



information



formation



recherche

GUIDE TOXICOLOGIQUE POUR LES URGENCES EN SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

GUIDE TOXICOLOGIQUE POUR LES URGENCES EN SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

ET

DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE MONTRÉAL



- Institut national de santé publique
- Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal

AUTEURS

Lucie-Andrée Roy
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Julie Brodeur
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Jocelyn Lavigne
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Luc F. Lefebvre
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

AVEC LA COLLABORATION DE

Monique Beausoleil
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Lise Laplante
Direction de santé publique de Laval

Guylène Thériault
Direction de santé publique de l'Outaouais

SOUS LA COORDINATION DE

Lucie-Andrée Roy
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

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

Conception graphique :
Studiométrique

Document déposé à santécom (<http://www.santecom.qc.ca>)
Cote : INSPQ-2004-015

Dépôt légal – 2^e trimestre 2004
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-42490-5

©Institut national de santé publique du Québec (2004)

PRÉAMBULE

Une urgence en santé publique est définie comme une situation caractérisée par la présence soudaine, au sein d'une population, d'une épidémie réelle ou appréhendée, ou encore d'un risque important que la santé et la sécurité publique soient atteintes, d'où la nécessité d'une intervention immédiate¹. Les interventions de santé publique sont sollicitées lorsqu'il y a menace ou atteinte à la santé publique par des agents infectieux, chimiques ou radioactifs, qui peuvent provenir d'un sinistre naturel, d'un accident technologique ou d'actes criminels.

Depuis la fin des années 1980, les professionnels œuvrant en santé environnementale interviennent régulièrement en urgence. Afin d'harmoniser les pratiques d'une région à l'autre, des consultations *ad hoc* se font et des échanges d'information ont lieu, notamment au sein du Comité sur les urgences et sinistres de la Table nationale de concertation en santé environnementale (SECOURS). Toutefois, les membres du SECOURS ont maintes fois souligné le besoin de guides pour faciliter la prise de décisions et accélérer la réponse. L'ouvrage qui suit vient répondre à cette demande.

L'élaboration de guides pour la réponse aux urgences en santé environnementale implique la recherche et la mise à jour des connaissances sur la toxicologie des substances impliquées, l'adoption de recommandations quant aux mesures de protection à entreprendre, la détermination de critères d'actions et la rédaction d'avis généraux adaptables aux situations particulières. Autant de travail fait au préalable, autant de travail qui n'a pas besoin d'être fait en urgence alors que le temps presse, qu'on n'a pas nécessairement tous les renseignements sous la main et que les pressions se font sentir pour obtenir des réponses rapides. De plus, ces guides faisant l'objet d'une consultation auprès de pairs, l'intervenant qui les suivra sera assuré d'un consensus sur les renseignements et les indications qu'il donnera. Les discussions et les divergences d'opinion auront eu lieu lors de l'élaboration des guides et non durant l'urgence.

Il est à souligner que ces guides ne peuvent constituer que des recommandations et non des directives. Chaque événement étant à la fois unique et multifactoriel, les intervenants devront toujours utiliser leur jugement et leurs connaissances pour adapter au mieux les recommandations à la situation en cours. Il s'agit donc d'un outil d'aide à la décision et non de protocoles d'intervention.

Ce guide a été produit à la demande de la Table nationale de concertation en santé environnementale. La production a été réalisée en partie grâce à une contribution financière du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. Il est le fruit d'une collaboration et d'une contribution de la Direction de santé publique de Montréal et de l'Institut national de santé publique du Québec.

¹ Roy, L-A. Réponse aux urgences à l'Institut national de santé publique du Québec. INSPQ, mars 2001.

