

Intoxications oxycarbonées professionnelles : résultats d'une enquête

Le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCPP) a alerté le ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale sur une augmentation des accidents par intoxications oxycarbonées d'origine professionnelle, à Paris et dans les trois départements périphériques.

Le LCPP a précisé que la majorité de ces intoxications est provoquée par l'inhalation de monoxyde de carbone (CO) issu des gaz de combustion d'engins de chantiers alimentés à l'essence, le plus souvent de location, utilisés à l'intérieur de locaux peu ou mal ventilés, tels que sous-sols, caves ou parcs de stationnements souterrains. Informé par le ministère, l'INRS a décidé de faire le point sur ces accidents et d'informer les médecins du travail afin que ceux-ci puissent intervenir auprès des entreprises et donner des conseils de prévention. Le type d'accident décrit par le LCPP est très spécifique et se démarque du schéma classiquement décrit en France d'accident domestique par défaillance d'un appareil de chauffage ou chauffe-eau fonctionnant au gaz.

L'objectif de ce travail, réalisé au sein du département « Études et assistance médicales » de l'INRS au cours de l'été 2004, était d'analyser les données du LCPP et de les comparer aux données de la littérature médicale, en confrontant les faits et les stratégies de prévention, afin d'envisager des actions d'information ou de prévention adaptées à cette typologie particulière d'accident. Dans ce travail, il ne sera question que des intoxications aiguës, le cas des intoxications chroniques ne se retrouvant pas dans ces d'accidents.

Quelques mois après la fin de cette étude, une circulaire interministérielle (voir encadré 1 p. 210) a réformé le système déclaratif des intoxications au CO. Le système mis en place remplace celui fixé dans la circulaire du 19 mars 1985.

CO, sur l'utilisation d'engins à moteur thermique en milieu confiné et sur les intoxication(s) au CO professionnelle(s) par utilisation d'engin à moteur thermique en espace confiné.

Pour cette recherche bibliographique ont été utilisés :

- Google [1], moteur de recherche générale sur Internet ;
- PubMed [2] pour la recherche d'articles scientifiques ;
- Toxnet [3] pour ses possibilité de recherche sur différentes bases de données de chimie et de toxicologie.

Les mots clés utilisés étaient « CO », « oxyde de carbone » ou « monoxyde de carbone », « travail » ou « professionnel », « toxicologie », « intoxication », « ventilation », « moteur », « combustion ». En anglais, les termes étaient : « CO », « carbon monoxide », « occupational », « toxicology », « poisoning », « ventilation ».

Les résultats ont été triés selon l'origine et la fiabilité des sources. Parmi les sources Internet retenues, seules l'ont été celles recueillies sur les sites Internet institutionnels et gouvernementaux, et ceux de la presse médicale et scientifique. La recherche a été complétée à l'aide de la base de données INRS-Biblio qui recense les principales publications françaises et étrangères dans le domaine de la prévention des risques professionnels.

C. RICHARD*, R. ALARY**,
C. DELAUNAY**,
A. LEPRINCE***.

* Interne en médecine du travail, département Études et assistance médicales, INRS, Centre de Paris.

** Laboratoire central de la préfecture de police de Paris.

*** Département Études et assistance médicales, INRS, Centre de Paris.

Méthode

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE MÉDICALE ET GÉNÉRALE

La première étape a été une recherche bibliographique d'articles et de documents sur le CO, les intoxications au CO, les intoxications professionnelles au

LES STATISTIQUES DE LA CNAMTS ET LA BASE EPICEA

Pour affiner l'évaluation de la situation des accidents du travail liés à l'oxyde de carbone en France, les statistiques de la Caisse nationale de l'Assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) ainsi que la base de donnée EPICEA ont été utilisées.

Les dernières statistiques disponibles sont celles de l'année 2002 [4]. Des statistiques spécifiques au CO ont été obtenues par l'INRS directement auprès de la CNAMTS et permettent de connaître le nombre d'accidents de travail reconnus comme étant dus au CO et concernant des salariés d'entreprises du régime général de la Sécurité sociale.

La base de données EPICEA de l'INRS est alimentée par les services Prévention des CRAM. Elle contient le récit de tous les accidents du travail mortels et d'une partie des accidents graves depuis 1985. Il y est inclus environ 900 cas par an et 18 000 cas au total. Les critères d'inclusion ne sont pas stricts et ont été modifiés au cours du temps, l'inclusion systématique des accidents mortels n'étant faite que depuis 1990. Cette base inclut un certain nombre d'informations codées, telles que l'« élément matériel » responsable, et un texte court (5 à 20 lignes) comprenant la description de l'accident et les mesures de prévention. La recherche dans cette base se fait par catégorie référencée (catégorie « élément matériel »), par mot-clef ou mot libre ; la recherche doit être combinée car toutes les intoxications au CO ne sont pas référencées dans la catégorie « élément matériel n° 3603 : le monoxyde de carbone », et les termes employés sont « CO », « oxyde de carbone » ou « monoxyde de carbone ». La recherche doit ensuite être affinée manuellement pour extraire les dossiers contributifs.

LE LCPP

Une copie des dossiers d'intoxications au CO traités sur la période du 1^{er} janvier 2001 au 31 décembre 2003 a été transmise à l'INRS par le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris. Ces dossiers ont été analysés après une visite détaillée du LCPP qui avait pour but d'approcher ses méthodes de travail.

Parmi les données notées dans les dossiers, celles retenues pour cette étude étaient les suivantes : le type de dossier (rapport d'intervention ou courrier), l'année, le type d'appareil responsable et son caractère locatif ou non, le type de local, le combustible et la puissance du type d'appareil responsable, le type de travaux en cours, le mois et le code postal du lieu d'accident, les résultats de mesurage du CO ambiant par les pompiers à leur arrivée, le délai entre le début de mise en fonction de

l'appareil et l'accident, la taille du local (exprimée en m², m³ ou nombre de places pour les parkings) et les moyens de ventilation (ventilation naturelle ou mécanique, type et nombre d'ouvrants), le nombre de victimes et leur catégorie socioprofessionnelle (ouvriers, tiers...). Ces données ont été analysées de façon à dégager les principales caractéristiques de ces accidents. Elles ont ensuite été comparées aux données de la littérature avec l'objectif de dégager des propositions de prévention.

État des connaissances

LE MONOXYDE DE CARBONE

Historique

Les connaissances scientifiques sur la dangerosité du CO sont établies depuis longtemps. La forte toxicité des fumées de charbon est connue depuis l'Antiquité. Les Romains et les Grecs l'utilisaient déjà comme moyens d'exécution ou de suicide [5, 6]. En 1772, Joseph Priestly identifie et purifie le CO ; en 1842, Le Blanc identifie le CO comme le constituant toxique des fumées de charbon ; Claude Bernard, en 1857, montre que le CO se combine réversiblement avec l'hémoglobine [5]. Enfin, en 1895, Haldane publie son article « The action of carbonic oxide on man » [7] et sa célèbre courbe de dissociation de l'hémoglobine.

Synonymes, identifications, classifications [3, 8 à 11]

Formule : CO

Numéro CAS : 630-08-0

Numéros CEE :

Index n° 006-001-00-2,

EINECS : 211-128-3

Classifications CEE :

F+ ; R12 - Repr. Cat. 1 ; R61 - T ; R23-48/23

Étiquetage :

Pictogrammes d'identification des dangers :

F+, T.

Phrases de risques : R61, R12, R23, R48/23, S53, S45.

Physico-chimie [9, 12]

Le CO est, à température et pression ordinaires, un gaz incolore, inodore, insipide et non irritant. Ces

caractéristiques associées à sa forte toxicité l'ont fait appeler le « tueur invisible » [13] ou « tueur silencieux » [14]. Le CO est également un gaz fortement inflammable et explosif.

Liste des unités et facteurs de conversions

Les émissions de CO des moteurs sont appréciées en gramme par kilowatt-heure (g/kWh) ou gramme par cheval-vapeur et par heure (g/ch-h). Un cheval-vapeur (ch) vaut environ 0,735 kilowatts. Les anglo-saxons utilisent le « horse power » (hp) et donc le g/hp-h. Le horse-power a une valeur légèrement différente de celle du cheval-vapeur, 1 hp vaut environ 0,745 kilowatts. Cette différence n'a pas été prise en compte dans ce travail.

Les concentrations atmosphériques s'expriment en volume par volume (ppm, cm^3/m^3) ou de préférence en masse par volume mg/m^3 , 1 ppm = 1 cm^3/m^3 soit 0,0001 %.

Facteur de conversion des taux ambiants à 101,3 kPa :

à 0 °C : 1 ppm = 1,250 mg/m^3

à 25 °C : 1 ppm = 1,145 mg/m^3

Les taux de CO dans le sang peuvent être exprimés en pourcentage d'hémoglobine oxygénée (% HbCO), en ml/l ou mmol/l de sang [12]. Les équivalences sont (approximativement) :

1 ml de CO \approx 44,6 μmol de CO \approx 5 % HbCO.

Dix ppm de CO dans l'air expiré correspondent à environ 1 % de HbCO.

Circonstances d'apparition et sources d'exposition [9, 12, 15]

Tous les feux, incendies, combustions et explosions, naturels ou anthropogéniques, sont susceptibles de produire du CO. Par conséquent, toutes les activités humaines reposant sur des phénomènes de combustion sont susceptibles de produire du CO. Tous les appareils à combustion, fonctionnant avec des combustibles organiques (bois, charbon) ou hydrocarbures (gaz ou dérivés du pétrole), représentent des sources de CO potentielles : chauffe-eau à gaz, radiateurs, fours, chaudières, moteurs thermiques de véhicules ou d'autres engins. Par ailleurs, la fumée de tabac, issue elle aussi d'un phénomène de combustion, contient environ 4 % (40 000 ppm) de CO et représente une source reconnue d'intoxication chronique au CO pour les fumeurs [12].

La production du corps humain, par le métabolisme, est bien établie et serait de l'ordre de 0,5 à 1 ml/h, essentiellement par catabolisme de l'hémoglo-

bine, mais aussi de l'hème, de la myoglobine, des porphyrines, catalases, peroxydases et cytochromes [12].

Un cas particulier est l'intoxication au dichlorométhane : le dichlorométhane est métabolisé, pour 30 %, en CO par la voie du cytochrome P450 [16]. Les végétaux ainsi que les fermentations de produits agricoles sont également une source de production de CO [12, 15, 17].

En pratique, les sources d'expositions domestiques et environnementales sont les foyers au charbon ou au mazout, les appareils à gaz défectueux, les incendies, le tabac et la pollution atmosphérique. Parmi les sources d'expositions professionnelles, peuvent être citées les industries métallurgiques (soudage, coupage, oxycoupage, fusion, haut fourneaux...), les industries pétrolières (forage, raffinage...), les cimenteries, les industries de synthèse chimique, les émissions de moteurs à explosion, les emplois d'explosifs, les incinérations d'ordures, les fermentations végétales et les expositions chroniques au dichlorométhane [18].

Valeurs environnementales

Le CO est normalement présent dans l'atmosphère à 0,1 – 0,2 ppm, provenant des phénomènes naturels. Environ 60 % du CO de la troposphère (hors agglomération) est anthropogénique [15]. Dans les grandes métropoles, du fait de la circulation automobile, le taux peut atteindre 7 à 18 mg/m^3 et les moyennes sont de l'ordre de 2 à 4 mg/m^3 ; à Los Angeles cette moyenne atteint 8 mg/m^3 [19].

Il est notable que pour une part importante de la population, le tabac est la principale source d'exposition au CO. Les gros fumeurs peuvent avoir des taux de HbCO supérieurs à 15 % [14, 20, 21]. En pratique courante, un taux de 10 % est considéré comme « normal » chez un fumeur.

Dans des espaces clos ou semi-clos, des concentrations plus importantes de CO peuvent être relevées dans l'atmosphère ambiante si la ventilation est insuffisante par rapport à la production de CO. Par exemple, dans des bars et brasseries, le taux de CO ambiant engendré par le tabagisme des consommateurs peut atteindre $15 \pm 8 \text{ mg}/\text{m}^3$ [19].

Utilisations industrielles du CO

Bien que le CO soit le plus souvent retrouvé comme polluant ou produit d'accident, il peut aussi être utilisé dans l'industrie comme combustible, comme agent réducteur ou régénérateur de catalyseurs, ou pour la synthèse de composés (méthanol, acides acétique, formique, acrylique, aldéhydes, phosgène...) [9].

Physiopathologie

Le CO, à température ambiante, est un gaz et sa voie de pénétration dans l'organisme est ventilatoire. Le CO présent dans l'air inhalé franchit instantanément la paroi alvéolaire et se dissout dans le sang. Il diffuse ensuite dans tout l'organisme et passe parfaitement les barrières hémato-méningée et placentaire. En raison de sa forte affinité pour l'ion ferreux Fe^{2+} , le CO se fixe sur l'hémoglobine libre, et déplace l'oxygène de sa combinaison oxyhémoglobinée, en formant de la carboxyhémoglobine, HbCO, inapte au transport de l'oxygène [18]. Le CO a pour l'hémoglobine une affinité plus de deux cent fois supérieure à celle de l'oxygène [9, 12, 15]. Quatre-vingt à quatre-vingt-dix pour cent du CO absorbé sera fixé sur l'hémoglobine.

