

# Asphyxie oxyprive

L'air respirable contient environ 21% d'O<sub>2</sub> et en deçà d'une teneur d'environ 17% le risque de perte de connaissance brutale sans signe précurseur, est à craindre.

Les suites d'un tel accident peuvent être fatales si l'intéressé n'est pas immédiatement secouru.

Il existe plusieurs causes à la diminution du taux d'O<sub>2</sub>.

Lors du travail dans un espace confiné, deux types de mécanisme sont en cause :

**1° consommation de l'O<sub>2</sub>** par combustion vive (chauffage avec flamme, soudage...) ou lente (fermentation, rouille, chauffage catalytique...) par fixation sur un support quelconque (charbon actif humide par exemple)

**2° apport d'un gaz inerte** même non toxique :

- inertage à l'azote, à l'anhydride carbonique, à l'hélium, aux gaz de combustion...
- utilisation de gaz protecteurs en cas de soudage sous gaz inerte
- évaporation d'azote liquide lors de son utilisation pour refroidissement ou congélation
- fonctionnement d'une extinction automatique

Les gaz inertes sont dépourvus d'action physiologique, on les nomme asphyxiants simples, par opposition aux asphyxiants chimiques : ils ne suppriment pas le flux sanguin cardiaque, ni n'altèrent la fonction de l'hémoglobine.

Ils ne provoquent d'asphyxie que lorsqu'ils sont en concentration suffisante pour diminuer la concentration de l'oxygène dans l'air inspiré à des niveaux tels que la SaO<sub>2</sub> et la Pa O<sub>2</sub> décroissent entraînant un apport insuffisant d'O<sub>2</sub> aux tissus.

Il s'agit d'un risque typique du travail en espace confiné : cuves, fosses, silos, galeries, puits, grottes, cales de bateaux.

Dans ces circonstances de travail l'exposition simultanée à plusieurs asphyxiants simples et chimiques n'est pas rare.

## Effets cliniques de la privation d'O<sub>2</sub>

En fonction de la concentration O<sub>2</sub> dans l'air inspiré, exprimé en % volume :

- 21 à 16,5% : aucun effet manifeste
- 16 à 12% : tachypnée, tachycardie, légère incoordination
- 14 à 10% : labilité émotionnelle, épuisement après un effort minime
- 10 à 6% : nausées, vomissements, mouvements léthargiques et parfois perte de connaissance
- moins de 6% : convulsions suivies d'apnée puis arrêt cardiaque

Privation d'O<sub>2</sub>, examen clinique :

Le diagnostic devra systématiquement être évoqué devant tout salarié présentant des perturbations comportementales et/ou des anomalies du rythme respiratoire.

*Perturbations neurologiques* : céphalées, vomissements, vertiges, confusion mentale, convulsions, pertes de connaissance transitoires et coma.

Des perturbations comportementales aiguës telle qu'une désorientation, un comportement agressif et une panique peuvent être subtils à percevoir.

Toute altération neuropsychiatrique survenant dans un contexte de travail en milieu confiné doit être considéré comme une encéphalopathie anoxique potentielle.

La chronologie exacte des troubles de la conscience est essentielle et doit être transmise au service d'urgence qui prend en charge le salarié.

*Perturbations cardio-vasculaires* : les gaz asphyxiants peuvent induire un angor, un infarctus du myocarde, une arythmie, une hypotension voir un arrêt cardio-respiratoire.

Ces signes apparaissent dès que le sujet est placé dans l'atmosphère appauvrie en O<sub>2</sub>. Ils surviennent encore plus rapidement si le sujet présente des besoins en O<sub>2</sub> majorés, par exemple en cas d'effort physique.

Le pronostic en cas de survie est fonction du niveau d'exposition, importance de l'hypoxie et durée de l'exposition. Les lésions hypoxiques réversibles touchent différents tissus.

## Exemples de gaz asphyxiants simples

**Méthane CH<sub>4</sub>** : famille chimique : hydrocarbures aliphatiques, gaz incolore, inodore, insipide inflammable, de densité spécifique 0,717, biologiquement inerte. Moins dense que l'air il aura tendance à se dissiper vers le haut. Cependant sous forme liquéfiée il laissera échapper des vapeurs qui resteront vers le sol, mais qui s'élèveront vers le haut dès qu'ils se réchaufferont.

DIVS danger immédiat pour la vie et pour la santé : 5000 ppm

Il est le composant essentiel du gaz naturel à usage domestique et industriel.

Il est produit lors de la décomposition de matières organiques d'origine végétale (gaz des marais) ou animale.