TABLE DES MATIÈRES

A - SECTION GÉNÉRALE

<i>LOI SUR LA SANTÉ PUBLIQUE</i>	SECTION	A-1
PLAN NATIONAL DE SÉCURITÉ CIVILE	SECTION	A-2
RÉPONSE AUX URGENCES DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE	SECTION	A-3
DÉFINITIONS ET CONCEPTS	SECTION	A-4
VALEURS DE RÉFÉRENCE	SECTION	A-5
MODÈLES DE DISPERSION	SECTION	A-6
DÉCONTAMINATION DES VICTIMES EXPOSÉES À DES SUBSTANCES CHIMIQUES	SECTION	A-7
ÉVACUATION ET CONFINEMENT – MESURES DE PROTECTION DE LA POPULATION ADVENANT UN RELÂCHEMENT D’UNE SUBSTANCE CHIMIQUE DANS L’AIR AMBIANT	SECTION	A-8

B - SECTION TOXICOLOGIQUE

LES CYANURES (CYANURE D’HYDROGÈNE)	SECTION	B-1
LES AGENTS NEUROTOXIQUES (SARIN, TABUN, SOMAN, VX) À VENIR	SECTION	B-2
LES AGENTS ANTI-ÉMEUTES (POIVRE DE CAYENNE, CS, CN)	SECTION	B-3
LES IRRITANTS PULMONAIRES : AMMONIAC (CHLORE GAZEUX ET PHOSGÈNE À VENIR)	SECTION	B-4
LES VÉSICANTS (YPÉRITE ET LEWISITE) À VENIR	SECTION	B-5

C - SECTION PAR TYPE D’ÉVÉNEMENTS (À VENIR)

INTRODUCTION

Le guide toxicologique pour les urgences (GTU) en santé environnementale constitue un recueil d'information dont les intervenants de santé publique ont besoin pour faciliter la prise de décisions et accélérer la réponse lors des interventions d'urgence. Ce guide est construit par sections indépendantes afin de faciliter les mises à jour et de reconnaître les auteurs. Une présentation sous forme de cartable avec feuilles détachables permettra aux utilisateurs d'ajouter d'autres documents qu'ils jugeront pertinents au sujet de la section. Le GTU s'intègre dans un processus souple et évolutif qui vise à outiller les intervenants de santé publique avec les renseignements les plus pertinents et les plus récents.

Le GTU est divisé en sections générales où se retrouvent les renseignements et les concepts de base. Les sections suivantes traitent des substances d'un point de vue toxicologique. D'autres substances s'ajouteront au fil du temps dans la poursuite des travaux. Ultérieurement, des sections qui aborderont les urgences par type d'événement (inondation, incendie de pneus, etc) viendront compléter le GTU.

A - SECTION GÉNÉRALE

SECTION A - 1

LOI SUR LA SANTÉ PUBLIQUE

SECTION A - 1

LOI SUR LA SANTÉ PUBLIQUE (À jour au 1^{er} mars 2004)

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I	OBJET DE LA LOI	1
CHAPITRE II	PROGRAMME NATIONAL ET PLANS D’ACTION RÉGIONAUX ET LOCAUX DE SANTÉ PUBLIQUE.....	2
CHAPITRE III	COMITÉ D’ÉTHIQUE DE SANTÉ PUBLIQUE.....	6
CHAPITRE IV	SURVEILLANCE CONTINUE DE L’ÉTAT DE SANTÉ DE LA POPULATION	8
SECTION I	DISPOSITIONS GÉNÉRALES.....	8
SECTION II	ENQUÊTES SOCIO-SANITAIRES.....	10
CHAPITRE V	COLLECTE DE RENSEIGNEMENTS ET REGISTRES	10
CHAPITRE VI	PROMOTION DE LA SANTÉ ET PRÉVENTION	13
SECTION I	DISPOSITIONS GÉNÉRALES.....	13
SECTION II	FLUORATION DE L’EAU POTABLE	14
CHAPITRE VII	VACCINATION.....	15
SECTION I	REGISTRE DE VACCINATION	15
SECTION II	DÉCLARATION DES MANIFESTATIONS CLINIQUES INHABITUELLES.....	17
SECTION III	INDEMNISATION DES VICTIMES D’UNE VACCINATION.....	18
CHAPITRE VIII	INTOXICATIONS, INFECTIONS ET MALADIES À DÉCLARATION OBLIGATOIRE	19
CHAPITRE IX	TRAITEMENT OBLIGATOIRE ET MESURES DE PROPHYLAXIE À RESPECTER POUR CERTAINES MALADIES OU INFECTIONS CONTAGIEUSES.....	20
SECTION I	MALADIES OU INFECTIONS CONTAGIEUSES À TRAITEMENT OBLIGATOIRE	20
SECTION II	MESURES DE PROPHYLAXIE OBLIGATOIRES	22
CHAPITRE X	SIGNALEMENT AUX AUTORITÉS DE SANTÉ PUBLIQUE	23
CHAPITRE XI	POUVOIRS DES AUTORITÉS DE SANTÉ PUBLIQUE ET DU GOUVERNEMENT EN CAS DE MENACE À LA SANTÉ DE LA POPULATION	24
SECTION I	ENQUÊTES ÉPIDÉMIOLOGIQUES DES DIRECTEURS DE SANTÉ PUBLIQUE.....	24
SECTION II	POUVOIRS DU MINISTRE	31
SECTION III	DÉCLARATION D’ÉTAT D’URGENCE SANITAIRE	31

