

*Intoxications au monoxyde de carbone
associées aux travaux à l'explosif
en milieu habité*

Recommandations

Comité MSSS-MENV

Juin 2001

Avant-propos

Ce rapport est l'œuvre d'un comité *ad hoc* mis sur pied conjointement par le ministère de l'Environnement et le ministère de la Santé et des Services sociaux. Lors de la première rencontre du comité, deux groupes de travail ont été créés, soit le groupe de travail législatif (c-leg.) et le groupe de travail technique (c-tech.). Ce rapport a aussi bénéficié des commentaires des membres du Comité provincial sur la prévention des intoxications au CO.

Comité de Rédaction et les auteurs

Guy Sanfaçon, Ph. D. (c-leg.)
Conseiller scientifique
Institut national de santé publique du Québec

Pierre Dorval, ing. (c-tech.)
Service géotechnique et géologie
Ministère des Transports
Président, Société d'énergie explosive du Québec (SEEQ)

Louise Galarneau, M.D., M. Sc., M. A. P. (c-leg.)
Médecin-conseil
Direction de la santé publique de l'Estrie

Benoît Lévesque, M.D., M. Sc., FRCP (C) (c-leg.)
Médecin conseil
Direction de la santé publique de Québec

Richard Martel, ing. Ph. D. (c-tech.)
Professeur
INRS-Géoressources

Jean Pelletier (c-leg., c-tech.)
Chargé de projet
Ministère de l'Environnement

Autres membres du comité

René Allard (c-leg.)
Inspecteur
Commission de la santé et de la sécurité au travail (Estrie)

Viviane Beauvais (c-leg., c-tech.)
Chef de service Formation et Secteur de la construction, DPI
Commission de la santé et de la sécurité au travail

Jacques Boivin, LL. B., M. Sc. urbanisme (c-leg.)
Direction de l'aménagement et du développement local (DADL)

Ministère des Affaires municipales et de la Métropole

Roland Boivin, ing. (c-tech.)
Inspecteur
Commission de la santé et de la sécurité au travail (Mauricie-Centre du Québec)

Nicole Fugère (c-leg.)
Conseillère en sécurité civile
Ministère de la Sécurité publique (Estrie)

Roch Gaudreau (c-tech.)
Géologue
Ministère des Ressources naturelles

Roger McNicoll, ing. (c-tech.)
Inspecteur
Commission de la santé et de la sécurité au travail (Montérégie)

Pierre Michaud, ing. (c-tech.)
Inspecteur des explosifs
Ressources Naturelles Canada

Salvatore Oppedisano, ing.
Directeur
Consultants DURY

Daniel Roy, ing. (c-tech.)
Directeur des services techniques
Dyno Nobel

Jacques Savoie, technicien (c-tech.)
Ministère de l'Environnement

Danielle St-Laurent, ing. (c-leg., c-tech.)
Conseillère en prévention
Commission de la santé et de la sécurité au travail (Québec)

Pierre Tellier, ing. (c-tech.)
Le Groupe Castonguay inc.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	L'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE	2
3	LE MONOXYDE DE CARBONE ET SES SOURCES	4
4	ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES TRAVAUX À L'EXPLOSIF RELIÉS À UNE INTOXICATION AU CO	6
4.1	Revue de la littérature scientifique	6
4.2	État de la situation au Québec	9
5	ANALYSE DES FACTEURS INFLUENÇANT LA PRODUCTION ET LA DIFFUSION DU CO	12
5.1	Le milieu	12
5.2	Les explosifs	13
5.3	Les méthodes de travail	15
6	RECOMMANDATIONS	16
6.1	Techniques	16
6.1.1	Recommandations sur les produits explosifs commerciaux destinés aux tirs en milieu habité. 17	
6.1.1.1	Critères d'admissibilité des produits prescrits	17
6.1.1.2	Produits explosifs non admissibles	17
6.1.2	Recommandations sur les méthodes de travail	18
6.2	Périmètre de sécurité	19
6.3	Réglementation et responsabilités	24
6.3.1	Réglementation	24
6.3.2	Responsabilités	26
7.	CONCLUSION	27
8.	RÉFÉRENCES	28
	ANNEXE 1	31
1.	RÉSUMÉ DE L'INCIDENT D'AYLMER, FÉVRIER 1991	32
2.	RÉSUMÉ DE L'INCIDENT DE BEAUPORT, AVRIL 1995	34
3.	RÉSUMÉ DE L'INCIDENT DE RIVIÈRE-DU-LOUP, NOVEMBRE 1998	36
4.	RÉSUMÉ DE L'INDICENT DE ROCK FOREST, MARS 2000	37
5.	RÉSUMÉ DE L'INCIDENT DE ROCK FOREST, JUILLET 2000	38
	ANNEXE 2	39
	ANNEXE 3	43
	ANNEXE 4	45
	ANNEXE 5	47
	ANNEXE 6	53
	ANNEXE 7	59

1 INTRODUCTION

Les intoxications au monoxyde de carbone (CO), un gaz incolore, inodore et insipide, se produisent dans la grande majorité des cas lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible dans un endroit non approprié ou de façon inadéquate. Depuis un peu plus de 10 ans, des incidents entraînant des intoxications au CO sont également rapportés à la suite de travaux à l'explosif en milieu habité. Le premier incident documenté au regard de l'intoxication au CO et attribuable aux travaux à l'explosif serait survenu aux États-Unis en 1988. Face à ces événements, l'Institute of Makers of Explosive (IME) aux États-Unis a même émis des recommandations d'usage en 1993¹.

Au Québec, les intoxications au CO rapportées à la suite de travaux à l'explosif en milieu habité n'ont pas entraîné de décès, mais plusieurs personnes ont été suffisamment incommodées pour nécessiter un traitement en chambre hyperbare. Le dernier épisode où du CO s'est retrouvé de façon importante à l'intérieur d'une maison est survenu à Rock Forest en juillet 2000. Face à cette situation et afin de vérifier la fréquence et la portée réelle de ces événements, le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a demandé un avis scientifique à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)². Parallèlement, le ministère de l'Environnement (MENV), aussi impliqué dans ce dossier, a mis sur pied un comité d'experts pour les aspects législatifs et techniques de la problématique afin d'émettre des recommandations le cas échéant. Le mandat d'un premier groupe de travail consistait à identifier :

- les mesures de prévention et équipements de détection appropriés ;
- le ou les organismes habilité(s) à gérer cette problématique.

D'autre part, le mandat du groupe technique consistait :

- à analyser les événements survenus ;
- à revoir, le cas échéant, les méthodes de forage, de sautage et d'excavation tout en tenant compte du contexte géologique ;
- à valider l'étude préparé par l'INRS-Géoressources sur la dispersion des gaz selon les divers types de roc dans le but, notamment, de délimiter un périmètre de sécurité autour des lieux de travaux à l'explosif.

Ce rapport est le fruit des discussions et réflexions des deux groupes de travail. Il présente d'abord brièvement, la physiopathologie de l'intoxication au CO. Puis, il fait état des connaissances sur les cas d'intoxication au CO reliés aux travaux à l'explosif recensés en milieu habité dans la littérature scientifique et dresse un bilan de la situation au Québec. À la lumière de ces données, une analyse des facteurs influençant le processus de formation du CO et de sa dispersion dans le sol est ensuite effectuée. Enfin, le rapport propose diverses recommandations s'adressant selon le cas aux entrepreneurs, aux résidents vivant à proximité de lieux de travaux à l'explosif, aux travailleurs impliqués dans ce type de travaux ou aux divers ministères et organismes impliqués dans la mise en place de mesures législatives.

2 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. 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 celle de l'oxygène³. Il s'associe donc à cette protéine pour former la carboxyhémoglobine (COHb), principal marqueur de l'absorption du composé toxique⁴. Calculée en pourcentage, celle-ci est généralement inférieure à 2 % chez les non-fumeurs⁵ et peut atteindre 5 à 10 % chez les fumeurs⁶.

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 aboutissant à l'hypoxie cellulaire⁷. 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 CO⁸.

Plusieurs études ont démontré que des expositions 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^{9, 10, 11, 12, 13, 14}. On parle ici 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^{15, 16} et une diminution de la prudence lors de la conduite automobile¹⁷.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère comme des populations plus vulnérables non seulement 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 leurs fœtus ainsi que les personnes vivant en haute altitude¹⁸.

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 régulière⁵. 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, des niveaux de CO qui génèrent moins de 3,5 % à 5 % de COHb^{19, 20} et moins de 2,5 % de COHb pour un simple citoyen^{18, 21}.

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, y compris les groupes plus sensibles, il faille limiter l'exposition au CO de façon à maintenir le taux sanguin de COHb en deçà de 2,5 %¹⁸. L'OMS a utilisé l'équation de Coburn²² pour estimer les valeurs de COHb générées chez un homme adulte en fonction du niveau d'activité⁵. Ainsi, un individu exposé à 35 ppm pour une période de 30 min voit sa concentration sanguine de COHb s'élever à 0,93 % s'il est sédentaire et, respectivement à 1,4 ou 1,9 % s'il fait un travail léger ou dur. Une exposition de 3 h à la même concentration entraînera pour un sujet sédentaire une COHb de 2,6 % alors que la même exposition génèrera chez des personnes effectuant des travaux légers ou durs des taux d'environ 4,0 ou 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 carboxyhémoglobine²³**

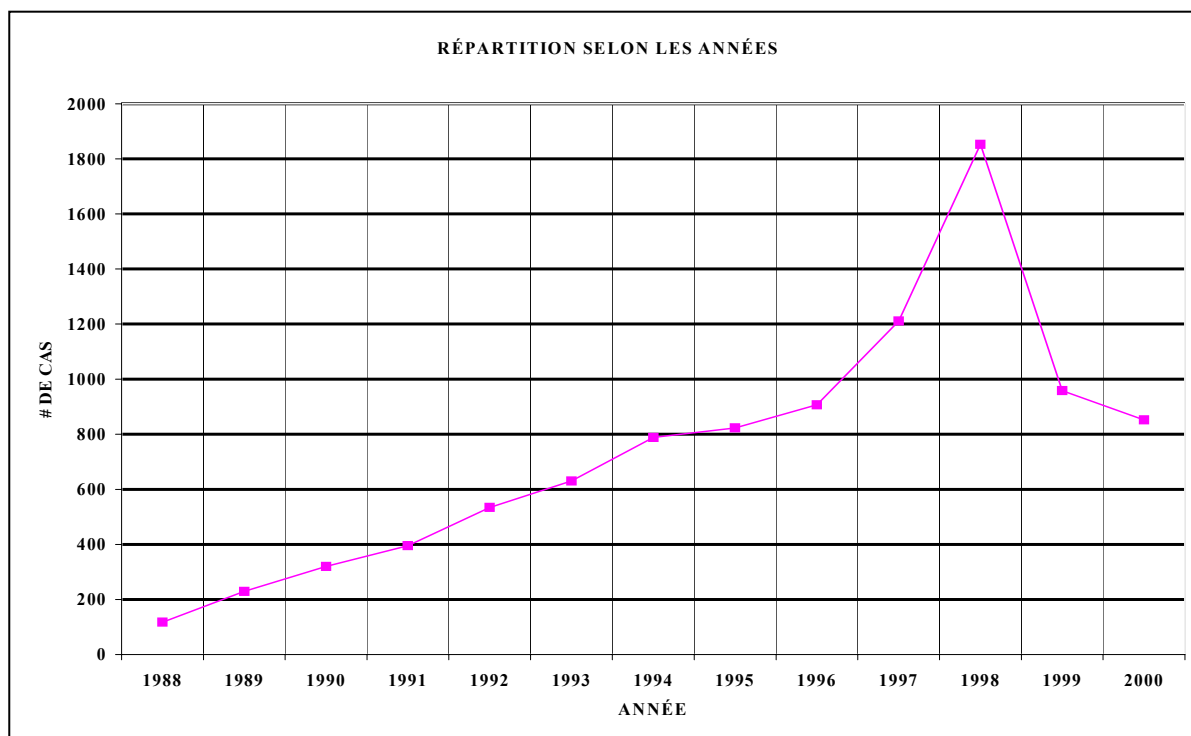
Niveau de carboxyhémoglobine	Signes & symptômes
2,5 à 5 %	Douleur coronarienne chez les angineux et cardiaques provoquée par des efforts plus légers
5 à 9 %	Élévation du seuil de perception lumineuse
10 à 19 %	Céphalées
20 à 29 %	Céphalées, vertiges, nausées, hyperpnée, tachycardie
30 à 39 %	Confusion, 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%

3 LE MONOXYDE DE CARBONE ET SES SOURCES

Au cours des 10 dernières années, les données recensées par le Centre anti-poison du Québec (CAPQ) démontrent un accroissement du nombre de cas d'exposition/intoxication au CO (graphique 1)²⁴.