Le grisou (« coup de grisou » explosion dans les mines) est un mélange d'air et de méthane.

Son utilisation et sa manipulation nécessitent une ventilation adéquate et à défaut le port d'un appareil respiratoire approprié.

Le méthane est un asphyxiant simple qui déplace l'O<sub>2</sub> de l'air. Les principaux symptômes associés à l'asphyxie simple sont des maux de tête, des nausées, des vertiges, l'incoordination, des difficultés respiratoires, une perte de connaissance et possiblement la mort par asphyxie.

**Ethane C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>** : gaz incolore, inodore, de densité spécifique 1,242 à 25°.

A forte concentration il est irritant des voies aériennes supérieures et sensibilise le myocarde à l'action des catécholamines. Il est asphyxiant simple et déplace l'O<sub>2</sub> de l'air. Constituant du gaz naturel, il est utilisé comme réfrigérant.

**Azote** : gaz incolore, inodore, utilisé dans la synthèse de l'ammoniac.

Son utilisation croissante dans des domaines variés sous forme d'azote liquide est à l'origine d'un nombre croissant d'accidents parfois mortels.

La diminution du taux d'O<sub>2</sub>, causée par une augmentation du taux d'azote dans l'air, intervient notamment dans une salle cryogénique, lors de certaines manipulations liées aux produits stockés ou à l'utilisation des récipients. En effet, ces manipulations provoquent une vaporisation de l'azote liquide. A la pression atmosphérique, 1 litre d'azote liquide en se réchauffant à la température ambiante génère 691 litres de gaz.

**Dioxyde de Carbone** : gaz incolore, inodore, de goût aigrelet, plus lourd que l'air.

Il est toxique comme asphyxiant simple mais possède un effet narcotique propre pour des expositions de quelques minutes à des concentrations de 7 à 10%.

Il est utilisé comme solvant des matières organiques (fluide supercritique) et sous forme de liquide (neige carbonique) dans les extincteurs.

La principale source d'exposition professionnelle reste le travail en cuverie ou en brasserie en période de fermentation. Il est aussi présent dans l'industrie agro-alimentaire (conservation, gazéification) la protection des soudures, le traitement de l'eau, la synthèse de l'urée.

Il est produit lors des combustions et des putréfactions.

## Risque dioxyde de carbone

(Chapitre traité à partir d'une synthèse des données de la littérature sur les intoxications au dioxyde carbone, les sources d'exposition, les cas publiés et les principes de prévention)

Dans les industries de fermentation, le risque du CO<sub>2</sub> reste essentiellement celui d'une sidération brutale des centres nerveux avec syncope et décès.

Un effort d'information concernant la gestion du risque CO<sub>2</sub> est nécessaire dans des milieux professionnels souvent peu avertis du risque toxique d'un gaz réputé « naturel »

## 1° Toxicité du CO<sub>2</sub>

### *Propriétés physiques*

A température ambiante le CO<sub>2</sub> est un gaz inodore, incolore, plus lourd que l'air et non conducteur. A forte concentration il aurait une saveur légèrement piquante.

### *Rappel physiologique*

Produit du métabolisme cellulaire, le CO<sub>2</sub> est naturellement émis par la respiration des êtres vivants. Dans l'organisme humain le CO<sub>2</sub> est avec l'O<sub>2</sub> le gaz le plus finement régulé, la pression partielle de CO<sub>2</sub> reste constante en situation normale. Dès les plus petites concentrations inhalées (inférieures à celles provoquant les premiers symptômes fonctionnels) la pression télé-expiratoire de CO<sub>2</sub> (PETCO<sub>2</sub>) augmente. Cela semble traduire les effets des mécanismes physiologiques de régulation du pH et de la Pa CO<sub>2</sub>, les deux principaux mécanismes étant l'augmentation du débit cardiaque et l'hyperventilation, activés pour compenser une production endogène accrue de CO<sub>2</sub>. L'intensité de la réponse ventilatoire est dose-dépendante et reproductible.

### *Etudes expérimentales et données de toxicité acquises lors d'étude d'accidents :*

Le CO<sub>2</sub> a longtemps été considéré comme un gaz asphyxiant physique agissant par diminution de la fraction inspirée d'O<sub>2</sub>. Or pendant ces 50 dernières années le CO<sub>2</sub> a fait l'objet de nombreuses études tant pour étudier les mécanismes de sa régulation que pour évaluer ses propriétés thérapeutiques ou sa toxicité.

