

Monoxyde de carbone associé aux tirs à l'explosif en milieu habité, un survol du guide de bonnes pratiques proposé

Daria Pereg, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale, Direction régionale de santé publique

Nous désirons remercier toutes les personnes du Comité intersectoriel pour la prévention des intoxications au monoxyde de carbone en lien avec les explosifs qui ont participé à la réalisation de ce travail

Joanne Aubé-Maurice, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale

Isabelle Boudreault, Sûreté du Québec

Pierre Dorval, Ministère des Transports du Québec

Martin Gaba, Sûreté du Québec

Yves Gilbert, Société d'Énergie Explosive du Québec

Éric Guillemette, Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire

Lucie Laflamme, Ministère de la Santé et des Services sociaux

Benoît Lévesque, Institut national de santé publique du Québec

Richard Martel, Institut national de la recherche scientifique - Centre - Eau Terre Environnement

Johanne Paquette, Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail

Jean Pelletier, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Isabelle Perreault, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale

Geneviève Routhier, Ministère de la Sécurité publique

Marion Schnebelen, Ministère de la Santé et des Services sociaux

Romain St-Cyr, Ministère de la Sécurité publique

Catherine St-Pierre, Régie du bâtiment du Québec

Guy Trudel, Régie du bâtiment du Québec

Mélanie White, Ministère de la Santé et des Services sociaux

Qu'est-ce que le monoxyde de carbone ?

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique produit lors de la combustion incomplète de matière organique. L'exposition au CO est dangereuse pour la santé. L'intoxication est particulièrement sournoise puisque :

- le CO n'est pas détectable par les sens; on ne peut ni le voir, ni le sentir et il n'est pas irritant;
- les premiers symptômes de l'intoxication (maux de tête, nausées, fatigue) sont peu spécifiques et peuvent ressembler à un malaise digestif ou un début de grippe;
- lorsque les symptômes éprouvés ne ressemblent plus à ceux d'une grippe ou d'un malaise digestif (étourdissements et confusion importante, perte de conscience, coma) l'intoxication est déjà beaucoup plus sévère, pouvant entraîner des séquelles à long terme et nécessitant souvent des soins hospitaliers;
- lorsqu'on est exposé à des concentrations élevées de CO, on peut perdre conscience rapidement et être incapable de fuir le milieu contaminé, ce qui peut entraîner la mort.

Quelques points de repères...

Diverses limites d'exposition existent pour le CO. La concentration considérée un danger immédiat pour la vie ou la santé (DIVS) est celle à laquelle un adulte en bonne santé pourrait être incapable de fuir les lieux contaminés après 30 minutes d'exposition sans effets graves à la santé.

Les concentrations prévues par le Règlement sur la Santé et la Sécurité du Travail du Québec visent à protéger les travailleurs d'effets néfastes (à court ou long terme), en considérant l'exposition d'adultes en bonne santé pour la durée de leur carrière (environ 40 ans) . Pour le monoxyde de carbone, ces normes s'expriment comme :

- des moyennes sur 8 heures => Valeur d'exposition moyenne pondérée sur le quart de travail (VEMP);
- des moyennes sur 15 minutes => valeur d'exposition de courtes durées (VECD)

Santé Canada propose des normes permettant de protéger la population générale, y compris les populations vulnérables telles que les femmes enceintes, les nourrissons et les jeunes enfants, les personnes atteintes de maladies cardiaques et les personnes âgées, plus sensibles aux intoxications au CO.

Seuil	Concentration	Note
DIVS	1200 ppm / 30 min	Risque de décès si dépassé
VECD	200 ppm / 15 min	Travailleurs
VEMP	35 ppm / 8h, 5j	Travailleurs
Santé Canada	25 ppm / 1 h	Population générale
	10 ppm / 24 h	

Quelles sont les sources de monoxyde de carbone ?

Typiquement, on associe les dangers reliées au CO à l'utilisation d'outils, d'appareils, de véhicules ou de machinerie utilisant un combustible (essence, propane, diesel, etc.) dans des espaces insuffisamment ventilés.

Cependant, toute combustion de matière organique peut produire du CO, y compris la combustion se produisant lors de la détonation d'explosifs. Lors de l'explosion, divers gaz sont produits, parmi lesquels on retrouve du CO en concentrations variables, mais non-négligeables.

Comment le monoxyde de carbone peut-il s'accumuler dans le sol et s'infiltrer dans des bâtiments?