Le taux de HbCO va dépendre de plusieurs facteurs : d'une part des pressions partielles respectives du CO et de l'oxygène inspiré et de la durée d'exposition, et d'autre part de la température ambiante, de la ventilation et de l'hémodynamique du sujet, de la quantité de HbCO préalablement présente (non négligeable chez le fumeur), du métabolisme et de l'état de santé du sujet [15]. Par ailleurs, un travail physique accélère l'absorption du CO [5]. Le CO se fixe aussi sur d'autres hèmes tels que la myoglobine, les cytochromes, cytochromes-oxydases et hydroperoxydases [9], ce qui participe à son effet toxique.

HbCO est totalement dissociable en hémoglobine et CO. L'élimination est essentiellement pulmonaire et sa demi-vie est de 2 à 6,5 heures en air ambiant, en fonction de la concentration initiale et de la ventilation du sujet [15]. L'élimination du CO est régie par les mêmes règles que son absorption et elle peut être calculée en appliquant le modèle de Coburn-Forster-Kane. L'augmentation de la pression partielle en oxygène va influencer sur la dissociation de la HbCO. Sous oxygénothérapie (FiO_2 de 100 %) à pression atmosphérique, la demi-vie d'élimination est réduite à 80 minutes ; sous oxygénothérapie hyperbare (2,5 atmosphères), elle est ramenée à 25 minutes [5]. Le CO est donc un toxique fonctionnel et non cumulatif [21].

Mécanisme d'action toxique et organes cibles

La fixation du CO sur l'hémoglobine rend celle-ci inapte au transport de l'oxygène ce qui diminue d'autant la capacité du sang à transporter de l'oxygène et peut entraîner une hypoxie tissulaire. L'action du CO est d'abord fonctionnelle par inactivation de l'hémo-

globine, puis les lésions tissulaires surviennent par anoxie cellulaire.

Il existe d'autres mécanismes qui contribuent pour une plus faible part à la toxicité du CO : selon le principe de Haldane, la présence de HbCO modifie les propriétés de l'hémoglobine libre qui va présenter une affinité accrue pour l'oxygène [7]. Ceci se traduit par un déplacement vers la gauche de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine. La libération de l'oxygène au niveau des tissus est donc rendue plus difficile, aggravant encore l'hypoxie tissulaire. Par ailleurs, environ 20 % du CO se fixe sur la myoglobine et réduit le transfert de l'oxygène aux fibres musculaires, ce qui participe à l'atteinte musculaire (le CO a une affinité pour la myoglobine deux fois supérieure à celle de l'oxygène). La formation de HbCO au sein des érythrocytes modifie la concentration intracellulaire du 2-3 diphosphoglycérol et réduit encore la libération d' O_2 dans les tissus. Enfin, une faible proportion du CO se fixe sur les oxydases, comme le cytochrome P450, et participe à leur inactivation.

Les organes cibles sont les organes les plus sensibles à l'hypoxie. Le système neurologique central vient en tête de ces cibles. Le myocarde est lui aussi très sensible à l'action du CO car le taux d'extraction de l'oxygène des coronaires est très important (75 %) [22] et le CO se fixe sur la myoglobine du myocarde. La fragilité des tissus hypoxiques fait de l'intoxication au CO un facteur de décompensation chez les patients âgés, insuffisants vasculaires ou respiratoires, ou anémiques [22].

Clinique des intoxications aiguës au CO

Les intoxications chroniques ne sont pas abordées compte tenu de l'objet de ce travail.

Clinique des intoxications subaiguës

Pour des doses faiblement toxiques de CO, les signes cliniques sont inconstants et aspécifiques et plutôt évocateurs d'une pathologie d'organe. Le CO a été décrit comme « le grand imitateur » [14] car les intoxications donnent lieu à un grand nombre de faux diagnostics de gripes, de gastro-entérites ou autres affections bénignes [5]. Toute la gamme sémiologique neuropsychique peut également être retrouvée : asthénie, impotence fonctionnelle, céphalées, vertiges, troubles de l'humeur et/ou du jugement, perte de connaissance et troubles de la conscience. Il peut s'y ajouter d'autres signes aspécifiques et inconstants tels que nausées et vomissements. Les autres signes précoces peuvent être cardiovasculaires et pneumologiques avec apparition d'une tachycardie, de palpitations, de dyspnée, de douleurs ou oppressions thoraciques. Le CO, par l'ischémie tissulaire qu'il provoque, peut faire décompenser des lésions asymptomatiques sous-jacentes.

Le diagnostic d'intoxication subaiguë au CO doit donc être évoqué devant la présence de ces signes insidieux, trompeurs et aspécifiques et faire rechercher d'autres arguments afin de l'étayer ou de l'éliminer. Le lieu et les circonstances de survenue, les éléments chronologiques et le caractère collectif sont des facteurs d'orientation importants vers le diagnostic d'intoxication oxycarbonée, mais il faut se rappeler que pour des niveaux d'expositions équivalents, la sémiologie peut être très variable d'un individu à l'autre. Le fait que le CO soit inodore, incolore et non irritant rend sa présence indétectable aux sens. En cas de concentration toxique, la bénignité et la banalité apparentes des premiers symptômes peuvent les faire passer inaperçus et faire méconnaître le diagnostic. L'asthénie et les troubles de la conscience et du jugement favorisent ensuite la poursuite et l'aggravation de l'intoxication.

Clinique des intoxications aiguës

La clinique est dominée par les manifestations neurologiques et cardiovasculaires. Là encore, toute la gamme sémiologique neurologique peut se manifester, pouvant aller jusqu'au coma, aux troubles neurologiques déficitaires ou non, focaux ou non. La souffrance cardiovasculaire peut se traduire par une ischémie myocardique et/ou un œdème pulmonaire aigu.

Les intoxications suraiguës ou massives évoluent très rapidement vers un tableau associant paralysies, coma, convulsions et décès en quelques minutes. Une coloration rosée des téguments est considérée comme un signe caractéristique. Selon Lauwerys [23], elle est rarement retrouvée.

Cas particulier du fœtus et du nouveau-né

Le fœtus et le nouveau-né sont beaucoup plus sensibles que la mère à l'intoxication au CO en raison de l'affinité de l'hémoglobine fœtale pour le CO supérieure à celle de l'hémoglobine maternelle. Ceci se traduit par des taux de HbCO jusqu'à 2,5 fois supérieurs et une demi-vie de HbCO de trois fois supérieure chez le fœtus. Le fœtus ayant un taux de consommation de l'oxygène supérieur et une moindre tension de l'oxygène dans le sang, il sera d'autant plus sensible au moindre déséquilibre des conditions de transport de l'oxygène [21]. Ceci peut expliquer l'absence de parallélisme observé entre l'état clinique de la mère et la gravité de l'intoxication du fœtus. Le décès fœtal par hypoxie ou des troubles du développement neurologique avec séquelles peuvent être observés [5, 21].

Évolution

L'évolution spontanée, après cessation de l'exposition, peut se faire vers la guérison spontanée par élimi-

nation du CO. Cette élimination est accélérée par l'oxygénothérapie.

Après les intoxications importantes avec manifestations neurologiques majeures (coma...), des séquelles neurologiques peuvent soit persister, soit apparaître après un intervalle libre qui peut aller jusqu'à un mois. Ces séquelles neurologiques, centrales ou périphériques, peuvent être sévères (détérioration mentale, amnésie, incontinence urinaire, troubles de la marche ou de la parole), ou plus légères (asthénie, céphalées, troubles de mémoire ou de la vue) [5, 24].

Étant donnée la labilité des taux mesurés de CO en fonction des délais de prélèvement et des traitements, le pronostic individuel ne peut reposer sur ces taux. La gravité d'une intoxication peut utilement être évaluée sur la clinique (antécédents, anamnèse, examen). La première conférence de consensus sur l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) pose les indications de cette thérapeutique en fonction de la clinique [25].

Examens complémentaires

Les taux atmosphériques de CO ambiant sur le lieu d'intoxication présumée sont un élément important du diagnostic d'intoxication au CO. Ils sont bien sûr à interpréter en fonction des circonstances et des délais de réalisations : une valeur nulle mesurée après l'arrêt d'un appareil et après ventilation du local ne peut faire récuser le diagnostic d'intoxication au CO. Il existe des petits détecteurs portatifs très fiables dont sont équipés actuellement les pompiers et les SAMU.

Les taux sanguins de carboxyhémoglobine sont actuellement reconnus comme un marqueur utile pour l'estimation de la charge interne en CO [15]. Des prélèvements négatifs n'éliminent pas le diagnostic d'intoxication, surtout s'ils ont été réalisés avec retard, après cessation de l'exposition ou après le début du traitement. Un taux supérieur à 10 % de HbCO est généralement reconnu comme une valeur seuil témoin d'une intoxication aiguë, un taux inférieur pouvant être attribué à un tabagisme actif ou à un prélèvement trop tardif. Il faut remarquer qu'il n'existe pas de consensus dans la littérature sur la relation entre le taux de HbCO et la sévérité des symptômes [24].

Le dosage du CO dans l'air expiré peut se révéler utile et a l'avantage de la rapidité, de la facilité, de la précision [15]. Il nécessite une coopération active du sujet, ce qui n'est pas possible dans les intoxications sévères. Les paramètres HbCO sanguin et CO dans l'air expiré sont reliés par :

$$\text{HbCO (\%)} = \text{CO (ppm)} \times 0,00115 \text{ [16].}$$

Certains examens para-cliniques peuvent objectiver les complications d'organes : l'ECG pour l'ischémie myocardique, la tomographie par émission de positons (TEP) pour les hypodensités cérébrales.

Bien qu'il n'y ait pas de parallélisme strict entre les taux atmosphériques, les taux sanguins et les signes cliniques observés, des tables des signes possibles en fonction des fourchettes d'expositions et des taux sanguins peuvent être établies sans oublier que les signes cliniques et les taux sanguins vont dépendre pour beaucoup du temps d'exposition et de la ventilation du sujet (*tableaux I et II*).

Diagnostic des intoxications

Le diagnostic positif repose sur une conjonction d'arguments regroupant un ou plusieurs des éléments suivants : des signes cliniques évocateurs, une présence de CO dans le sang ou l'air expiré, des circonstances de survenue (lieu, chronologie, caractère collectif) compatibles, une source de CO suspectée ou étayée, un mesurage positif de CO ambiant, etc. Le rapport [14] du groupe de travail du Conseil supérieur d'hygiène

publique de France (CSHPF) sur les intoxication au CO propose des « définitions de cas certains d'intoxication au monoxyde de carbone » et des « classes de sévérité des cas d'intoxication au CO ». Les définitions de cas certains d'intoxication sont basées sur des combinaisons de critères de :

- signes cliniques évocateurs ;
- valeur de HbCO mesurée ou estimée ;
- présence de CO mesurée dans l'atmosphère ;
- installation défectueuse après enquête ;
- exposition.

Conduites à tenir sur les lieux d'accidents

Devant une manifestation clinique évocatrice d'intoxication au CO, la conduite des premiers sauveteurs sur place est déterminante et sera dictée par la nature des symptômes : devant des manifestations d'apparence peu grave telles que céphalées, asthénie, douleur

TABLEAU I

Manifestations cliniques associées aux taux de CO ambiant [13, 19].

ppm (mg/m ³)	Réponse chez un adulte sain
■ 50 ppm (55 mg/m ³)	Valeur limite au travail pour 8 heures (VME) en France
■ 200 ppm (230 mg/m ³)	Légers maux de tête en 2-3 heures (valeur limite québécoise d'exposition pour 15 minutes)
■ 400 ppm (460 mg/m ³)	Maux de tête, dangereux pour la vie au-delà de 3 heures
■ 800 ppm (920 mg/m ³)	Maux de tête, étourdissements, nausées, perte de conscience après 2 heures, décès en 2-3 heures
■ 1 000 ppm	Décès en 1 heure
■ 1 200 ppm (1 380 mg/m ³)	Niveau de danger immédiat pour la vie et la santé (DIVS)
■ 10 000 ppm (1 %)	Décès en 15 minutes
■ 1 000 à 10 000 ppm (1 150 à 11 500 mg/m ³)	Maux de tête, étourdissements et nausées en 13-15 minutes, Perte de conscience et décès en 10-45 minutes
■ 10 000 à 40 000 ppm (11 500 à 45 715 mg/m ³)	Décès en quelques minutes
■ 100 000 ppm (10 %)	Décès instantané

TABLEAU II

Manifestations cliniques associées au niveau de HbCO [5, 19].

% HbCO	Réponse chez un adulte sain	Réponse chez un patient coronarien
0,3 - 0,7	Niveau physiologique	
2 - 5		Douleurs d'efforts possibles
5 - 10	Augmentation compensatoire du débit sanguin du SNC et du débit coronarien. Possibilité d'effets neuro-comportementaux	Augmentation de la fréquence et complexité des extrasystoles ventriculaires à l'exercice.
10	Niveau observable chez un fumeur	
10 - 20	Céphalées légères (maux de tête), fatigue, étourdissements	L'exercice peut précipiter un infarctus du myocarde.
20 - 30	Céphalées modérées, nausées, diminution de la dextérité manuelle fine, anomalie de la réponse visuelle évoquée, hyperhémie et tachycardie	
30 - 40	Céphalées sévères, nausées et vomissements, hypotension, ataxie	
40 - 50	Syncope	
50 - 65	Coma et convulsions	
> 65 - 70	Décès en l'absence de traitement	

thoracique ou malaise sans perte de connaissance, la soustraction au toxique par évacuation du local est fondamentale. Comme il a été vu, même de faibles taux de CO peuvent perturber les fonctions supérieures et la victime peut ne pas être consciente de son état, avoir un trouble du jugement et refuser de quitter les lieux. Il convient également de faire cesser l'émission de toxique en agissant sur la source, d'aérer le local, de baliser et d'alerter les services de secours (les pompiers).