Des études sur des volontaires sains avec leur consentement éclairé ont été menées pour connaître les effets et la toxicité du CO<sub>2</sub>. Ces études réalisées en normoxie ont mis en évidence des effets toxique indépendants de l'asphyxie oxygénoprive.

L'exploitation des données recueillies lors d'accidents exposant au CO<sub>2</sub> permet également de dégager certains points concernant la toxicité aiguë chez l'homme.

Néanmoins il reste cependant difficile de faire la part des deux mécanismes dans la genèse de la pathologie observée lors des situations d'exposition accidentelle.

Différentes études ont porté sur l'observation des effets induits sur des volontaires sains par la respiration à travers un masque d'air enrichi en CO<sub>2</sub> ;

je citerais parmi les effets observés :

- des symptômes dose-dépendants, sensation de souffle court, oppression thoracique, palpitations, sudations, paresthésies des extrémités et vertiges. La fréquence respiratoire n'est pas modifiée sous 6% de CO<sub>2</sub>, elle commence à augmenter à partir de 8%. Un tiers des sujets présente des céphalées après 5 à 20 min à 8% de CO<sub>2</sub>.
- Les performances de raisonnement logique et arithmétique sont significativement plus lentes sous 6,5 et 7,5% de CO<sub>2</sub>.
- Les seuils sensoriels sont augmentés à partir de 5% de CO<sub>2</sub> inhalé (sensibilité auditive, discrimination et délai d'apparition d'images visuelles)
- Temps de réaction et durée d'exécution de mouvements complexes sont allongés entre 4% et 6%. Ceci suggère une réduction des capacités de réaction en cas d'exposition accidentelle.
- Des effets déprimeurs ont aussi été observés pour des concentrations faibles de CO<sub>2</sub>, ils sont d'origine centrale, lié à l'effet narcotique.
- Après arrêt de l'exposition, 90% du CO<sub>2</sub> accumulé sont éliminés en un peu moins de 2 min, la grande majorité des symptômes s'estompent dans l'heure suivant la fin de l'exposition
- L'irritabilité observée dans les conditions expérimentales pourrait être aussi un facteur du refus du masque à O<sub>2</sub>.

- La concentration seuil des effets narcotiques semble se situer autour de 11% de CO<sub>2</sub> dans les expérimentations ayant duré moins de 20 min mais aucune n'a précisé la durée de l'exposition minimale entraînant un effet narcotique.

Le seuil de l'effet narcotique semble proche du seuil des symptômes fonctionnels : la marge semble donc réduite entre les conditions qui peuvent provoquer les signes d'alarme et celles qui compromettent toute réaction possible.

Le niveau de concentration de CO<sub>2</sub> qui serait mortel pour l'homme est très incertain. Des chiffres très variés ont été évoqués par les auteurs, rarement accompagnés de durées d'exposition : 10 à 25% pendant plusieurs heures pour certains et plus de 30 à 40% pour d'autres. La plus petite concentration de CO<sub>2</sub> mesurée après un accident mortel était de 11%, durée d'exposition d'au moins 10 min mais la concentration d'O<sub>2</sub> n'était que de 10%.

### Symptomatologie rapportée au cours des intoxications au CO<sub>2</sub>

<b>Fraction inspirée de CO<sub>2</sub></b>	
Sup à 7%	Effets secondaires peu spécifiques (*) ayant valeur d'alarme dans un contexte évocateur
15%	Perte de connaissance sans prodromes
20%	Clonies, apnées sans prodromes
30-40%	mort
<b>Fraction inspirée De O<sub>2</sub></b>	
< 15-16%	Céphalées, sudation, hyperventilation
<10%	Stupeur, amnésie, incoordination motrice
<6-8%	Perte de connaissance, arrêt cardio-respiratoire
<98%	Stade indifférent : baisse de la vision nocturne, tachycardie, hyperventilation
<90%	Stade compensé : seuls les patients fragiles sont symptomatiques
<82%	Stade décompensé : soif d'air, céphalées, troubles du jugement et de la coordination, troubles de l'humeur, baisse de l'acuité visuelle, paresthésies, confusion, cyanose
<64%	Stade critique : détérioration de la coordination et du jugement en 3 à 5 min puis perte de connaissance
<b>SATURATION ARTERIELLE EN O<sub>2</sub></b>	

(\*) abattement, faiblesse des membres, céphalées, anxiété, sensation de fatigue intense, paresthésies, vertiges, dyspnée, inattention, jambes tremblantes, troubles visuels, palpitations, impression d'être confus, bouffées de chaleur, douleur thoracique.

### **2° Sources d'exposition au CO<sub>2</sub>**

En milieu professionnel, les sources d'exposition sont nombreuses.