En l'absence de dissipation des gaz d'explosion à l'air libre après un sautage, le CO se disperse dans le sol ou le roc fracturé. Ce déplacement du CO dans le sol peut se faire sur de grandes distances, selon les chemins préférentiels qui se trouvent dans le sol, et ce, pendant plusieurs jours.

Si le CO s'infiltré dans des espaces habités, il pourra y intoxiquer gravement les occupants et même causer leur décès si ces derniers ne sont pas munis d'avertisseurs de CO permettant de les alerter. On doit également porter une attention particulière aux espaces restreints, puits ou tranchées à proximité des chantiers où du sautage est effectué. Le CO peut aussi s'y accumuler et intoxiquer les travailleurs ou toute autre personne qui se trouve à ces endroits.

La présence d'un revêtement imperméable au-dessus du roc peut empêcher la dissipation des gaz d'explosion à l'air libre après un sautage et en favoriser leur **rétenction** dans le sol. Ces revêtements imperméables peuvent comprendre :

- un recouvrement d'asphalte ou de béton;
- une couche de dépôts meubles de texture fine (ex. : argile, till, silt);
- un sol gelé ou enneigé;
- des matelas pare-éclats restés en place trop longtemps après la détonation (heures, jours).

La **migration** du gaz retenu dans le sol est ensuite favorisée par la présence de chemins préférentiels, tels que:

- conduits souterrains brisés;
- roc fragmenté créé par les sautages entre les maisons ou entre la route et les maisons;
- canalisations souterraines;
- sols très poreux ou présentant des structures permettant le déplacement des gaz (fractures ouvertes, failles, karst, etc.);
- remblai des tranchées de route ou des entrées de service des maisons.

En se déplaçant par ces chemins préférentiels, le CO peut s'infiltrer dans les bâtiments par des fissures, des joints, des drains de plancher, des margelles ou des puits dans une dalle de béton.

Lorsque le sautage est effectué très près d'un bâtiment (moins de 10 m), l'infiltration de CO peut se produire très rapidement, voire dans les quelques secondes qui suivent la détonation (déplacement par advection). Le CO retenu dans le sol peut aussi se déplacer par diffusion pendant plusieurs heures, parfois plusieurs jours, et peut migrer sur une grande distance. Sur la base des incidents recensés jusqu'à maintenant, on considère que les bâtiments situés dans un rayon de 100 m. du site de sautage sont à risque d'infiltration de CO.

Quelques exemples d'incidents...

En mars 1998, le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) émettait un avis de danger (Hazard ID) concernant les possibilités d'exposition au CO secondaire à l'utilisation d'explosifs sur un chantier de construction (NIOSH, 1998). Cet avis a été publié à la suite du décès d'un travailleur et de l'intoxication de deux autres exposés au CO dans une canalisation souterraine à proximité de laquelle des travaux à l'explosif avaient été réalisés.

Entre 1991 et 2000, 8 cas ont été rapportés à la santé publique. Dans les 4 premiers cas, les bâtiments n'étaient pas munis d'avertisseurs de CO et ces incidents ont causé l'intoxication de 27 personnes et l'évacuation de plusieurs autres. Un comité intersectoriel avait alors été mis sur pied conjointement par le MSSS et le MENV et avait proposé une série de mesures préventives à mettre en place pour éviter ce type d'incident. Ces mesures comprenaient :

- d'informer la population à risque et munir les bâtiments adjacents aux chantiers d'avertisseurs de CO;
- d'adopter certaines pratiques limitant la migration souterraine des gaz d'explosion;

Depuis 2001, aucun cas n'avait été rapporté à la santé publique, mais il est probable que plusieurs incidents soient survenus sans qu'ils aient été identifiés, étant donné les symptômes peu spécifiques de l'intoxication.

Cependant, depuis le début de l'année 2009, au moins 20 incidents ont été rapportés à la santé publique, dont certains ont causé des intoxications graves, et d'autres ont nécessité l'évacuation de familles pour plusieurs jours. Dans une très grande majorité des cas, les concentrations de CO mesurées dans les résidences étaient supérieures à 200 ppm, et dans au moins 3 cas connus, les concentrations dépassaient 1000 ppm. Les bâtiments touchés étaient situés entre 10 et 130 mètres du site de sautage.

Ceci représente une recrudescence très importante d'incidents comportant un risque élevé d'intoxications graves, voire potentiellement mortelles, ce qui a motivé la formation d'un nouveau comité intersectoriel en juin 2009 pour se pencher sur la question. Une des réalisations de ce comité est la production d'un guide de bonnes pratiques pour limiter la fréquence et la gravité de ces incidents.