Devant une manifestation clinique brutale ou intense telle qu'une perte de connaissance brutale dans un local confiné (cave, tunnel, cuve...), l'alerte est l'élément primordial. En aucun cas les témoins ou sauveteurs ne doivent s'aventurer sans précautions (détecteur de CO ambiant, équipement de protection) dans une atmosphère potentiellement hautement toxique. Les sauveteurs se limiteront à alerter, baliser et si possible arrêter la source de toxique (la recherche de la source n'est pas toujours évidente et nécessite souvent une grande expérience dans le domaine) et ventiler l'espace contaminé, éviter les risques d'incendie et d'explosion, sans jamais s'exposer dans la zone toxique.

Les sapeurs pompiers, protégés par des appareils de protection respiratoire, assureront la soustraction au toxique et les premiers soins aux victimes. Équipés de détecteurs portables de CO, ils pourront assurer le diagnostic et relayer l'alerte auprès des autres services spécialisés tels que SAMU, police, Gaz de France (GDF), DDASS, services municipaux ou préfectoraux, selon les situations rencontrées.

Les premiers gestes thérapeutiques d'urgence, avant toute prise en charge médicale, sont en effet la soustraction au toxique et la mise sous oxygène à haut débit (100 % d'oxygène) [26]. La mise en place de ces premières mesures doit être systématique et la plus précoce possible, la gravité d'une intoxication et le risque de séquelles étant liés à la durée de l'intoxication. En fonction de l'urgence thérapeutique, notamment en présence d'une détresse neurologique, respiratoire ou cardiovasculaire, d'autres actes secouristes de première urgence peuvent être nécessaires (position latérale de sécurité, ventilation, massage cardiaque externe...).

Traitements

La prise en charge médicale se fera, en fonction du bilan des sapeurs pompiers, sur place par le service mobile d'urgence et de réanimation (SMUR) en cas de détresse vitale (troubles cardiaque, respiratoire ou de la conscience) ou à l'hôpital après transport non médicalisé avec administration en continu d'oxygène à 100 %. L'évaluation médicale permettra de juger des indications thérapeutiques, en particulier de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) qui doit, selon la première

conférence de consensus sur l'OHB [25, 27], être systématique en cas de perte de connaissance, de signe neurologique objectif ou de grossesse. Cependant, ces indications de l'OHB en cas d'intoxication au CO restent discutées [26]. Habituellement, une séance de 90 minutes à 2,5 atmosphères suffit. Bien entendu, en fonction de l'état du patient, différents traitements symptomatiques peuvent être instaurés : intubation et ventilation, aspirations trachéales, traitement des défaillances viscérales, etc.

ENQUÊTE TECHNIQUE LORS DES ACCIDENTS

En France, lors de la survenue d'accidents ou d'incidents, une enquête administrativo-technique sur l'installation responsable doit être réalisée dans les plus brefs délais, avant que l'installation ne soit remise en route. Cette enquête réalisée par les DDASS, les services d'hygiène municipaux ou préfectoraux est de rigueur. Celle-ci a pour but principal d'établir les causes techniques de l'accident et de prendre des mesures conservatoires immédiates afin d'éviter les récurrences [14]. Pour Paris et les départements limitrophes, c'est le Laboratoire central de la préfecture de police (LCCP) qui est chargé de ces enquêtes (dossiers analysés dans cette étude).

Les dossiers du LCCP

LE LCCP

Placé sous l'autorité du Préfet de police, le Laboratoire central de la préfecture de police (LCCP) est spécialisé dans les questions ayant trait à la salubrité et à la sécurité de la population de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Le laboratoire intervient notamment dans le domaine des risques liés aux explosifs, à l'incendie, à la pollution de l'eau et de l'air, ainsi qu'aux nuisances sonores et à la radioactivité [28]. C'est le laboratoire chargé des enquêtes techniques dans les cas d'intoxications au CO sur Paris et la petite couronne. Lors de la survenue d'une intoxication au CO, le LCCP se déplace quasi systématiquement pour une analyse technique des causes et pour la prise de mesures conservatoires si besoin, sauf dans les cas rares où se présente une impossibilité technique, par exemple local fermé et propriétaire injoignable, ou si l'inutilité de l'intervention est flagrante, fausse alerte par exemple.

Le protocole d'enquête

Le signalement des cas d'intoxications au CO est assuré par les pompiers, le centre anti-poisons (CAP) de l'hôpital Fernand Widal à Paris, les services de police ou plus rarement par les mairies, les DDASS ou les particuliers. Les enquêtes techniques doivent alors être réalisées le plus précocement possible pour être pleinement efficaces.

La première étape est le recueil des renseignements nécessaires tels qu'adresse du lieu, noms et coordonnées des occupants du lieu, numéro de téléphone de contre-appel, code d'accès, état des lieux, taux de CO ambiant relevé par les pompiers, cause suspectée de l'intoxication, lieu d'hospitalisation des victimes, témoins présents sur place lors de l'accident et moyens pour les contacter. En cas d'accident dû au gaz, les renseignements suivants sont demandés : nature du gaz suspecté, coordonnées de l'agence Gaz de France locale, le gaz a-t-il été coupé et par qui ? Les personnes à rencontrer sur place seront les occupants, le représentant du service d'hygiène communal en banlieue, le gérant ou le syndic, le technicien Gaz de France si besoin, les services de police s'il y a eu pose de scellés (en cas de décès), le cas échéant un représentant de l'employeur et, dans certains cas, un représentant de la société d'installation de l'appareil en cause.

Ensuite, un ingénieur ou un technicien se déplace sur place, muni d'une valise de matériel. Pour ces enquêtes, il dispose d'un détecteur de CO ambiant à cellule électrochimique, de tubes détecteurs type Draeger, de pompes, de poires et de poches de prélèvement, d'un tube fumigène avec poire pour étude du tirage des conduits, d'un dossier à remplir et d'autocollants. Sur place, il procède à un examen des lieux, des appareils et des moyens de ventilation des locaux et de la conformité aux règlements en vigueur. Lorsque cela est possible, il procède à un interrogatoire des témoins s'ils sont présents, et à des essais de remise en fonction du matériel suspect, s'il est présent, pour en étudier le fonctionnement et les conditions de ventilation en fonctionnement. La mission de l'enquêteur est ensuite de prendre des mesures conservatoires immédiates. Afin d'éviter que ne se reproduise un accident, il conseille les utilisateurs sur les mesures à prendre et les travaux éventuels à envisager. Il dispose d'autocollants d'avertissement à coller sur les appareils dangereux et d'un document écrit qu'il fait signer aux occupants. Il peut faire couper le gaz par Gaz de France ou faire poser des scellés par la police si besoin.

De retour au laboratoire, il va rédiger un rapport d'intervention et des courriers destinés aux responsables des matériels ou des lieux d'accidents : directeur de société de location d'engins de chantier impliqués dans un accident, directeur de l'entreprise où a eu lieu l'accident ou dont les salariés sont victimes, gérant du

local du lieu d'accident, etc. Des copies des courriers ou rapports sont adressées, suivant les cas, aux maire, préfet, direction régionale du travail et de l'emploi (DRTE), direction de la protection du public, DDASS, CAP et services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) concernés.

Les dossiers du LCPP

Les dossiers du Laboratoire central sont constitués du rapport d'intervention et des courriers adressés aux correspondants. Dans les cas où l'enquête technique n'a pu être réalisée, il n'y a que les courriers dans le dossier. Ce sont des copies de ces dossiers qui ont été étudiés dans cette enquête.

ANALYSE DES DOSSIERS DU LCPP

La constitution des dossiers

Le Laboratoire central de la préfecture de police a transmis à l'INRS les copies de 41 dossiers de cas d'intoxications professionnelles au CO survenus en région parisienne entre le 1^{er} janvier 2001 et le 31 décembre 2003. Les rapports d'intervention étaient disponibles dans 29 cas et, dans 12 cas, seuls les courriers adressés aux correspondants étaient disponibles (cf. *tableau III*). Ces courriers étaient plus concis et comportaient moins de renseignements techniques que les rapports d'intervention. La forte augmentation du nombre annuel de cas signalés par le Laboratoire peut être notée. Le taux annuel a été multiplié par 4 entre 2001 et 2003.

Les types d'appareils responsables

Dans les dossiers, les appareils identifiés comme responsables des intoxications professionnelles au CO par le LCPP peuvent être divisés en deux groupes différents :

- d'une part des machines fixes qui sont le siège d'un foyer de combustion, ce sont les « chaufferie », « chaudière », « four », « fournil », « four à pain », « chauffe eau », « piano de cuisson », « sèche linge » ;
- d'autre part, des outils mobiles ou déplaçables et équipés d'un moteur à combustion, qui, dans les dossiers du LCPP, sont identifiés comme : « engin », « engin de chantier », « pompe », « groupes électrogène », « découpeuse à béton », « talocheuse », « lisseuse à béton "hélicoptère" », « découpeuse hydraulique », « disqueuse », « nettoyeuse », « nettoyeur haute pression », « auto-laveuse ».

Nombre et constitution des dossiers du LCCP, pour 2001, 2002, 2003.

TABLEAU III

	2001	2002	2003	TOTAL
Nombre de dossiers	6	10	25	41
Nombre de dossiers avec rapport	6	9	14	29 (71 %)
Nombre de dossier avec courrier uniquement	0	1	11	12 (29 %)

Répartition des dossiers du LCCP par type d'appareils, machines fixes ou engins de chantier, pour 2001, 2002, 2003.

TABLEAU IV

	2001	2002	2003	TOTAL
Nombre de cas impliquant des machines fixes	2	5	8	15 (37 %)
Nombre de cas impliquant des engins de chantiers	4	5	17	26 (63 %)
Nombre total de cas	6	10	25	41

Répartition des cas : cas par engins de chantier et cas dans des caves, sous-sol et parkings, pour 2001, 2002 et 2003.

TABLEAU V

	2001	2002	2003	TOTAL
Nombre de cas en caves, sous-sols et parkings	4	5	12	21
Cas par engins en caves, sous-sols et parkings	4	5	12	21
Nombre de cas impliquant des engins de chantier	4	5	17	26
Nombre total de cas	6	10	25	41

Dans quelques dossiers, la nature exacte de l'appareil en cause n'était pas précisée : ceci correspond aux cas où l'appareil n'était plus sur place lors de l'enquête technique ou lorsque l'enquête technique n'a pu être faite.

Ces outils mobiles ou déplaçables et équipés d'un moteur à combustion seront regroupés sous le terme « engin de chantier » dans ce travail. Les engins de chantier représentent les deux tiers des cas d'intoxication professionnelle au CO sur la région parisienne pour la période de 2001 à 2003 (cf. *tableau IV*).

chantier et sur les 26 cas impliquant des engins, 21 (80 %) sont survenus dans des caves, sous-sols et parking (pour deux parkings, il n'est pas précisé s'ils sont en sous-sols). En ce qui concerne les 5 autres cas d'accident par engins, 4 sont survenus dans un local pour lequel il n'est pas précisé s'il est en sous-sol ou non et 1 est survenu en appartement (accident après 30 minutes d'utilisation d'une découpeuse hydraulique à essence de location dans un appartement dont les fenêtres étaient maintenues ouvertes).

La répartition mensuelle

Les intoxications par utilisation d'engins à moteur surviennent en majorité (64 %) sur une période de quatre mois, d'avril à juillet. Les huit cas d'intoxication au CO attribués à des chaudières ou chaufferies sont tous survenus entre les mois de septembre et d'avril.

La ventilation et la taille du local lieu d'accident

La ventilation est de principe systématiquement étudiée lors des enquêtes techniques et son insuffisance est un élément causal important des accidents. Une qualification ou un descriptif de la ventilation sont retrouvés dans 18 cas. Les ventilations mécaniques identifiées dans 5 cas sont qualifiées « en panne », « non mise en marche forcée », « à l'arrêt » (2 cas) ou « ne fonctionnant pas ». Dans les autres cas (soit 13 cas), il est fait mention de « ventilation naturelle », de « porte de garage ouverte », de « fenêtres ouvertes » ou d'« évacuation vétuste et non conforme », « non ventilé », « ventilation absente », « local clos »...

La taille des locaux en cause est variable, allant de la cave en sous-sol de 20 m³ jusqu'au parking de 470 places.

En raison de la grande variabilité des modes de ventilation et de la taille des locaux, ces éléments ne se prêtent pas à une analyse. La seule caractéristique qui

La répartition géographique

La moitié (21 cas sur 41) des cas d'intoxication au CO surviennent à Paris, avec la même répartition de 2/3 des cas dus aux engins de chantier.

Les lieux d'accidents (type de local)

Les 41 cas d'intoxications sont tous survenus en intérieur. Sur les 21 cas survenus en caves, sous-sols et parkings (cf. *tableau V*), tous impliquaient des engins de

ressort de ces éléments est que les accidents ont toujours eu lieu dans des espaces intérieurs.

Le type de carburant

Lorsque le carburant est précisé comme étant de l'essence, il s'agit toujours d'engins et pas d'appareils fixes. Le carburant est précisé comme étant de l'essence dans 61 % des cas d'engins (16 cas sur 26). Le carburant est précisé comme étant du diesel dans un cas seulement (cf. [tableau VI](#)).

