

DANGER DES GAZ EXPLOSIFS EN SPELEOLOGIE

Dr J.M. Ostermann (extrait de "Désobstruction à l'explosif -S.C. Limogne en Quercy,1992)

Tous les explosifs provoquent le dégagement de plusieurs gaz plus ou moins toxiques. Les caractéristiques du milieu souterrain rendent leur utilisation assez délicate en raison du risque d'intoxication respiratoire. Plusieurs accidents parfois mortels sont à déplorer, aussi la connaissance de ce danger est elle indispensable à l'artificier spéléologue.

QUALITE DES EXPLOSIFS

Tous les explosifs n'ont bien sûr pas la même toxicité, le dégagement de chaque gaz est variable. Mais d'autres paramètres que la nature de l'explosif sont également à considérer: climatologie de la cavité, diamètre du forage, nature du bourrage, nature du minerai abattu...(Neupont, 1986)

Le tableau suivant indique de manière sommaire l'importance du dégagement de chaque gaz par nature d'explosif, d'après les données bibliographiques actuelles, et les mesures réalisées par la Commission Médicale de la SSF et le Spéleo Secours Français (Lafarguette et al., 1992).

EXPLOSIF/GAZ	CO	NOx	CO ₂	HCl
TITADYNE	++	++	++	0
SIGMAGEL	++	++	+/-	0
Gomme A	+	+	++	0
TITAGEL	+	++	+/-	0
Cordeau détonant	++	+/-	+	+
Renforteur	+	0?	+/-	0

Bien qu'un choix évident s'impose à la lecture de ce tableau, les caractéristiques de chacun de ces gaz doivent être connues des artificiers.

LES GAZ PRODUITS

LES VAPEURS NITREUSES

Les vapeurs nitreuses, ou oxydes d'azote (NOx) représentent un danger majeur lors d'utilisation d'explosifs sous terre. On peut cependant en éviter le risque en employant un explosif adapté.

Origines: la plupart des explosifs dégagent des vapeurs nitreuses. Les teneurs sont cependant variables en fonction de la nature de ceux-ci. En les classant par toxicité décroissante pour ces gaz, on obtiendrait: titadyne, sigmagel, titagel, cordeau détonant et penthrite. A noter que le cordeau détonant ne produit que des traces de NOx, et la penthrite (renforteur) ne semble pas en dégager.

Les signes d'intoxication: les vapeurs nitreuses exercent leur toxicité sur l'appareil respiratoire et les muqueuses par destruction cellulaire. Plusieurs formes d'intoxication sont possibles:

- une irritation oculo-pharyngée et respiratoire (toux) cédant à l'arrêt de l'exposition, puis apparition d'un œdème pulmonaire aigu après une période de latence qui peut durer 2 à 36 heures. Ce type de manifestations serait le plus fréquent.
- une irritation oculo-pharyngée rapidement suivie d'un œdème pulmonaire et décès.
- un collapsus cardio-vasculaire (baisse de pression artérielle) rapide avec asphyxie et décès.
- cyanose, nausées, vomissements voire perte de connaissance. Ce type d'intoxication serait rarement mortel, mais a été vécu plusieurs fois par des spéléologues!

Caractéristiques: d'un poids moléculaire de 46 environ, les vapeurs nitreuses sont plus lourdes que l'air. Il en résulte une tendance à stagner au niveau du sol, voire à s'y infiltrer avec comme conséquence possible une réapparition lors du déblaiement.

La teneur à ne pas dépasser est de 10 ppm. Bien que ces gaz puissent être détectés à partir de 0,5 ppm par l'odorat, l'atmosphère peut être mortelle sans une gêne importante.

L'OXYDE DE CARBONE

L'oxyde de carbone CO est un toxique incontournable lors d'utilisation d'explosifs. Ses caractéristiques en font un gaz particulièrement sournois ayant déjà tué plusieurs fois en spéléologie.

Origine: l'oxyde de carbone a pour origine toute source de combustion incomplète: moteur à explosion (attention aux groupes électrogènes et aux perforatrices thermiques), feux de bois etc.; mais tous les explosifs en produisent également en quantités variables.

Signes d'intoxication: la forte toxicité de ce gaz tient à l'affinité qu'il présente vis-à-vis de l'hémoglobine: elle est 230 fois plus forte qu'avec l'oxygène et les symptômes sont ceux d'une asphyxie: les premiers signes sont des vertiges, céphalées, nausées et vomissements, fatigue parfois brutale et intense. Si l'intoxication est importante, on peut observer une obnubilation ou au contraire une agitation, des tremblements, des propos incohérents. Il existe fréquemment des troubles neurologiques: perte de connaissance et coma, troubles du tonus, hypo ou hyperthermie...

Caractéristiques: le CO est un gaz plus léger que l'air (poids moléculaire 28), donc sa diffusion dans la cavité sera rapide et grande. L'inconvénient est le risque d'intoxication à distance, mais l'avantage est la rapide disparition du gaz (par rapport aux NOx par exemple).

La teneur à ne pas dépasser est 100 ppm (maximum autorisé en médecine du travail: 50 ppm).

Il s'agit d'un gaz inodore, l'intoxication apparaît sans prévenir.