On peut regrouper ces sources en 5 grandes catégories :

- utilisation professionnelle du CO<sub>2</sub>
- sources de fermentation en milieu confiné
- sources telluriques

- production endogène en milieu confiné
- origines diverses

**1° Utilisation professionnelle: CO2 GAZEUX**

- carbonatation des boissons gazeuses
- soutirage des boissons (bière à la pression)

**CO2 LIQUIDE livré à temp. ambiante (bouteilles) ou réfrigéré (citernes)**

- conservation et conditionnement de produits alimentaires ou pharmaceutiques
- accélérateur de croissance de cultures maraîchères dans les serres

**CO2 SOLIDE**

- agent extincteur (installations fixes d'extinction automatique sur des sites à haut risque de feux de surface par réduction de la teneur en O<sub>2</sub> de l'atmosphère, production de neige carbonique et de gaz par distension du CO<sub>2</sub> liquide à la pression atmosphérique)
- détergent pour les machines à laver au CO<sub>2</sub> dans les teintureries en remplacement du perchloroéthylène depuis 1996

- fabrication et utilisation de carboglace (secteur le plus sensible en matière de sécurité dans l'industrie du CO<sub>2</sub>)
- essais climatiques
- réfrigération et surgélation de tous produits alimentaires
- « sablage » avec des billes de glace carbonique (chantier de retrait d'amiante, risque majoré par le confinement)

**2° Sources de fermentation en milieu confiné :**

- production de boissons alcooliques (vin, bière, cidre)
- levée des pâtes farineuses
- culture de micro-organismes et extraction des tanins
- stockage de farine, blé ou graines dans les cales des navires (concentration CO<sub>2</sub> augmente si ventilation diminue et humidité augmente)
- stockage des céréales en silo (souvent sup à 20% CO<sub>2</sub> parfois jusqu'à 76%)
- cuves de vendanges, lors de la cuvaison pendant la fermentation du moût, mais aussi décuvage, stockage et nettoyage des cuves
- fosses et égouts  
fosses géantes à purin (digestion anaérobie des matières organiques produisant hydrogène sulfuré, méthane, ammoniac et CO<sub>2</sub> libérés par agitation du purin)

**3° Sources telluriques :**

- grottes et cavernes (par accumulation de couches calcaires et d'autant plus que la pression barométrique est basse)

-

- puits, égouts, canalisations, mines (charbon, sel potassique) construction de tunnels et de sous-sols d'immeubles, caves

-

-

-

- sous-marins, jusqu'à 3% dans les « snorkel » munis de tubes rétractables, entre 0,7% et 1% dans les sous-marins nucléaires

- plongeurs (augmentation de la PaCO<sub>2</sub> par hypoventilation, en partie due à la résistance respiratoire, à l'espace mort et au gaz hyperbare)

**4° Production endogène en milieu confiné :**

- scaphandriers, astronautes, avions, tanks, abris antiatomiques

-

- incendies, émanations gazeuses provenant des cuves de réduction électrolytique de l'alumine, utilisation diagnostique et thérapeutique (réanimation pour réduire les lésions barotraumatiques de la ventilation mécanique), utilisation expérimentale (agent anxiogène utilisé dans la recherche des mécanismes neurobiologiques des troubles de paniques)

**5° AUTRES SOURCES :**

Une caractéristique commune à beaucoup de ces sources d'exposition au CO<sub>2</sub> est d'intervenir en espace confiné.

**Un espace confiné est un lieu dont le rapport volume sur dimension d'ouverture est tel que les échanges naturels de l'air intérieur avec l'atmosphère extérieure sont particulièrement réduits.**

Cette restriction aux mouvements d'air peut être due :

- soit à l'étroitesse du lieu par rapport à sa longueur ou sa profondeur. Dans ce cas l'accès peut être relativement libre définissant un espace confiné ouvert : galeries, grosses canalisations, cales de navires ou de péniches, puits, regards, vides sanitaires
- soit à la nature fermée du lieu : l'entrée se fait par une ou plusieurs petites ouvertures (trou d'homme) définissant un espace confiné fermé (citerne de stockage, citerne routière, cuve, réservoir, silo, cales, ballast, réacteurs chimiques)

Une atmosphère non confinée est composée d'azote 78%, d'O<sub>2</sub> 21%, d'argon 0,9% et de CO<sub>2</sub> 0,03%

Ce dernier par sa densité tend à s'accumuler au fond des espaces confinés, en déplaçant ou en remplaçant l'O<sub>2</sub> de l'air.