Des mesures préventives permettent de limiter la fréquence et la gravité de tels incidents. Quelles sont-elles ?

1) Réduire à la source la production de CO lors du sautage

Même si la production de CO est difficile à éliminer, elle peut être réduite par l'utilisation d'explosifs appropriés :

- des explosifs brisants;
- des explosifs de classe de fumée de tir 1;
- des explosifs encartouchés;
- des explosifs résistants à l'eau avec une vitesse de détonation élevée;
- des explosifs non pérимés.

De plus, on ne doit pas modifier les explosifs. L'amorçage et la mise à feu doivent aussi être adéquats et complets pour tous les explosifs.

2) Faciliter la dissipation du CO à l'air libre et réduire sa migration dans le sol

Pour limiter le déplacement des gaz dans le sol vers les bâtiments voisins ou les infrastructures enfouies, il faut faciliter la dispersion des gaz d'explosion à la surface du sol. Les pratiques suivantes favorisent le mouvement des gaz vers la surface plutôt que dans le sol.

- a. Procéder à l'excavation complète du dépôt meuble ou de tout recouvrement imperméable (ex. : asphalte, béton) au-dessus du roc **avant** les sautages.
- b. Procéder à l'enlèvement des matelas pare-éclats **dès que possible**, pour éviter la migration du CO dans le roc fragmenté, les édifices voisins et les infrastructures enfouies.
- c. Procéder à l'excavation complète du roc fragmenté **le plus rapidement possible après chaque sautage**, et dégager complètement la nouvelle face libre avant chaque sautage. L'excavation ne doit jamais être reportée de plusieurs heures et encore moins au lendemain du sautage.
- d. Lorsque nécessaire, utiliser du roc fragmenté comme matériau de butée à la nouvelle face libre pour prévenir les projections du sautage subséquent. Ne jamais utiliser de dépôts meubles excavés comme matériau de butée car ils nuiraient à la dispersion des gaz.
- e. Procéder au forage et au sautage de la foncée initiale seulement si elle est nécessaire, et à l'endroit le plus éloigné possible des bâtiments.
- f. Dans le cas d'excavation d'une fondation, une portion de tranchée ouverte (jusqu'à la base où sont les services) doit être conservée entre la rue et la future fondation afin de favoriser l'évacuation des gaz avant qu'ils n'atteignent la tranchée de la rue.

g. Mesure supplémentaire

Dans les cas où l'application des recommandations précédentes ne suffit pas à contrôler la migration des gaz dans le sol vers les bâtiments à proximité, il est possible d'utiliser un système d'aspiration (pression négative) de type camion-pompe ou autre (ventilateur avec tuyaux) pour favoriser l'évacuation des gaz. Une attention particulière doit être apportée pour éviter

l'exposition de travailleurs ou de toute autre personne lors de l'installation du système et de son opération.

3) Protéger les occupants des bâtiments et installations autour du site de sautage

Afin de protéger les personnes d'une intoxication au CO, il faut **informer les occupants des bâtiments à risque** et leur **fournir un avertisseur de CO** pour détecter la présence du gaz.

Le maître d'œuvre doit s'assurer que les éléments décrits dans cette section soient mis en place **par lui-même ou un représentant qu'il aura clairement identifié** avant le début des travaux (idéalement 24 heures avant). Un registre de la mise en place des éléments qui suivent devrait être créé et conservé jusqu'à la fin des travaux.

Avant le début des travaux et pour tous les bâtiments et installations situés dans un rayon de **100 mètres** du site de sautage :

A) Informer les personnes occupant ces bâtiments et installations des éléments suivants :

- i) les dates de début et de fin des travaux;
- ii) le nom de la personne responsable identifiée par le maître d'œuvre pour ces travaux et ses coordonnées;
- iii) les risques d'infiltration de CO dans les bâtiments;
- iv) les symptômes d'une exposition au CO;
- v) la nécessité d'avoir un avertisseur de CO fonctionnel pour détecter sa présence;
- vi) l'importance de bien ventiler le bâtiment;
- vii) **la nécessité d'évacuer le bâtiment et d'avertir le 9-1-1 immédiatement si l'avertisseur de CO se déclenche**, si une infiltration de gaz de sautage est décelée autrement (ex : odeurs de fumée) ou encore si une intoxication est soupçonnée.

