies thermiques des cavités tient essentiellement à la morphologie de la grotte (étroite et ascendante), et à la présence de chauves-souris par milliers.

Ont été étudiées fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, tension artérielle et température corporelle avant, pendant et après exposition. Les observations mettent en évidence une élévation considérable de la fréquence cardiaque et de la température centrale, ainsi qu'une élévation plus modérée de la tension artérielle et de la fréquence respiratoire. La durée maximale d'exposition préconisée est de 45 minutes lorsque la température de la grotte ne dépasse pas 35°C, et 20 minutes au-delà.

Des précautions à respecter pour l'exploration des grottes thermiques sont énumérées. (document disponible à la CoMéd)

“Un mini laboratoire à l’essai” Le Quotidien du médecin 6214, 3 février 1998.

Un appareil d'analyse biologique de taille réduite, nommé I-STAT, est à l'essai au SMUR de La Pitié Salpêtrière. Il permet, à l'aide de huit sortes de cartouches parmi lesquelles le médecin fait son choix en fonction de la pathologie suspectée. Quelques ml de sang suffisent pour obtenir les résultats en trois minutes sur écran, avec possibilité d'impression. Peu de précisions sont données dans l'article sur les constantes biologiques évaluées, mais l'on devine la possibilité d'effectuer au moins glycémie, ionogramme, gaz du sang...

Il est évident qu'un appareil de ce type pourrait rendre de grands services lors des interventions spéléologiques médicalisées. Sa commercialisation (coût environ 50 000 FR) ne devrait pas tarder.

J.M. OSTERMANN

## ACTUALITES EN INFECTIOLOGIE

*La rage quasiment éradiquée en France* : d'après une info parue dans "Le Quotidien du Médecin" N°6128 (septembre 1997), aucun cas de rage n'a été déclaré pour l'instant cette année. A titre indicatif, 4213 cas furent déclarés en 1989. Cet excellent résultat est dû à une énergique campagne de vaccination des renards (75 % des cas de rage animale en France). Signalons cependant que depuis la parution de cette info, un cas

de rage vulpine a été décelé dans l'Est du pays.

*La Thèse du Dr A. DELERON* (Histoplasmose à Histoplasma capsulatum et spéléologie à travers le monde) vient d'être rééditée et est disponible auprès de Spelunca librairie pour moins de 200 Fr.

## OBSERVATIONS EN ATMOSPHERE CONFINEE

Les membres du Club Résurgence Avens Diaclose (37), à qui la CoMéd a donné des conseils et prêté une pompe Draeger pour des raisons de sécurité dans le cadre d'une désobstruction à l'explosif (Igue du Bois du Milieu) (Lot), nous rapporte d'intéressantes observations :

« Concernant les symptômes et les conséquences d'une exposition prolongée dans une atmosphère saturée en CO<sub>2</sub>, nous avons tous fait les frais d'expériences en temps réels. En règle générale (teneur 3.5 - 4 % de CO<sub>2</sub>), on remarque tout d'abord une accélération du rythme respiratoire, avec des maux de tête, puis des nausées. Ces dernières n'interviennent que très rarement, l'exposition devant se prolonger au-delà de 3 heures. Si l'exposition se prolonge au-delà de

2,5-3 heures avec un taux proche des 4 % de CO<sub>2</sub>, la respiration ralentie, et le sujet est atteint de somnolence. Cet état s'accompagne d'une apparente sérénité, le sujet perd peu à peu le sens des réalités. Il baigne dans un bien-être illusoire, avec cependant de très forts maux de tête, qui interdisent tout effort prolongé. Durant la remontée des puits, il faut faire de très gros efforts de concentration pour parvenir à réaliser les manipulations habituelles. Après être sorti de la cavité, le sujet est pris de séances d'apnée durant son sommeil. Cela a duré à peu près un mois après l'exposition.. »

Un ingénieux dispositif de ventilation de la cavité permit la réalisation des travaux.

**Compte - rendu des journées internationales des médecins du secours en montagne, Chambéry le 19 novembre 2001.**

Dr Y. Kaneko

Résumé des principales communications :

**Rôle déterminant du CO<sup>2</sup> dans la mort par avalanche, Dr D Anglade CHU Grenoble**

La neige contient, même tassée, suffisamment d'air pour en extraire une quantité vitale, le tout est de pouvoir par une augmentation de la surface de contact, en extraire un débit suffisant.

Cela est réalisé par le gilet « avalung » : des essais réalisés à 2500m d'altitude ont montré qu'avec ce système, les volontaires peuvent rester enfouis 60 mn, alors que sans gilet le maximum a été de 10 mn.

Les mesures de SpO<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> permettent de montrer le rôle du CO<sub>2</sub> dont la concentration augmente progressivement dans l'air inspiré par les volontaires non munis de gilet, entraînant une sensation d'étouffement céphalées, agitation.