### **3° Intoxications au CO<sub>2</sub> dans la littérature**

La revue de la littérature reportant des accidents en présence de CO<sub>2</sub> met en évidence une grande hétérogénéité des causes, néanmoins certaines caractéristiques communes peuvent être dégagées :

- rapidité d'installation du malaise
- absence de cyanose
- absence d'érythrose (diagnostic différentiel intoxication au CO)
- rapidité de la récupération, une à quelques heures après le retrait de l'atmosphère toxique
- caractère complet de la récupération en l'absence de perte de connaissance, si perte de connaissance les séquelles les plus fréquentes sont des céphalées
- en cas d'accident mortel, rapidité de survenue du décès, quasi immédiate après la perte de connaissance qui survient dès les premiers instants de l'exposition
- limitation du moment critique à la période d'exposition

Le mode de répartition du gaz dépend de sa densité mais aussi de son espace de diffusion et des caractéristiques aérauliques et thermiques des lieux. Une répartition hétérogène du gaz semble pouvoir expliquer la coexistence de sujets indemnes et de victimes, voire de sujets décédés d'emblée.

En milieu confiné peu de facteurs s'opposent à l'accumulation progressive du CO<sub>2</sub> en point bas et donc à un appauvrissement conséquent en O<sub>2</sub>. Dans cette situation l'accumulation de CO<sub>2</sub> se fait sous forme d'une nappe homogène avec de très fortes concentrations. En milieu viticole par exemple, des mesures effectuées lors de contrôle de cuveries ont montré que la concentration de CO<sub>2</sub> varie très rapidement sur quelques centimètres de hauteur.

Dans une cuverie bien ventilée, en période de fermentation, cette concentration passe de 2,5% à une hauteur de 0,5 cm au-dessus des cuves, à 40% 20 cm en dessous du bord des cuves. Dans une cuve de 2 m de hauteur en décuvaision, des concentrations de 3% et de plus de 65% sont séparées par 80 ou 120 cm de hauteur selon le niveau du vin dans la cuve. Le travailleur qui descend dans cette nappe peut être victime d'un effet de sidération des centres nerveux avec syncope immédiate suivie d'un décès rapide.

Ce type est trop souvent suivi d'autres accidents en chaîne du fait de l'intervention malencontreuse, sans équipement préalable, de témoins non avertis.

### **4° Prévention du risque CO<sub>2</sub>**

#### **VLE professionnelle**

***En France, il n'existe pas de VLE professionnelle indicative ou réglementaire pour le CO<sub>2</sub>.***

Cependant la circulaire de ministère du travail du 9 mai 1985 (relative au commentaire technique des décrets n° 84 -1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail) précise que pour l'aération des locaux à pollution non spécifique par dispositifs de ventilation, les

débits minimaux d'air neuf à introduire sont établis sur la base d'une concentration maximale admissible de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 1000ppm.

#### VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

	Valeur moyenne pondérée sur 8 heures	Pic momentané	IDLH (évacuation immédiate obligatoire)
Union Européenne	5000 ppm : 0,5%		
Allemagne	5000 ppm : 0,5%		
Royaume-Uni	5000 ppm : 0,5%	15000 ppm, 10 min	
Etats-Unis	5000 ppm : 0,5%	30000 ppm, 15 min	40 000 ppm : 4%

IDLH : Immediately Dangerous to Life and Health concentration, seuil limite pour une évacuation rapide des salariés avec absence d'effet irréversible sur la santé.

#### Information, sensibilisation au risque CO<sub>2</sub>

La plupart des accidents survenus en milieu professionnel ont concerné des sites de travail hors industrie, inconstamment fréquentés (cales de navire, puits silos, cuves) souvent sources non permanentes de CO<sub>2</sub> (fermentation, conditions atmosphériques).

Les études récentes faites en milieu viticole constatent l'inefficacité des campagnes préventives sur le risque CO<sub>2</sub> déjà menées dans ce milieu. Ils concluent à la nécessité d'une information itérative afin de modifier la représentation que se font les viticulteurs du risque CO<sub>2</sub>. Et d'une incitation à faire des contrôles de leurs installations, à se munir d'appareils de contrôle de la qualité de l'atmosphère des cuves, même s'il n'y a pas d'obligation légale actuellement.

La sensibilisation au risque est un préalable à toute démarche de prévention.

