

**LES RISQUES
D'INTOXICATION AU
MONOXYDE DE CARBONE
ASSOCIÉS AU
DYNAMITAGE EN MILIEU
HABITÉ**

**Direction des risques biologiques, environnementaux et
occupationnels**

Institut national de santé publique du Québec

Septembre 2000

Cet avis a été rédigé par le sous-comité CO/dynamitages du comité provincial sur la prévention des intoxications par le monoxyde de carbone de la Table nationale de concertation en santé environnementale (TNCSE).

AUTEURS

Louise Galarneau, M.D., M.Sc., M.A.P.
Médecin-conseil
Responsable du sous-comité CO/dynamitage
Coordonnateur Santé au travail et environnementale
Direction de la Santé Publique de l'Estrie

Richard Martel, ing. Ph.D.
Ingénieur-géologue
Professeur
INRS-Géoressources

Benoît Lévesque, M.D., M.Sc., FRCP (C)
Médecin conseil
Santé environnementale
Direction de la Santé Publique de Québec

Guy Sanfaçon, Ph.D.
Pharmacologue-Toxicologue
Conseiller scientifique
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut National de Santé Publique du Québec

Denis Gauvin, M.Sc (Env)
Conseiller Scientifique
Santé environnementale
Direction de la Santé Publique de Québec

Pierre Auger, M.D., FRCP (C)
Médecin – conseil
Santé au Travail
Direction de la Santé Publique de Montréal-Centre

Cet avis a bénéficié des commentaires de M. Jean-Marc Leclerc (INSPQ), secrétaire de la TNCSE ainsi que des autres membres du comité provincial CO.

*Ce document est disponible en version intégrale sur le site Web de l'INSPQ : <http://www.inspq.qc.ca>
Reproduction autorisée à des fins non commerciales à la condition d'en mentionner la source.*

CONCEPTION GRAPHIQUE

Bellemare Communication Visuelle

SANTECOM <http://www.santecom.qc.ca>

COTE : P 14,935

DÉPÔT LÉGAL - 3^E TRIMESTRE 2000

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA

ISBN 2-550-36935-1

TABLE DES MATIÈRES

<i>INTRODUCTION</i>	4
<i>1. PROBLÉMATIQUE</i>	5
<i>2. ÉTAT DES CONNAISSANCES</i>	5
<i>3. L'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE</i>	7
<i>4. MÉCANISMES DE PRODUCTION ET DE PROPAGATION DU MONOXYDE DE CARBONE LORS DU DYNAMITAGE</i>	10
<i>5. PORTRAIT COMPARATIF DES CINQ ÉVÉNEMENTS QUÉBÉCOIS DE LA DERNIÈRE DÉCENNIE</i>	11
<i>CONCLUSION</i>	13
<i>ANNEXE 1</i>	15
1. Résumé de l'incident d'Aylmer, février 1991	16
2. Résumé de l'incident de Beauport, avril 1995	18
3. Résumé de l'incident de Rivière-du-Loup, novembre 1998	20
4. Résumé de l'incident de Rock Forest, mars 2000	21
5. Résumé de l'incident de Rock Forest, juillet 2000	23

INTRODUCTION

Depuis dix ans au Québec, des incidents entraînant des intoxications au CO ont été rapportés suite à des dynamitages en milieu habité (voir annexe 1). Bien que ces événements n'aient pas entraîné de décès, plusieurs personnes ont été suffisamment affectées pour nécessiter un traitement en chambre hyperbare.

Le dernier cas survenu (juillet 2000) a soulevé de nouvelles interrogations quant à la fréquence et à la portée réelle de ces événements. C'est dans ce contexte que l'Institut national de santé publique soumet au Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) le présent avis scientifique.

Cet avis fait d'abord état des connaissances sur les cas d'intoxication au CO reliés aux dynamitages en milieu habité puis présente brièvement la physiopathologie de l'intoxication au CO. Des hypothèses sur le processus de formation du CO lors du dynamitage et sur sa dispersion dans le sol sont ensuite émises. Un tableau résumant les cinq incidents répertoriés au Québec permet, par la suite, de vérifier les aspects communs entre les différents événements. Ce premier niveau d'analyse devrait permettre de proposer des mesures intérimaires pouvant être appliquées selon le cas par les entrepreneurs ou par les résidents vivant à proximité de lieux de dynamitage de manière à prévenir de nouveaux incidents pouvant avoir des conséquences importantes sur la santé de la population.