Le feuillet d'information «Danger explosifs» produit par le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec peut être utilisé à cette fin. Une section est disponible pour l'identification de la personne responsable. Les informations sur la date de début et de fin des travaux peuvent aussi y être inscrites. Le feuillet est disponible gratuitement sur le site du MSSS (www.msss.gouv.qc.ca/monoxyde_de_carbone)

B) **Fournir et installer des avertisseurs de CO dans chaque bâtiment dans un rayon de 100 mètres autour du site de sautage :**

- i) L'avertisseur de CO doit être certifié ULC ou CSA;
- ii) Le manuel d'instruction doit accompagner l'avertisseur;
- iii) Le bon fonctionnement des avertisseurs doit être vérifié (piles fonctionnelles, test de l'avertisseur)
- iv) **Les avertisseurs doivent être installés dans les bâtiments situés dans un rayon de 100 mètres autour du site de sautage :**
 - (a) **au sous-sol** des résidences et à **un endroit où l'alarme peut être entendue** à partir de n'importe quelle autre pièce du domicile; plus d'un avertisseur peut être nécessaire dans une même résidence selon le nombre d'étage et la configuration des pièces (divisions, portes);

- (b) pour les bâtiments autres que résidentiels ou multi-logements, s'assurer de communiquer avec le responsable du bâtiment (concierge, responsable sécurité, propriétaire ou autre) pour identifier les endroits où les avertisseurs devraient être installés pour que l'alarme puisse être entendue et s'assurer que tous les occupants sont informés des risques;
- v) l'avertisseur doit être en place avant le début des travaux et demeurer en fonction au moins **14 jours** après la fin des travaux de sautage;
- vi) une vérification de l'état de fonctionnement doit être effectuée après l'installation (se référer au manuel du fabricant).

*Si les bâtiments sont déjà équipés d'avertisseurs de CO, une vérification de l'état de fonctionnement de ces derniers doit être faite. **Attention** : la présence d'un avertisseur de CO dans un garage attendant à une résidence ou à l'étage n'est pas suffisante. L'infiltration se fera principalement par le sous-sol, ce qui nécessite la présence d'un avertisseur à cet endroit;*

C) Mesures à prendre en cas d'absence des occupants

- i) Laisser le feuillet d'information « Danger explosifs » à toutes les portes du bâtiment
- ii) Laisser aux occupants absents un avis écrit les informant :
 - (a) du moment où vous tenterez à nouveau de les rencontrer avant le début des travaux;
 - (b) du nom de la personne responsable identifiée par le maître d'œuvre pour ces travaux et ses coordonnées;
 - (c) de la nécessité d'avoir un avertisseur de CO pour déceler la présence du gaz et se protéger d'une intoxication.
- iii) Si toutes ces actions sont infructueuses, il est recommandé de laisser un dernier message aux occupants, à toutes les portes du bâtiment, pour les informer :
 - (a) du début et de la fin des travaux de sautage;
 - (b) de l'importance d'installer eux-mêmes un avertisseur de CO.

Attention : il n'est pas recommandé de laisser des avertisseurs aux portes des bâtiments puisque le froid ou la chaleur excessive peuvent nuire au bon fonctionnement de l'appareil (se référer au manuel d'instructions du fabricant).

4) Protéger les travailleurs d'une intoxication au monoxyde de carbone

Il est primordial que les travailleurs soient informés des risques associés au CO dans le cadre de travaux de sautage, que des mesures de prévention soient mises en place et que les travailleurs prennent les moyens nécessaires pour ne pas s'exposer au CO. Le maître d'œuvre, l'employeur et les travailleurs doivent s'assurer de la mise en place des recommandations qui suivent selon leurs responsabilités respectives:

- A) limiter l'exposition du boutefeux au CO en développant une procédure pour l'enlèvement des matelas pare-éclats ne nécessitant pas sa présence sur le chantier (Martel et al, 2008);

- B) limiter l'exposition des foreurs en retardant leur retour sur le chantier jusqu'à l'enlèvement complet des matelas pare-éclats (Martel et al, 2008);
- C) évaluer l'exposition des travailleurs selon les dispositions du *Code de sécurité pour les travaux de construction* et mettre en place les moyens de contrôle en conséquence;
- D) éviter de rester très près du site de sautage lorsque le roc fracturé est excavé;
- E) informer les responsables de travaux, sur des chantiers à proximité de celui où du sautage est fait, des risques de migration du CO dans des espaces clos, dans des tranchées, dans des puits d'accès pour services publics ou autres endroits restreints et mal ventilés.

Si un incident survient, il faut d'abord savoir que...

Lorsque l'alarme d'un avertisseur de CO se déclenche, **il s'agit d'une urgence**. Une **évacuation du bâtiment** doit être effectuée **sans délai** et **les services d'urgence doivent être contactés (9-1-1)**.