#### Principes de prévention

- instructions adéquates aux employés sur la nature exacte du risque et la manière de s'en prémunir
- signalisation du danger potentiel sur le lieu du travail
- ventilation active préalable suivi d'une vérification de la qualité de l'atmosphère avant d'entrer (nombreuses méthodes physiques ou chimiques pour vérifier la teneur en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de travail)
- sécurisation du travailleur par un harnais relié à une corde et surveillance de l'extérieur
- utilisation d'appareil respiratoire isolant si la présence d'un niveau élevé de CO<sub>2</sub> est prévisible et inévitable
- les secours extérieurs doivent pouvoir identifier immédiatement le risque en cas d'accident : toute personne qui alerte les secours doit être en mesure, parce qu'elle en a connaissance, de signaler le risque CO<sub>2</sub> aux secours

#### Particularités selon le type d'utilisation professionnelle :

- utilisation de CO<sub>2</sub> gazeux à des fins de production : alarmes en cas de fuite, règles d'installation des réservoirs de CO<sub>2</sub>
- utilisation de CO<sub>2</sub> gazeux dans une installation d'extinction fixe : information du personnel, information des équipes de sécurité incendie. En cas de déclenchement du système abaissement du taux d'O<sub>2</sub> aux alentours de 13%, le séjour est temporairement possible pour des travailleurs sains ce qui permet une évacuation du personnel présent dans de bonnes conditions, mais en aucun cas une présence prolongée. Alarme sonore et visuelle, après

évacuation, après plusieurs minutes pour ne pas risquer de réactiver le feu, l'accès au local est limité au personnel averti muni d'un appareil respiratoire isolant autonome. Le retour du personnel est assujéti à une ventilation adéquate et un contrôle de la teneur en O<sub>2</sub>. L'emploi de CO<sub>2</sub> parfumé est recommandé pour mettre en évidence sa présence, de plus l'installation fixe d'extinction automatique au CO<sub>2</sub> est interdite dans les lieux accueillant du public depuis 1980

- utilisation de CO<sub>2</sub> solide : la glace carbonique ne fond pas, il se sublime. Exemple de situation accidentelle, transport d'un échantillon médical protégé par de la glace carbonique, dans une cabine d'ascenseur qui reste bloquée.

Sources de fermentation en milieu confiné : le risque est surtout présent durant le processus de fermentation, les quantités de CO<sub>2</sub> produites sont importantes. Par exemple de 40 à 50 litres de CO<sub>2</sub> par litre de vin ou près de 60 litres pour un litre de moût à 25°. Le risque existe aussi en dehors des périodes de production contrôlée dès lors que la cuve, le silo, la soute... ne sont pas rigoureusement vides et propres.

- détection et mesure du CO<sub>2</sub> : il n'existe pas de moyen simple pour détecter la présence de CO<sub>2</sub>, le test à la bougie est à proscrire, la bougie s'éteint pour des concentrations de CO<sub>2</sub> de 14% (valeur limite citée précédemment à 0,5% et troubles neuro dès 8%) Il faut utiliser des appareils de mesure spécifiques du taux de CO<sub>2</sub>, une mesure du taux d'O<sub>2</sub> est imprécise, une forte variation du CO<sub>2</sub> se répercute par de faibles variations de l'O<sub>2</sub>.
- Ventilation locale et générale. Locale en premier si techniquement réalisable, captage à la source et rejet à l'extérieur du bâtiment, débit calculé en fonction des surfaces de captage et apport d'air neuf équivalent au débit extrait. A défaut ventilation générale qui opère par dilution du CO<sub>2</sub> ; extraction air pollué et introduction d'air neuf. On cherche à obtenir une concentration maximale inférieure à 0,5% de CO<sub>2</sub>.
- Procédure d'accès aux locaux : contrôle de la concentration de CO<sub>2</sub> de l'extérieur pour réguler l'accès avec possibilité d'augmenter la ventilation.
- Mesures complémentaires et EPI : ventilation locale par appareil mobile, mesures CO<sub>2</sub> en continu, travail en présence d'un surveillant permanent à l'extérieur de la zone, utilisation de système anti-chute au bord d'une cuve ou d'un silo, de corde et de harnais pour les interventions en espaces confinés.