1. PROBLÉMATIQUE

Au cours des dix dernières années, un lien a été établi à cinq reprises au Québec entre des intoxications au CO et des travaux de dynamitages réalisés à proximité de résidences. Toutefois, lors de ce type d'événement, le lien de cause à effet est souvent difficile à établir étant donné la multitude d'autres causes possibles d'intoxication au CO : présence d'un ou de plusieurs appareils utilisant un combustible fossile (huile, gaz naturel, propane, bois, kérosène...), intoxication volontaire, etc.

Compte tenu du nombre élevé d'opérations de dynamitage effectuées en milieu résidentiel chaque année au Québec (au-delà de mille), il est possible de croire que le nombre réel d'intoxications associées à ces travaux a été sous-estimé. En effet,

- l'intoxication au CO de façon générale est peu spécifique et il est bien connu qu'elle passe souvent inaperçue;
- bien qu'elle soit une maladie à déclaration obligatoire (MADO), l'intoxication au CO est peu déclarée par les médecins consultés ou par les laboratoires ;
- le lien entre les signes d'intoxication au CO et le dynamitage en milieu résidentiel est méconnu.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Il existe très peu de données dans la littérature relativement à la contamination domiciliaire au CO suite à des travaux d'excavation réalisés avec des explosifs. Dougherty *et al.*¹ ont décrit un incident survenu dans un comté au sud-est de la Pennsylvanie. En 1988, suite à des travaux pour la mise en place d'un réseau d'égouts, 2 enfants ont été hospitalisés en raison d'une intoxication sévère au CO. Quatre maisons ont alors été investiguées. L'air de trois habitations sur quatre était contaminé par des niveaux élevés de CO allant jusqu'à 2000 ppm. On a également noté la présence

¹ Dougherty F, Loyle FT, Kunz J, Felleisen LK. An environmental case study involving carbon monoxide infiltration of nearby residences during sewer trenching. Proceedings of Indoor Air 90, Toronto, Canada. 1990; 3 :753-758.

significative de méthane (CH₄). Fait intéressant, dans l'autre résidence équipée d'un système de contrôle du radon, on ne détectait pas de CO. Le produit utilisé dans ce cas comme explosif, est un composé à base de nitrate d'ammonium et d'huile. Les charges ont été posées sous une couche de dépôts meubles favorisant le confinement des gaz. Après une importante investigation, les auteurs ont conclu que les explosifs étaient la source de la contamination.

Dans un bulletin d'information du ministère de la Santé de l'Ontario, les autorités de la municipalité de Hamilton ont rapporté que des occupants d'une résidence de leur municipalité se sont plaints d'étourdissements et de malaises après des travaux pour installer un réseau d'égouts à proximité de leur habitation. Dans la maison des plaignants, les concentrations de CO étaient de 126 ppm, et on a noté des niveaux de CO anormalement élevés dans 3 autres résidences. Les responsables ont cru que la contamination était due aux explosifs utilisés pour les excavations et que le CO avait suivi les drains d'évacuation des égouts des maisons adjacentes aux travaux².

En mars 1998, le National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) américain émettait une note d'identification de danger (Hazard ID) concernant les possibilités d'exposition au CO secondaire à l'utilisation d'explosifs dans un chantier de construction³. Cette note faisait suite à un incident survenu dans le cadre de la construction d'un réseau d'égout ayant impliqué trois travailleurs de la construction aux États-Unis. Peu de temps après le dynamitage, un travailleur était dépêché dans un trou d'homme de 12 pieds de profond. En quelques minutes, il s'évanouit. Deux de ses collègues pénétrèrent alors dans l'espace clos dans l'espoir de le secourir. Un premier réussit à extirper le travailleur de sa fâcheuse position mais s'évanouit à la surface, le second y est décédé⁴. On a mesuré 1 905 ppm de CO dans le trou d'homme, une concentration nettement plus élevée que celle considérée dangereuse par le NIOSH (Immediately dangerous to life and health (IDLH), de 1 200 ppm) (NIOSH, 1997). Un monitoring subséquent a montré une diminution progressive

² Regional municipality of Hamilton-Westworth teaching health unit. Carbon monoxide incident in Hamilton-Westworth. Public health and epidemiology report. Ontario. 1995; 6:239-241.

³ National Institute of Occupational Safety and Health. Hazard ID, Carbon monoxide poisoning and death after the use of explosives in a sewer construction project. NIOSH, DHHS Publication. 1998; 98-122.

des concentrations sur une période de 8 jours. Cet accident a démontré comment le CO généré par les explosifs pouvait migrer sous terre et s'accumuler dans les espaces clos.

