

*Critères  
d'hygiène de  
l'environnement 13*

*Monoxyde  
de carbone*

*Résumé  
d'orientation*

Publié par l'Organisation mondiale de la Santé  
en liaison avec le  
Programme des Nations Unies pour l'Environnement

## AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Pour donner suite à un certain nombre de résolutions de l'Assemblée mondiale de la Santé, et compte tenu des recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain tenue à Stockholm en 1972 et de celles du Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), on a entrepris en 1973 un programme intégré de grande envergure consacré à l'évaluation des effets de la pollution de l'environnement sur la santé. Connu sous le nom de Programme OMS des critères d'hygiène de l'environnement, il est mis en œuvre avec l'appui du Fonds du PNUE pour l'environnement. En 1980, le Programme des critères d'hygiène de l'environnement a été incorporé dans un programme de plus grande ampleur, le Programme international sur la sécurité des substances chimiques (IPCS) que patronnent conjointement le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, l'Organisation internationale du Travail et l'Organisation mondiale de la Santé. Les travaux réalisés dans le cadre du programme ont abouti à la publication d'une série de documents sur les critères d'hygiène de l'environnement.

Chaque document de la série consiste en une mise au point scientifique approfondie sur des polluants ou des groupes de polluants particuliers de l'environnement. Il fournit toute une gamme de renseignements, depuis la nature des sources et la valeur des niveaux d'exposition jusqu'à un exposé détaillé des données disponibles au sujet des effets de ces polluants sur la santé humaine. Des projets rédactionnels sont préparés pour le compte de l'OMS par des experts ou des institutions nationales, puis soumis à l'examen approfondi, d'une part des représentants des quelque 25 Etats membres participant au Programme, d'autre part d'un ou de plusieurs groupes internationaux d'experts (*groupes de travail*). Un objectif important du programme consiste dans l'évaluation des données disponibles sur les rapports entre l'exposition à certains polluants environnementaux (ou à d'autres facteurs physiques et chimiques) et la santé humaine *en vue de fournir des directives garantissant la compatibilité entre les limites d'exposition fixées et la protection de la santé publique*.

Pour faciliter l'application de ces directives dans le cadre des programmes nationaux de protection de l'environnement, l'OMS a décidé de faire rédiger des «résumés d'orientation» où l'accent serait mis, parmi toutes les données présentées dans les documents *in extenso*, sur celles qui sont utiles aux spécialistes qui ont besoin de connaître les problèmes sanitaires en cause sans entrer dans le détail des aspects scientifiques.

Les résumés d'orientation reproduisent les directives d'exposition qui figurent dans les documents relatifs aux critères établis par les groupes de travail, ainsi que les principales données relatives aux effets sanitaires. On s'est efforcé d'éviter toute divergence par rapport aux données présentées dans les documents *in extenso*. Pour certains d'entre eux, particulièrement lorsque leur publication remonte à trois ou quatre ans, ce souci a conduit à l'exclusion des données nouvelles éventuellement publiées depuis la réunion des groupes de travail correspondants. Ces données seront prises en considération lorsque les documents relatifs aux critères et les résumés d'orientation seront revus et corrigés.

Les observations du lecteur au sujet des difficultés éventuelles rencontrées dans l'utilisation des données figurant dans les résumés d'orientation sont les bienvenues. Elles doivent être communiquées à l'adresse suivante :

Division de l'hygiène de l'environnement,  
Organisation mondiale de la Santé,  
1211 Genève 27,  
Suisse

# MONOXYDE DE CARBONE\*

## 1. Introduction

La combinaison du carbone et de l'oxygène donne naissance soit à du monoxyde de carbone (CO) (en cas de combustion incomplète), soit à du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (en cas de combustion complète). Alors que le dioxyde de carbone est inerte, le monoxyde constitue un produit toxique puissant par suite de sa propriété de se fixer énergiquement sur un pigment sanguin, l'hémoglobine. Du monoxyde de carbone se forme dans la nature, et la principale source tient aux activités humaines, principalement à l'utilisation des véhicules à moteur, spécialement des véhicules automobiles à essence. Les fumeurs de cigarettes subissent une exposition supplémentaire par suite de la présence de CO dans la fumée qu'ils inhalent.

## 2. Propriétés

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et sans saveur dans les conditions ambiantes normales, qui se déverse dans l'environnement à la fois à partir de sources naturelles et de sources artificielles. Les sources naturelles de CO sont les océans, l'oxydation du méthane atmosphérique, les incendies de forêt et les orages électriques. On ignore quelles sont exactement les quantités de monoxyde de carbone d'origine naturelle. En revanche, on sait que les quantités annuelles résultant des activités humaines sont de l'ordre de 600 millions de tonnes. Plus de la moitié provient des véhicules automobiles à essence et le tiers de sources stationnaires associées à la combustion du charbon et du pétrole, à certains processus industriels et à l'incinération des déchets. Les sources intérieures consistent en appareils de cuisine et en certains types d'appareil de chauffage. Des teneurs élevées en CO ont quelquefois été relevées à l'intérieur de voitures et d'autocars.