## Prévention travail en milieu confiné

Définition, **un espace confiné est un lieu dont le rapport volume sur dimension d'ouverture est tel que les échanges naturels de l'air intérieur avec l'atmosphère extérieure sont particulièrement réduits.**

Cette restriction aux mouvements d'air peut être due :

- soit à l'étroitesse du lieu par rapport à sa longueur ou sa profondeur. Dans ce cas l'accès peut être relativement libre définissant un espace confiné ouvert : galeries, grosses canalisations, cales de navires ou de péniches, puits, regards, vides sanitaires
- soit à la nature fermée du lieu : l'entrée se fait par une ou plusieurs petites ouvertures (trou d'homme) définissant un espace confiné fermé (citerne de

stockage, citerne routière, cuve, réservoir, silo, cales, ballast, réacteurs dans l'industrie chimique)

- *Signalisation des espaces confinés*
- *Information des travailleurs sur les risques, et les mesures à prendre pour s'en protéger*
- *Ventilation des espaces confinés avant d'y pénétrer, mesurage du taux d'O<sub>2</sub>*
- *Utilisation d'appareils respiratoires isolants, ceinture de sécurité attachée à un observateur situé à l'extérieur*
- *Risque majeur de sur-accident ou accidents en chaîne*

### **Démarche de prévention :**

#### Avant intervention :

- analyse détaillée des risques
- en fonction de cette analyse, détermination de la procédure d'intervention
  1. procédure et moyens de consignation
  2. contrôles d'atmosphère avant pénétration
  3. moyens permettant de rendre l'atmosphère salubre
  4. moyens permettant de maintenir l'atmosphère salubre pendant toute l'intervention

#### 1. procédure et moyens de consignation

C'est l'ensemble des dispositions visant à mettre et à figer en sécurité une situation de façon qu'une modification soit impossible sans une action volontaire d'un intervenant. Cette procédure comporte 4 phases : séparation, condamnation, purge et vérification.

#### 2. contrôles d'atmosphère avant pénétration

Le contrôle se fera de préférence depuis l'extérieur. Si ce n'est pas possible on procédera de l'intérieur en respectant une certaine procédure, avec analyse des zones de proche en proche muni obligatoirement d'une protection respiratoire isolante. On veillera à contrôler les points particuliers, parties basses, proximité des parois et recoins.

Le contrôle de la teneur en O<sub>2</sub> se fera à l'aide d'un oxygénomètre portable. Si la teneur en O<sub>2</sub> est inférieure à 20,5% la pénétration ne devra s'effectuer qu'avec un équipement de protection respiratoire isolant.

3. assainissement pour pénétration et intervention : si un risque est détecté on procédera à un assainissement du volume intérieur par ventilation, qui sera suivi d'un nouveau contrôle. (dans les cas d'espaces confinés fermés, au minimum 3 renouvellements complets du volume intérieur s'avèrent en général nécessaires) S'il persiste un risque permanent on procédera à un assainissement permanent durant toute la durée des travaux par l'apport d'un volume d'air suffisant. Et en cas de nécessité le travail sera effectué avec le recours à une protection respiratoire isolante.

#### 4. pénétration sans assainissement

Si aucun risque n'est détecté, la pénétration sera possible avec maintien de la salubrité par un apport d'air propre. Le travail sera possible sans mesures particulières s'il n'engendre pas de risque. Dans le cas contraire il faudra prévoir une aspiration pour

le captage à la source et une ventilation apportant l'air propre avec un débit calculé. Un contrôle permanent ou semi-permanent de l'atmosphère intérieure s'impose.

5. permis de pénétrer

Il devrait être interdit de pénétrer pour travaux dans un espace confiné sans permis dûment visé constatant l'absence de risque et/ou précisant les mesures de prévention à mettre en œuvre.

### Principes d'assainissement

Les mots clés du système sont **capter** (les polluants à la source) ou **diluer** (en cas de pollution répartie ou multiple) en s'efforçant de **balayer** (la zone de travail par de l'air propre, vitesse supérieure à 0,3 m/s) et **réintroduire** la quantité d'air captée.

### Techniques d'assainissement

1. captage : utilisé pour les sources ponctuelles de pollution. Et lorsque la compensation en air neuf ne pourra se faire naturellement par les orifices de l'espace confiné, on installera des dispositifs de soufflage, les débits à mettre en œuvre seront calculés
2. dilution : pour les sources multiples de pollution avec des zones d'émission réparties. Soufflage ou aspiration, le soufflage intéresse des zones plus grandes mais contribue à déplacer les polluants vers des zones propres.

Les opérateurs doivent être placés dans un courant d'air neuf. En aucun cas l'O<sub>2</sub> sera utilisé pour ventiler un espace confiné.