3. L'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE

Le CO est un gaz inodore, incolore, sans goût et non irritant. Il ne peut donc être détecté par les sens. Sa densité est voisine de celle de l'air (0,976). Absorbé par voie respiratoire, le monoxyde de carbone (CO) passe rapidement dans le système circulatoire. Dans le sang, il présente une affinité pour l'hémoglobine (Hb) de 200 à 250 fois plus grande que pour l'oxygène⁵. Il s'associe donc à cette protéine pour former la carboxyhémoglobine (COHb), principal marqueur de l'absorption du composé toxique⁶. Calculée en pourcentage, celle-ci est généralement inférieure à 2 % chez les non-fumeurs⁷ et peut atteindre 5 à 10 % chez les fumeurs.⁸

L'action délétère du CO est directement tributaire du déplacement de l'oxygène de ses sites de liaison avec l'hémoglobine. Cette propriété, ainsi que la capacité qu'il a de diminuer la dissociation de l'oxyhémoglobine, induisent des bouleversements physiologiques qui aboutissent à l'hypoxie cellulaire⁹. Il n'est donc pas surprenant que le cœur et le système nerveux central, en raison de leurs besoins élevés en oxygène, soient des organes particulièrement sensibles au CO¹⁰.

Plusieurs études ont démontré qu'une exposition à des concentrations de CO suffisantes pour augmenter le seuil de COHb entre 2 et 3 % et plus sont susceptibles d'induire des effets négatifs sur la santé d'individus atteints de problèmes coronariens.^{11 12 13 14 15 16} On parle ici

⁴ Decker J., Deitchman S., Santis L.. A novel source of carbon monoxide poisoning : Explosives used in construction. *Ann Emergency med* 1998; 32 :381-384

⁵ Meredith T., Vale A. Carbon monoxide poisoning. *Br Med J* 1998; 296:77-78.

⁶ Kuller LH, Radford EP. Epidemiological bases for the current ambient carbon monoxide standards. *Env Health Persp* 1983; 52:131-139.

⁷ Environmental health criteria 13-Carbon monoxide. Geneva. World Health Organization. 1979

⁸ Shephard RJ, Wilber CG (eds). Carbon monoxide: The Silent Killer. Springfield: Charles C. Thomas 1983.

⁹ Lauwerys R, Buchet JP, Roels H. Les effets toxiques d'une exposition modérée au monoxyde de carbone: un risque souvent ignoré. *Louvain Med* 1974; 93:231-326.

¹⁰ Dolan MC. Carbon monoxide poisoning. *CMAJ* 1985;133:392-399.

¹¹ Anderson EW, Andelman RJ, Strauch JM, Fortuin NJ, Knelson JH. Effect of low-level carbon monoxide exposure on onset and duration of angina pectoris. *Ann Intern Med* 1973; 79:46-50.

¹² Aronow WS, Harris CN, Isbell MW, Rokaw JN, Imparato B. Effect of freeway travel on angina pectoris. *Ann Intern Med* 1972; 77:669-676.

principalement de la diminution de l'intensité de l'effort nécessaire pour déclencher la crise angineuse.

Également, de nombreux travaux ont documenté l'effet de faibles doses de CO sur le système nerveux. Citons entre autres, une détérioration de l'acuité visuelle^{17 18} et une diminution de la prudence lors de la conduite automobile.¹⁹

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère principalement les individus affligés de problèmes cardio-vasculaires et de maladies pulmonaires obstructives chroniques, mais également les personnes anémiques, les nouveau-nés, les femmes enceintes et leur fœtus ainsi que les personnes vivant en haute altitude comme des populations plus vulnérables.²⁰

Comme pour d'autres toxiques, on compte deux types de normes pour le CO, des normes pour les travailleurs et d'autres pour la population en général. Les premières sont moins sévères que les secondes car on considère que les travailleurs sont en santé, physiologiquement résistants et sous supervision médicale régulière.²¹ Généralement, les normes sont établies en fonction d'une concentration moyenne maximale de CO dans l'air pour différentes périodes de temps, ou encore d'une limite maximale acceptable à ne jamais dépasser. Quoique ceci puisse porter à discussion, notamment en ce qui concerne la protection des travailleurs plus vulnérables, on tolère, pour un travailleur et pour un simple citoyen, des niveaux de CO qui génèrent moins de 3,5%²² à 5% de COHb²³ pour le premier et de 2,5% de COHb chez le second.^{24,25}

¹³ Aronow WS, Isbell MW. Carbon monoxide effect on exercise-induced angina pectoris. *Ann Intern Med* 1973; 79:392-395.

¹⁴ Aronow WS. Aggravation of angina pectoris by two percent carboxy-hemoglobin. *Am Heart J* 1981; 101:154-157.