GRAPHIQUE 1**Répartition du nombre d'événements pour une exposition/intoxication au CO**

L'analyse des données du CAPQ et de celles provenant du bureau du coroner et du caisson hyperbare de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal confirme que les véhicules à moteur suivis des divers appareils utilisant un combustible sont les principales sources d'émissions de CO (tableau 2)²⁵.

TABLEAU 2

Proportion (%) et nombre (n) de cas d'intoxication involontaire au CO selon l'origine du CO et selon la source de données.

Origine du CO	Source de données					
	Bureau du coroner 1989-94		Caisson hyperbare 1994-95		CAPQ 1994-juin 96	
	%	n	%	n	%	n
Fournaise	6,3	5	4,9	6	15,0	169
Chaufferette	2,5	2	0	0	3,6	41
Poêle	5,1	4	4,2	5	9,7	110
Foyer	0	0	0	0	2,9	33
Réfrigérateur	7,6	6	6,6	8	2,0	22
Véhicule à moteur	67,1	53	25,4	31	39,6	447
Appareil/outil	6,3	5	9,8	12	9,9	112
Machinerie lourde	0	0	0	0	1,6	18
Chariot élévateur	0	0	0	0	0,1	1
Barbecue	2,5	2	0	0	0,5	6
Resurfaeuse	0	0	0	0	2,1	24
Lampe	1,3	1	0	0	0,2	2
Incendie	---	---	26,2	32	11,3	128
Moteur non précisé	---	---	22,1	27	---	---
Autre	1,3	1	0,8	1	1,5	17
Inconnue	---	3	---	34	---	126

Au cours de cette période, un lien a également été établi à cinq reprises au Québec entre des intoxications au CO et des travaux à l'explosif réalisés à proximité de résidences. Toutefois, lors de ce type d'événement, le lien de cause à effet a souvent été difficile à établir compte tenu de la multitude de causes potentielles d'intoxication au CO.

Compte tenu du nombre élevé de travaux à l'explosif effectués en milieu résidentiel chaque année au Québec (au-delà de mille), il demeure possible que le nombre réel d'intoxications associées à ces travaux soit sous-estimé. En effet,

- l'intoxication au CO est généralement peu spécifique et 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 les travaux à l'explosif en milieu résidentiel est méconnu.

4 ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES TRAVAUX À L'EXPLOSIF RELIÉS À UNE INTOXICATION AU CO

4.1 Revue de la littérature scientifique

Il existe très peu de données dans la littérature relativement à la contamination domiciliaire au CO à la suite de travaux d'excavation réalisés avec des explosifs. Dougherty *et al.*²⁶ ont décrit un incident survenu dans un comté au sud-est de la Pennsylvanie en 1988. Dans ce cas, à la suite de travaux pour la mise en place d'un réseau d'égout, deux enfants avaient été hospitalisés en raison d'une intoxication sévère au CO. Quatre maisons avaient alors fait l'objet d'investigations. L'air de trois de ces habitations s'était avéré contaminé par des concentrations élevées de CO allant jusqu'à 2000 ppm. La présence significative de méthane (CH₄) avait également été notée. Fait intéressant, la résidence où la présence de CO n'avait pas été détectée était équipée d'un système de contrôle du radon. Dans ce cas, le produit explosif utilisé était un composé à base de nitrate d'ammonium et d'huile diesel (NA/H). Les charges avaient 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 contamination²⁶.

Dans un bulletin d'information du ministère de la Santé de l'Ontario diffusé en 1995, les autorités de la municipalité de Hamilton ont rapporté que des occupants d'une résidence de leur municipalité s'étaient plaints d'étourdissements et de malaises après des travaux à l'explosif pour la mise en place d'un réseau d'égout collecteur à proximité de leur habitation.

Dans la maison des plaignants, les concentrations de CO avaient atteint 126 ppm et des niveaux de CO anormalement élevés avaient été mesurés dans trois autres résidences. Les responsables ont conclu que la contamination était due aux explosifs utilisés pour les excavations et que le CO avait emprunté les drains d'évacuation des égouts des maisons adjacentes aux travaux²⁷.

Toujours en 1995, un homme et une femme se plaignant de maux de tête sévères, de fatigue importante, d'étourdissements, de nausées et de palpitations sont amenés à l'urgence d'un hôpital de la ville de Québec. La nuit précédente, l'homme s'était réveillé avec un mal de tête frontal, puis avait perdu conscience durant quelques minutes. La journée suivante, les symptômes ont perduré, le couple croyant être victime d'une intoxication alimentaire. Le soir, 2 h après avoir quitté leur résidence, les carboxyhémoglobinémies respectives de l'homme et de la femme étaient de 29,6 et 24,7 %. Ayant conclu à une intoxication au CO, les patients ont été traités en chambre hyperbare en raison de la perte de conscience survenue chez l'homme. L'enquête de santé publique a révélé que 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. Après l'hypothèse d'une poche de gaz confinée sous les fondations, une investigation plus poussée a permis de conclure que des travaux à l'explosif effectués dans les jours précédents avaient été la cause de l'intoxication au CO²⁸.

Aux États-Unis, en mars 1998, un incident impliquant trois travailleurs est survenu dans le cadre de la construction d'un réseau d'égout. Peu de temps après le tir à l'explosif, un travailleur ayant pénétré dans un trou d'homme de 4 m de profond s'est évanoui en quelques minutes. Deux de ses collègues ont alors pénétré dans l'espace clos dans l'espoir de le secourir. Un premier a réussi à extirper le travailleur de sa fâcheuse position, mais s'est évanoui à la surface ; le second y est décédé²⁹. On a mesuré 1905 ppm de CO dans le trou d'homme, une concentration nettement plus élevée que celle de 1200 ppm considérée comme dangereuse par le *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) (*Immediately dangerous to life and health* (IDLH))²⁹. À la suite de cet incident, le NIOSH émettait une note d'identification de danger (Hazard ID) concernant les possibilités d'exposition au CO par suite de l'utilisation d'explosifs dans un chantier de construction²⁹. Cet accident avait démontré la façon dont le CO généré par les explosifs pouvait migrer sous terre et s'accumuler dans les espaces clos³⁰.

En 2000, Eltschlager *et al.* ont rapporté un cas d'intoxication chez une famille qui résidait à plus de 120 m des travaux à l'explosif d'une mine de charbon à ciel ouvert³¹. Les patients (deux adultes et un nouveau-né) ont présenté un taux de carboxyhémoglobine de 17 % pour la mère, de 28 % pour le père et de 31 % pour l'enfant. Ce dernier a été traité en chambre hyperbare. Initialement, les parents avaient crû à un problème relié à une nouvelle fournaise. Une enquête plus approfondie a permis de déterminer que le CO provenait des travaux à l'explosif qui s'effectuaient dans une mine près de leur résidence. D'ailleurs, après cet épisode, les propriétaires ont installé des avertisseurs de CO qui, à la suite de nouveaux travaux à l'explosif, ont affiché, à peine 1 h après le sautage, des taux de CO de 73 ppm au sous-sol et de 46 ppm à l'étage. Cet incident confirma la relation entre les travaux à l'explosif et la présence de CO dans la résidence.

Enfin, Santis a fait un recensement des 11 cas connus dans la littérature ou rapportés depuis 1988³². Dans sa revue, il fait un bref résumé des événements, puis regroupe sous forme de tableau, les diverses caractéristiques de ces cas, à savoir : les types et les quantités d'explosif utilisées, la présence ou l'absence d'excavation immédiate après le tir, le rapport entre la longueur du trou de forage chargé et la longueur du trou bourré de matériau inerte, le gonflement vertical final, la distance entre le sautage et le bâtiment, le chemin préférentiel soupçonné d'avoir été emprunté par le CO pour atteindre les bâtiments et, enfin, la voie d'accès par laquelle le CO a pénétré à l'intérieur du bâtiment.

Une analyse sommaire nous indique que les travaux à l'explosif impliqués peuvent être qualifiés de tirs très confinés, que les types d'explosif utilisés sont nombreux, qu'il n'y a jamais eu excavation immédiate et, qu'à l'exception du dernier cas cité³¹, les travaux ont été exécutés à moins de 50 m du bâtiment. Il apparaît que, dans la majorité des cas, une zone hautement fracturée ou la présence d'anciennes tranchées ont pu faciliter la transmission du CO. De plus, sur les 11 cas étudiés, 8 concernaient des excavations de tranchées pour la réalisation de fossés ou l'installation de conduits, 2 des excavations pour des fondations de bâtiments et 1 représentait un tir à l'explosif dans le cas de l'exploitation d'une mine à ciel ouvert.

Des mesures préventives sont proposées par Santis, la première étant d'accroître la vigilance des boufeux et autres intervenants par la sensibilisation aux risques d'intoxication au CO associés au tir à l'explosif en milieu habité et de les informer sur les différents chemins possibles suivis

par le CO. Dans la mesure du possible, il recommande de réaliser l'excavation du matériau fragmenté le plus tôt possible après le tir afin de permettre aux gaz de s'échapper. La mesure de la concentration des gaz tels que le CO devrait être réalisée systématiquement dans les espaces clos situés à proximité du site des travaux. Enfin, l'application d'une pression négative dans le sol et l'aspiration des gaz aux alentours des espaces confinés proches du site des travaux s'avèrent des techniques efficaces favorisant l'évacuation des gaz.

Finalement, Santis conclut qu'il y a encore beaucoup de questions en suspens. Par exemple, comment les gaz se déplacent-ils dans le sol ? Comment la pression générée dans un tir hautement confiné augmente-t-elle et décroît-elle après la détonation ? Est-ce qu'un tir hautement confiné génère plus de CO étant donné la quantité d'air moins importante pouvant réagir lors de la détonation ? Comment les tirs subséquents peuvent-ils affecter la concentration de CO ? Est-ce que l'eau peut être conductrice pour le CO ?

4.2 État de la situation au Québec

Le tableau 3 présente une synthèse des cas répertoriés au Québec quant aux causes probables des incidents, à la localisation géographique, au type de formation géologique et aux données d'exposition au CO. L'annexe 1 présente un court résumé des cinq premiers épisodes.

TABLEAU 3

Comparaison des incidents d'intoxication au CO rapportés de 1991 à 2001 au Québec

Lieu et date de l'événement	Aylmer (fév. 1991)	Beauport (avril 1995)	Riv.-du-Loup (nov. 1998)	Rock Forest (mars 2000)	Rock Forest (juillet 2000)	Rock Forest (nov. 2000)	Sherbrooke (nov. 2000)	Rock Forest (fév. 2001)
Type de travaux	Sautage terrain voisin pour aqueduc	Sautage pour un réseau d'égouts pluviaux	Sautage pour réfection des égouts	Sautage pour une construction domiciliaire	Sautage pour une construction domiciliaire	Sautage pour une construction domiciliaire	Sautage pour construction réseau égouts et aqueduc	Sautage pour construction réseau égouts/aqueduc
Distance entre le lieu de sautage et le lieu d'intoxication	53 mètres	12,3 mètres	30 mètres	8 mètres	30 mètres	16 mètres	22 mètres	6 mètres
Travaux d'excavation effectués plus d'un jour après le sautage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Concentration maximale de CO enregistrée (ppm) ¹	460* dans le drain près de la maison	500** au sous-sol	250-350*** à l'étage 1100 ppm dans un trou d'homme	1040** au sous-sol	800** dans une maison	2000*** dans le drain et 160 au sous-sol	2800*** dans le drain et 10 au sous-sol	195*** dans le drain et 165 au sous-sol
Type de roc	Calcaire	Calcaire	Schiste argileux	Ardoise	Ardoise	Ardoise	Ardoise	Ardoise
Fracturation	Selon le litage ² et fractures subverticales	Selon le litage et fractures subverticales	Selon la foliation ³	Selon la foliation	Selon la foliation	Selon la foliation	Selon la foliation	Selon la foliation
Eau dans les forages ⁴	?	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Voie probable de migration des gaz	Conduit	Roc fracturé et tranchée de l'entrée de service	Ancien conduit abandonné	Roc fracturé	Tranchées de la rue et des entrées de services Roc fracturé	Roc fracturé et tranchées de la rue et des entrées de services	Par le réseau d'égouts pluviaux	Roc fracturé et tranchée de l'entrée de service
Nombre de personnes intoxiquées	5	2	16	4	0 (détecteur de CO et 3 évacuées)	0 (détecteur de CO et 4 évacuées)	0 (détecteur de CO et 2 évacuées)	0 (détecteur de CO et 2 évacuées)
Carboxyhémoglobine (%)	5 à 15	24 et 29	2 à 24	7 à 22	Pas de prélèvements	Pas de prélèvements	Pas de prélèvements	Pas de prélèvements
Traitement hyperbare	Non	Oui 2 personnes	Oui 3 personnes	Oui 2 personnes	Non	Non	Non	Non

¹ * Mesures prises 3 jours après les travaux ** Mesures prises la journée même de l'incident par les pompiers *** Mesures prises 2 jours après les travaux.