#### • **Ventilation générale**

- **naturelle** : une ouverture en toiture peut fonctionner si l'atelier est haut et étroit (forces convectives) ; mais n'est pas efficace au niveau du captage des polluants. portes coulissantes et fenêtres.
- **mixte** : entrée mécanique/sortie naturelle : contrôle possible de la diffusion spatiale et de la qualité de l'air introduit. entrée naturelle/sortie mécanique : dépression dans l'atelier, ne permet pas de contrôler la diffusion spatiale et la qualité de l'air introduit. Utilisée surtout pour les bâtiments relativement bas. Pertes de charges importantes.
- **mécanique** : soufflage d'air neuf et extraction mécanique. Solution coûteuse pour les grands débits d'air. Réinjection d'air chaud si possible. Surpression dans l'atelier.
- **conception** :  $Q = V \times S$

La vitesse d'extraction doit rester constante du début à la fin du collecteur. On augmente la surface des tuyaux pour répondre à l'augmentation des débits ; l'angle de raccord ne doit pas dépasser 20°. Une extraction mécanique bruyante a un mauvais rendement (trop de tuyaux, coudes trop nombreux, pertes de charges importantes).

Ventilation mécanique obligatoire si local à pollution spécifique. Débit minimal d'air neuf à introduire par occupant 45-60 m<sup>3</sup>/H (R 232-5-5) Concentration moyenne en poussières totales à ne pas dépasser 10 mg/m<sup>3</sup> ; en poussières alvéolaires de l'atmosphère inhalée par personne 5 mg/m<sup>3</sup> (R 232-5-3).

- **Ventilation locale :**

- **Captage récepteur** : les polluants sont entraînés spontanément vers le dispositif de captage par le processus de travail. Le ventilateur évacue l'air pollué au fur et à mesure dans les gaines de transport par force centrifuge ; sensible aux courants d'air.
- **Captage inducteur** : placé le plus proche possible de la source, doit générer des vitesses d'air dans la zone d'émission pour entraîner l'air pollué à l'intérieur du réseau d'aspiration et de transport.

La vitesse de captage au point d'émission doit être déterminée. Le débit d'aspiration nécessaire est calculé en fonction de cette vitesse et de la distance qui sépare le capteur de la source. Les dimensions des ouvertures du capteur et des canalisations sont calculées en fonction de la vitesse de l'air, du débit, des pertes de charges, de la vitesse de transport de l'air pollué.

- **Aspiration amovible** (soudure, dégraissage)
  - table aspirante
  - portiques + colonnes souples
- **Torches aspirantes** (soudure). La largeur du bec ne permet pas l'accès à tous les endroits. (inconvenient)
- **Cuves de dégraissage avec serpentins de condensation**. Eau froide circulant dans les serpentins et permettant la condensation des vapeurs de solvant. Une aspiration locale n'est pas nécessaire. Il faut fermer le couvercle des cuves après utilisation.

## Traitement

Oxygénothérapie précoce après retrait de l'exposition par des sauveteurs équipés de masques autonomes.

## Exemples d'accidents

### **Double accident mortel par asphyxie dans une cuve :**

- opération : nettoyage au jet d'eau sous pression après la vidange du moût de raisin
- ventilation : néant

- caractéristiques de la cuve : capacité : 240 hectolitres ; profondeur : 2,6 m, ouverture : 0,8 x 0,8 m ; accès par échelle mobile
- la première victime a été l'opérateur de nettoyage, la deuxième a été accidentée en portant secours à la première sans précautions
- cause de l'accident : fermentation des restants de moût provoquant la libération de CO<sub>2</sub> en quantité suffisante pour abaisser la teneur en O<sub>2</sub>

### **Accident mortel par asphyxie et anoxie dans une cale de navire**

- opération : déchargement du navire
- ventilation : néant
- caractéristiques de la cuve : trappe de 0,8 x 0,8 m
- l'ouvrier est descendu sans précaution dans une cale pleine de manioc à 5m. Arrivé au bas de l'échelle, il est victime d'un malaise et ne peut être dégagé immédiatement
- cause de l'accident : fermentation du manioc pendant le transport avec formation de CO<sub>2</sub> et consommation d'O<sub>2</sub>.

## ETUDE DE CAS CLINIQUES

### Bibliographie

<http://www.urgence.com-pratique.com> article (F. BAUD) Inhalation de fumées. Dossier médico-technique , Intoxication par inhalation de dioxyde de carbone, INRS documents pour le médecin du travail, n° 79 3<sup>ème</sup> trimestre 1999.

Guide pratique de ventilation, n°8 Ventilation des espaces confinés, INRS 2000.

Site aimt 67

<http://www.dmc.airliquide.com> Sécurité en cryogénie, la cause de l'anoxie

<http://www.icarenet.com> Les risques liés à la présence de gaz

<http://www.reptox.csst.qc.ca> CSST- Service du répertoire toxicologique