¹⁵ Aronow WS, Cassidy J. Effect of carbon monoxide on maximal treadmill exercise. *Ann Int Med* 1975;83:496-499.

¹⁶ Walden SM, Allred EN, Bleecker ER, Chaitman BR, Dahms TE, Gottlieb SO, Hackney JD, Pagano M, Selvester RH, Warren J. Short-term effects of carbon monoxide exposure on the exercise performance of subjects with coronary artery disease. *N Engl J Med* 1989; 321:1426-1432.

¹⁷ McFarland RA, Roughton, FJW, Halperin MH, Niven, JJ. The effects of carbon monoxide and altitude on visual thresholds. *J Aviat Med* 1994; 15:381-394.

¹⁸ Beard RR, Grandstaff N. Carbon monoxide exposure and cerebral function. *Ann N Y Acad Sci* 1970; 174:385-395

¹⁹ Ramsey JM. Effects of single exposures of carbon monoxide on sensory and psychomotor response. *Am Ind Hyg Assoc J* 1973; 34:212-216.

²⁰ Environmental Health Criteria 213-Carbon monoxide. Geneva. World Health Organization 1999

²¹ Environmental health criteria 13-Carbon monoxide. Geneva. World Health Organization 1979

²² Documentation of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). Sixth ed. Cincinnati. American Conference of Governmental Industrial Hygienist 1992

²³ Exposure guidelines for residential indoor air quality. A report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health. Ottawa. Health and Welfare Canada 1989

²⁴ Environmental Health Criteria 213-Carbon monoxide. Geneva, World Health Organization. 1999

À cet effet, pour évaluer l'exposition de la population et juger de l'acceptabilité des résultats en termes de santé publique, il faut considérer la durée et la fréquence de l'exposition et l'intensité de l'activité des personnes exposées. L'OMS suggère que pour protéger la population générale, incluant les groupes plus susceptibles, il faille limiter l'exposition au CO de façon à maintenir le taux sanguin de COHb en deçà de 2,5 %.²⁶ L'OMS a utilisé l'équation de Coburn,²⁷ pour estimer les valeurs de COHb générées chez un homme adulte par différentes concentrations de CO en fonction du niveau d'activité.²⁸ Ainsi, un individu exposé à 35 ppm pour une période de 30 minutes voit sa concentration sanguine de COHb s'élever à 0,93 % s'il est sédentaire, et respectivement à 1,4 et 1,9 % s'il fait un travail léger ou dur. Une exposition de 3 heures à la même concentration entraînera pour un sujet sédentaire une COHb de 2,6 % alors que la même exposition générera chez des personnes effectuant des travaux légers ou durs des taux d'environ 4 et 4,8 %. De même, une personne au repos exposée à 200 ppm pour 8 h ou encore 24 h verra sa concentration de COHb s'élever à 24,5 % et 32,7 %. Le tableau 1 décrit la symptomatologie associée à l'exposition humaine au CO en fonction de la concentration de COHb.

TABLEAU 1

Signes et symptômes chez les humains selon la concentration de la carboxyhémoglobine²⁹

Niveau de carboxyhémoglobine	Signes & symptômes
2,5 à 5 %	Douleur coronarienne chez les angineux et cardiaques provoqués par des efforts plus légers
5 à 9 %	Élévation du seuil de perception lumineuse
10 à 19 %	Céphalées
20 à 29 %	Céphalées, vertiges, nausées, hyperpnée, tachycardie
30 à 39 %	Confusion, perte de conscience, tachycardie, hyperpnée, nausées
40 à 49 %	Altération de la vue, de l'audition, dysfonctions intellectuelles, faiblesse musculaire
50 à 70 %	Coma, convulsions, dépression cardio-respiratoire
+ de 66 %	Décès

Note : COHb normale chez non-fumeur: < 2%
COHb normale chez le fumeur: 5-9%

²⁵ Pocket guide to chemical hazards. Cincinnati. National Institute for Occupational Safety and Health. 1997

²⁶ Environmental Health Criteria 213-Carbon monoxide. Geneva, World Health Organization. 1999

²⁷ Coburn RF, Forster RE, Kane PB. Considerations of the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglobin concentration in man. J Clin Invest 1965 ; 11:1899-1910.