Les machines fixes, telles les chaudières ou les fours, sont signalées comme fonctionnant au gaz (4 cas signalés) ou au charbon (1 cas signalé).

Le caractère locatif

Lorsque le caractère locatif de l'appareil responsable est précisé, il s'agit toujours d'engins de chantier et non d'appareils fixes (cf. [tableau VII](#)). Les engins de chantier sont signalés comme engins de location dans 38 % des cas d'accidents.

Le type de travaux

Les outils mobiles ou déplaçables et équipés d'un moteur à combustion, regroupés sous le terme « engin de chantier » dans cette étude, sont utilisés pour effectuer un travail.

La nature de ce travail est parfois précisée dans les dossiers du LCPP ou peut être identifiée par la nature de l'engin. Les « découpeuse à béton », « talocheuse », « lisseuse à béton "hélicoptère" », « découpeuse hydraulique » et « disqueuse » sont des outils utilisés pour des travaux type BTP (bâtiments et travaux publics). Les « nettoyeurs haute pression » et « auto-laveuses » vont effectuer des travaux de nettoyage (qui peuvent être une phase d'un chantier BTP). Dans certains cas la nature de l'engin ne permet pas de déterminer pour quel usage il est utilisé (cas des groupes électrogènes ou des pompes).

Sur la région parisienne, de 2001 à 2003, les intoxications au CO survenant sur des chantiers de type BTP et sur des chantiers de nettoyage représentent chacune environ 40 % des cas d'accidents dus à des engins et environ 25 % des intoxications professionnelles au CO (cf. [tableau VIII](#)).

TABLEAU VI

Relevé du nombre d'accidents par engin de chantier et leurs types de carburant en 2001, 2002 et 2003.

TABLEAU DES CAS D'INTOXICATION AU CO	2001	2002	2003	TOTAL
Nombre de cas d'engins de chantier à essence	4	4	8	16
Nombre de cas d'engins de chantier au gaz	0	0	3	3
Nombre de cas d'engins de chantier au diesel	0	0	1	1
Nombre d'engins de chantier à carburant non précisé	0	1	5	6
Nombre de cas impliquant des engins de chantier	4	5	17	26
Nombre total de cas	6	10	25	41

TABLEAU VII

Relevé du nombre d'accidents impliquant des engins de chantier de location en 2001, 2002 et 2003.

	2001	2002	2003	TOTAL
Nombre de cas impliquant des engins de chantier de location	3	3	4	10
Nombre de cas impliquant des engins de chantier	4	5	17	26
Nombre total de cas	6	10	25	41

TABLEAU VIII

Types de travaux responsables des intoxications professionnelles au CO en 2001, 2002 et 2003.

	2001	2002	2003	TOTAL
Chantiers de construction	4	2	4	10
Chantiers de nettoyage	0	2	9	11
Autres	0	1	1	2
Inconnus	0	0	3	3
Total des intoxications par « engins de chantier »	4	5	17	26
Total des intoxications professionnelles	6	10	25	41

Le taux de CO lors de l'accident

Les onze valeurs disponibles de CO ambiant relevées par les pompiers lors de leur arrivée sur les lieux sont en moyenne de 422 ppm et s'étalent de 110 à 600 ppm.

Le délai de survenue

Le délai entre la mise en route de l'appareil responsable de l'accident et la survenue de l'accident est signalé dans 4 cas et s'étale de 30 minutes à 4 heures.

Les victimes

Les victimes des accidents sont en général des ouvriers, mais aussi des salariés de bureaux voisins, des tiers (adultes et enfants). Les victimes sont identifiées comme employés, « personnels », « ouvriers », « personnes ». Le nombre exact de passages aux urgences et d'hospitalisations n'est pas indiqué. Il est possible de supposer que l'intervention des sapeurs pompiers est systématique en cas de suspicion de présence de CO et qu'ils évacuent systématiquement les personnes impliquées sur les urgences de l'hôpital de secteur.

Selon les chiffres disponibles (cf. [tableau IX](#)), il y a un peu plus de victimes par cas pour les intoxications par engins à moteur que pour les cas par machines fixes (4,15 victimes contre 3,4 victimes), mais la dispersion des valeurs est telle qu'aucune conclusion ne peut en être tirée (les valeurs vont de 0 à 29 victimes par intoxication).

DISCUSSION SUR LES CAS DU LCPP

Interprétation des données

Les termes employés et effets de sélection

L'étude de différents documents français dans le but d'obtenir des statistiques et les entretiens avec le res-

pensable du Département Air du LCPP, mettent en évidence le flou dans les définitions des termes employés.

Le LCPP utilise l'expression « accident professionnel » pour désigner uniquement les accidents dont la cause est un outil utilisé spécifiquement dans le cadre professionnel, et un accident dû au système de chauffage dans un bureau sera étiqueté « domestique », même s'il s'agit d'un accident de travail d'un salarié. De ce fait, les dossiers fournis par le LCPP pour ce travail ne comprennent-ils vraisemblablement pas tous les accidents de travail dus au CO en région parisienne.

Pour le LCPP, les termes « engin de chantier » ou « brasero » ont parfois été utilisés pour désigner un appareil de chauffage radiant alimenté au gaz (appareil destiné exclusivement à un usage extérieur) alors que le terme « engin de chantier » peut aussi désigner tout appareil à moteur utilisé sur un chantier.

Les données absentes

Il faut aussi noter que, lors de l'étude des dossiers, les données souhaitées n'étaient pas systématiquement disponibles, il manquait certains rapports d'intervention, parfois seule la copie du courrier adressé au responsable (propriétaire des lieux, directeur de la société...) était fournie. Les rapports ne contenaient pas toujours toutes les données souhaitées. Par exemple, dans 9 cas, il était signalé que l'engin responsable était un engin de location, mais pour les autres dossiers aucune mention n'était faite à ce sujet et il n'était pas possible de connaître le statut de l'engin. Après renseignement auprès du LCPP, les données absentes des dossiers sont des données non disponibles sur le terrain ; en reprenant l'exemple précédent, l'engin responsable de l'accident avait été enlevé avant qu'ait pu avoir lieu l'enquête technique, et les témoins ou responsables étaient injoignables.

Dans le cas où seul un courrier était disponible, pour les cas où l'enquête technique n'avait pu être faite, les renseignements disponibles étaient beaucoup moins nombreux et précis.

La fréquence annuelle des accidents

La première remarque qui apparaît est l'augmentation du nombre annuel de cas d'intoxications profes-

Nombre de victimes par rapport au nombre de cas d'intoxications total, par engin de chantier et par machine fixe, pour 2001, 2002, 2003.

		2001	2002	2003	TOTAL	Nb vict/cas
Intox par machine fixe	Nombre de cas	2	5	8	15	
	Nombre de victimes	9	2	40	51	3,4
Intox par engin de chantier	Nombre de cas	4	5	17	26	
	Nombre de victimes	39	32	37	108	4,15
Toutes les intoxications	Nombre de cas	6	10	25	41	
	Nombre de victimes	48	34	77	159	3,87

TABLEAU IX



sionnelles au CO sur les trois ans de la période considérée, de 2001 à 2003. Ce nombre est multiplié par quatre sur la période de trois ans considérée. Aucune interprétation visant à argumenter cette augmentation n'est évoquée ni par le LCPP, ni à travers cette étude.

Le type d'appareil responsable

Les intoxications professionnelles au CO sont dues pour les deux tiers (63 %) à des engins, mobiles ou déplaçable, à moteurs thermiques. Cette très forte proportion est une caractéristique de ces accidents par rapport aux accidents domestiques qui sont dus en quasi-totalité aux appareils de chauffage ou aux chauffe-eau. Cette notion que les intoxications au CO survenant au travail sont dues à l'utilisations d'engins à moteur thermique a déjà été signalée dans la littérature [29].

Répartition saisonnière et géographique des accidents

La survenue des huit cas d'intoxication au CO attribués à des chaudières ou chaufferies entre les mois de septembre et d'avril ressemble au phénomène bien connu de la survenue des intoxications domestiques en saison froide par utilisation de ces installations pour le chauffage des locaux et moindre ventilation des locaux en raison de la fermeture des ouvrants. Mais les intoxications par utilisation d'engins à moteur se démarquent par une répartition atypique : ils surviennent en majorité (64 %) sur une période de quatre mois, d'avril à juillet. Étant donné le nombre de ces accidents, il est difficile d'en tirer une conclusion ou même de formuler une hypothèse.

Paris voit survenir la moitié des accidents survenant sur la zone d'intervention du LCPP (Paris et la petite couronne).

Lieux d'accidents (type de local et sa ventilation)

Toutes ces intoxications sont survenues en intérieur, et pour 19 des 26 cas, ces intoxications dues à un engin mobile sont survenues dans des sous-sols, lieux dont la ventilation spontanée est en générale réduite. Il est plus surprenant de constater que ces intoxications peuvent survenir dans des parkings, lieux soumis à la circulation automobile auxquels s'applique une législation spécifique concernant la pollution de l'air [14].

La ventilation est systématiquement étudiée lors des enquêtes techniques et un défaut de ventilation est souvent signalé (dans 17 cas). Il est précisé dans les dossiers que la ventilation était « en panne », « à l'arrêt », « ne fonctionnant pas » ou « non mise en marche forcée » ; dans deux cas de parkings, il est fait mention d'une ventilation naturelle, qui s'est révélée insuffisante lors de l'utilisation d'engins de chantier. Sur les 10 accidents survenant dans des lieux identifiés comme par-

kings, 9 sont dus à des engins de nettoyage, alors qu'il n'apparaît aucun accident impliquant des véhicules automobiles (selon le LCPP, cette absence n'est pas due à un effet de sélection des dossiers). Le fait s'explique par les normes antipollution applicables aux voitures extrêmement strictes ; les véhicules en circulation sont maintenant majoritairement équipés d'un pot d'échappement catalytique (qui peut réduire les émissions de CO de 99 %) alors que les petits engins ne sont pas catalysés ; en outre, les opérations de nettoyages peuvent impliquer plusieurs engins simultanément et exposer au CO les travailleurs de façon continue sur plusieurs heures. Ceci pourrait laisser à penser que les parkings sont sûrs tant qu'il n'y circule que des voitures, mais que les opérations de nettoyages avec des engins à moteur thermique les rendent dangereux. La densité en parkings souterrains est peut-être une spécificité de la zone d'action du LCPP, fortement urbanisée (Paris et la petite couronne), ce qui pourrait expliquer la proportion relativement élevée d'accidents en sous-sols dans les dossiers du LCPP.

Le type de carburant

Les moteurs fonctionnant à l'essence sont de gros producteurs de CO, il n'est pas étonnant qu'ils se retrouvent impliqués dans la genèse d'accidents.

Le caractère locatif

Le caractère locatif des engins apparaît comme pouvant être un facteur de méconnaissance et de mauvaise utilisation des engins (et une mauvaise utilisation ou un mauvais réglage peuvent augmenter la production de CO d'un moteur).

Les taux de CO relevés par les pompiers

Les taux de CO ambiant relevés par les pompiers à leur arrivée sont largement au-delà des valeurs environnementales ; ceci confirme, s'il en était besoin, que le confinement joue un rôle causal important dans ces intoxications.

Le délai de survenue

Le faible nombre de données disponibles et leur étalement ne permettent aucune conclusion.

Les victimes

Les personnes impliquées sont désignées le plus souvent sous les termes d'ouvriers et d'employés. En effet, peu de cadres doivent manipuler ces engins dans les caves et les sous-sols. Les problèmes de compétence et de qualification des personnels (voire les problèmes de langage et de compréhension de l'écrit) peuvent être des facteurs favorisant les accidents, mais ceci ne peut apparaître dans cette étude car la mission du LCPP est d'ordre strictement technique et le LCPP n'enquête pas sur les causes humaines des accidents. Cette étude

n'a pu identifier précisément de population à risque mais ce sont des « ouvriers » ou des « employés » œuvrant à des travaux de type BTP ou nettoyage qui sont retrouvés dans cette étude.

Synthèse des données issues de l'étude du LCPP

L'alerte du LCPP signalait les « engins de chantiers alimentés à l'essence, le plus souvent de location, utilisés à l'intérieur de locaux mal ou peu ventilés, tels que sous-sols, caves ou parcs de stationnements souterrains ». L'analyse des dossiers ne permet pas de proposer une explication à l'augmentation des cas de ces accidents constatée par le LCPP. Un type particulier de situation accidentelle ressort de cette analyse des dossiers du LCPP : l'utilisation d'engins mobiles ou déplaçables, alimentés à l'essence, en espace intérieur, très souvent des sous-sols et des parkings. La fréquence des opérations type nettoyage (40 %) ou BTP (40 %) et le caractère locatif de l'engin (30 %) peuvent également être soulignés.

Cette typologie est à retenir afin d'adapter les propositions de mesures de prévention qui peuvent être faites. Les types d'entreprises (BTP, nettoyage) et les catégories de personnels concernés sont à retenir pour adapter les informations sur le risque et sa prévention.

Le cas de figure spécifique - très éloigné du cas de figure de l'accident domestique par défaut d'une installation fixe au gaz - de l'utilisation de petits appareils à moteur thermique dans un espace dont la seule caractéristique est d'être fermé, le faible pourcentage de ces accidents professionnels et l'absence de décès signalé ont jusqu'ici fait « oublier » ces accidents des statistiques nationales et les ont fait échapper à la plupart des campagnes de prévention nationale sur le CO, surtout à celles consacrées aux accidents domestiques.