---

\* Résumé de *Monoxyde de carbone*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1980 (Critères d'hygiène de l'environnement N° 13), 139 pages.

Pour évaluer l'exposition de l'homme au monoxyde de carbone, on peut procéder au dosage de ce composé dans l'atmosphère ou déterminer le taux sanguin de carboxyhémoglobine (HbCO). La surveillance de la teneur de l'air ambiant peut se faire en continu et de façon entièrement automatisée au moyen de spectromètres infrarouges non dispersifs ou, en semi-continu, par chromatographie en phase gazeuse. Ces deux techniques permettent de détecter le monoxyde de carbone à des concentrations ne dépassant pas 0,02-1,0 mg/m<sup>3</sup> d'air. Pour des dosages moins précis, on peut se servir de tubes détecteurs portatifs dont le seuil de détection est d'environ 5 mg/m<sup>3</sup>. Pour calculer le taux de carboxyhémoglobine, on se sert du sang veineux et de méthodes automatisées de spectrophotométrie ou de chromatographie en phase gazeuse. Dans le présent résumé, les taux sanguins de carboxyhémoglobine qui sont exprimés sous forme d'un pourcentage représentent la proportion de l'hémoglobine qui est saturée en monoxyde de carbone.

### **3. Concentrations environnementales**

Dans les agglomérations urbaines, la concentration de CO dépend de la densité du trafic des véhicules à essence et, le plus souvent, elle atteint un maximum aux heures de pointe, le matin et le soir. Le tracé des artères urbaines et la configuration des bâtiments influent également sur cette concentration, de même que les conditions météorologiques. Les variations des concentrations ambiantes ne se reflètent que lentement dans le taux de HbCO chez l'homme, car il faut de 4 à 12 heures pour qu'un équilibre s'établisse entre la concentration atmosphérique et la concentration sanguine. Par suite, les concentrations environnementales sont le plus souvent exprimées sous forme d'une concentration moyenne sur 8 h. La présentation des données sous forme de moyennes mobiles sur 8 h couvrant l'ensemble de la journée présente, par rapport à l'indication des valeurs pour trois périodes consécutives de 8 h, chacune sans recouvrement, l'avantage de donner une vue approximative de la réponse de l'organisme humain. Par exemple, en 1973, les concentrations moyennes sur 8 h aux Etats-Unis d'Amérique allaient de moins de 10 mg/m<sup>3</sup> à

58 mg/m<sup>3</sup>, la plupart des valeurs restant inférieures à 30 mg/m<sup>3</sup>, alors qu'au Japon les moyennes dépassaient rarement 23 mg/m<sup>3</sup>. A Los Angeles, la même année, la concentration moyenne quotidienne sur 8 h s'élevait entre 7 et 49 mg/m<sup>3</sup>.

A l'intérieur des habitations, la concentration du monoxyde de carbone provenant des appareils de cuisine et de chauffage est importante, spécialement quand ces appareils fonctionnent dans des pièces mal aérées. Toutefois, à l'intérieur, la principale source d'exposition est le plus souvent le tabagisme à la cigarette. Il existe aussi des cas d'exposition professionnelle au CO. Les travailleurs *a priori* les plus exposés sont les agents de la circulation, les employés de garage, le personnel des usines métallurgiques, chimiques, de production de pétrole ou de gaz, et les pompiers.

Dans ces professions, l'exposition peut être considérable. Par exemple, on a relevé dans certains garages une concentration de CO atteignant jusqu'à 600 mg/m<sup>3</sup> et, chez les personnes qui travaillent dans de telles conditions le taux de HbCO peut atteindre 5 fois la valeur normale. Chez les inspecteurs du service de surveillance des routes à grande circulation, le taux de carboxyhémoglobine au cours de la journée de travail varie de 4 à 7,6% (fumeurs) et de 1,4 à 3,8% (non-fumeurs). Ces chiffres sont à rapprocher du taux dans la population générale, qui dépasse rarement 1%, encore qu'on ait observé des taux supérieurs à 1,5% chez 45% des non-fumeurs exposés au CO ambiant dans 18 régions urbaines d'Amérique du Nord. Quand on étudie ces niveaux «de fond», il importe de se souvenir que l'organisme humain lui-même produit du CO du fait des processus métaboliques normaux. Cette production endogène intervient probablement pour environ 0,1-1% de la quantité totale de carboxyhémoglobine présente dans le sang.