²⁸ Environmental health criteria 13-Carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. 1979

²⁹ Adapté de Le Guet-Develay, M. Intoxication oxycarbonée Physiopathologie, étiologie, diagnostic, traitement, Rev Prat (Paris) 1994; 44 :259-262

4. MÉCANISMES DE PRODUCTION ET DE PROPAGATION DU MONOXYDE DE CARBONE LORS DU DYNAMITAGE

Le dynamitage s'effectue avant les travaux d'excavation nécessaires à la mise en place de services publics tel que les réseaux d'aqueduc et d'égouts, la construction de piscines, de résidences ou d'édifices. Lors d'une explosion, les solides qui composent l'explosif se transforment très rapidement en gaz qui occupent un grand volume. Les gaz générés sont la source d'énergie qui permet de briser les roches lors du dynamitage. Ils se composent généralement d'eau, d'azote, de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone, d'hydrogène, d'oxyde nitreux, et sous forme de traces, de méthane et d'éthane. La proportion de ces composés dans les gaz générés est fonction du type d'explosif et des conditions d'utilisation.

Sous des conditions normales d'utilisation et pour la plupart des explosifs utilisés pour ces travaux, le monoxyde de carbone représente de 1 à 3% du volume des gaz générés et il y a en moyenne production de 10 à 24 litres de monoxyde de carbone par kilogramme d'explosif détoné. Lors de la détonation, les gaz s'échappent en partie vers l'atmosphère et empruntent divers chemins créés par l'explosion dans les roches encaissantes. Dans le matériel géologique, les gaz se déplacent préférentiellement dans les endroits où la circulation est la plus facile c'est-à-dire les zones de plus forte perméabilité (fractures dans le roc, dépôts meubles perméables. Dans certains cas les gaz peuvent se déplacer dans ou le long de conduites souterraines, dans les matériaux de remplissage autour des solages de maison (sable et gravier) et les drains pluviaux enfouis en périphérie et s'infiltrer dans les habitations ou les espaces clos par des fissures, des joints ou des drains de plancher, margelles, puits dans la dalle de béton.

Dans les cas répertoriés au Québec au cours de la dernière décennie, les concentrations mesurées en monoxyde de carbone dans les maisons contaminées ont atteint jusqu'à 1040 ppm. Des résidents ont été fortement incommodés et sept d'entre eux ont même été suffisamment intoxiqués pour être soumis à un traitement hyperbare. Dans chacun de ces cas, où on a frôlé la catastrophe, la méconnaissance du problème et le caractère insidieux des intoxications au CO étaient deux éléments déterminants. Ces deux mêmes facteurs et le nombre important d'opérations de dynamitage réalisées à proximité des habitations au

Québec chaque année, laissent croire que les cas répertoriés pourraient constituer la pointe de l'iceberg, autant pour les travailleurs que pour la population générale.

5. PORTRAIT COMPARATIF DES CINQ ÉVÉNEMENTS QUÉBÉCOIS DE LA DERNIÈRE DÉCENNIE

Le tableau 2 présente une synthèse des cas répertoriés au Québec quant à la période de l'année où ces événements se sont produits, aux causes probables des incidents, à la localisation géographique, le type de formation géologique et aux données d'exposition au CO.

TABLEAU 2

Comparaison des cinq incidents d'intoxication au CO rapportés de 1991 à 2000 au Québec

Lieu et date de l'événement	Aylmer (février 1991)	Beauport (avril 1995)	Riv.-du-Loup (novembre 1998)	Rock Forest (mars 2000)	Rock Forest (juillet 2000)
Type de travaux	Dynamitage terrain voisin pour aqueduc et égout	Dynamitage pour un réseau d'égouts pluviaux	Dynamitage pour réfection des égouts	Dynamitage pour une construction domiciliaire	Dynamitage pour une construction domiciliaire
Distance du lieu de dynamitage par rapport au lieu d'intoxication	150 à 200 mètres	12,3 mètres	30 mètres	8 mètres	100 mètres
Travaux d'excavation effectués plus d'un jour après le dynamitage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
[CO] maximum (ppm) enregistrée	460 ppm* drain près de la fondation d'une maison	500 ppm** sous-sol d'une maison	250-350*** ppm au rez-de-chaussée 1100 ppm dans un trou d'homme	1040 ppm** au sous-sol d'une maison	800 ppm** dans une maison
Type de roc	Calcaire	Calcaire	Schiste argileux	Ardoise	Ardoise
fracturation	Selon le litage ³⁰	Selon le litage	Selon la foliation ³¹	Selon la foliation	Selon la foliation
Eau dans les forages ³²	?	oui	oui	oui	oui
No. de pers. Intoxiquées	5	2	16	4	3
Carboxyhémoglobine (%)	5 à 15	24 et 29	2 à 24	7 à 22	Nil
Traitement hyperbare	Non	Oui 2 personnes	Oui 3 personnes	Oui 2 personnes	Non