Dans les spécificités de ces accidents, il a été noté :

- le caractère non fixe et non déterminé du lieu de l'accident, dû au caractère mobile ou déplaçable de la source de CO ;
- la non spécificité des corps de métier impliqués, étant donnée la variété des engins et des tâches possiblement en cause.

La mention parfois utilisée d'« appareil mobile », dans cette étude comme dans d'autres [30], n'est pas très explicite et il est parfois difficile de savoir quels sont les types d'appareils évoqués. Cette mention peut recouvrir aussi bien la tronçonneuse à main, le nettoyeur à jet d'eau sous pression sur roulettes, le bloc électrogène de 40 kg, que le chariot élévateur. Une classification de ces appareils permettrait de mieux étudier ce type d'accident dans un objectif de prévention.

Une classification des engins à moteur thermique en 4 catégories en fonction de leur mobilité pourrait être proposée:

- 1) fixe (ex. four, chaudière) ;
- 2) auto-mobile routier (ex. camion) ;
- 3) auto-mobile non routier, avec conducteur assis (ex. chariot élévateur, surfaceuse à glace) ;
- 4) auto-tracté, portable, portatif ou déplaçable (ex. groupe électrogène).

Cependant, un même type d'engin en fonction de sa conception pourrait se retrouver dans deux catégories différentes : par exemple une nettoyeuse de sol ou une tondeuse à gazon pourraient être en catégorie 3 ou 4.

Intoxications au CO : données nationales et internationales

À la suite de l'analyse des dossiers du LCPP, l'étude des statistiques disponibles concernant les intoxications au CO en général et plus particulièrement celles liées à l'utilisation d'engins à moteur thermique dans un contexte professionnel a été faite.

LA VARIABILITÉ DES SITUATIONS

Les situations rencontrées en France ou à l'étranger peuvent être très différentes suivant les populations ou les milieux étudiés. Par exemple, en Corée, jusqu'au début des années 80, l'incidence annuelle estimée du nombre de cas d'intoxications par le CO était de 1 037 224/27 925 750 habitants et le nombre de décès étaient de 2 877. Ce taux extrêmement élevé, sans aucune commune mesure avec les taux européens ou nord américains, était dû essentiellement à l'utilisation de briquettes de charbon pour la cuisson et pour le chauffage des habitations [24].

LES STATISTIQUES NATIONALES

Le CO est reconnu pour être responsable en France de nombreux accidents avec hospitalisations, séquelles, voire décès. Cependant, il n'existe pas en France de statistiques fiables sur ce phénomène. Le rapport 2001 du groupe de travail du Conseil supérieur d'hygiène

publique de France [14] (CSHPF) met bien ce point en évidence en comparant et analysant les statistiques de différentes sources : les enquêtes annuelles nationales (qui centralisent les chiffres des DDASS), le programme de médicalisation du système d'information (PMSI), les certificats de décès.

Les estimations officielles du ministère de la Santé sont de « 6 000 intoxications et 300 décès chaque année (chiffres obtenus par extrapolation des chiffres obtenus en région parisienne) », selon le dossier de presse de la campagne nationale 2003-2004 de prévention et d'information sur le risque d'intoxication au monoxyde de carbone [13], qui classe ces intoxications comme une des premières causes de mort toxique accidentelle. La majorité de ces accidents est due à des appareils de chauffage raccordés (dans 68 % des cas) et des chauffe-bains raccordés (dans 19 % des cas) [13]. Ce même communiqué signale une absence d'aération des locaux dans 54 % des cas. Ces statistiques d'accidents d'intoxication au CO ne concernaient que les accidents domestiques, en excluant les accidents de travail, les intoxications volontaires, les crimes et les intoxications dues aux incendies. Aucune notion d'intoxication survenant dans un contexte professionnel, ni d'ailleurs de mention spécifique sur l'utilisation d'appareils à moteur thermique en espace confiné n'est retrouvée. Le problème est d'autant plus complexe que les cas chevauchent souvent les tentatives de classifications, un même lieu peut être le lieu de travail d'un salarié et un lieu public pour un client ; une explosion suivie de feu, source de CO, pourrait être due à une présence de CO, hautement toxique et inflammable, dans l'air.

Le rapport final de la commission d'orientation du Plan national santé environnement du 12 février 2004 [31], dans son chapitre sur les risques liés aux intoxications oxycarbonées, confirme ces difficultés à obtenir les chiffres réels de la mortalité par intoxication au CO. Il cite le chiffre (extrapolations des statistiques de la région parisienne) de 8 000 intoxications par an pour 1997, 1998 et 1999, et de 6 000 intoxications pour l'année 2000. Pour la mortalité, ce rapport cite d'une part le nombre de décès évalué par l'INSERM qui serait de 150 à 200 par an depuis 15 ans, et d'autre part l'évaluation de 43 décès en 2001 selon l'enquête de la DGS.

Dans leur article, Mathieu et al., en 1996 [27], reprennent cette estimation de 8 000 pour le nombre de cas annuels d'intoxications en France et classent l'intoxication au CO comme la première cause de décès par intoxication en France et dans la plupart des pays occidentaux. C'est aussi la première source d'accidents domestiques mortels [18].

Il faut remarquer que malgré les campagnes de prévention et une réglementation de plus en plus étoffée au fil des ans, les statistiques, pour autant qu'elles

soient exploitables, ne semblent pas montrer de diminution des chiffres d'accidents et de décès.

La mise au point d'une classification claire des différents aspects de ce problème avec des définitions précises est nécessaire et cela a été en partie l'objet du rapport du CSHPF de 2001 [14].

LES STATISTIQUES ÉTRANGÈRES

La comparaison des statistiques entre la France et l'Amérique du Nord met en évidence que les moteurs à combustion sont beaucoup plus souvent sources d'accidents aux États-Unis et au Canada qu'en Europe.

Au Québec, le Centre de toxicologie du Québec note une forte proportion (25 à 67 %) des véhicules à moteur dans les sources de production de CO lors des intoxications et un lieu d'intoxication fréquent (particulièrement en cas de décès : 22 %) inhabituel en Europe : le garage attenant à la maison [24]. Aux États-Unis, le CO est responsable de 600 décès accidentels annuels (ce qui semble très peu par rapport aux 300 décès/an en France) et 5 à 10 fois plus de décès intentionnels [20] (pas de chiffres équivalents en France où ce mode de tentative de suicide semble rare, et où les statistiques d'« accidents » ne comptabilisent pas les intoxications volontaires).

En tout état de cause, le cas particulier des intoxications par utilisation d'engins à moteur thermique en espace confiné a été très étudié outre-Atlantique et a fait l'objet de campagnes spécifiques. Aux États-Unis, en 1996, plusieurs administrations (NIOSH, CDPHE, CPSC, OSHA, EPA) publient une alerte sur la prévention des intoxications au CO par les petits engins et outils fonctionnant à l'essence (« Preventing Carbon Monoxide Poisoning from Small Gasoline-Powered Engines and Tools »).

En 1996, Mathieu et al. signalent une augmentation en France des intoxications volontaires à but suicidaire utilisant les gaz d'échappement de véhicules, pratique qui reste cependant marginale, alors qu'elle constitue la majorité des causes d'intoxication au CO aux États-Unis [27].

LES STATISTIQUES D'ACCIDENTS DU TRAVAIL EN FRANCE

Pour 1999, le LCPP chiffrait à 2,5 % les affaires d'intoxication oxycarbonée en région parisienne dues à des groupes électrogènes et à 2,6 % celles secondaires à des engins de chantier [32]. Il est rappelé que les statistiques nationales traitent essentiellement des acci-

dents domestiques. Il est difficile de situer la place des accidents du travail en France, d'autant que pour ceux-ci les données disponibles ne concernent que le régime général de la Sécurité sociale.

Les statistiques de la CNAMTS

Les statistiques d'accidents du travail (AT), recueillies par les CRAM, sont centralisées par la CNAMTS, qui édite annuellement un rapport. Cet ouvrage ne permet pas d'étudier le CO directement, seul apparaît l'« élément matériel n° 36 : vapeurs, gaz, poussières ». Les dernières statistiques disponibles sont celles de l'année 2002 [4] présentées dans le *tableau X*.

Des statistiques plus précises ont été obtenues directement auprès de la CNAMTS et permettent de connaître le nombre d'accidents de travail reconnus comme étant dus au CO et concernant des salariés d'entreprises du régime général de la Sécurité sociale. Ces chiffres sont présentés dans le *tableau XI*.

Il faut remarquer que ces chiffres sont faibles par rapport aux estimations de 6 000 intoxications et 300 décès par an en France. Par ailleurs, ils ne mettent pas en évidence d'augmentation du nombre d'accidents entre 1995 et 2002.

Les données de la base EPICEA

La base EPICEA recense, depuis 1988 jusqu'en 2002, 34 accidents dus au CO. Un tri manuel a permis d'extraire 14 cas concernant des intoxications par utilisation de petits engins à moteur thermique en espace confiné. Le *tableau XII* recense le nombre de cas en fonction des années. Ces chiffres sont également très peu importants par rapport à la totalité des décès dus au CO en France. Il ne semble pas non plus que l'on puisse évoquer une augmentation du nombre d'accidents entre 1987 et 2002.

La confrontation de ces données à celles du LCPP soulève la question des terminologies utilisées par des institutions différentes avec des objectifs différents, rendant les comparaisons difficiles. Il n'en reste pas moins que, même si les statistiques du régime général de la Sécurité sociale ne semblent pas confirmer au niveau national l'augmentation du nombre d'accidents toxiques signalée à Paris et dans les départements limitrophes par le LCPP, des efforts de prévention sont nécessaires.

Nombre d'accidents recensés dans la base EPICEA, par année de 1987 à 2002.

Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Nb de cas	3	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	1

Le CO, les moteurs, les espaces couverts et la ventilation

Avant d'aborder la prévention des accidents liés à l'utilisation d'un engin à moteur thermique seront rappelés les facteurs contribuant à leur genèse.

ÉMISSION DE CO PAR LES MOTEURS THERMIQUES

Un moteur est destiné à fournir une énergie mécanique pour actionner un outil. Ce moteur va lui-même être mû par une énergie. Dans le cas des moteurs dits thermiques, ou à combustion, ou à explosion, l'énergie mécanique est produite par la combustion d'un mélange d'air et de carburant. Le carburant est en général un hydrocarbure liquide ou gazeux, dérivé du pétrole ou du gaz naturel. Le CO est un des nombreux produits résultant de la combustion d'un carburant

Accidents du travail dus à l'« élément matériel n° 36 », année 2002 [4].

	Nb d'accidents avec AT	Nb d'accidents avec IP*	Nb de décès
2002	805	35	0

*IP: incapacité permanente.

Évolution du nombre des AT et des IP consécutives dus au CO en fonction des années de 1995 à 2002.

	Nb d'accidents avec AT	Nb d'accidents avec IP	Nb de décès
2002	84	2	0
2001	64	1	1
2000	87	3	0
1999	114	4	0
1998	90	0	0
1997	86	1	1
1996	100	1	1
1995	74	1	0

TABLEAU X

TABLEAU XI

TABLEAU XII



dans un moteur. Suite à une carburation incomplète du carburant, par un mauvais ratio air/carburant, secondaire à la présence d'impuretés ou d'autres facteurs, les gaz d'échappement d'un engin à moteur à essence peuvent contenir de 0,1 à 10 % de CO (1 000 à 100 000 ppm) [33].

Les facteurs pouvant influencer la production de CO par un moteur thermique sont :

- le type et la qualité du carburant : l'essence est très productrice de CO, le propane moins et le diesel encore moins ;
- le type et la conception du moteur : les moteurs 4 temps sont moins producteurs que les deux temps. Le ratio air/carburant doit être adapté ;
- un bon réglage, un moindre degré d'usure et un bon entretien du moteur diminuent la production de CO ;
- le régime et la charge imposés au moteur modifient la production de CO ;
- la présence d'un dispositif de dépollution, ou épurateur catalytique, peut réduire de 99 % la présence de CO dans les gaz d'échappement [34].

Il faut noter que les phases de démarrage sont particulièrement polluantes. Lorsque le moteur est froid, la production de CO est beaucoup plus importante, il en est de même lorsque l'appareil fonctionne au ralenti.

Le *tableau XIII* présente des exemples de taux de production de CO par différents types d'engins (extrait du tableau 4 du rapport B061 de l'IRSSST [19]). Les petits engins à moteur 2 temps alimentés à l'essence sont proportionnellement les plus producteurs de CO, les moteurs quatre temps sont moins polluants en terme de CO, les moteurs au propane encore moins. Les moteurs diesels sont les plus propres en terme de production de CO.

La comparaison de la production de CO de différents engins à moteur met en évidence que les taux de production sont indépendants de la taille de l'appareil. Par exemple, une petite tronçonneuse à moteur essence 2 temps de 5 ch (qui produit 975 à 1 000 g/ch-h) pourrait émettre 5 kg de CO par heure, c'est-à-dire autant

qu'un chasse-neige à moteur diesel de 500 kW (qui produit de 3,5 à 6,5 g/kW-h).

Un nettoyeur HP (haute pression) à moteur essence de 11 ch (675 g/ch-h) pourrait produire 7 425 g de CO par heure de fonctionnement, c'est-à-dire 6,4 m³ de CO pur à 21° C, soit 640 m³ à 1 % de CO, concentration mortelle en 15 minutes, ou 76 800 m³ à 1 200 ppm, seuil considéré comme dangereux immédiatement pour la vie et la santé [11, 19].