Un système d'élimination du CO<sub>2</sub> (chaux sodée), tuyau d'évacuation des gaz expirés à distance, +valve permettent d'augmenter encore les durées d'enfouissement et sont à l'étude sur des prototypes.

**Circulation Extra Corporelle et avalanchés, Pr P Girardet CHU (Grenoble)**

Triste constat car toute hyperkaliémie >10' entraîne une mortalité de 100% des avalanchés, donc un transport inutile pour la CEC. Faut il vérifier sur place ? et comment ? (tests rapides et fiable).

Hypothermie profonde + arrêt CR =100% de décès si l'évacuation est supérieure à 18mn...soit quasiment impossible à tenir. De plus, les polytraumatismes compliquent tout.

**Variabilité de la résistance des cordes de montagne, Dr L Costa (Turin)**

Les cordes présentent 2 états : amorphes en utilisation et cristallisées au repos, avec une très grande différence de résistance,

La résistance varie suivant l'humidité, la température extérieure ;.

Un traitement déperlant en améliore les performances. (T° de fusion baisse de 120° à 60° si la corde est trempée)

**Physiopathologie de la suspension dans un baudrier, Dr X Ledoux, (Alberville)**

Historique :

ULYSSE : pré syncope puis DC

AMPHOUX 1981 : peut provoquer la mort sans explications => récupérer les blessés le plus vite possible,

BARIOD 1984 : 14 DC sans explications satisfaisantes, malaises graves avec bradycardies <30, pb neuro ou CV ?

BRINKLEY 1988 : protection antichute des aéronefs :

Pour ce qui est de la prévention, avant 35 ans l'interrogatoire est capital : antécédents familiaux (par exemple de mort subite), malaises, syncopes, palpitations et toute manifestation inhabituelle surtout survenant à l'effort. La pratique d'un ECG systématique est fortement suggérée.

Chez le sportif plus âgé, l'atteinte coronarienne athéromateuse prédomine : une rupture de plaque peut être favorisée par l'effort, mais par la phase de récupération favorise le spasme post-effort (stimulation vagale, douche chaude, tabac).

Un conseil supplémentaire est de ne pas faire d'effort en période d'infection virale, la myocardite (virale) étant responsable de 20% des morts subites en Europe, contre 5 à 10% aux Etats-Unis.

#### Les facteurs associés :

On retrouve des constantes pathologiques dans beaucoup de cas : antécédents familiaux coronariens, hypertension artérielle, hyperlipidémie, tabagisme, surpoids, stress psychologique, manque d'entraînement, déshydratation, dopage.

L'exercice physique entraîne une libération de catécholamines et d'acides gras libres dans le sang, ce qui favorise la formation de thrombose artérielle ou d'une arythmie cardiaque.

En pratique spéléologique, la pathologie du harnais décrite par J. Bariod mérite d'être systématiquement recherchée.

#### La prévention :

Elle repose fondamentalement (+++) sur une prévention générale de tous les facteurs associés, sur un dépistage des pathologies médicales (certificat, suivi médical) et sur une optimisation de la chaîne des secours (secourisme de base, défibrillateurs, intégration des médecins...).

Un massage cardiaque dans les 3 minutes et une défibrillation dans les 6 minutes permettent la récupération de 70% des cas. Chaque minute perdue représente 10% de chances en moins... Evidemment, en spéléologie, on est loin de pouvoir mettre en place une telle procédure !

#### **Textes de référence spéléologiques**

Une étude publiée dans Spelunca en 2003 a mesuré les fréquences cardiaques observées lors de la remontée sur corde. Cette étude avait pour but de comparer l'efficacité de différentes techniques et non faire une étude médicale. Les expérimentateurs ont constaté des fréquences cardiaques allant jusqu'à 212 pulsations par minute lors d'une remontée de 20m. Les « cobayes » ne se sont certes pas économisés pour cet exercice, mais on peut avoir une idée plus précise de l'effort demandé au système cardio-vasculaire, qui est important, d'autant que les cobayes étaient des spéléos très entraînés et d'une moyenne d'âge plutôt jeune.

Rappelons nous la règle bien connue que la fréquence cardiaque à l'effort ne doit pas dépasser « 220 - l'âge »...

Une étude de 1993 sur les tracés ECG pratiqués dans une cavité dont l'air contenait 3,8% de CO<sub>2</sub>, a retrouvé une arythmie sinusale et des modifications des ondes T. Une précédente étude avait retrouvé des ESV, non constatées ici. Cela souligne que l'atmosphère viciée d'une cavité peut créer une réaction notable du système cardiaque.

La thèse du Dr J. Jaillet en 1999 notifie 5 décès par arrêt cardio-circulatoire et 2 cas d'embolie gazeuse.

L'analyse des secours spéléos de 1980 à 1989 retrouve 4 décès (sur 82 cas soit 4,9%) de cause physiologique, sans autre précisions.