* Mesures prises 3 jours après le dynamitage

** Mesures prises la journée même de l'incident par les pompiers

*** Mesures prises 2 jours après le dynamitage

³⁰ Discontinuité horizontale dans le roc permettant un écoulement ou une infiltration

³¹ Discontinuité verticale dans le roc permettant un écoulement ou une infiltration

³² La présence d'eau diminue l'espace pour la diffusion des gaz ce qui favorise l'infiltration selon la fracturation

CONCLUSION

L'intoxication au CO peut être difficile à diagnostiquer. Les symptômes associés sont généralement non spécifiques et il est probable que bien des cas passent inaperçus, a fortiori, s'il n'y a pas de cause évidente d'exposition à des produits de combustion. Même si on comprend encore mal l'ensemble des mécanismes sous-jacents, (tel que l'importance des caractéristiques géologiques ou des conditions d'utilisation des explosifs), les résultats de l'investigation réalisée et de la revue de littérature existante indiquent que l'utilisation d'explosifs à proximité de zones résidentielles peut être une source importante d'exposition au CO pour la population. Les cas d'intoxications rapportés jusqu'à ce jour ont été suffisamment importants pour entraîner des traitements en chambre hyperbare, et il est plus que probable, étant donné l'utilisation importante d'explosifs dans nos sociétés industrialisées, que bien d'autres incidents soient survenus sans avoir été identifiés. Des efforts doivent être faits dans le but d'investiguer et de comprendre cette problématique. En attendant, les responsables de santé publique, les médecins de première ligne, mais également les autorités gouvernementales ainsi que les utilisateurs et les manufacturiers d'explosifs doivent être conscients que l'utilisation d'explosifs peut entraîner une exposition importante au CO pour les populations environnantes.

À la lecture des incidents répertoriés, une relation de cause à effet entre les dynamitages en milieu habité et l'intoxication au CO a pu être établie. Nous croyons que ces incidents sont évitables à certaines conditions. Certaines précautions doivent être prises à cette fin par les entrepreneurs en dynamitage, les contracteurs en bâtiments ainsi que par les résidents impliqués. Il sera donc important d'élaborer des campagnes de sensibilisation et de formation pour ces personnes. Toutefois, ces constatations ont été établies à partir d'un petit nombre de cas, et des informations complémentaires devront être rapportées. Il demeure ainsi important, selon nous, de mieux documenter la problématique en réalisant des investigations telles :

- la caractérisation spécifique du roc dans les cinq milieux répertoriés ;

- le monitoring d'un certain nombre de dynamitages en milieu habité avec mesures systématiques de la dispersion des gaz ;
- le développement d'outils de prédiction de la diffusion des gaz ;
- à partir du fichier du Centre anti-poison du Québec, relever tous les cas d'intoxication au CO dont aucune cause n'a été trouvée et voir si un lien peut être fait avec un dynamitage en milieu résidentiel.

ANNEXE 1

1. *Résumé de l'incident d'Aylmer, février 1991*³³

Les faits

Une famille de 5 personnes (dont 3 enfants) a communiqué avec le CLSC le 6 février 1991 au cours de la soirée car tous les membres de la famille se plaignaient de céphalées intenses, nausées, vomissements et de faiblesses. La mère (enceinte de 2 mois) ainsi qu'un fils de 4 ans ressentaient ces symptômes depuis la veille. Toutes les personnes de passage dans cette maison dans les jours précédents avaient présenté les mêmes symptômes. L'infirmière du CLSC a suspecté une intoxication et s'est référée au département de santé communautaire (DSC) le 7 février.

Une investigation a été faite immédiatement au domicile suspectant une intoxication au CO. On a mesuré une concentration en CO de 50 ppm (partie par million) au rez-de-chaussée et à l'étage supérieur et de 100 ppm dans le sous-sol près de l'égout sanitaire. Les maisons avoisinantes ont été investiguées et ont toutes présenté des valeurs nulles de concentration de CO sauf la maison jumelée à celle qui était en investigation et qui présentait des valeurs similaires de CO. Des lectures ont été faites le lendemain et des données semblables à la veille ont été trouvées.

L'investigation et les conclusions

À l'entrée du tuyau menant à l'égout pluvial, on a détecté une concentration de 200 ppm de CO. Ce dernier tuyau communiquait avec un autre tuyau fermé par un clapet et était relié au drain situé à la base des fondations de la maison. À cet endroit, on a mesuré une concentration de 460 ppm. L'air a été également analysé devant la maison près des fondations, à 2 mètres de profondeur près des tuyaux partant de la maison pour rejoindre ceux de la rue. On y a mesuré des concentrations allant de 140 à 200 ppm.