² Discontinuité horizontale dans le roc permettant un écoulement ou une infiltration.

³ Discontinuité verticale dans le roc permettant un écoulement ou une infiltration.

⁴ La présence d'eau dans les forages peut affecter les propriétés de l'explosif pouvant résulter à une augmentation du CO produit.

5 ANALYSE DES FACTEURS INFLUENÇANT LA PRODUCTION ET LA DIFFUSION DU CO

5.1 Le milieu

L'analyse des cas documentés d'infiltration de CO attribuable aux travaux à l'explosif démontre que ce phénomène survient lors de travaux d'excavation dits confinés tels que foncées initiales, tranchées et sautages sans face libre, et qu'il y a présence d'une couche relativement imperméable (dépôt meuble ou autre) empêchant les gaz de se disperser librement dans l'atmosphère. Ces conditions se retrouvent d'ailleurs plus particulièrement en milieu habité, compte tenu que les boufeux préfèrent conserver les dépôts meubles au-dessus du roc, ces derniers jouant un rôle de pare-éclats empêchant ainsi des projections indésirables. Les cas répertoriés démontrent que les travaux d'excavation de tranchées pour la mise en place de conduits représentent le type de travaux le plus souvent impliqué dans les cas d'infiltration de CO, suivi des travaux d'excavation pour les fondations de bâtiments. D'autre part, dans tous les cas documentés, il appert que les matériaux n'étaient pas excavés immédiatement après le tir, obligeant ainsi les gaz captifs à migrer dans le roc ou le sol lorsque la perméabilité de ces derniers était favorable plutôt que de se disperser librement dans l'air ambiant. Selon toute vraisemblance, les gaz ainsi confinés dans la masse rocheuse fracturée se propageraient principalement par les fissures et/ou les fractures existantes du roc ou créées par le tir, par le matériau de remblai dans les tranchées ou, encore, par les conduits existants en construction, abandonnés ou endommagés par les travaux.

En ce qui a trait à la nature du roc en cause, cette information n'est pas toujours disponible dans les cas documentés. Au Québec, on retrouve les trois grands ensembles de roches consolidées soit : les roches ignées et magmatiques résultant de la solidification des magmas ; les roches sédimentaires, formées par l'accumulation des sédiments due à l'action de l'eau et de l'air ; et les roches métamorphiques, résultant d'une recristallisation, sans fusion, due aux modifications des conditions physiques du milieu³³.

Lors des incidents d'Aylmer et de Beauport, les calcaires (roches sédimentaires) étaient impliqués, alors que pour Rock Forest et Sherbrooke, ce sont des ardoises³⁴ (roches métamorphiques) qui étaient associées aux événements. Ces données ne sont pas surprenantes

compte tenu que 80 % de la surface habitée du Québec est constituée de ces types de roc et plus particulièrement de roches sédimentaires.

Quoiqu'il en soit, on conçoit que la migration des gaz dans le roc ne soit pas tellement fonction de la nature du roc comme de la perméabilité de ce dernier. Aussi, une roche ignée présentant des fractures ouvertes pourrait être très favorable à la migration des gaz et donc sujette à être associée à une infiltration de CO₂. Par contre, une roche sédimentaire imperméable ne serait pas favorable à la migration des gaz en dehors de la zone de fractures créée par le tir à l'explosif, cette zone étant relativement restreinte à quelques mètres autour des limites de l'excavation. Il en va de même pour les sols de remblais tels que ceux utilisés pour enrober les conduits, ce matériau perméable étant plus favorable à la migration des gaz qu'un matériau peu perméable tel que le till ou l'argile.

5.2 Les explosifs

L'emploi d'explosifs dans les travaux d'excavation en milieu habité est d'usage courant. Qu'il s'agisse de réaliser des tranchées pour la mise en place de services publics, tels que les réseaux d'aqueduc et d'égout, ou qu'il s'agisse d'excavation pour la construction de piscines, de résidences ou d'édifices, l'utilisation de l'énergie explosive s'avère, plus souvent qu'autrement, la méthode la plus rapide et la plus économique pour excaver le roc.

Par définition, un explosif est un corps ou un mélange de corps susceptible de dégager en un temps très court, de l'ordre de la micro seconde, une très grande quantité de gaz portés à très haute température. C'est l'énergie des gaz ainsi libérés lors des explosions qui entraîne la majeure partie de la fragmentation du roc. En fait, la réaction chimique entraîne l'expansion des gaz qui, portés à haute pression et température élevée, pénètrent dans les fissures du roc existantes ou créées lors de la détonation par l'onde de choc et provoquent ainsi la dislocation et la fragmentation du massif rocheux. Finalement, c'est la poussée exercée par les gaz qui permet à la roche fracturée de se déplacer. En principe, les gaz devraient se dissiper dans l'atmosphère une fois cette étape terminée à moins qu'ils ne puissent s'échapper naturellement parce que confinés par des matériaux plus ou moins perméables.

En théorie, la détonation idéale d'un explosif composé des éléments de base carbone, hydrogène et azote, et équilibré en oxygène, formera seulement trois produits gazeux, soit du dioxyde de carbone (CO₂), de la vapeur d'eau (H₂O) et de l'azote (N₂). En pratique, d'autres produits de réaction seront toujours présents à cause de la réaction incomplète de l'explosif et des réactions subséquentes avec le milieu ambiant. Certains de ces produits peuvent être toxiques lorsque leur concentration atteint des niveaux élevés. Les fumées de tirs primaires ainsi formées sont le monoxyde de carbone (CO), l'oxyde nitrique (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Moins la réaction explosive contient la bonne proportion en oxygène, plus grands sont les risques que d'autres produits toxiques soient formés.

La quantité de produits formés lors d'une détonation non idéale dépend de nombreux facteurs : la composition de l'explosif et son homogénéité, la résistance de l'explosif à l'eau, la vitesse de détonation, le diamètre de la charge, la densité de chargement, le type d'initiation, le type d'emballage de l'explosif, et tout particulièrement le confinement de l'explosif³⁵.

Classification des explosifs³⁶

Il existe deux classifications différentes de fumées de tirs. Le type varie selon qu'il s'agit d'un explosif anti-grisouteux ou pas. Au Canada et aux É.-U., les explosifs anti-grisouteux sont agréés pour les mines de charbon et ils sont soumis à des restrictions quant à la quantité qu'on peut faire détoner lors d'un tir. Un indice supérieur à 2 apparaissant dans la colonne III de la Liste des explosifs autorisés de la Division de la réglementation des explosifs (DRE) indique que ces explosifs sont agréés pour les mines de charbon au Canada

Quant aux explosifs autorisés, ils sont classés par la DRE de Ressources naturelles Canada pour l'utilisation au Canada. Le nombre 1 signifiant que la classe de fumées apparaîtra, s'il y a lieu, sous la colonne III de la Liste des explosifs autorisés. Les classes 2 et 3 ne sont pas identifiées sur cette liste.

Tableau 4
Classification des fumées de tir

Classe de fumées	Quantités de CO et NO _x	
	L/cartouche 32 mm x 200 mm	L/kg d'explosif
1	<4,5	<22
2	4,5 à 9,3	22 à 47
3	9,3 à 19	47 à 95

La concentration de fumées nocives peut être déterminée de plusieurs façons. L'IME classe les fumées nocives en fonction des quantités produites de CO et de NO_x obtenues lors de l'essai à la bombe Bichel (300 g d'un explosif détonnant avec une enveloppe à l'intérieur d'un contenant hermétique pouvant contenir un volume d'environ 15 litres). Toutefois, l'extrapolation des données obtenues en laboratoire pose des problèmes, car les concentrations qui y sont mesurées sont généralement très différentes des concentrations réelles mesurées dans les expériences à l'échelle du terrain.

D'autre part, au cours des 30 dernières années, on est passé de l'utilisation d'explosif à haute performance à des agents de sautage moins coûteux tels que les mélanges de nitrate d'ammonium et d'huile diesel mieux connus sous le vocable NA/H. Le NA/H génère plus de fumées toxiques que les explosifs à haute performance et il n'existe aucun test standard pour quantifier les quantités de fumée réellement générées. Les valeurs disponibles sont obtenues théoriquement par calcul. De plus, lorsque utilisé en vrac sur le chantier, ce type d'explosif peut voir ses caractéristiques changées de façon importante en fonction des conditions de terrain (confinement, présence d'eau, etc.). Il y a donc des risques plus élevés de voir les quantités de fumées de tir augmenter³⁷.

5.3 Les méthodes de travail

Lors d'un tir à l'explosif à ciel ouvert, les fumées nocives ne causent en principe que peu d'ennuis si elles peuvent être dissipées rapidement dans l'atmosphère sous l'effet du vent.

De l'analyse des incidents documentés, il s'avère que pour prévenir les projections et les déplacements du roc, les forages ont été réalisés à travers les dépôts meubles peu perméables ou l'asphalte. Au moment du tir, il y a eu peu de déplacements verticaux des dépôts meubles et essentiellement peu ou aucune ventilation au niveau des trous de forage témoignant ainsi du haut degré de confinement des tirs. Les matériaux n'ont pas été excavés immédiatement après le tir et ont même été laissés en place pour une période de plusieurs jours. Aucune ventilation au niveau du site d'excavation n'a permis aux gaz de se disperser librement dans l'atmosphère.

6 RECOMMANDATIONS

6.1 Techniques

L'analyse des événements répertoriés et documentés démontre que les incidents relatifs à l'infiltration de monoxyde de carbone se produisent lorsque les tirs sont confinés (foncées initiales, tranchées et sautage sans face libre) et qu'il y a présence d'une couche relativement imperméable (dépôts meubles ou autre) empêchant les gaz de se disperser librement dans l'atmosphère.

Selon nos connaissances, les gaz se propagent principalement :

- par les fissures du roc et/ou le matériau de remblai des tranchées ;
- par les conduits existants en cours de construction, abandonnés ou endommagés par les travaux.

Après examen des différents paramètres pouvant influencer la production et la diffusion des gaz dans le roc et le sol, le comité a retenu principalement deux aspects sur lesquels portent les recommandations :

- les produits explosifs ;
- les méthodes de travail

Quant à l'aspect de la nature du roc et de la géologie structurale, le comité conçoit que la géologie ait un rôle non négligeable en ce qui a trait à la diffusion et à la dispersion spatiale des gaz ainsi que pour la conception des tirs. Toutefois, même s'il existe des méthodes de caractérisation du roc, il n'y a pas de consensus au sein du comité quant à l'application possible

de recommandations permettant de justifier la décision d'effectuer ou non des travaux à l'explosif basée sur les caractéristiques du roc, notamment le RQD (*Rock Quality Designation*)³⁸.

6.1.1 Recommandations sur les produits explosifs commerciaux destinés aux tirs en milieu habité.

6.1.1.1 Critères d'admissibilité des produits prescrits

- Produits autorisés selon la **Liste des explosifs autorisés** et énumérés dans la **PARTIE 1, Explosifs et accessoires de sautage et produits connexes**, émise par la Direction de la réglementation des explosifs (DRE) de Ressources naturelles Canada (RNCa)³⁹.
- Produits autorisés ayant une classification de production de fumées nocives de classe 1, selon la colonne III du document **Liste des explosifs autorisés** ci-haut mentionné.
- Les produits explosifs emballés et encartouchés prescrits ne doivent être modifiés d'aucune façon avant ou pendant le chargement.
- La cartouche-amorce devra avoir une longueur minimale de 200 mm. Son diamètre devra être de dimension optimale par rapport au diamètre nominal du trou de forage, c'est-à-dire que la cartouche devra avoir le plus grand diamètre possible par rapport au diamètre du trou foré.
- La résistance des produits emballés à l'eau devra porter la mention « Excellente » ou équivalente selon la fiche technique du fabricant.
- Les produits emballés amorcés ou non amorcés par détonateurs devront être allumés selon les recommandations du ou des fabricants (température et amorce minimale recommandées).

6.1.1.2 Produits explosifs non admissibles

- Tous les produits en vrac y inclus les mélanges de nitrate d'ammonium et de mazout (Na/H avec ou sans additifs) livrés dans des sacs en plastique ou en papier ou dans des conteneurs souples, quelle que soit leur contenance.

Nonobstant le paragraphe précédent, les mélanges de nitrate d'ammonium et de mazout en vrac pourront être utilisés à condition qu'il n'y ait pas d'eau dans les forages et que les dépôts meubles recouvrant le socle rocheux soient complètement excavés. Ils peuvent également être utilisés lorsque les bâtiments sont situés à l'extérieur du périmètre de sécurité.

- Cordeau détonnant **dérivé** de toutes configurations et puissances.
- Produits explosifs de type expérimental non homologués sous le contrôle direct de RNCan.
- Produits explosifs détériorés, chimiquement altérés ou endommagés.
- Produits explosifs ayant dépassé la durée d'entreposage recommandée par le fabricant.