MOTEUR THERMIQUE EN INTÉRIEUR ET CO

Le risque d'intoxication par le CO émis par des engins automobiles ou d'autres moteurs thermiques dans des espaces mal ventilés est connu depuis longtemps, mais une des premières études spécifiques de ce type d'intoxication par utilisation de petits engins à moteurs à essence en espace clos n'a été publiée qu'en 1993 dans le MMWR [35] (Morbidity and Mortality Weekly Report, édité par les Centers for Disease Control, États-Unis), qui rapporte une enquête faite par l'OHNAC (Occupational Health Nurses in Agricultural Communities) d'Iowa. À la suite du décès d'un fermier de 33 ans lors de l'utilisation d'un nettoyeur à jet d'eau haute pression alimenté à l'essence dans la section maternité de sa porcherie, un local bien isolé et non ventilé de 3 420 pieds carrés, l'OHNAC a enquêté sur cette pratique et a retrouvé plusieurs autres cas analogues d'intoxications sévères par utilisation de nettoyeurs haute pression alimentés à l'essence. L'article conclut que l'avertissement de non-utilisation dans un local en l'absence d'une ventilation adaptée est insuffisant. Mais le caractère « adapté » d'une ventilation ne pouvant être déterminé simplement, c'est donc l'utilisation en intérieur de ce type de machine qui doit être considérée et mentionnée comme dangereuse [35].

En 1996, le NIOSH lance une alerte sur l'utilisation de petits engins mus à l'essence et déconseille leur utilisation à l'intérieur de bâtiments ou d'espaces partiellement clos [36]. Le texte de l'alerte cite plusieurs

TABLEAU XIII

Taux de production de CO par différents types d'engins, en fonction de leur carburant (E : essence, D : diesel ou P : propane), de leur puissance et du type de moteur, d'après Baril [19].

TYPES D'ENGINS	Carburant	Puissance en hp	Moteur 2 ou 4 temps	CO émis en g/hp-h
Scies à chaîne	E	< 4	2	1 330
Scies à chaîne	E	> 4	2	975
Dameuses	D	3 à 4		5
Dameuses	E	3 à 4	4	380
Dameuses	E	3 à 4	2	925
Pompes	D	< 50		5
Pompes	E	< 50	4	675
Pompes	P	< 50	4	215

exemples de cas survenus entre 1992 et 1994 en reprenant deux des cas de l'étude de l'OHNAC d'Iowa.

Depuis, plusieurs études ont fait le point sur les concentrations de CO retrouvées lors de l'utilisation d'outils à moteur thermique à l'intérieur d'un local [29, 33].

Earnest et al. [33] (1997), à partir du cas de 2 ouvriers travaillant avec une scie à béton (concrete saw) de 5 CV dans une salle de bains avec porte ouverte et ventilation en marche, constatent une concordance entre les données de terrain et un modèle mathématique, sur une apparition de concentrations dangereuses de CO en quelques minutes. La conclusion de leur étude est qu'une amélioration des moteurs, diminuant la production de CO, n'empêchera pas les expositions et intoxications au CO en cas d'utilisation en intérieur.

Le contexte fréquemment professionnel est remarqué en 1998 par Hawkes et al. [29], qui, à partir des cas d'intoxications professionnelles au CO identifiés par le système de surveillance des intoxications au CO du Colorado, constatent également que quasiment tous les cas dus aux engins « non-automobiles » sont survenus en intérieur ou dans un espace fermé.

LES LOCAUX, LE CO ET LA VENTILATION

L'article du MMWR [35] note que l'adéquation de la ventilation d'un local à l'utilisation d'une machine donnée en fonction de sa production de CO n'est ni intuitive ni évidente, et ne peut être estimée d'une façon simple.

Certains appareils peuvent être très fortement producteurs de CO (76 800 m³ d'air à 1 200 ppm de CO à l'heure pour un nettoyeur HP de 11 ch), et l'utilisation de ces appareils dans des espaces insuffisamment ventilés peut amener rapidement à l'accident. La question se pose alors de savoir ce qu'est un espace suffisamment ventilé.

Des modèles mathématiques permettent de calculer les concentrations en fonction du volume du local, de sa ventilation et de la production de CO par un engin à moteur thermique [33, 37]. L'IRSST a développé un programme (macro sous Excel®) de simulation des concentrations en CO dans un local en fonction du volume du local (longueur, largeur, hauteur), du taux d'occupation (en %) du local, de la surface des ouvrants, de la liste des équipements utilisés et de leur taux d'émission de CO (en g/hp-heure) et de leur puissance (en horse-power), du taux de ventilation (si VMC) ou de la vitesse du vent (s'il s'agit d'une ventilation naturelle). Ce programme est disponible sur le site Internet de l'IRSST [37]. Cependant, en situation de terrain, l'utilisation de ces outils mathématiques par

de petites entreprises sur des chantiers temporaires paraît difficilement réalisable.

Les conclusions d'Earnest [33] quant aux besoins de ventilation sont radicales : un taux de renouvellement d'air de 120 volumes par heure est nécessaire pour maintenir une concentration en CO inférieure à 200 ppm, taux maximum admis par le NIOSH pour une brève période. Un taux de 60 ou 90 volumes/heure, ou des ouvrants naturels et un ventilateur, ne peuvent assurer une ventilation suffisante pour prévenir le risque d'intoxication au CO.

Cette notion avait déjà été prise en compte en France par la circulaire d'application n° 22 SS du 3 mai 1974 du décret n° 74-354 (tableau de maladie professionnelle n° 64 relatif à l'intoxication professionnelle par l'oxyde de carbone) [38] qui précise que, dans le cas de travaux exposant au CO émanant de moteurs à l'intérieur d'un local, la simple ouverture des portes et des fenêtres n'est pas suffisante pour assurer une ventilation correcte.

Certaines études insistent sur la non-connaissance du risque pris par les personnes impliquées dans de telles situations [36]. C'est dire l'importance des actions d'informations dans ce domaine.

La prévention des intoxications par les moteurs

TAUX DE CO : RECOMMANDATIONS ET RÉGLEMENTATIONS

Valeurs légales en France

Il existe en France deux références réglementaires pour le CO en milieu de travail. Une VME fixée par le ministère du Travail et la valeur citée dans les tableaux des maladies professionnelles des régimes général et agricole de la Sécurité sociale. Ces deux valeurs concernent le risque d'intoxication chronique et ne sont pas adaptées à la lutte contre les intoxications aiguës par accident faisant l'objet de cette étude.

La valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicative qui peut être admise dans l'air des locaux de travail est fixée à 50 ppm (55 mg/m³) pour une durée de 8 heures. Les règles d'interprétation des VME ont été précisées par le ministère du Travail. Si la valeur mesurée est inférieure à 30 % de la VME, aucune action spécifique n'est à envisager en dehors des contrôles réglementaires. Si les taux atmosphériques sont compris entre 30 et 70 % de la VME, un examen

des lieux de plus forte exposition, des contrôles de ventilation et un programme de suivi dans le temps sont à mettre en place. Si le taux atmosphérique est supérieur à 70 % de la VME, un examen détaillé des lieux avec mise en place d'actions correctives et de contrôles rapprochés est nécessaire. En cas de valeurs supérieures à la VME, la mise en place rapide d'actions correctives et de nouveaux mesurages jusqu'à obtention de résultats acceptables est de mise. Mais pour le CO, la VME n'est qu'indicative et l'obligation qui s'applique de fait au chef d'entreprise est beaucoup plus contraignante : assurer la sécurité des salariés.

Les tableaux des maladies professionnelles n° 64 du régime général et n° 40 du régime agricole fixent à 1,5 ml/100ml (environ 8 % HbCO) la valeur minimum du taux de CO sanguin pour la possibilité d'une reconnaissance de maladie professionnelle [17, 39]. Ce taux de 1,5 ml/100ml de CO sanguin fait référence de valeur guide française [16]. Il existe par ailleurs en France une réglementation applicable au CO extrêmement complexe, des textes très nombreux et variés peuvent s'appliquer en fonction des lieux (domicile, parcs de stationnement souterrains, patinoires, tunnels...) qu'il n'est pas possible d'étudier ici.

Valeurs à l'étranger

À l'étranger, en ce qui concerne les taux ambiants de CO au travail, il existe différents types de valeurs d'exposition admissibles : des valeurs de moyennes d'exposition (VME ou TWA, time-weighted average) pour la durée moyenne d'une journée de travail (8 heures), des valeurs pour une exposition de courte durée, généralement 15 minutes (STEL, short-term exposure limit) et des valeurs plafond, maximales à ne jamais dépasser. Par exemple, aux États-Unis, le NIOSH recommande un seuil de 35 ppm sur 8 h (TWA) et une valeur plafond (ceiling) de 200 ppm à ne pas dépasser. Un éventail de valeurs est présenté dans le [tableau XIV](#), extrait de la monographie de l'OMS sur le CO datant de 1999 [15] qui reprend des données de 1987 et 1993.

Une autre valeur seuil a été définie par le NIOSH, il s'agit du niveau de « danger immédiat pour la vie et la santé » (DIVS ou IDLH « Immediately Dangerous to Life or Health »). C'est la concentration maximale dont une personne peut s'échapper dans un délai de 30 minutes, sans protection et sans effets négatifs (taux pouvant entraîner la mort ou des séquelles) [19]. Il est fixé à 1 200 ppm [11]. Cette valeur seuil, très élevée par

TABLEAU XIV

Valeurs d'expositions au travail (VLEP) pour le CO dans différents pays (d'après ACGIH (1987) ; CEC (1993) cité par l'OMS [15])

	VME		STEL ⁽¹⁾		VALEURS PLAFONDS	
	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Autriche	33	30	-	-	-	-
Belgique	55	50	-	-	-	-
Brésil	43	39	-	-	-	-
Bulgarie	20	-	-	-	-	-
Chili	44	40	-	-	-	-
Chine	30	-	-	-	-	-
Taiwan	55	50	-	-	-	-
Tchécoslovaquie	30	-	-	-	150	-
Danemark	40	35	-	-	-	-
Égypte	-	100	-	-	-	-
Finlande	55	50	85	75	-	-
France	-	50	-	-	-	-
Hollande	55	50	-	-	-	-
Hongrie	20	-	100	-	-	-
Inde	55	50	440	400	-	-
Indonésie	115	100	-	-	-	-
Italie	55	50	-	-	-	-
Japon	55	50	-	-	-	-
Mexique	55	50	-	-	-	-
Pologne	20	-	-	-	-	-
Roumanie	30	-	50	-	-	-
Suède	40	35	120	100	-	-
Suisse	33	30	-	-	-	-
Royaume-Uni	55	50	440	400	-	-
États-Unis	-	25	-	400	-	200
Russie	33	30	-	-	20	-
Venezuela	55	50	-	-	440	400
Yougoslavie	58	50	-	-	-	-

(1) STEL = short term exposure limit

rapport aux autres types de seuils décrits, a été calculée en estimant le temps nécessaire à un travailleur pour pouvoir s'échapper sans séquelles d'un espace confiné (mine, tunnel, cuve...). Il ne s'agit là en aucun cas d'un seuil en dessous duquel une exposition de 30 minutes est autorisée, mais plutôt d'un seuil au-delà duquel sont importants les risques de décès ou de séquelles.

Il existe aussi des valeurs guides pour les taux sanguins ; pour HbCO, les seuils sont fixés à 3,5 % aux États-Unis (ACGIH) et au Québec, à 5 % en Allemagne, en Suisse et en Finlande [16].

Recommandations de l'OMS

L'OMS (IPCS INCHEM, EHC) a déterminé, en 1999, des recommandations [15] pour le CO. Le seuil en dessous duquel aucune toxicité n'est observée (NOAEL) a été déterminé pour HbCO à 2,5 %.

En fonction de ce NOAEL de 2,5 % de carboxyhémoglobine, l'OMS a ensuite déterminé des valeurs guides, concentrations atmosphériques moyennes pondérées par rapport au temps, applicables même si le sujet se livre à une activité physique légère ou modérée [15] :

- 100 mg/m³ (87 ppm) pendant 15 min ;
- 60 mg/m³ (52 ppm) pendant 30 min ;
- 30 mg/m³ (26 ppm) pendant 60 min ;
- 10 mg/m³ (9 ppm) pendant 8 heures.

Aucune valeur n'a été déterminée pour des expositions supérieures à 8 heures.

LA DÉMARCHE DE PRÉVENTION

Mesures de prévention suggérées ou expérimentées

Pour les intoxications par utilisation d'appareils à moteur thermique, la multiplicité des appareils sources possibles de CO et des situations dangereuses entraînent un grand éparpillement des cas d'intoxications et rend, de ce fait, difficile la mise en place de mesures de prévention ciblées [40, 41].

Des actions et campagnes d'information et de prévention consacrées spécifiquement à cette situation à risque ont été lancées en Amérique du Nord, en 1996 aux États-Unis et en 2001 au Québec [19, 36]. Des documents sont disponibles pour les travailleurs et pour les préventeurs, au format papier et/ou sur Internet, sur la dangerosité du CO en général ou sur les situations spécifiques telles que l'utilisation d'engins à combustion en espaces couverts.