#### 4. Effets de l'exposition

La propriété biologique la plus importante du monoxyde de carbone est son affinité pour l'hémoglobine, le pigment des globules rouges qui assure le transport de l'oxygène. Cette affinité se traduit par la formation de carboxyhémoglobine (HbCO), qui est plus de

200 fois plus stable que l'oxyhémoglobine ( $\text{HbO}_2$ ). Comme le  $\text{HbCO}$  se dissocie relativement lentement, il en résulte une incapacité durable des molécules correspondantes de pigment érythrocytaire de remplir leur fonction oxyphorétique, ce qui peut avoir des conséquences graves, voire fatales, pour l'organisme intoxiqué. En outre, le métabolisme musculaire et le fonctionnement des enzymes intracellulaires peuvent être altérés par la formation, avec le  $\text{CO}$ , de liaisons présentant une stabilité analogue. Cet aspect de l'intoxication oxycarbonée, sans doute secondaire chez un sujet bien portant, peut avoir une importance décisive chez un sujet atteint d'une malformation préexistante du myocarde ou souffrant d'une mauvaise circulation périphérique.

Les effets du  $\text{CO}$  chez l'homme dépendent apparemment de l'état de santé du sujet. Certains sujets adipeux semblent pouvoir tolérer un taux de  $\text{HbCO}$  atteignant 40% pendant une courte durée alors que les sujets atteints d'une maladie cardiaque ou pulmonaire peuvent succomber quand le taux de carboxyhémoglobine atteint 5 à 10%. Les effets d'une concentration élevée de  $\text{CO}$  sur le système nerveux central et l'appareil cardio-vasculaire sont bien connus. En revanche, on connaît moins bien la réaction des sujets bien portants à des concentrations plus faibles, spécialement pendant une période prolongée. C'est ainsi qu'un taux de  $\text{HbCO}$  inférieur à 10%, et parfois même ne dépassant pas 5%, peut gêner l'exécution de tâches de vigilance — c'est-à-dire de tâches faisant intervenir l'aptitude d'un individu à déceler de petites modifications qui surviennent dans son environnement à des moments imprévus et exigeant une attention soutenue. (Les taux précédents correspondent à peu près à des concentrations atmosphériques de  $\text{CO}$  respectivement égales à 80 et 35  $\text{mg}/\text{m}^3$ .) Ces effets sont moins nets chez les fumeurs de cigarettes, sans doute parce qu'ils sont habituellement exposés à des concentrations similaires du fait de la fumée.

La pratique d'épreuves d'effort maximales (qui implique une absorption d'oxygène elle-même maximale) sur des volontaires bien portants a montré qu'il peut y avoir collapsus pour des taux de  $\text{HbCO}$  atteignant 50%. Une épreuve sous-maximale (à un niveau égal à 70% du maximum) pendant 5-60 minutes se déroule normalement en présence d'un taux de  $\text{HbCO}$  égal à 33% mais le rythme car-

diacque est excessif. Des études de plus longue durée, comportant l'exécution d'un travail pendant 4 heures en présence d'un taux de carboxyhémoglobine atteignant 5-6%, ne mettent en évidence à peu près aucun effet, si ce n'est une accélération semblable du rythme cardiaque. Il semble d'après les résultats qu'il existe bien, au moins pour les non-fumeurs, une relation linéaire entre le taux de HbCO et la diminution de la capacité maximale en oxygène.

On sait que, à une concentration élevée, le monoxyde de carbone peut provoquer une modification de la tension artérielle, une accélération de la fréquence cardiaque, des arythmies, une insuffisance cardiaque et des lésions au niveau des vaisseaux sanguins périphériques; en revanche, on connaît mal les effets cardio-vasculaires associés aux faibles concentrations. L'association du tabagisme à un risque accru de cardiopathie coronarienne semble indiquer que le monoxyde de carbone joue peut-être un rôle dans la pathogénie de cette maladie. (Chez les gros fumeurs, il n'est pas rare que le taux de HbCO atteigne 15%.) Certes, il n'est pas démontré que le monoxyde de carbone provoque à lui seul des maladies pulmonaires et cardiaques mais, en perturbant le transport de l'oxygène dans l'organisme, il a des conséquences graves pour les sujets chez qui existe déjà une pathologie cardiaque ou pulmonaire. Les études épidémiologiques concernant la morbidité ou la mortalité cardiaques en fonction de la région et de la concentration ambiante de CO sont d'interprétation délicate. Cependant, il semble certain que les douleurs thoraciques associées à un effort physique surviennent plus précocement chez les patients qui sont exposés à une concentration de CO atteignant 60 mg/m<sup>3</sup>, ce qui correspond à un taux de carboxyhémoglobine de l'ordre de 5%.