6.1.2 Recommandations sur les méthodes de travail

Afin de favoriser la dispersion des gaz dans l'atmosphère, on recommande de procéder à l'excavation du roc immédiatement après chaque tir. À défaut de pouvoir procéder à l'excavation, les méthodes de travail suivantes sont recommandées :

- Dans la mesure du possible, éviter la réalisation d'une foncée initiale. Si c'est inévitable, on doit effectuer, dans un premier temps, la foncée initiale à l'endroit le plus éloigné possible de la structure à protéger. Il faut remanier les matériaux fragmentés immédiatement après le sautage pour favoriser la dispersion des gaz dans l'atmosphère et créer une face libre. À cette étape, le dépôt meuble au-dessus de la zone du tir est empilé et il n'est pas replacé dans l'excavation contrairement au roc fragmenté qui peut être replacé sur la face libre sans toutefois le compacter.

De plus, lorsque l'excavation à réaliser est reliée à une tranchée existante (ex. : un sous-sol de maison devant être relié à la tranchée pour les services d'aqueduc et d'égout), on doit, dans la mesure du possible, exécuter en dernier le sautage de la section de roc permettant de relier l'excavation à la tranchée.

- Par la suite, poursuivre les travaux de forage et de sautage en prenant garde de diriger le tir en fonction de la face libre préalablement créée.

- Après chaque sautage, on dégage la nouvelle face libre jusqu'au plancher de l'excavation en prenant toujours soin de ne plus remettre les dépôts meubles en place, mais plutôt en les empilant à part.
- Une fois la face libre dégagée, on peut replacer le roc fracturé sur la face libre, sans le compacter, afin de prévenir des projections indésirables.
- À la suite du dernier sautage, on prendra soin de remanier le matériau à la limite de l'excavation comme s'il s'agissait d'une nouvelle face libre, et ce, toujours dans le but de favoriser la dispersion des gaz dans l'atmosphère.
- Une solution consistant à aménager un puits au centre des matériaux fragmentés après les tirs, à la fin de chaque journée, du quel on pompe les gaz au moyen d'une pompe à vide dans le but de favoriser leur évacuation est également recommandée.

Cette méthode de travail proposée par le comité sera vérifiée dans le cadre d'un projet de recherche et pourra être modifiée si requis

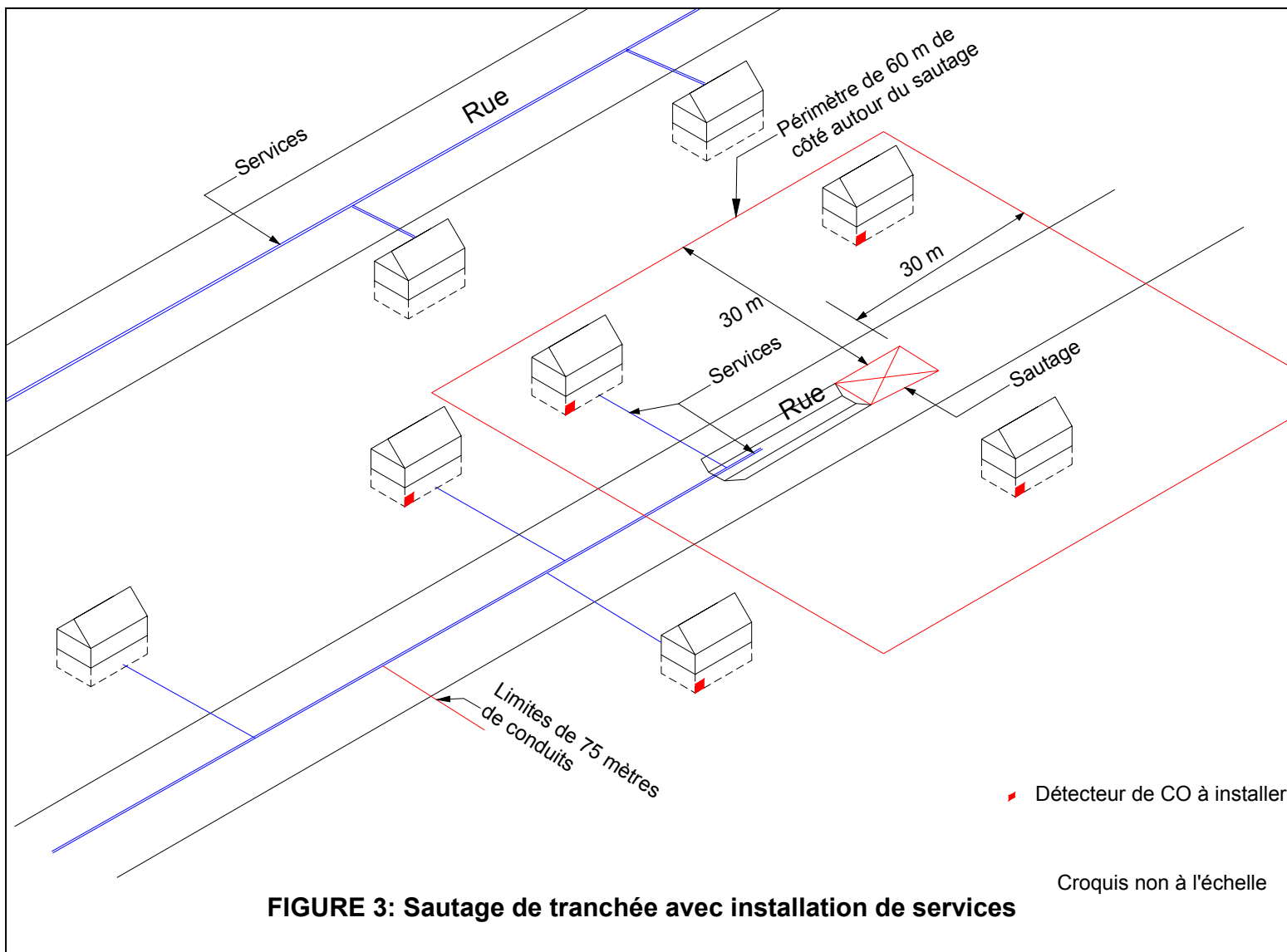
6.2 Périmètre de sécurité

Comme mesures supplémentaires, le comité recommande :

- Que des avertisseurs de CO soient mis en place au niveau du sous-sol des résidences, habitations ou autres bâtiments habités situés à 30 m et moins de la zone des travaux à l'explosif, de façon à former un périmètre de 60 m de côté. De plus, lorsque des conduits ou des tranchées sont situés à 30 m et moins des travaux à l'explosif et que ces tranchées ou conduits sont reliés à des bâtiments habités, des avertisseurs de CO doivent être installés au sous-sol des bâtiments situés à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit (voir figure 1 à 3).
- Que des mesures de concentration de CO soient effectuées dans les conduits existants ou en construction lorsque ces derniers sont situés à 30 m et moins des travaux à l'explosif. Cette

mesure permettra entre autres de vérifier l'étanchéité des conduits aux gaz, de détecter d'éventuels dommages et de vérifier s'il y a migration des gaz produits.

Le périmètre de sécurité proposé par le comité sera vérifié dans le cadre du projet de recherche et pourra être modifié si requis



6.3 Réglementation et responsabilités

6.3.1 Réglementation

Dans le but de protéger uniformément la population, il est important que l'ensemble des mesures proposées soit enchâssé dans un règlement. Nous recommandons que le ministère de la Sécurité publique du Québec ajoute dans son projet de Loi sur la sécurité publique un règlement touchant les travaux à l'explosif. En plus des mesures techniques énoncées au point 6.1 et du périmètre de sécurité déterminé au point 6.2, nous demandons d'inclure les recommandations ci-dessous touchant les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants, les résidants, les travailleurs ainsi que les services municipaux.

1. Pour les entreprises utilisant des explosifs, pour les entrepreneurs en bâtiments et les maîtres d'œuvre

- 1.1. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent suivre les recommandations décrites aux points 6.1 et 6.2.
- 1.2. Les entrepreneurs en travaux à l'explosif doivent utiliser les explosifs selon les instructions des manufacturiers.
- 1.3. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent être informés des risques et des problèmes de contamination par le CO pouvant survenir dans les lieux adjacents aux sites de de tirs à l'explosion à ciel ouvert (autour du périmètre de sécurité)¹.
- 1.4. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent respecter les règlements inscrits dans le Code de sécurité pour les travaux de construction, notamment quant à l'accès des travailleurs aux lieux situés à proximité des sites d'explosion à ciel ouvert, tant que ces lieux n'ont pas été jugés sécuritaires.
- 1.5. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent aviser les résidants (propriétaires et locataires) à l'intérieur du périmètre de sécurité, y compris le secteur commercial à proximité des travaux à l'explosif, s'il y a lieu, et ce, avant leur réalisation (voir annexe 2).
- 1.6. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent fournir des dépliants d'information (tels que *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?*) et des avertisseurs de CO à affichage et certifiés UL ou ULC 2034 ou CAN/CGA

6.19-M93 rev99 en bon état de fonctionnement dans tous les bâtiments habités² adjacents (périmètre de sécurité) aux travaux à l'explosif. Ces appareils doivent être maintenus en marche durant un minimum de 48 heures après la fin des travaux.

- 1.7. Si une alerte est donnée par un avertisseur, des mesures directes de concentration de CO doivent être prises périodiquement par du personnel du service des incendies dans les résidences (en particulier les sous-sols) avec un appareil certifié et calibré jusqu'à ce que la concentration de CO soit revenue à la normale. Toute mesure égale ou supérieure à 10 ppm devrait entraîner l'évacuation des occupants jusqu'au retour à une valeur normale (< 10 ppm) (selon les recommandations de l'Association des chefs des services d'incendie du Québec (ACSIQ))

2. Pour les résidants à proximité (périmètre de sécurité) de travaux à l'explosif

- 2.1 Lorsqu'un maître d'œuvre, un entrepreneur ou un sous-traitant prévient que des travaux impliquant des explosifs auront lieu, les résidants des maisons à proximité doivent bien ventiler leur maison et laisser, autant que possible, les fenêtres ouvertes et l'échangeur d'air en marche.
- 2.2 Si des travaux à l'explosif sont prévus dans le voisinage, les résidants concernés doivent s'assurer que leur résidence soit munie d'un avertisseur de CO certifié UL, ULC 2034 ou CAN/CGA 6.19-M93 rev99 en bon état de fonctionner. Évidemment, si le détecteur émet une alarme après le début des travaux, il faut quitter les lieux et contacter le 911 ou les pompiers le plus rapidement possible (réf. : dépliant *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?*).
- 2.3 Dès qu'une personne présente des symptômes d'intoxication, elle doit être évacuée du milieu contaminé, puis le 911 et le Centre anti-poison du Québec (1-800-463-5060) doivent être contactés.

3 Pour les travailleurs sur un lieu ou à proximité (périmètre de sécurité) de travaux à l'explosif

- 3.1 Les travailleurs œuvrant dans les lieux ou à proximité de travaux à l'explosif doivent être informés des possibilités de risques pour la santé de l'exposition au CO par suite de

¹ La distance déterminée dans le règlement.

² Dans le cas d'habitation à logements multiples, seulement les appartements situés au sous-sol et rez-de-chaussée devront être munis d'avertisseurs.

l'utilisation d'explosifs à ciel ouvert.

3.2 Les travailleurs œuvrant dans les lieux ou à proximité de sites où des explosifs ont récemment été utilisés doivent s'assurer du respect du Code de sécurité pour les travaux de construction.

3.3 Dès qu'une personne présente des symptômes d'intoxication, elle doit être évacuée du milieu contaminé, puis le 911 et le Centre anti-poison du Québec (1-800-463-5060) doivent être contactés.

4 Pour les services municipaux

4.1 Les services municipaux doivent fournir aux entrepreneurs, aux maîtres d'œuvre et aux sous-traitants, lors de la délivrance des permis, toutes les informations disponibles au regard des plans de localisation antérieurs et actuels des tranchées et des réseaux de conduits souterrains dans les environs des futurs travaux à l'explosif.

4.2 Les services municipaux doivent aussi fournir les données relatives à toute étude géotechnique dans le périmètre des futurs travaux à l'explosif.

6.3.2. Responsabilités

En attendant que la nouvelle réglementation soit en vigueur, il est important que diverses actions soient prises afin de diminuer les risques associés aux travaux à l'explosif. C'est pourquoi, nous recommandons :

- Que le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) informe les professionnels de la santé des liens possibles entre les travaux à l'explosif en milieu habité et des risques d'exposition au monoxyde de carbone (CO) (voir annexe 3). Ces informations s'adressent en particulier à ceux dispensant des soins de première ligne (y compris Info-Santé, annexe 4, et les médecins urgentologues) et aux responsables des programmes de santé environnementale et de santé au travail.
- Que la Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail (CSST) informe les entrepreneurs en travaux à l'explosif, les maîtres d'œuvre et les sous-traitants des risques encourus et des précautions à prendre pour éviter ce type d'incidents (voir annexe 5).
- Que le ministère des Affaires municipales (MAM) sensibilise à la problématique les organismes municipaux autorisant les travaux de construction (voir annexe 6).