En 2001, à la demande de la Commission de la

santé et de la sécurité au travail (Québec) et dans le cadre d'actions de prévention, l'Institut de recherche Robert Sauvé de santé et sécurité au travail (IRSST) publie le dossier B-061 « bilan de connaissances : la prévention des accidents causés par le monoxyde de carbone lors de l'utilisation des petits équipements actionnés par des moteurs à combustion interne » [19].

Des campagnes ciblées à l'attention des loueurs de matériel ont été suggérées [19] ou réalisées [42].

L'adaptation de la ventilation est une solution utilisée lorsqu'il existe une production de CO dans un espace confiné. C'est par exemple le cas dans les ouvrages souterrains ou couverts soumis à la circulation automobile. Cette ventilation nécessite des débits importants, par exemple pour les parkings souterrains la réglementation prévoit un débit de 600 m³ par heure et par véhicule [42, 43]. Earnest [33] estime que la ventilation par dilution est relativement peu efficace.

La survenue de nombreux accidents d'intoxications dans les parkings, attestée par les dossiers du LCPP, rappelle, d'une part, qu'une ventilation adaptée à la production de CO émanant des véhicules est inadaptée à l'utilisation prolongée d'un engin à moteur, d'autre part, qu'une ventilation mécanique peut ne pas être en état de fonctionnement à l'insu des utilisateurs.

Le raccordement des gaz d'échappement pour évacuation extérieure est utilisé pour les foyers, fours, chaudières, etc., et dans certains cas d'appareils fixes tels que les compresseurs ; cela est également utilisé dans les ateliers de réparation automobile où un tuyau d'aspiration est fixé sur le pot d'échappement des véhicules. Cette solution n'est pas recommandée par les Centers for disease control and prevention (CDC) [35] dans l'étude sur les nettoyeurs haute pression (qui sont des engins déplaçables) car considérée comme non pratique et non fiable (risque de fuite).

Une des solutions pour la réduction du risque passe par la réduction des émissions de CO par les moteurs à combustion. Ceci peut se faire par la modification des carburants utilisés (amélioration de l'essence, utilisation de fuel, de propane), la modification des types de moteurs (remplacer les deux temps par des quatre temps), la modification de la carburation au sein du moteur, le traitement des gaz d'échappement (oxydation...).

Certains types de carburants sont beaucoup moins producteurs de CO, tels le diesel ou le gaz par rapport à l'essence, et la substitution a été proposée pour la diminution des risques. Cependant, des intoxications sont rapportées même avec ces combustibles peu producteurs de CO. Les moteurs à combustion sont des producteurs de CO et le caractère mobile des engins leur permet d'être utilisés dans des endroits non adaptés. Cette démarche de substitution diminue mais ne supprime pas le CO, donc l'exposition et le risque persistent [33].

Des technologies pour réduire les émissions de polluants par les moteurs thermiques sont disponibles et sont appliquées par exemple par l'industrie automobile, mais ces technologies ne sont pas toujours applicables aux petits engins à moteur, pour des raisons financières ou techniques.

L'utilisation d'engins électriques ou pneumatiques est une solution souvent préconisée.

Actions actuellement en cours en France

Bien que l'équation « petit engin à moteur thermique + espace confiné = intoxication oxycarbonée » soit identifiée depuis de nombreuses années et certainement bien évidente pour de nombreux professionnels, elle mériterait d'être plus systématiquement mise en exergue et développée dans tous les documents traitant de la prévention du risque d'intoxication au CO [34, 44 à 46].

Les mentions les plus explicites et détaillées de la dangerosité de l'utilisation incorrecte (à l'intérieur de locaux) de moteurs thermique fixe ou mobile et des

précautions à prendre ont été retrouvées sur le site Internet de la DRASS d'Ile-de-France [42].

La prévention de ces intoxications dont le risque est connu depuis longtemps, mais est peut-être sous-estimé, semble souffrir d'un défaut d'information aussi bien en population professionnelle qu'en population générale. Ceci est peut-être dû au fait que parmi les intoxications au CO ce type d'accident est minoritaire et au niveau statistique national « écrasé » par les accidents domestiques par défectuosité d'appareils de chauffage ou de chauffe-eau fonctionnant au gaz.

Le Plan national santé environnement (PNSE) 2004-2008 [47] définit certaines priorités dont la prévention des pathologies d'origine environnementale. Les intoxications au CO sont clairement définies comme une priorité et l'objectif affiché est : « Réduire de 30 % la mortalité par intoxication au monoxyde de carbone à l'horizon 2008. »

L'avis du CSHPF, section des milieux de vie, relatif à la surveillance et à la prévention des intoxications par le CO, séance du 12 décembre 2002 [48], recommande que « soit au plus tôt développé un système de surveillance des intoxications par le monoxyde de car-

ENCADRÉ 1

À PROPOS DE LA CIRCULAIRE INTERMINISTÉRIELLE DGS/7 C N°2004-540 DU 16 NOVEMBRE 2004 ET DGS/SD7C/DDSC/SDDCPR RELATIVE À LA SURVEILLANCE DES INTOXICATIONS AU MONOXYDE DE CARBONE ET AUX MESURES À METTRE EN ŒUVRE

Toutes les données disponibles de mortalité (données INSERM) ou de morbidité (données du programme de médicalisation du système d'information (PMSI), enquête annuelle DGS, enquêtes locales, enquêtes des centres antipoison) sont issues de dispositifs peu sensibles et ont donc plutôt tendance à sous-estimer l'ampleur du problème. Cela s'explique en partie par le caractère insidieux et progressif des signes qui retarde la perception d'un état pathologique par le patient et qui rend difficile le diagnostic pour les médecins. En outre, la définition des cas varie d'un dispositif à l'autre, selon les sources de données. C'est pourquoi le Gouvernement a souhaité mettre l'accent sur les moyens nécessaires à une diminution du nombre de décès et d'hospitalisations dus au monoxyde de carbone. Sur la base des objectifs de la loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004, le plan national santé-environnement (PNSE), adopté en juin, prévoit une réduction de 30 % de la mortalité par intoxication oxycarbonée à l'horizon 2008 reposant sur trois axes d'actions : la mise en place d'un nouveau dispositif de surveillance, un renforcement de la réglementation et des campagnes de prévention et d'information du public. La Direction générale de la santé (DGS) a donc décidé de réformer le système déclaratif des intoxications qui reposait jusqu'ici sur la circulaire du 19 mars 1985. En mai 2001, une mission a été confiée à un groupe de travail du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) afin d'élaborer un nouveau dispositif de surveillance des intoxications oxycarbonées. Ce groupe a élaboré un rapport qui a été approuvé par le CSHPF par avis du 12 décembre 2002.

Le rapport du CSHPF prévoit non seulement le signalement des intoxications avérées ou soupçonnées, mais aussi le signalement des situations à risque d'exposition au monoxyde de carbone donc de danger potentiel. Le repérage des situations à risque est en effet important pour la prévention des intoxications, notamment des récidives. Cependant, des réunions préparatoires ont conclu à limiter, dans un premier temps, la surveillance aux intoxications avérées ou soupçonnées, la surveillance des situations à risque nécessitant au préalable la mise en place d'un groupe de travail

national en vue de l'établissement des mesures et procédures nécessaires au dépistage du danger d'exposition. En fonction des conclusions de ce groupe de travail, la surveillance des situations à risque sera également expérimentée puis généralisée au plan national. Un nouveau dispositif de surveillance des intoxications au monoxyde de carbone a été expérimenté dans deux régions pilotes, l'Aquitaine et les Pays de la Loire du 1^{er} janvier 2004 au 31 décembre 2004. En raison du fort investissement et du travail efficace des deux régions pilotes, une première évaluation de l'expérimentation a permis d'apporter des modifications à ce nouveau système (notamment au niveau de l'organisation du système et des formulaires d'enquête).

L'objet de cette circulaire est donc de décrire ce nouveau dispositif de surveillance des intoxications par le monoxyde de carbone et de préciser le rôle des différents acteurs. Ce système remplace celui fixé dans la circulaire du 19 mars 1985 précitée qui est abrogée.

Le dispositif décrit dans cette circulaire a pour but :

- l'information à visée préventive immédiate : afin d'isoler la personne intoxiquée de la source de monoxyde de carbone et prévenir les récidives par la gestion du risque dans l'habitat (enquête, travaux...);
- l'information à visée épidémiologique : afin de calculer au niveau local et national l'incidence des intoxications et évaluer la nature des situations d'exposition dans le but de concevoir des mesures collectives de santé publique ;

Il consiste à ce que toute personne ayant connaissance d'un cas avéré ou soupçonné d'intoxication oxycarbonée informe la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (DDASS) ou le Service communal d'hygiène et de santé (SCHS) ou le Centre antipoison (CAP).

La DDASS est chargée de recenser toutes ces situations quelle que soit la cause de l'intoxication : domestique ou professionnelle, véhicule, suicide ou incendie. La DDASS ou le CAP devront

bonne reposant sur un recueil continu des données et couvrant le territoire national. »

Ce nouveau système de surveillance des intoxications par le CO, piloté par l'InVS, est actuellement mis en place pour être opérationnel en janvier 2005 sur tout le territoire national (circulaire DGS/SD7C n° 623 du 24 décembre 2003). Il reposera sur les mêmes acteurs que précédemment (DDASS, CAP, etc.) mais les circuits et supports des informations ont été revus. Une fiche technique détaillée sur les cas d'intoxication est mise en œuvre pour permettre de mieux cerner le détail de ces cas. Un meilleur suivi dans le temps des cas d'accidents avec remontées des résultats des enquêtes techniques et du suivi épidémiologique des victimes est mis en place. Une circulation de l'information par Internet permettra une meilleure remontée des données, mais aussi une redescende d'informations vers les acteurs du système. Un groupe de travail national a été mis en place (arrêté du 9 juin 2004, *Journal Officiel* du 24 juin 2004), comprenant des représentants des ministères de l'Économie, de l'Intérieur, de la Santé et de l'Équipement, des représentants des SAMU, SDIS, CAP, DDASS, DRASS, CIRE

(Cellules inter-régionales d'épidémiologie d'intervention), LCPP, de la médecine légale et des services communaux d'hygiène et de santé. Des groupes de travail régionaux ont également été mis en place. Ce système est actuellement effectif dans deux régions pilotes, l'Aquitaine et les Pays de la Loire (cf encadré 1).

Conclusion

L'étude des dossiers du LCPP permet d'orienter les propositions de prévention en les ciblant sur les types de matériels et les types d'entreprise à risque.

Les sources possibles de CO (les engins à moteur) semblent être la cible de prévention la plus facile à atteindre. En particulier, les engins utilisés dans les travaux de type BTP et nettoyage, retrouvés dans 80 % des accidents étudiés, sont à encadrer plus étroitement. Les engins de location sont fréquemment retrouvés dans les dossiers du LCPP ; les loueurs de matériels devraient

déclencher l'enquête médicale sur la prise en charge des victimes (les régions décideront de l'organisation de ce système).

La DDASS ou le SCHS réaliseront l'enquête environnementale : celle-ci ne concernera que les situations pour lesquelles une cause environnementale est établie (incendies, suicides et milieux professionnels exclus).

Les données recueillies seront saisies par les SSE et les SCHS (enquêtes environnementales) et par le MISP et le CAP (enquêtes médicales) au moyen d'une application informatique accessible par Internet ; un mot de passe sera attribué par l'institut de veille sanitaire (InVS) à chaque usager pour accéder à l'application.

Il convient de noter les cas particuliers des départements de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. En effet, pour ces départements, le Laboratoire central de la préfecture de police procède aux enquêtes environnementales dans les cas d'intoxications professionnelles ou domestiques (incendies et suicides exclus).

L'ensemble des données environnementales et médicales enregistrées dans la base de données nationale fera par la suite l'objet d'une exploitation épidémiologique par l'InVS.

Outre les services précités (DDASS, SCHS et CAP), les cellules interrégionales d'épidémiologie d'intervention (CIRE), les centres hospitaliers et les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) sont particulièrement concernés par ce nouveau dispositif. Les services de médecine légale seront également associés afin d'affiner le taux de létalité.

Ces acteurs seront regroupés dans un groupe de travail régional chargé du suivi de la lutte contre les intoxications oxycarbonées et du suivi de la mise en place du présent dispositif de surveillance. Ce groupe régional animera le réseau des partenaires locaux impliqués dans la prévention des intoxications oxycarbonées. La présidence de ce groupe de travail sera assurée par le directeur de la DRASS ou son représentant, son secrétariat sera assuré par le service santé-environnement de la DRASS.

Des groupes de travail départementaux pourront être mis en place

pour l'organisation locale du nouveau système. Ils seront animés par la DDASS.

Le groupe de travail national « intoxications oxycarbonées » du CSHPF, créé par arrêté ministériel du 9 juin 2004, est quant à lui chargé de coordonner la lutte contre les intoxications oxycarbonées et d'appuyer techniquement les groupes de travail régionaux.

La mise en place du système de surveillance devra comporter une action de niveau national de sensibilisation et de mobilisation des relais et partenaires. L'information et la communication avec les partenaires locaux seront effectuées par les acteurs de la lutte contre les intoxications oxycarbonées au plan local.

Par ailleurs, au niveau national, la campagne interministérielle de prévention et d'information sur les intoxications oxycarbonées devrait permettre de sensibiliser les différents acteurs du système.

De manière à faciliter la mise en place de ce nouveau système de surveillance, un représentant doit être désigné dans chaque région qui assurera la coordination entre le niveau national (DGS - InVS) et le niveau local (DDASS - CAP - SCHS).