LE GAZ CARBONIQUE

Le gaz carbonique CO₂ est un gaz bien connu des spéléologues de notre région, qui ont à l'affronter lors d'exploration en atmosphère confinée (enrichie en CO₂ et appauvrie en O₂)- Il s'agit d'un gaz lourd (PM 44). Il est cependant beaucoup moins dangereux que les gaz précédents, peut-être parce que nous en fabriquons?

Outre le CO₂ présent dans les cavernes à l'état naturel issu la plupart du temps du sol, ce gaz est produit de la même manière que le CO: combustion, et bien sûr explosifs (tous semble-t-il).

Mesurée en ppm, la production est de même ordre de grandeur que pour les autres gaz, mais comme les valeurs à ne pas dépasser sont : 40 000 ppm pour une heure, et 50 000 ppm pour 1/4 h , l'incidence de l'explosion sur la sécurité atmosphérique pour ce gaz sera négligeable.

Sachons cependant que sa présence, notamment à l'état naturel, peut augmenter considérablement la toxicité des autres gaz. En effet, il produit une augmentation de la ventilation (amplitude respiratoire en particulier, puis fréquence à partir de 4%) qui atteint par exemple 140% pour 4,5% de CO₂ dans l'air respiré. On conçoit alors facilement le problème: l'exposition à un autre gaz toxique présent avec le CO₂ est multiplié d'autant.

L'ACIDE CHLORHYDRIQUE

Ce gaz est cité pour mémoire, car peu d'explosifs en sont à l'origine. Il pourrait cependant être produit par le cordeau détonant par combustion de sa gaine (Guillaume et al. 1989). Une série de mesures récentes (COMED/SSF) n'a pourtant pas permis de le retrouver.

Signalons tout de même que les vapeurs d'acide chlorhydrique (HCl) provoquent une irritation des muqueuses traduite par une irritation oculaire, pharyngée, une toux. Seules des valeurs importantes peuvent provoquer la mort par œdème pulmonaire. HCl peut être physiologiquement détecté à partir de 5 ppm (maximum autorisé en médecine du travail), en exposition aiguë, ne pas dépasser 10 ppm.

PREVENTION DES ACCIDENTS

Parmi les nombreuses mesures envisageables, la plus évidente est la surveillance de la qualité atmosphérique:

DETECTION DES ATMOSPHERES TOXIQUES

Détection physiologique: à l'issue d'une explosion, il est fréquent de percevoir une odeur sur laquelle se basent certains pour évaluer le danger de l'atmosphère. Il va sans dire que ce genre d'approximation fait courir de graves

dangers pour la bonne raison que certains gaz (ex. CO) sont totalement inodores, d'autres (ou les mêmes) peuvent être foudroyants...

Détection instrumentale: elle est plus sûre que la précédente! La technique la plus appropriée consiste à utiliser les tubes réactifs et la pompe correspondante. Plusieurs modèles de pompes à tubes réactifs sont disponibles maintenant sur le marché (Dräger, MSA, Oldham, Gastec, ...), une étude comparative est en cours. Cela permet d'obtenir assez rapidement une évaluation de la concentration de toxiques dans l'air. Le mode d'emploi doit être scrupuleusement respecté.

CONNAISSANCES EN CLIMATOLOGIE

Elles sont indispensables à l'artificier: en effet, la concentration en toxique dépend en partie de la ventilation ou de son absence. Il faut connaître le sens des circulations d'air en fonction du type de cavité et de la saison, avoir une idée du volume de dilution de la poche de gaz, ... Par exemple, dans une cavité en apparence peu ventilée, de type piège à air froid, les concentrations à quantité égale d'explosif seront beaucoup plus élevées en saison estivale que l'hiver: le renouvellement de l'air, bien qu'imperceptible, est plus important en saison froide. Nous avons par ailleurs indiqué la nécessité de connaître les "zones à CO₂" (atmosphères confinées).

Des notions sommaires de climatologie sont données dans l'ouvrage de B. Collignon, 1988.

AUTRES MOYENS

Plusieurs techniques permettent d'augmenter la ventilation des cavités: il est parfois possible d'élargir une autre entrée, ce moyen sera efficace si les tirs ont lieu entre les deux orifices. L'idée de réchauffer l'air serait aussi à exploiter. La ventilation artificielle de conduits karstiques a déjà été employée à l'aide de gros ventilateurs ou d'air comprimé.

Les délais avant de retourner sur le chantier sont une notion primordiale, mais aucune indication précise ne peut être donnée en raison des nombreux paramètres influant sur le dégagement gazeux (quantité d'explosif, ventilation etc). Il faut savoir qu'ils peuvent être très longs, de l'ordre de plusieurs jours pour un conduit confiné. L'utilisation de tubes réactifs prend alors toute sa valeur.

Dans certains cas, l'utilisation d'appareils respiratoires isolants (ARI) à circuit ouvert ou fermé permet d'affronter les gaz toxiques, mais il s'agit surtout d'une technique de secours.

CONCLUSION

25% des accidents dus aux gaz en caverne en France ont été causés par des gaz explosifs mal utilisés. Cela représente 13 victimes, dont 5 morts. Même si c'est peu par rapport à la large utilisation de cette technique de désobstruction, c'est déjà beaucoup trop.

Une application des recommandations évoquées précédemment devrait éviter à quiconque d'enrichir les statistiques.....