- Que le ministère de la Sécurité publique (MSP) informe les services municipaux d'incendie de cette problématique et des techniques d'intervention particulières s'y rattachant (voir annexe 7).
- Que le ministère de l'Environnement (MENV) sensibilise les autres organismes réglementaires, y compris les instances gouvernementales fédérales, à l'existence de ce phénomène.

7. 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. Les résultats de l'étude réalisée, associés à la revue de la littérature existante, indiquent que l'utilisation d'explosifs à proximité de milieux habités peut être identifiée comme une source potentielle non négligeable d'exposition au CO pour la population. Les cas d'intoxication 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. À cet égard, depuis que des détecteurs de CO sont mis en place dans les sous-sols des résidences de la région de Rock Forest et de Sherbrooke, trois autres cas d'infiltration de CO ont été signalés dans cette région. Les responsables de santé publique, les médecins de première ligne, 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 des populations environnantes au CO.

Les travaux du comité provincial sur la problématique du CO ont permis d'identifier les principaux mécanismes régissant la formation et la diffusion des gaz lors de travaux à l'explosif en milieu habité. C'est ainsi qu'il a été possible d'établir des recommandations sur les produits explosifs à utiliser, sur leur amorçage ainsi que sur les méthodes de travail à adopter lorsque des travaux à l'explosif sont réalisés à proximité de zones habitées. De plus, cet exercice a permis d'évaluer et de préciser davantage les orientations à prendre dans le cadre de la réalisation du projet de recherche sur la diffusion des gaz dans le sol afin que les résultats obtenus puissent nous permettre d'ajuster nos recommandations en conséquence.

Finalement, nous pouvons conclure qu'à la lumière de nos connaissances actuelles, les recommandations émises permettront de minimiser les risques que ce phénomène puisse se répéter et surtout d'éviter que des intoxications de résidents ou de travailleurs ne se reproduisent.

8. RÉFÉRENCES

1. INSTITUTE OF MAKERS OF EXPLOSIVES. *Fumes from Blasting Operatives, IME Guidelines and recommended practices*. Approuvé par l'IME Board of Governors 2-3 décembre 1993. Téléchargé du site <http://www.ime.org/printfumes.htm>.
2. INSPQ. *Les risques d'intoxication au monoxyde de carbone associés au dynamitage en milieu habité* : Mémoire scientifique, Québec, MSSS, 2000, 18 p.
3. MEREDITH, T. et A. VALE. *Carbon monoxide poisoning*, Br Med J, vol. 296, 1998, p. 77-78.
4. KULLER, L.H. et E.P. RADFORD. *Epidemiological bases for the current ambient carbon monoxide standards*, Env Health Persp, vol. 52, 1983, p. 131-139.
5. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. *Environmental health criteria 13-Carbon monoxide*, Genève, 1979.
6. SHEPHARD, R.J. et C.G. WILBER (eds). *Carbon monoxide: The Silent Killer*, Springfield, Charles C. Thomas, 1983.
7. LAUWERYS, R., J.P. BUCHET et H. ROELS. *Les effets toxiques d'une exposition modérée au monoxyde de carbone: Un risque souvent ignoré*, Louvain Med, vol. 93, 1974, p. 231-326.
8. DOLAN, M.C. *Carbon monoxide poisoning*, CMAJ, vol. 133, 1985, p. 392-399.
9. ANDERSON, E.W., R.J. ANDELMAN, J.M. STRAUCH, N.J. FORTUIN et J.H. KNELSON.. *Effect of low-level carbon monoxide exposure on onset and duration of angina pectoris*, Ann Intern Med, vol. 79, 1973, p. 46-50.
10. ARONOW, W.S., C.N. HARRIS, M.W. ISBELL, J.N. ROKAW et B. IMPARATO. *Effect of freeway travel on angina pectoris*, Ann Intern Med, vol. 77, 1972, p. 669-676.
11. ARONOW, W.S. et M.W. ISBELL. *Carbon monoxide effect on exercise-induced angina pectoris*, Ann Intern Med, vol. 79, 1973, p. 392-395.
12. ARONOW, W.S. *Aggravation of angina pectoris by two percent carboxy-hemoglobin*, Am Heart J, vol. 101, 1981, p. 154-157.
13. ARONOW, W.S. et J. CASSIDY. *Effect of carbon monoxide on maximal treadmill exercise*, Ann Int Med, vol. 83, 1975, p. 496-499.
14. WALDEN, S.M., E.N. ALLRED, E.R. BLEECKER, B.R. CHAITMAN, T.E. DAHMS, S.O. GOTTLIEB, J.D. HACKNEY, M. PAGANO, R.H. SELVESTER et J. WARREN. *Short-term effects of carbon monoxide exposure on the exercise performance of subjects with coronary artery disease*, N Engl J Med, vol. 321, 1989, p. 1426-1432.
15. McFARLAND, R.A., F.J.W. ROUGHTON, M.H. HALPERIN et J.J. NIVEN. *The effects of carbon monoxide and altitude on visual thresholds*, J Aviat Med, vol. 15, 1994, p. 381-394.
16. BEARD, R.R. et N. GRANDSTAFF. *Carbon monoxide exposure and cerebral function*, Ann N Y Acad Sci, vol. 174, 1970, p. 385-395.
17. RAMSEY, J.M. *Effects of single exposures of carbon monoxide on sensory and psychomotor response*, Am Ind Hyg Assoc J, vol. 34, 1973, p. 212-216.

18. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. *Environmental Health Criteria 213- Carbon monoxide*, Genève, , 1999.
19. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. *Documentation of the Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*, 6^e éd., Cincinnati, , 1992.
20. SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA. *Exposure guidelines for residential indoor air quality: A report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health*, Ottawa, 1989.
21. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *Pocket guide to chemical hazards*. Cincinnati, ,1997.
22. COBURN, R.F., R.E. FORSTER et P.B. KANE. *Considerations of the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglobin concentration in man*, J Clin Invest, vol. 11, 1965, p. 1899-1910.
23. LE GUET-DEVELAY, M. *Intoxication oxycarbonée. Physiopathologie, étiologie, diagnostic, traitement*, Rev Prat, Paris, vol. 44, 1994, p. 259-262.
24. CAPQ. Données tirées de la banque de données TOXIN, 1988-2000.
25. PRÉVOST, C., L. JACQUES, G. SANFACON et S. PROVENCHER. *Étude descriptive sur les intoxications au monoxyde de carbone au Québec*. CSE, Conseil des directeurs de santé publique du Québec. Rapport, février 1997, 55 p.
26. DOUGHERTY, F., F.T. LOYLE, J. KUNZ et L.K. FELLEISEN. *An environmental case study involving carbon monoxide infiltration of nearby residences during sewer trenching*, Proceedings of Indoor Air '90, Toronto, Canada, vol. 3, 1990, p. 753-758.
27. Regional municipality of Hamilton-Westworth Teaching Health Unit, *Carbon monoxide incident in Hamilton-Westworth: Public Health and Epidemiology Report*, Ontario, vol. 6, 1995, p. 239-241.
28. AUGER, P., B. LÉVESQUE, R. MARTEL, H. PRUD'HOMME, D. BELLEMARE, C. BARBEAU, P. LACHANCE, et M. RHAINDS. *An unusual case of carbon monoxide poisoning*. Env Health Perspect, vol. 7 1999, p. 603-605.
29. 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, p. 98-122.
30. DECKER J., S. DEITCHMAN, L. SANTIS. *A novel source of carbon monoxide poisoning: Explosives used in construction*, Ann Emergency Med, vol. 32, 1998, p. 381-384
31. ELTSCHLAGER, K.K., W. SHUSS, et T.E. KOVALCHUK. *Carbon Monoxide Poisoning at a Surface Coal Mine...: A Case Study*, p. 121-132
32. SANTIS, L.D. *A Summary of Subsurface Carbone Monoxide Migration Incidents* 27th Annual conference on Explosives and Blasting technique, ISEE, Orlando Floride, 28-31 janvier, 12 p.
33. LANDRY, B. et M. MERCIER. *Notions de géologies avec exemples du Québec*, Modulo Éditeur, 1983, 426 pages.
34. TREMBLAY, A. *Géologie de la région de Sherbrooke (Estrie)*, ET-90-02, Gouvernement du Québec, MRN, 1992.
35. PERSSON, P.A. et al. *Rock Blasting and Explosives Engineering* 1994, CRC Press LLC, 540 p.
36. DUPONT. *Le manuel des explosifs*, édition du 175^e anniversaire, 1977, 582 p.
37. ROWLAND, J.H., *Toxic fumes from blasting*. Projet de recherche, téléchargé le 8 août 2000 du site www.cdc.gov/niosh/mining/compt2000/tffb.html.
38. CSST et CEMEC. *Occupation de boufefeu. Contexte légal de l'occupation de boufefeu*. 1999, 134 p.

RESSOURCE NATURELLES CANADA (DIVISION DE LA RÉGLEMENTATION DES EXPLOSIFS). *Liste des explosifs autorisés Partie 1 - Explosifs et accessoires de sautage et produits connexes.* <http://www.nrcan.gc.ca/mms/explosif/html/publicationsf.html>.

ANNEXE 1

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX ÉVÈNEMENTS AU QUÉBEC

1. RESUMÉ DE L'INCIDENT D'AYLMER, FÉVRIER 1991¹

Les faits

Une famille de cinq personnes (dont trois 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, de nausées, de vomissements et de faiblesses. La mère (enceinte de deux mois) ainsi qu'un fils de quatre ans ressentait 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 soupçonné une intoxication et s'est référée au département de santé communautaire (DSC) le 7 février.

Soupçonnant une intoxication au CO, une investigation a été faite immédiatement au domicile. 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 fait l'objet d'investigations et ont toutes présenté des valeurs nulles de concentration de CO, sauf la maison jumelée à celle qui faisait l'objet d'une 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 m 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.

La famille a été examinée 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 fut sortie de la maison.

¹ H. Dupont, *Rapport d'intervention du 7 au 14 février 1991 suite à une intoxication à l'oxyde de carbone*. Aylmer. D.S.C. Outaouais, 1991.

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 cherché dans l'environnement extérieur de la maison. Le seul événement qui a pu être relié à cet incident fut un travail à l'explosif 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 travaux à l'explosif. 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 1995²

Les faits

Le 30 avril 1995, vers 20 heures, un homme de 33 ans et une femme de 20 ans, se plaignant de maux de tête sévères, de fatigue importante, d'étourdissements, de nausées et de palpitations, sont amenés à l'urgence d'un hôpital de la ville de Québec. L'homme s'est réveillé la nuit précédente, vers 3 heures, avec un mal de tête frontal. Il a par la suite perdu conscience durant quelques minutes. Durant la journée, les symptômes ont perduré et le couple croyait être victime d'une intoxication alimentaire. Le soir, 2 h après avoir quitté leur résidence, les carboxyhémoglobinemies 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 crainte 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 m sur 9,8 m avec un sous-sol non fini dont les murs étaient couverts d'un isolant en mousse de polystyrène et de panneaux de gypse. Il n'y avait pas de garage attenant ni d'autres sources évidentes de produits de combustion. Au cours de l'enquête, les victimes ont raconté que des travaux à l'explosif 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 du mur de fondation ne révélaient aucune présence de CO. On a conclu à une poche de gaz située sous les fondations de la résidence.

² 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

À la suite de 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 trois jours.

À la suite de l'investigation, on a conclu que les travaux à l'explosif étaient responsables de la contamination.

3. RÉSUMÉ DE L'INCIDENT DE RIVIÈRE-DU-LOUP, NOVEMBRE 1998³

Les faits

Le 10 novembre 1998, un incident est survenu à Rivière-du-Loup impliquant 6 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 variait de 2 à 24 %.

L'investigation et les conclusions

Les niveaux de CO mesurés par les policiers-pompiers allaient de 50 à 600 ppm. Aucune cause d'émanation de CO n'a été constatée autre que des périodes de travaux à l'explosif pour la 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 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 donné 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.

³ 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'INDICENT DE ROCK FOREST, MARS 2000⁴

Les faits

Le 1^{er} mars, à 22 h 15 un appel est reçu à Info Santé de la part d'une famille de deux adultes et de deux 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 examinée en milieu hospitalier la nuit même et deux des membres symptomatiques (la mère et un enfant de quatre 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 quatre 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 travail à l'explosif d'une profondeur de 2 à 2,5 m avait été fait à 10 m de la résidence concernée dans la journée du 1^{er} mars. La maison est elle-même construite sur le roc. Le travail à l'explosif 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 travail à l'explosif dans des circonstances similaires et au même endroit que le précédent. Trois heures plus tard, la concentration en CO était de 170 ppm au sous-sol de la maison et de 63 et 34 ppm au rez-de-chaussée et à l'étage supérieur respectivement. Dans les heures et les jours qui ont suivi, les valeurs de CO sont revenues à la normale. Tout porte à croire que le CO s'est propagé sous l'effet de la pression à travers la fissure du mur de fondation.