Un schéma descriptif et des fiches explicatives sont joints à la circulaire, et en annexe :

- l'avis du CSHPF du 12 décembre 2002 relatif à la surveillance des intoxications par le monoxyde de carbone (publié au *Bulletin officiel* n° 2003-12 du 17 au 23 mars 2003) ;
- le modèle de lettre d'information aux personnes concernées ;
- les formulaires A à E composant le dossier déclaratif ;
- un bilan de l'enquête nationale sur les intoxications oxycarbonées pour l'année 2002 : principaux résultats.

Pour les départements de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne, les fiches explicatives jointes à la présente circulaire devront être adaptées pour tenir compte du rôle du Laboratoire central de la préfecture de police.

être une des cibles prioritaires des actions d'information. De telles actions ciblant les loueurs de matériels ont déjà été proposées à l'étranger [19, 35]. En France, des actions ont déjà été réalisées par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) [42].

La population à cibler pour des actions de prévention, en particulier des campagnes d'information, serait constituée préférentiellement par les entreprises œuvrant dans le domaine du BTP ou du nettoyage. Au sein de ces entreprises, les « chefs de chantier » qui déterminent l'organisation des chantiers et les « ouvriers » et « employés » doivent être la cible d'informations spécifiques et adaptées à ces publics. Le message de prévention se doit d'être simple et concret pour être efficace. La connaissance de la dangerosité du CO est établie depuis très longtemps. Malgré cela, le CO reste un grand méconnu non seulement du grand public, y compris le public des entreprises, mais aussi des médecins [24]. Dans la démarche de prévention des accidents dus à l'utilisation d'engins à moteur thermique, une piste serait d'insister, plus que sur le CO lui-même, sur la toxicité des gaz d'échappement. Les propriétés visuelles, odorantes et irritantes de ces émanations les rendent perceptibles aux sens et leur nocivité est plus communément connue ou admissible au sens commun du plus grand nombre. Un message insistant sur la dangerosité des gaz d'échappement à l'intérieur d'un local, quelles que soient sa taille, ses ouvertures ou sa ventilation semble plus concret qu'un message à propos d'un produit « invisible ». Ce message devrait également comporter la description des manifestations cliniques devant faire penser à un début d'intoxication par le CO ainsi que la conduite à tenir. En cas d'accident, l'intervention des sapeurs-pompiers est quasi systématique, ce qui semble logique étant donné les risques d'incendie et d'explosion et ce qui semble être un facteur positif ; leur action est très hiérarchisée et standardisée et semble relativement optimisée.

D'une façon plus générale, la prévention de ces intoxications passe par la mise en œuvre de la démarche habituelle d'évaluation et de maîtrise des risques professionnels. L'évaluation de ce risque devrait être envisagée systématiquement dans toutes les entreprises ayant à entreprendre des travaux nécessitant l'utilisation d'engins à moteurs thermiques à l'intérieur de locaux. Si cela est possible, la substitution par des engins pneumatiques ou électriques doit être privilégiée, sinon le choix de moteurs moins polluants doit permettre de réduire le risque (changement ou amélioration des carburants, amélioration des moteurs, meilleur entretien et réglage...). Lorsque cela est possible le moteur de l'engin devrait être situé à l'extérieur du local ; à défaut, les gaz d'échappements devraient être captés à la source. La ventilation générale doit être suffisante pour éviter l'accumulation du CO, sans oublier les limites de cette mesure, le renouvellement d'air nécessaire pouvant atteindre 120 volumes par heure. La surveillance de l'atmosphère de travail utilisant des appareils de détection du CO ambiant est une mesure complémentaire à généraliser ; la recommandation officielle d'une VLEP serait utile dans ces situations.

L'organisation du travail doit viser à limiter et la production du CO et l'exposition des salariés lorsque celle-ci ne peut être complètement évitée, au besoin en modulant les durées de fonctionnement des engins et les durées d'exposition des salariés. Il faut rappeler que le port d'appareils de protection respiratoire doit être réservé à des situations exceptionnelles d'intervention urgente en atmosphère polluée. La formation et l'information des acteurs comme cela a déjà été décrit restent des éléments préalables et essentiels à la mise en œuvre et au respect de mesures de prévention adaptées.

Le rôle du service de santé au travail et notamment celui du médecin du travail est primordial dans la mise en œuvre de la prévention des accidents d'intoxication au CO d'origine professionnelle.

Bibliographie

- | | | |
|--|---|--|
| [1] Google®. (http://www.google.fr). | [5] LEIKAUF GD, PROWS D – Inorganic compounds of Carbon, Nitrogen, and Oxygen. In : Bingham E (ed), Cohns B (ed), Powell CH (ed) - Patty's toxicology. Volume 3. Fifth edition. New York : John Wiley & Sons ; 2001 : 607-730, 862 p. | [7] HALDANE J – The action of carbonic oxide in man. <i>J Physiol</i> , 1895 ; 18 : 430-62. |
| [2] Pubmed®. (www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed). | [6] Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to carbon monoxide. HSM 73-11000. Cincinnati : NIOSH ; 1972. | [8] Carbon monoxide. 2000 (ecb.jrc.it/IUCLID-Data-Sheet/630080.pdf). |
| [3] Toxnet®. (www.toxnet.nlm.nih.gov/). | | [9] BRONDEAU MT, CLAVEL T, FALCY M, JARGOT D ET AL. – Oxyde de carbone. <i>Fiche toxicologique</i> FT 47. Paris : INRS ; 1996 : 6 p. |
| [4] Statistiques nationales des accidents de travail, des accidents de trajet et des maladies professionnelles. Remarques. Année 2002. Paris : CNAMTS ; 2004 ; 2 volumes : 548p, 40 p. | | [10] Directive 96/54/CE de la Commission du 30 juillet 1996, portant 22 ^e adaptation au progrès technique de la direc- |

tive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. *J Off Communautés Eur*. 1996 ; (L248), 30 septembre 1996 : 1-230.

[11] NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Carbon monoxide. (www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0105.html)

[12] **CHIRON M** – Intoxication oxycarbonée, intoxication par le gaz carbonique. Encyclopédie médico-chirurgicale. Toxicologie, pathologie professionnelle 16-002-B-50. Paris : Éditions scientifiques et médicales Elsevier ; 1996 : 5 p.

[13] Les intoxications au monoxyde de carbone, avril 2005. (www.sante.gouv.fr/html/dossiers/intox_co/intox7.htm)

[14] Surveiller les intoxications dues au monoxyde de carbone, 2001. (www.sante.gouv.fr/html/dossiers/intox_co/rapport_cshpf.pdf)

[15] Carbon monoxide. Environmental Health Criteria 213. Geneva : WHO ; 1999 : 464 p.

[16] Oxyde de carbone. In BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages de toxiques industriels, 2004. (www.inrs.fr/biotox)

[17] Intoxication professionnelle par l'oxyde de carbone (RA 40). In : Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole. (www.inrs.fr/mp/)

[18] **GIRARD S, BARLAT T, BOTTA A** – Effets sur la santé de l'exposition au monoxyde de carbone. *Rev Med Trav*, 1998 ; 25 (3) : 162-66.

[19] **BARIL M, BEAUDRY C** – La prévention des accidents causés par le monoxyde de carbone lors de l'utilisation des petits équipements actionnés par des moteurs à combustion interne. Bilans de connaissances. Rapport B-061. Montréal : IRSST ; 2001 : 34 p.

[20] **ERNST A, ZIBRAK JD** – Carbon monoxide poisoning. *N Eng J Med*, 1998 ; 339 (22) : 1603-08.

[21] **VON BURG R** – Carbon monoxide. *J Appl Toxicol*, 1999 ; 19(5) : 379-86.

[22] **CONSO F** – Monoxyde de carbone (oxyde de carbone). In Bismuth C, Baud F, Conso F, Dally S et al. - Toxicologie clinique. 5^e édition. Paris : Médecine-Sciences Flammarion ; 2000 : 728-35, 1092 p.

[23] Oxyde de carbone. In : Lauwerys, R.R - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 4^e édition. Paris : Masson ; 1999 ; 562-88, 961 p.

[24] **SANFAÇON G** – Monoxyde de carbone : un danger insoupçonné du 21^e siècle. *Bull Inf Toxicol*, 1998 ; 14(4) : 3-6.

[25] 1^{re} conférence européenne de

consensus sur la médecine hyperbare, 1994. (www.medsubhyp.com/site/conferences/Tre_conf_lille.pdf).

[26] **ANNANE D, RAPHAEL JC** – Indications de l'oxygénothérapie hyperbare dans les services d'urgence. *Réanimation*, 2002 ; 11(7) : 509-15.

[27] **MATHEU D, MATHEU-NOLF M, WATTEL F** – Intoxication par le monoxyde de carbone : aspects actuels. *Bull Acad Natl Med*, 1996 ; 180(5) : 965-71, discussion 972-3.

[28] La Préfecture de Police au service des Parisiens 24h/24. www.prefecture-police-paris.interieur.gouv.fr/.

[29] **HAWKES AP, McCAMMON JB, HOFFMAN RE** – Indoor use of concrete saws and other gas-powered equipment. Analysis of reported carbon monoxide poisoning cases in Colorado. *J Occup Environ Med*, 1998 ; 40(1) : 49-54.

[30] Rapport sur les intoxications par le monoxyde de carbone, 2000. (www.chru-lille.fr/cap/pro2cap.htm)

[31] Plan National Santé Environnement, Rapport final de la commission d'orientation, 2004. (www.afsse.fr/documents/Rapport_Final_PNSE.pdf)

[32] **LECLERC JL, LEDOYEN D** – Chapitre V L'intoxication oxycarbonée en région parisienne en 1999. (www.prefecture-police-paris.interieur.gouv.fr/circuler/pollution/fichiers/%5Fword/chapitre5.doc)

[33] **EARNEST GS, MICKELSEN RL, McCAMMON JB, O'BRIEN DM** – Carbon monoxide poisoning from small, gasoline-powered, internal combustion engines : just what is a « well-ventilated area »? *Am Ind Hyg Assoc J*, 1997 ; 58(11) : 787-91.

[34] **ENIALBERT P, HURÉ P, GOASGUEN JP** – Moteurs diesel et pollution atmosphérique en espace confiné. Note documentaire ND 1704. *Cah Notes Doc - Hyg Séc Trav*. 1988 ; (133), 4^e trimestre 1988 : 649-65 (mise à jour non encore publiée).

[35] Unintentional Carbon Monoxide Poisoning from Indoor Use of Pressure Washers - Iowa, January 1992-January 1993. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 1993 ; 42(40) : 777-79, 785 p.

[36] **EHLERS JJ, McCAMMON JB, O'BRIEN D, EARNEST GS ET AL** – Preventing carbon monoxide poisoning from small gasoline-powered engines and tools. NIOSH/CDPHE/CPSC/OSHA/EPA Alert. DHHS (NIOSH) Publication 96-118 + 96-118a. Cincinnati : NIOSH ; 1996 : 15 p.

[37] Simulateur de concentrations de monoxyde de carbone émis par les petits équipements motorisés. (www.irsst.qc.ca/files/documents/fr/Utilitaires/SIM-CO.XLT)

[38] Un nouveau tableau de maladie professionnelle. Décret n°74-354 du 26 avril

1974 complétant les tableaux de maladies professionnelles annexés au décret n° 64-2959 du 31 décembre 1946 (*JO* du 3 mai 1974) et circulaire n°22 SS du 3 mai 1974 (non parue au *JO*). Note documentaire ND 920. *Cah Notes Doc - Hyg Séc Trav*, 1974 ; (76) ; 3^e trimestre 1974 : 439-41.

[39] Intoxication professionnelle par l'oxyde de carbone (RG 64). In : Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole. (www.inrs.fr/mp/)

[40] **LOFGREN DJ** – Occupational carbon monoxide poisoning in the State of Washington, 1994-1999. *Appl Occup Environ Hyg*, 2002 ; 17(4) : 286-95.

[41] **LOFGREN DJ** – Occupational carbon monoxide violations in the State of Washington, 1994-1999. *Appl Occup Environ Hyg*, 2002 ; 17(7) : 501-11.

[42] Santé Environnement. DDASS et DRASS d'Ile de France. (ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/index_se.htm)

[43] Circulaire DGS-VS 3 n° 99-329 du 8 juin 1999 relative aux recommandations du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, section milieu de vie, sur la qualité de l'air dans les ouvrages souterrains ou couverts. *Bull Off Solidar Santé*. 1999 ; (99/25), 10 juillet 1999 : 163-64

[44] Pollution : Les nuisances des chariots automoteurs. Prévention au quotidien. Questions-réponses. *Trav Sécur*. 1996 ; (554) ; novembre : 57.

[45] Werle R 6 Équipements à jets d'eau sous haute et très haute pression. 1. Équipements avec accessoires de projection guidés ou positionnés manuellement. Édition INRS ED 784. Paris : INRS ; 1995 : 88 p.

[46] **AUMAS M, SCHEMM S** – Chariots automoteurs de manutention. Manuel de conduite. 2^e édition. Édition INRS ED 766. Paris : INRS ; 1997 : 35 p.

[47] Plan national Santé Environnement 2004 2008. (www.sante.gouv.fr/html/dossiers/pnse/rapport.pdf)

[48] Avis relatif à la surveillance et à la prévention des intoxications par le monoxyde de carbone, 2002. (www.sante.gouv.fr/html/dossiers/intox_co/intox8.htm - avis)