³³ Dupont H. Rapport d'intervention du 7 au 14 février 1991 suite à une intoxication à l'oxyde de carbone. Aylmer. D.S.C. Outaouais 1991

La famille fut investiguée et des concentrations de 5 à 15 % de carboxyhémoglobine (normale : 0,5 %) ont été détectées. Tout est rentré dans l'ordre dès que la famille est sortie de la maison.

À la suite de ces résultats, une enquête a été menée dans la maison pour trouver une source possible de CO. Aucune source n'a été détectée. On a donc investigué l'environnement extérieur de la maison. Le seul événement qui a pu être relié à cet incident fut un dynamitage fait sur le terrain voisin lundi le 4 février pour creuser une tranchée en vue d'y installer les tuyaux d'aqueduc et d'égouts pluviaux et sanitaires. La maison où est survenue l'incident était la plus proche de la zone de dynamitage. Elle était elle-même construite sur le roc. On a présumé que les gaz de combustion produits par l'explosion sont demeurés emprisonnés sous terre et que par la force de l'explosion, ils se sont infiltrés dans le drain menant à la maison.

2. *Résumé de l'incident de Beauport, avril 1995*³⁴

Les faits

Le 30 avril 1995, vers 20 heures, un homme de 33 ans et une femme de 20 ans sont amenés à l'urgence d'un hôpital de la ville de Québec, se plaignant de maux de tête sévères, de fatigue importante, d'étourdissements, de nausées et de palpitations. L'homme s'est réveillé la nuit précédente, vers 3 heures, avec un mal de tête frontal. Il a par la suite perdu conscience quelques minutes. Durant la journée, les symptômes ont perduré et le couple croyait être victime d'une intoxication alimentaire. Le soir, 2 heures après avoir quitté leur résidence, les carboxyhémoglobinémies respectives étaient de 29,6 % et 24,7 %. On a conclu à une intoxication au CO, et les patients ont été dirigés à la chambre hyperbare en raison de la suspicion de perte de conscience chez l'homme. Le 1^{er} mai, le cas a été référé aux autorités de santé publique pour enquête.

L'investigation et les conclusions

La maison était un bungalow de 8.6 mètres par 9.8 mètres avec un sous-sol non fini dont les murs étaient couverts d'un isolant en styrofoam et de feuilles de gypse. Il n'y avait pas de garage attenant ni d'autres sources évidentes de produits de combustion. À l'histoire, les victimes ont raconté que des travaux de dynamitage ont eu lieu les 27, 28 et 29 avril dans le but de creuser une tranchée en vue de l'installation d'un réseau d'égouts pluviaux. Les dernières charges ont été posées vers 17 heures le samedi 29 avril en face du coin sud-est de leur maison. Lors de la dernière explosion, un craquement dans les fondations en direction de l'endroit où les ouvriers s'affairaient a été entendu.

Les premières mesures du CO faites dans le sous-sol de la maison variaient de 367 à 500 ppm. Un échantillon prélevé dans la margelle extérieure présentait une concentration de 250 ppm. Toutes les mesures effectuées dans les sous-sols voisins, dans les égouts pluviaux et sanitaires, ainsi qu'à d'autres endroits autour

³⁴ Auger P.L., Lévesque B., Martel R., Prud'homme H., Bellemare D., Barbeau C., Lachance P., Rhainds M. An unusual case of carbon monoxide poisoning. *Env Health Perspect* 1999; 107:603-605

du mur de fondation ne révélaiet aucune présence de CO. On a conclu à une poche de gaz située sous les fondations de la résidence.

Suite à ce constat, les fenêtres de la maison ont été ouvertes. En raison des niveaux de CO toujours élevés après trois jours, le mur de fondation fut excavé et le lendemain des cheminées de ventilation ont été installées. Par la suite, les concentrations de CO ont diminué progressivement sur une période supplémentaire de 3 jours.

Suite à l'investigation, on a conclu que le dynamitage était responsable de la contamination.

3. *Résumé de l'incident de Rivière-du-Loup, novembre 1998*³⁵

Les faits

Le 10 novembre 1998, un incident est survenu à Rivière-du-Loup impliquant six résidences et nécessitant l'évacuation de 16 personnes. Sept de ces personnes ont été conduites à l'hôpital et trois ont été référées à la chambre hyperbare. Leur taux de carboxyhémoglobine variaient de 2 à 24 %.