⁴ L.Galarneau, *Rapport synthèse de l'incident de mars 2000 à Rock Forest suite à un travail à l'explosif en milieu résidentiel*. Dir. de santé publique, RRSSS Estrie, 2000.

5. RÉSUMÉ DE L'INCIDENT DE ROCK FOREST, JUILLET 2000⁵

Les faits

À 22 h 30, 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 asymptotiques 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 drains malgré la ventilation de la maison. À l'inspection, aucune fissure n'a été décelée sur les murs de la fondation ni aucune fuite dans les drains pluviaux et d'égouts de la municipalité. Les maisons avoisinantes ont été inspectées les 7 et 8 juillet et aucune trace de CO n'a été détectée.

Au cours de la journée du 7 juillet 2000, un travail à l'explosif avait été fait en face de cette résidence (à 40 m) 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 à la normale. On croit que sous l'effet de la pression du tir, le CO s'est propagé à travers le roc fracturé.

⁵ L.Galarneau, *Rapport préliminaire de juillet 2000 d'une intoxication au CO suite à un travail à l'explosif en milieu résidentiel à Rock Forest*. Dir. de santé publique, RRSSS Estrie, 2000.

ANNEXE 2

**FEUILLET D'INFORMATION
POUR LES RÉSIDENTS**

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour les résidents

Nous voulons vous prévenir qu'il y aura des travaux à l'explosif (dynamitage) dans votre secteur. Saviez-vous que les travaux à l'explosif peuvent occasionnellement entraîner la dispersion de monoxyde de carbone (CO) dans les habitations environnantes, particulièrement au niveau du sous-sol ? Le CO est un gaz toxique inodore, incolore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois.

C'est la raison pour laquelle nous vous informons des mesures à prendre pour éviter d'être incommodés, le cas échéant.

Le jour des travaux à l'explosif, votre maison devra être bien ventilée (fenêtres ouvertes si possible). Si vous avez un échangeur d'air, il devra être en mode de fonctionnement continu et au maximum pour au moins 48 heures.

Assurez-vous que votre avertisseur de monoxyde de carbone est en état de marche. Si vous n'avez pas d'avertisseur de CO dans votre maison, nous vous en fournirons un pour les prochains jours. Les avertisseurs de CO sont conçus pour mesurer des taux relativement bas de CO accumulé dans l'air ambiant avant même que les occupants en bonne santé ressentent des symptômes d'intoxication.

Que doit-on faire si l'avertisseur déclenche une alarme ?

- ❑ Il faut appeler immédiatement le 911 ou les pompiers directement.
- ❑ Puis quitter immédiatement votre résidence.
- ❑ Retourner dans votre demeure seulement lorsque les pompiers vous diront que vous pouvez le faire.

Si une personne présente l'un ou l'autre des symptômes suivants, vous devrez l'évacuer de la résidence puis communiquer avec le 911 et le CENTRE ANTI-POISON DU QUÉBEC (1-800-463-5060).

Quels sont les signes d'intoxication au monoxyde de carbone ?

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**

- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**

Souvenez-vous

- ❖ que lors des travaux à l'explosif dans votre secteur, vous devez bien ventiler votre demeure pendant au moins 48 heures, car du CO pourrait s'y accumuler particulièrement au niveau du sous-sol ;
- ❖ qu'une intoxication au CO, c'est sérieux ;
- ❖ que si vous entendez l'avertisseur de CO, vous devez agir rapidement en appelant les pompiers ou le 911 ;
- ❖ que vous devez quitter votre demeure jusqu'à ce que les pompiers vous disent que vous pouvez y retourner.

ANNEXE 3

FEUILLET D'INFORMATION
POUR LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour les professionnels de la santé

Comme vous le savez, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique incolore, inodore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois. Beaucoup de cas d'intoxication à ce gaz sont rapportés chaque année. Pour un certain nombre de cas, la cause demeure inconnue.

Saviez-vous qu'il y a plus de 1000 travaux à l'explosif en milieu résidentiel chaque année au Québec ? Ces derniers peuvent occasionnellement entraîner la dispersion de CO dans le sol et des infiltrations dans les habitations environnantes, en particulier au niveau du sous-sol. En effet, quelques cas ont été répertoriés au Québec ces dernières années. Certaines personnes ont même dû être traitées en chambre hyperbare. C'est la raison pour laquelle nous désirons vous informer de ce danger.

Un bref rappel ; une intoxication au monoxyde de carbone peut se manifester par les signes et symptômes suivants :

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**
- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**
- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**

Si vous voyez quelqu'un qui présente un ou plusieurs de ces signes ou symptômes et que vous soupçonnez une intoxication au CO, il serait bon de :

- ❖ prévenir directement le Centre anti-poison du Québec (1-800-463-5060) ;
- ❖ vous assurer qu'une mesure de CO est faite dans l'air ambiant de la résidence concernée avant que les gens y retournent ;
- ❖ demander s'il y a eu des travaux à l'explosif dans le secteur récemment ;
- ❖ noter l'information sur le formulaire MADO.

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

ANNEXE 4

**FEUILLET D'INFORMATION
POUR INFO-SANTÉ**

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour Info-Santé

Comme vous le savez, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique incolore, inodore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois. Beaucoup de cas d'intoxication à ce gaz sont rapportés chaque année. Pour un certain nombre de cas, la cause demeure inconnue.

Saviez-vous qu'il y a plus de 1000 travaux à l'explosif en milieu résidentiel chaque année au Québec ? Ces derniers peuvent occasionnellement entraîner la dispersion de CO dans le sol et des infiltrations dans les habitations environnantes en particulier au niveau du sous-sol. En effet, quelques cas ont été répertoriés au Québec ces dernières années. Certaines personnes ont même dû être traitées en chambre hyperbare. C'est la raison pour laquelle nous désirons vous informer de ce danger.

Comme vous le savez, une intoxication au monoxyde de carbone peut se manifester par les signes et symptômes suivants :

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**
- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**
- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**

Si on vous consulte pour un ou plusieurs de ces signes ou symptômes et que vous soupçonnez une intoxication au CO, il serait bon de :

- ❖ demander aux gens d'appeler les pompiers et de quitter leur résidence immédiatement ;
- ❖ et prévenir directement le Centre anti-poison du Québec (1-800-463-5060) ;
- ❖ demander s'il y a eu des travaux à l'explosif dans le secteur récemment.

Votre intervention rapide est très importante et peut sauver des vies.

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

ANNEXE 5

**FEUILLET D'INFORMATION
POUR LES MAÎTRES D'ŒUVRE, LES ENTREPRENEURS
ET LES SOUS-TRAITANTS**

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique inodore, incolore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, le diesel, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois.

Saviez-vous que les explosifs produisent aussi du CO pouvant se disperser dans le sol et ainsi se retrouver dans les habitations environnantes (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit_[voir figure 1-3])², particulièrement au niveau du sous-sol ? C'est la raison pour laquelle nous voulons vous sensibiliser à cette situation et que nous vous demandons de suivre les recommandations suivantes :

1. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent suivre les recommandations mentionnées au chapitre 6.1 et 6.2 du rapport du comité provincial sur le monoxyde de carbone.
2. Les entrepreneurs en travaux à l'explosif doivent utiliser ces derniers selon les instructions des manufacturiers.
3. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent être informés des problèmes de contamination par le CO pouvant survenir dans les lieux adjacents aux sites d'explosion à ciel ouvert.
4. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent s'assurer de respecter les règlements inscrits dans le Code de sécurité pour les travaux de construction quant à l'accès des travailleurs aux lieux situés à proximité des sites d'explosion à ciel ouvert. Il faut noter qu'une contamination peut survenir plusieurs jours après un travail à l'explosif (à être précisé par les essais sur le terrain).
5. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent aviser les résidants (propriétaires et locataires), y compris le secteur commercial à proximité (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) des travaux à l'explosif, et ce, avant leur réalisation.

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

² La distance sera établie par des essais subséquents.

6. Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent fournir des dépliants (*Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?*) et des avertisseurs de CO à affichage certifié UL ou ULC 2034 ou CAN/CGA 6.19-M93 rev99 en bon état de fonctionnement dans tous les bâtiments habités³ adjacents (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) aux travaux à l'explosif. Ces appareils doivent être maintenus en marche durant un minimum de 48 heures après la fin des travaux.
7. Après le déclenchement d'un avertisseur, des mesures directes de concentration de CO doivent être prises régulièrement dans les résidences (en particulier les sous-sols) durant une période de 48 heures par du personnel du service des incendies avec un appareil certifié et calibré. Toutes mesures égales ou supérieures à 10 ppm devraient entraîner l'évacuation des occupants jusqu'au retour à une valeur normale (< 10 ppm) (selon les recommandations de l'Association des chefs des services d'incendie du Québec (ACSIQ)).

Si une personne présente l'un ou l'autre des symptômes ci-dessous, elle devra être évacuée puis quelqu'un devra communiquer avec le 911 et le CENTRE ANTI-POISON DU QUÉBEC (1-800-463-5060).

Quels sont les signes d'intoxication au monoxyde de carbone ?

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**
- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**
- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**

Souvenez-vous :

qu'une exposition au monoxyde de carbone, c'est sérieux.

³ Dans le cas d'habitation à logements multiples, seulement les appartements situés au sous-sol et rez-de-chaussée devront être munis d'avertisseurs.