Chez la femme enceinte et le fœtus, la production endogène de CO est élevée, mais une exposition exogène supplémentaire peut réduire l'oxygénation des tissus et altérer la fonction placentaire, d'où la naissance d'un enfant d'un plus faible poids. Cela explique peut-être que les grosses fumeuses aient des enfants dont le poids de naissance est inférieur à la norme. Deux autres aspects des effets du CO sur la santé méritent d'être notés. Tout d'abord, chez les animaux, il semble possible qu'il y ait une adaptation comme en témoigne leur capacité de tolérer, avec une apparente facilité, une exposition aiguë à des concentrations élevées. Toutefois, ce point devra être confirmé. En

second lieu, pour ce qui est de l'exposition professionnelle au CO, une constatation récente, qui ne laisse pas d'inquiéter, tient au fait qu'au moins un hydrocarbure halogéné, le chlorure de méthylène (ou dichlorométhane) peut conduire à une élévation de la carboxyhémoglobémie par suite de son métabolisme dans l'organisme après absorption. Comme ce composé fait partie d'une classe de solvants qui ont été introduits dans l'industrie pour remplacer des produits hautement toxiques comme le tétrachlorure de carbone, il est clair qu'il faut procéder à une nouvelle évaluation de leur innocuité d'emploi en milieu professionnel.

## **5. Evaluation des risques pour la santé**

Les membres du groupe de travail réuni par l'OMS pour examiner et réviser le document relatif aux critères pour le monoxyde de carbone et procéder à une évaluation étaient parfaitement conscients des insuffisances qui caractérisent les données sur l'exposition présentées à la section 4 (ci-dessus). Un élément préoccupant tient en particulier à l'absence de données concluantes au sujet de l'exposition prolongée à de faibles concentrations et aux résultats contradictoires relatifs aux effets comportementaux constatés à ces faibles concentrations.

Pour ce qui est de l'exposition, le groupe de travail a insisté sur le caractère complémentaire du dosage du monoxyde de carbone dans l'air et de la carboxyhémoglobine dans le sang. Aucun de ces deux paramètres ne peut se substituer à l'autre et il convient de les noter tous les deux, puisque aussi bien leur détermination est relativement facile. Toutefois, l'interprétation du taux de HbCO dépend d'un certain nombre de facteurs, notamment le moment considéré, la durée et l'intensité de l'exposition, les habitudes en matière de tabagisme, la fréquence respiratoire et la volhémie.

Les principales séquelles de l'exposition au CO sont les effets exercés au niveau de l'appareil cardio-vasculaire et du système nerveux central. Rien jusqu'ici ne prouve avec certitude que le monoxyde de carbone puisse déterminer une cardiopathie, mais on a de bonnes raisons de penser, à la suite d'études soigneusement conduites sur des

volontaires, que l'exposition au CO peut exacerber des symptômes préexistants de maladies cardio-vasculaires. Des troubles du comportement sont probables pour un taux de carboxyhémoglobine ne dépassant pas 20%, mais il n'a pas été possible de déterminer un taux en deçà duquel les effets indésirables disparaîtraient.<sup>4</sup> La capacité de travail est amoindrie par une exposition au CO, probablement à partir d'un taux de HbCO égal à 4%. Si la capacité maximale d'effort n'est pas diminuée pour un taux de 2,5-4,0%, la durée pendant laquelle un tel effort peut être soutenu est abrégée.

Etant donné que le tabagisme a des répercussions importantes sur le taux de HbCO, les limites d'exposition recommandées sont conçues en vue d'assurer la protection des non-fumeurs. A titre provisoire, le groupe de travail a estimé qu'un taux de carboxyhémoglobine égal à 2,5-3,0% représentait le maximum admissible pour assurer la protection du grand public, y compris des sujets qui ne sont pas en parfaite santé. Dans le cas des catégories professionnelles exposées, ce taux ne devrait pas dépasser 5%.

---

<sup>4</sup> L'absence d'«effets indésirables» vise l'absence d'altérations biologiques au niveau d'un organisme, d'un organe ou d'un tissu.

**Autres titres parus dans la série des  
« Critères d'hygiène de l'environnement »**

1. Mercure
2. Polychlorobiphényles et Polychloroterphényles
3. Plomb
4. Oxydes d'azote
5. Nitrates, nitrites et composés N-nitroso
6. Principes et méthodes d'évaluation de la toxicité des produits chimiques. Partie I.
7. Oxydants photochimiques
8. Oxydes de soufre et particules en suspension
9. DDT et dérivés
10. Sulfure de carbone
11. Mycotoxines
12. Le Bruit
13. Monoxyde de carbone
14. Rayonnement ultraviolet
15. Etain et organostanniques
16. Fréquences radioélectriques et hyperfréquences
17. Manganèse
18. Arsenic
19. Sulfure d'hydrogène
20. Quelques dérivés du pétrole (*en préparation*)