Il est **dangereux** pour toute personne qui n'est pas munie d'une protection respiratoire adéquate de séjourner dans un lieu où peut se trouver du CO en quantité suffisante pour déclencher l'alarme d'un avertisseur.

Qui est responsable de gérer l'intervention d'urgence ?

En réponse à l'appel au 9-1-1, les services municipaux, d'urgence dépêchés sur les lieux (pompiers, police) prendront en charge la gestion de l'intervention. La direction des opérations est généralement attribuée aux pompiers. Des ambulanciers peuvent aussi être appelés sur place.

Les services municipaux sont responsables de mettre en place toutes les actions en leur pouvoir permettant de protéger la population. Ils sont également tenus d'informer la Direction régionale de santé publique de l'évènement dès qu'ils sont informés de l'incident parce que la migration souterraine de CO dans un secteur habité constitue une menace à la santé de la population. Le directeur de santé publique peut alors émettre des recommandations, certaines ordonnances, ou demander à une autre instance d'exercer les pouvoirs qu'elle détient pour protéger la santé de la population.

Y a-t-il d'autres organismes qui peuvent être impliqués dans l'intervention d'urgence?

Les représentants des services municipaux en charge de l'intervention d'urgence peuvent faire appel à d'autres organisations pour les soutenir dans l'intervention dont :

- La Direction de sécurité civile et de la sécurité incendie régionale;
- La Commission de santé et sécurité au travail (CSST);
- Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Le Centre des opérations du gouvernement du Québec devrait aussi être informé d'un tel événement.

Quelles sont les responsabilités du maître d'œuvre lors d'un incident ?

Dans l'éventualité où un incident survient malgré la mise en œuvre de mesures préventives, le maître d'œuvre du chantier doit collaborer à l'intervention d'urgence en :

- demeurant joignable en tout temps, directement ou par l'entremise de la personne qu'il aura identifiée comme responsable du chantier;
- en fournissant rapidement toute information demandée par les intervenants responsables de la gestion de l'incident et en facilitant tout suivi à faire auprès de ces derniers;
- en ayant en inventaire un nombre suffisant d'avertisseurs de CO (au moins 20) et de feuillet d'information au cas où il serait nécessaire d'élargir rapidement le périmètre de surveillance;
- en mettant en place les actions permettant le rétablissement de la situation dans les meilleurs délais;
- en planifiant les travaux à venir de manière à éviter la répétition d'une telle situation.

En conclusion : des mesures simples qui sauvent des vies

La mise en place des mesures recommandées dans le guide de bonnes pratiques sont importantes pour prévenir des intoxications au CO et sauver des vies.

Elles visent quatre (4) objectifs :

- réduire la quantité de CO produite lors de travaux aux explosifs;
- réduire la rétention et la migration des gaz dans le sol;
- protéger la population présente dans les bâtiments autour des chantiers d'une intoxication au CO;
- protéger les travailleurs sur le chantier ou près de celui-ci d'une intoxication au CO.

Plusieurs personnes sont appelées à intervenir sur un chantier où l'on utilise des explosifs. Différentes responsabilités leur incombent pour permettre de prévenir les intoxications au CO.

Le maître d'œuvre est responsable des dommages découlant de ses activités et des conséquences de tels incidents. Il est donc responsable de s'assurer de la mise en œuvre de

toutes les mesures préventives raisonnables pour les éviter. Il est la personne qui doit s'assurer du bon déroulement général des travaux en s'assurant tout d'abord que tous connaissent les risques associés au CO et utilisent les moyens de contrôle appropriés. **Les entrepreneurs spécialisés et les travailleurs** doivent mettre en pratique ces moyens de prévention.

Si un incident survient malgré la mise en œuvre de mesures préventives appropriées, **les services municipaux d'urgence** interviendront pour assurer les opérations de secours aux occupants des bâtiments affectés, pour éclaircir les circonstances de l'incident et mettre en place toutes les actions nécessaires au contrôle et au rétablissement de la situation. **Le directeur régional de santé publique** devra être avisé de la situation et pourra intervenir s'il le juge nécessaire. D'autres organismes et ministères pourraient aussi être appelés par les services municipaux. **Le maître d'œuvre** doit collaborer avec les autorités responsables lors de l'intervention d'urgence pour rétablir la situation et éviter de nouveaux incidents.

Pour conclure, la mise en place des recommandations de ce guide vise à protéger la population de risques importants pour sa santé. Il est donc souhaité que ces dernières fassent partie intégrante des règles de l'art associées aux travaux de sautage.