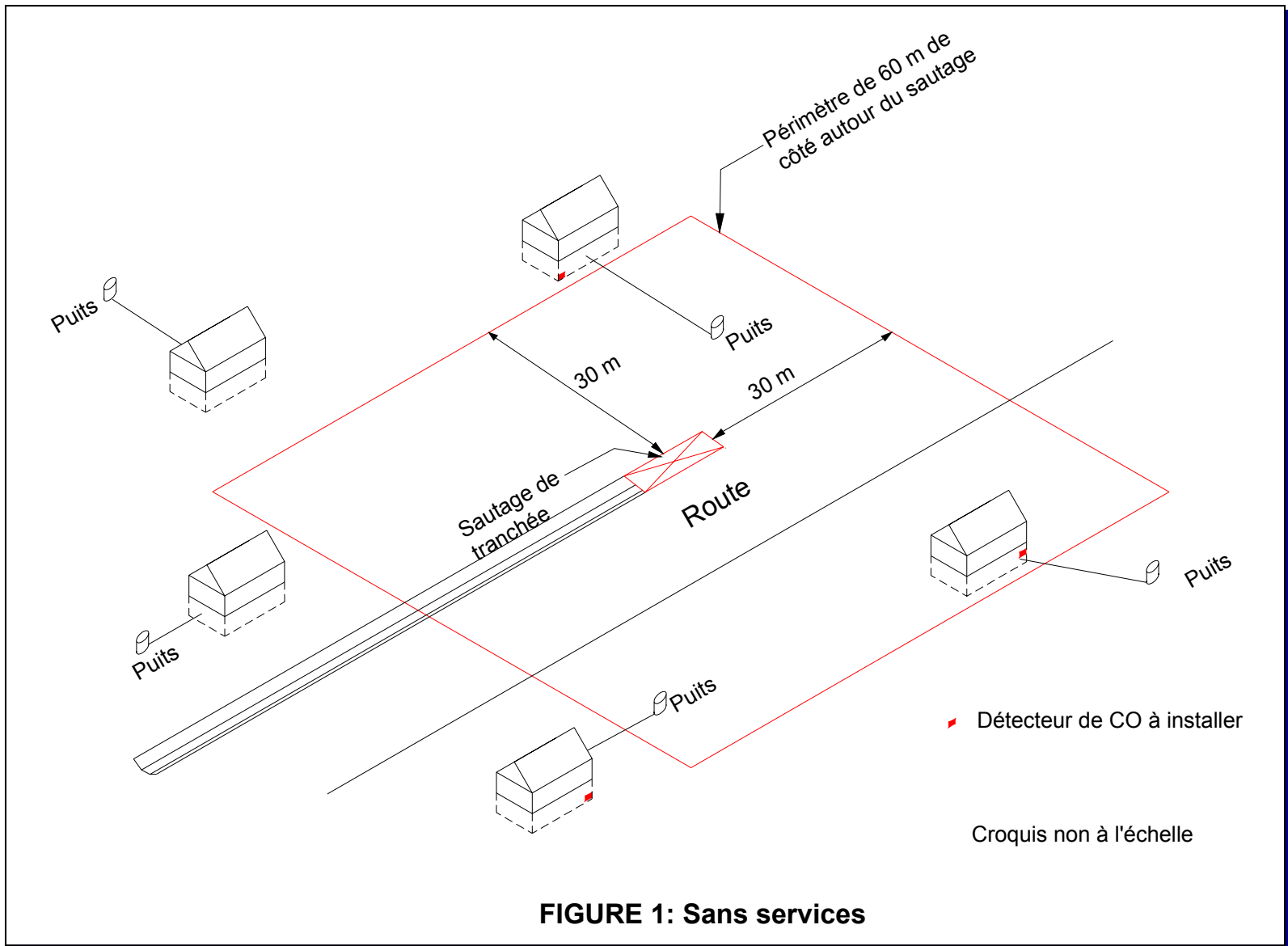


FIGURE 1: Sans services

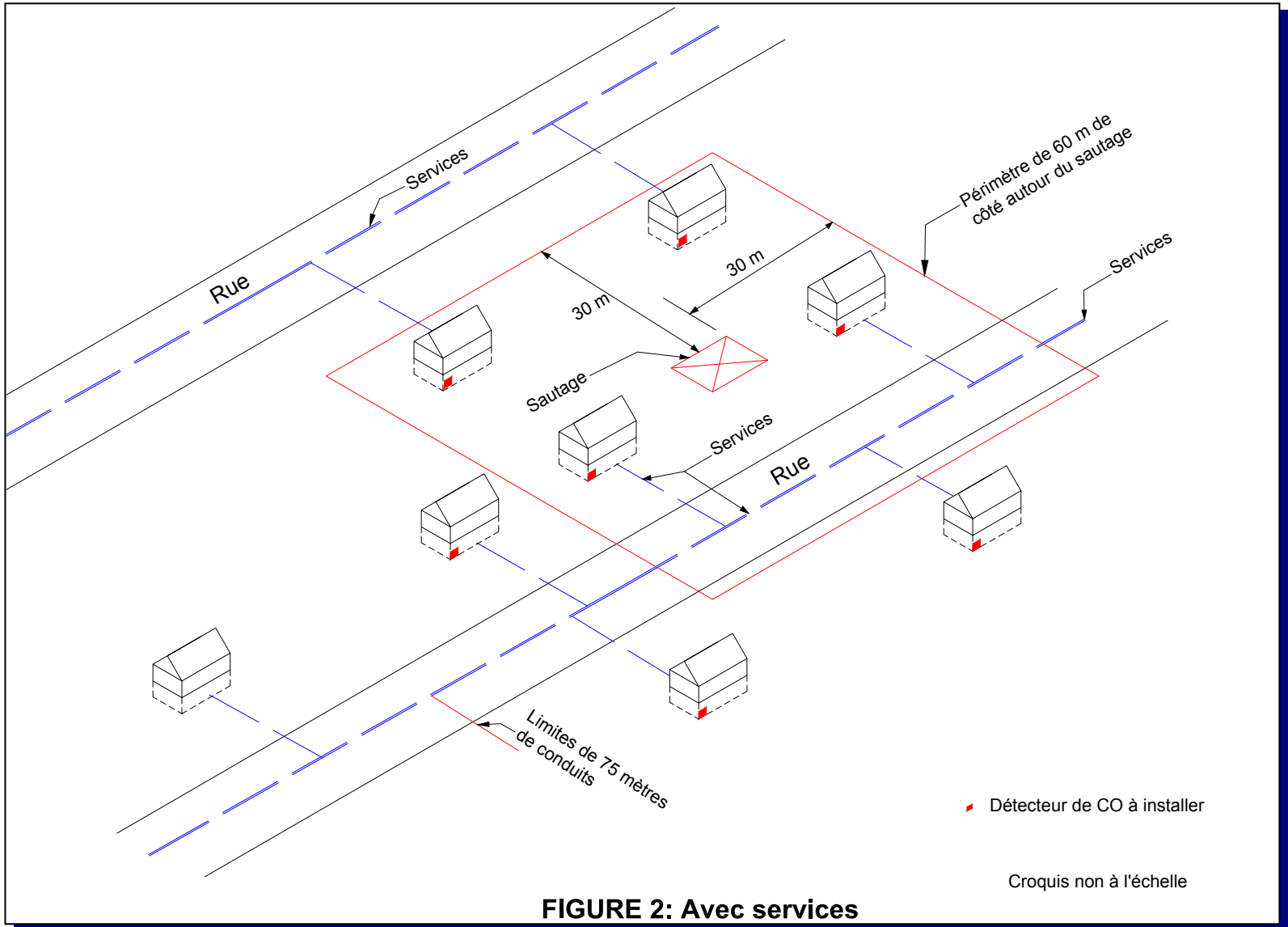
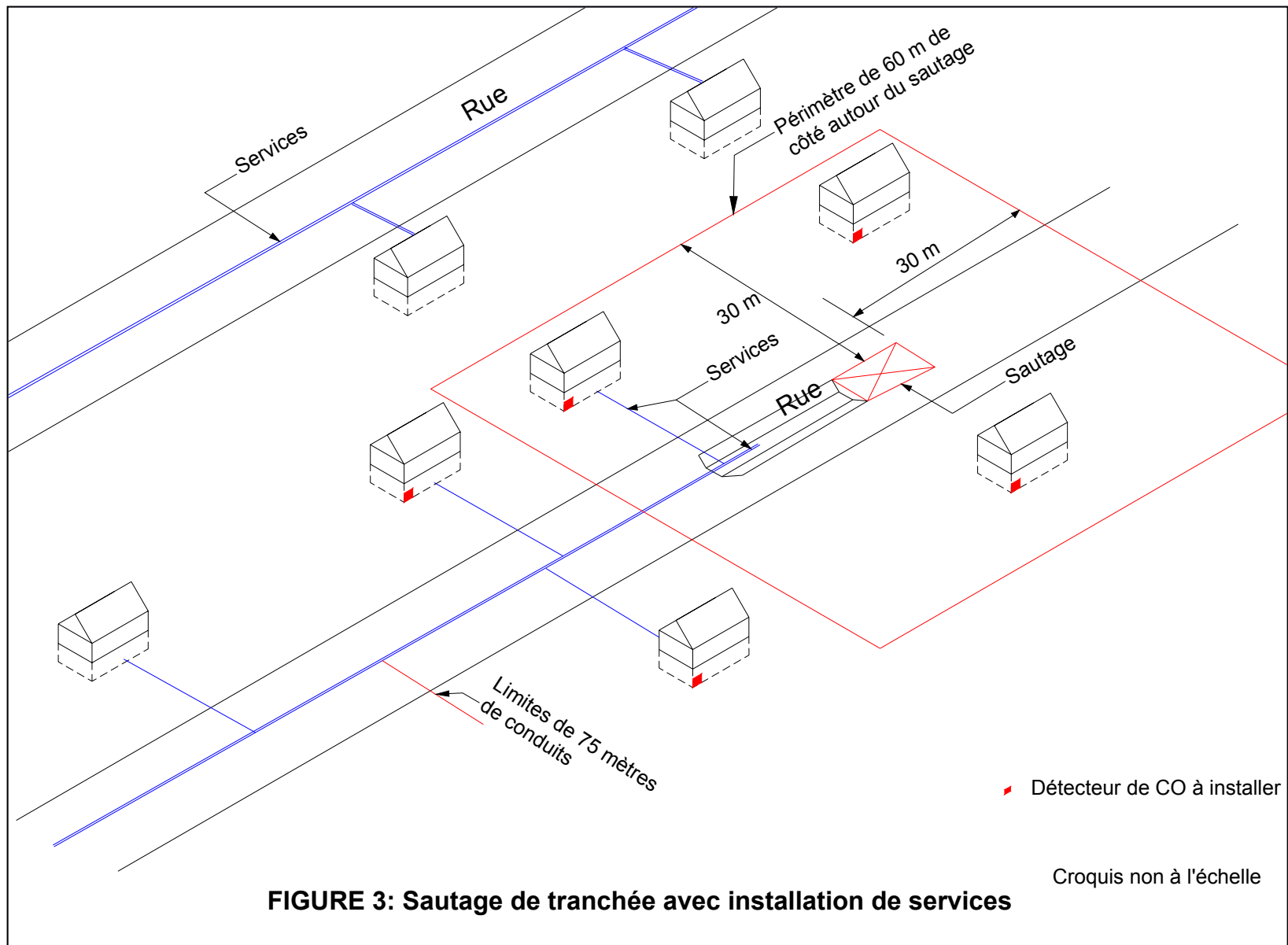


FIGURE 2: Avec services



ANNEXE 6

**FEUILLET D'INFORMATION
POUR LES SERVICES MUNICIPAUX**

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour les services municipaux

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique inodore, incolore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, le diesel, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois.

Saviez-vous que les explosifs produisent aussi du CO qui se disperse dans le sol et qui peut ainsi se retrouver dans les habitations environnantes (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit [voir figure 1-3])², particulièrement au niveau du sous-sol ? C'est la raison pour laquelle nous voulons vous sensibiliser à cette situation lorsque vous serez appelés à émettre un permis pour des travaux à l'explosif.

Nous vous demandons de vous assurer que :

Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants avisent les résidents (propriétaires et locataires), y compris le secteur commercial à proximité (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) des travaux à l'explosif avant leurs réalisations.

Les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent fournir des dépliants (*Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?*) et des avertisseurs de CO à affichage et certifiés UL ou ULC 2034 ou CAN/CGA 6.19-M93 rev99 en bon état de fonctionnement dans tous les bâtiments habités³ adjacents (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) aux travaux à l'explosif. Ces appareils doivent être maintenus en marche un minimum de 48 heures après la fin des travaux.

Nous voulons vous informer que dans l'hypothèse qu'un avertisseur déclenche une alarme, le service d'incendie de votre municipalité doit intervenir. Des mesures directes des concentrations

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

² La distance sera établie par des essais subséquents.

³ Dans le cas d'habitation à logements multiples, seulement les appartements situés au sous-sol et rez-de-chaussée devront être munis d'avertisseurs.

de CO devront être prises périodiquement dans les résidences impliquées (en particulier les sous-sols) durant une période de 48 heures par du personnel qualifié avec un appareil certifié et calibré. Toute mesure égale ou supérieure à 10 ppm devrait entraîner l'évacuation des occupants jusqu'au retour à une valeur normale (< 10 ppm) (selon les recommandations de l'Association des chefs des services d'incendie du Québec (ACSIQ))

Si une personne présente l'un ou l'autre des symptômes ci-dessous, elle devra être évacuée, puis quelqu'un devra communiquer avec le 911 et le CENTRE ANTI-POISON DU QUÉBEC (1-800-463-5060).

Quels sont les signes d'intoxication au monoxyde de carbone ?

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**
- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**
- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**

ANNEXE 7

**FEUILLET D'INFORMATION
POUR LES SERVICES D'INCENDIES DU QUÉBEC**

Intoxication au monoxyde de carbone¹

Information pour les services d'incendies du Québec

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique incolore, inodore et insipide. Il est produit généralement lorsqu'un véhicule ou un appareil brûle un combustible tel que l'essence, le diesel, l'huile, le gaz naturel, le kérosène, le naphte, le propane ou le bois.

Saviez-vous que les explosifs produisent aussi du CO qui se disperse dans le sol et qui peut ainsi se retrouver dans les habitations environnantes (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit [voir figure 1])², particulièrement au niveau du sous-sol ? C'est la raison pour laquelle nous voulons vous sensibiliser à cette situation pour laquelle vous serez possiblement appelés à intervenir.

Des recommandations ont été faites auprès des maîtres d'œuvre, des entrepreneurs et des sous-traitants afin que ceux-ci avisent les résidants (propriétaires et locataires), y compris le secteur commercial à proximité (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) des travaux à l'explosif avant leurs réalisations. De plus, les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent fournir des dépliants (*Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?*) et des avertisseurs de CO à affichage et certifiés UL ou ULC 2034 ou CAN/CGA 6.19-M93 rev99 en bon état de fonctionnement dans tous les bâtiments habités³ adjacents (sur un rayon d'au moins 30 mètres et à une distance linéaire égale ou inférieure à 75 m, mesurée selon l'axe de la tranchée ou du conduit) aux travaux à l'explosif. Ces appareils doivent être maintenus en marche un minimum de 48 heures après la fin des travaux.

Dans l'hypothèse qu'un avertisseur déclenche une alarme, vous serez probablement appelés à intervenir. Nous vous demandons de vous assurer que des mesures directes des concentrations de CO soient prises périodiquement dans les résidences impliquées (en particulier les sous-sol) par du personnel qualifié avec un appareil certifié et calibré durant une période de 48 h. Toute mesure

¹ Ce dépliant est un supplément à : *Le monoxyde de carbone tue. Y en a-t-il chez vous ?* Il est conçu pour être distribué par les entrepreneurs.

² La distance sera établie par des essais subséquents.