L'investigation et les conclusions

Les niveaux de CO mesurés par les policiers-pompiers allaient de 50 ppm à 600 ppm. Aucune cause d'émanation de CO n'a été constatée autre que des périodes de dynamitage pour des travaux de réfection des égouts. Le lendemain, une excavation a été pratiquée pour ventiler le système d'égouts de la maison la plus affectée et les drains des sous-sols des résidences impliquées ont été obturés. Les travaux ont alors été repris et on a détecté une concentration de CO de l'ordre de 200 à 300 ppm. dans une résidence. Une vérification dans un trou d'homme à proximité a révélé un résultat de 1100 ppm. Il est probable que le gaz avait cheminé par le biais d'un réseau d'égouts sanitaires désaffecté relié à l'égout pluvial des résidences.

³⁵ Ville de Rivière-du-Loup. Rapport préliminaire d'intervention dans les rues d'Amours et Saint-Cyrille suite à une émanation sectorielle de monoxyde de carbone. Dossier RDL 981110-011. 1998

4. *Résumé de l'incident de Rock Forest, mars 2000*³⁶

Les faits

Le 1^{er} mars, à 22h15 un appel est reçu à Info Santé de la part d'une famille de 2 adultes et de 2 enfants se plaignant de nausées, céphalées et étourdissements. Les pompiers dépêchés sur les lieux détectent alors une concentration de 700 ppm de CO au deuxième étage de la maison et de 1038 ppm au niveau du drain au sous-sol.

L'investigation et les conclusions de l'enquête

La famille a été investiguée en milieu hospitalier la nuit même et deux des membres symptomatiques (la mère et un enfant de 4 ans) ont dû subir un traitement en chambre hyperbare. En effet, la carboxyhémoglobémie était de 22% chez le père et la mère (non-fumeurs), de 19% chez une enfant de 4 ans et de 7% chez un bébé de quelques mois.

Aucune source de CO n'a été identifiée dans la maison ni dans les maisons environnantes. Toutefois, un dynamitage d'une profondeur de 6 à 8 pieds avait été fait à 30 pieds de la résidence concernée dans la journée du 1^{er} mars. La maison est elle-même construite sur le roc. Le dynamitage avait été considéré efficace. On n'a pas détecté de CO dans les égouts pluviaux de la ville ainsi que les égouts sanitaires. Toutefois, une fissure a été notée sur le mur de la fondation de la résidence et la concentration en CO était particulièrement élevée à cet endroit.

Le 3 mars, on a procédé à un deuxième dynamitage dans des circonstances similaires et au même endroit que le précédent. Trois heures plus tard, la concentration en CO était de 170 au sous-sol de la maison, de 63 et de 34 au rez-de-chaussée et à l'étage supérieur respectivement. Dans les heures et les jours qui ont suivi, les valeurs de CO étaient revenues sous la normale. Tout porte à croire

³⁶ Galarneau L. Rapport synthèse de l'incident de mars 2000 à Rock Forest suite à un dynamitage en milieu résidentiel. Dir. de santé publique, RRSSS Estrie. 2000

que le CO s'est propagé sous l'effet de la pression à travers la fissure sur le mur de fondation.

5. *Résumé de l'incident de Rock Forest, juillet 2000*³⁷

Les faits

À 22h30, le 7 juillet, le détecteur de CO d'une résidence à proximité de celle du précédent incident a sonné l'alerte. Les pompiers se sont rendus sur les lieux immédiatement et ont mesuré une concentration en CO de 196 ppm au sous-sol de la maison, de 74 ppm au rez-de-chaussée et de 58 ppm à l'étage supérieur. D'autres mesures ont été prises dans les heures suivantes après ventilation de la maison mais sans succès. La famille dont tous les membres étaient asymptomatiques a quitté la maison sur-le-champ. Il n'y a pas eu de dosage de carboxyhémoglobine.

L'investigation et les conclusions

Le lendemain, soit le 8 juillet, la concentration en CO a atteint 802 ppm dans la boîte à drain malgré la ventilation de la maison. À l'inspection, aucune fissure n'a été décelée sur les murs de la fondation ainsi qu'aucune fuite dans les drains pluviaux et d'égouts de la municipalité. Les maisons avoisinantes ont été investiguées le 7 et le 8 et aucune trace de CO n'a été détectée.

Au cours de la journée du 7 juillet 2000, un dynamitage a été fait en face de cette résidence (à 40 mètres) à Rock Forest et on a procédé à l'excavation le lendemain seulement. À 19 heures, le 8 juillet, les concentrations en CO étaient revenues sous la normale. On croit que sous l'effet de la pression du dynamitage, le CO s'est propagé à travers le roc fracturé.

³⁷ Galarneau L. Rapport préliminaire de juillet 2000 d'une intoxication au CO suite à un dynamitage en milieu résidentiel à Rock Forest. Dir. de santé publique, RRSSS Estrie. 2000