³ Dans le cas d'habitation à logements multiples, seulement les appartements situés au sous-sol et rez-de-chaussée devront être munis d'avertisseurs.

égale ou supérieure à 10 ppm devrait entraîner l'évacuation des occupants jusqu'au retour à une valeur normale (< 10 ppm) (selon les recommandations de l'Association des chefs des services d'incendie du Québec (ACSIQ))

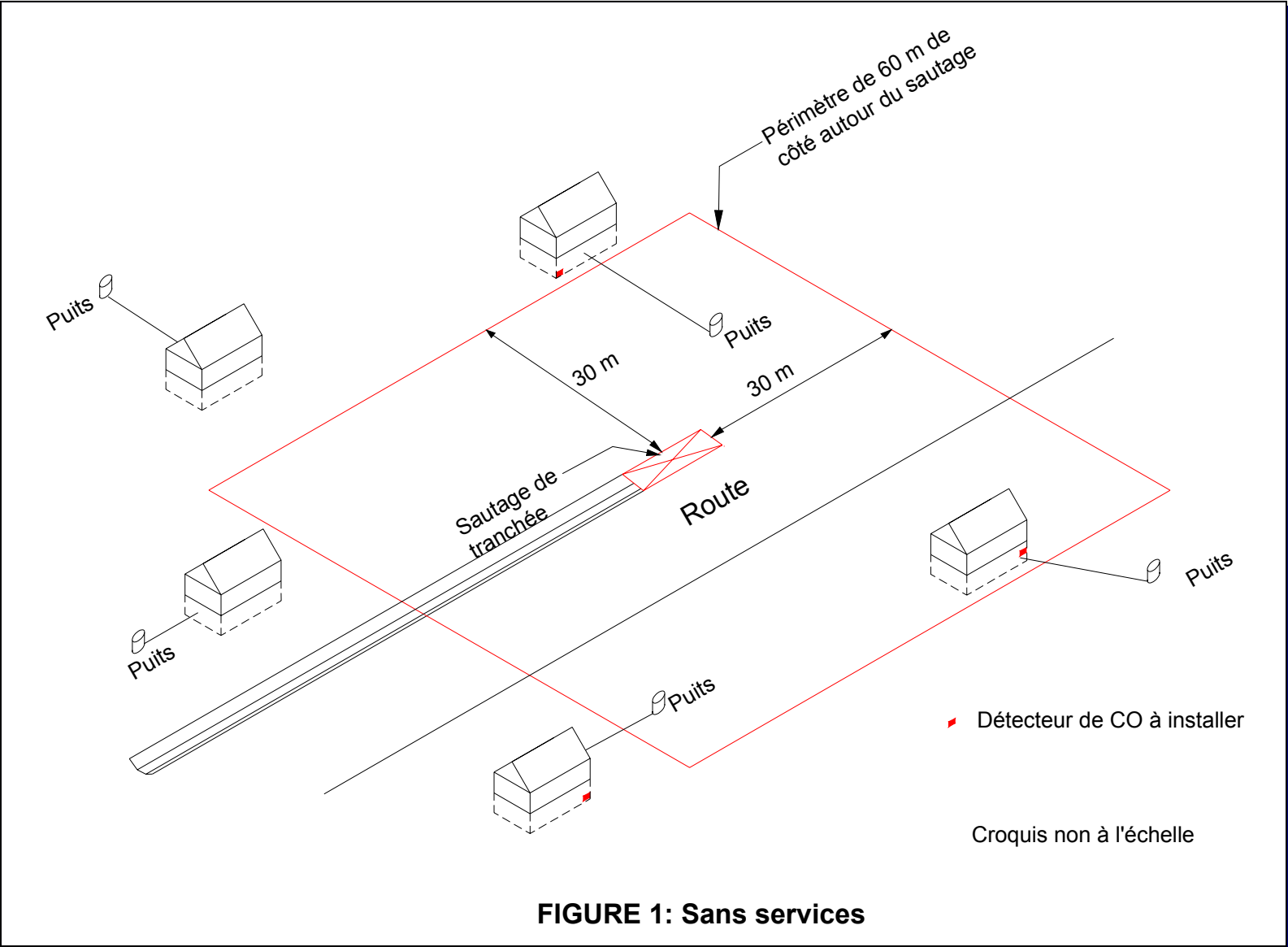
Si une personne présente l'un ou l'autre des symptômes ci-dessous, elle devra être évacuée, puis quelqu'un devra communiquer avec le 911 et le CENTRE ANTI-POISON DU QUÉBEC (1-800-463-5060).

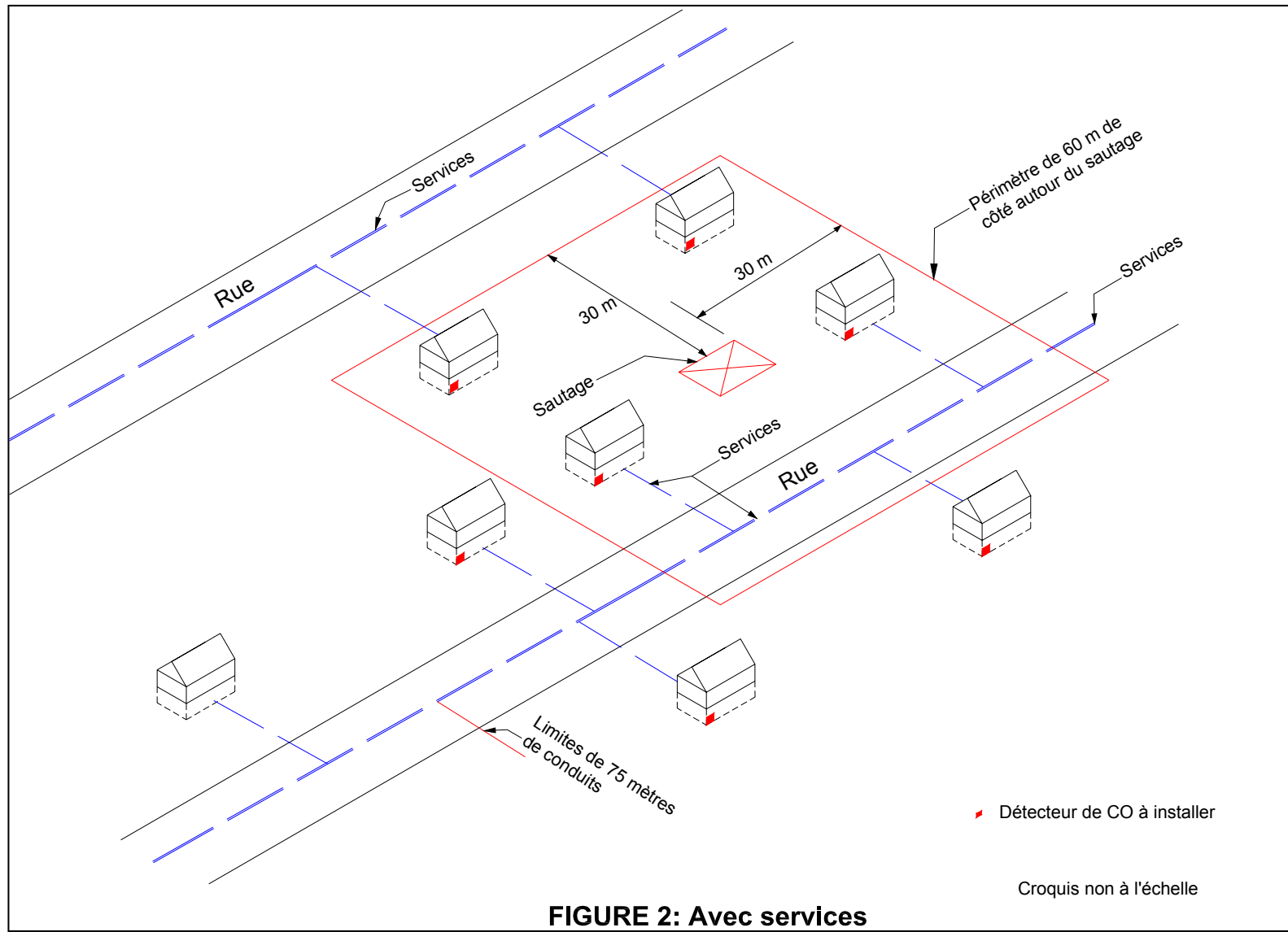
Quels sont les signes d'intoxication au monoxyde de carbone ?

- ❖ Une intoxication légère peut entraîner des symptômes pouvant ressembler à ceux de la grippe ou d'une gastro-entérite :
 - **nausées, mal de tête frontal et fatigue.**

- ❖ Une intoxication moyenne peut se manifester par :
 - **un mal de tête frontal persistant avec sensation de battements, des nausées, des vertiges ou des étourdissements, de la somnolence, des vomissements, un pouls rapide, et une baisse des réflexes et du jugement.**

- ❖ Une intoxication sévère peut conduire rapidement à :
 - **de la faiblesse, une perte de connaissance, des convulsions et éventuellement au coma et à la mort, et ce, en quelques minutes seulement.**





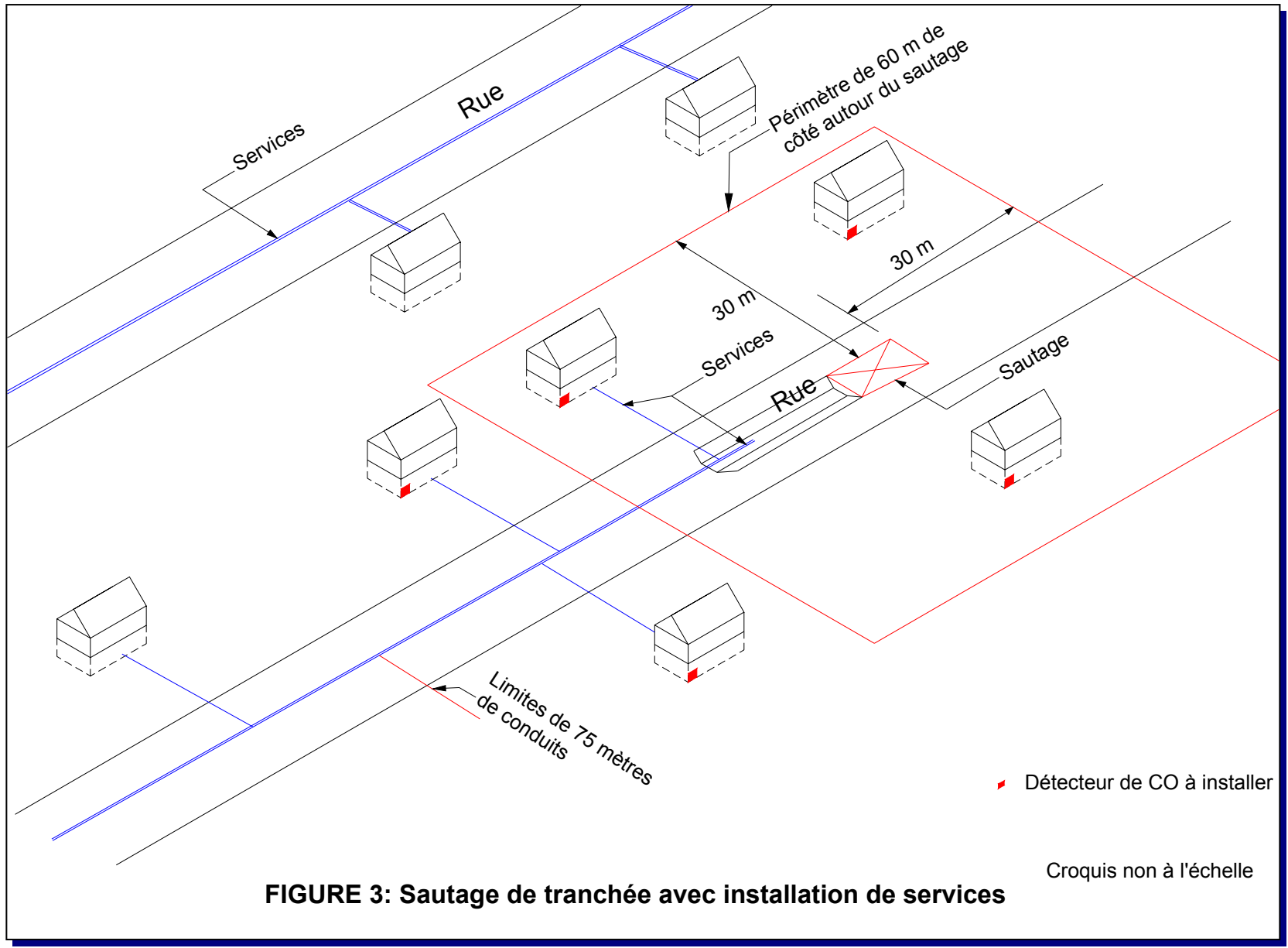


FIGURE 3: Sautage de tranchée avec installation de services