CHAPITRE XII	PROTECTION DES RENSEIGNEMENTS	35
CHAPITRE XIII	RÉGLEMENTATION	36
CHAPITRE XIV	DISPOSITIONS PÉNALES	38
CHAPITRE XV	DISPOSITIONS MODIFICATIVES, TRANSITOIRES ET FINALES.....	39
SECTION I	DISPOSITIONS MODIFICATIVES.....	39
SECTION II	DISPOSITIONS TRANSITOIRES.....	41
SECTION III	DISPOSITIONS FINALES	43
ANNEXES ABROGATIVES.....		43

La *Loi sur la santé publique* est disponible sur le site Internet suivant :
<http://www.gazette.gouv.qc.ca>

SECTION A - 2

PLAN NATIONAL DE SÉCURITÉ CIVILE

Le Plan national de sécurité civile

La version la plus récente du *Plan national de sécurité civile* peut être obtenue en en faisant la demande auprès du coordonnateur régional des mesures d'urgence et de sécurité civile de l'Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de votre région.

SECTION A - 3

RÉPONSE AUX URGENCES DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

AUTEURES – SECTION A - 3

Lucie-Andrée Roy
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Julie Brodeur
Institut national de santé publique du Québec

Lise Laplante
Direction de santé publique de Laval

SECTION A - 3

RÉPONSE AUX URGENCES DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

TABLE DES MATIÈRES

1	RÔLE ET MANDAT DES INTERVENANTS DE SANTÉ PUBLIQUE	5
1.1	ENQUÊTER.....	5
1.2	INFORMER	7
1.3	RECOMMANDER	8
1.4	SUIVRE ET SURVEILLER.....	8
2	GESTION DES URGENCES.....	9
2.1	GESTION DU SITE.....	9
2.2	CENTRE DE COORDINATION D'URGENCE MUNICIPAL	9
2.3	PALIERs RÉGIONAUX ET SUPRARÉGIONAUX	10
3	ZONES D'INTERVENTION.....	11
4	PROTECTION PERSONNELLE DES INTERVENANTS D'URGENCE.....	13
4.1	DESCRIPTION DES NIVEAUX DE PROTECTION.....	13
4.2	INDICATIONS QUANT AUX NIVEAUX DE PROTECTION À PORTER.....	14
5	DÉTECTION ET MESURES ENVIRONNEMENTALES DANS LE CONTEXTE DES URGENCES	17
5.1	DÉMARCHE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	17
5.2	INSTRUMENTS À LECTURE DIRECTE	18
5.3	TUBES COLORIMÉTRIQUES	19
5.4	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE	20
	RÉFÉRENCES.....	21

1 RÔLE ET MANDAT DES INTERVENANTS DE SANTÉ PUBLIQUE

D'un point de vue général, en cas de désastre, le rôle de la santé publique est de prendre connaissance de l'événement, de surveiller la nature et l'ampleur des problèmes de santé engendrés, d'identifier les groupes de la population à risque pour certains aspects spécifiques de la menace, de prévenir des victimes supplémentaires, de vérifier si des soins particuliers sont à prévoir. Par exemple, lors du verglas de 1998, les intervenants de santé publique ont documenté l'atteinte à la santé de la population en comptant le nombre de décès reliés à l'événement, les problèmes de santé mentale et l'achalandage des hôpitaux. Ils ont identifié et documenté le risque d'intoxication au monoxyde de carbone qui découlait de la perte d'électricité. Ces renseignements ont aidé l'ensemble des gestionnaires de l'événement à mieux le gérer et ont permis de réviser les plans d'urgence pour en tenir compte lors de prochains événements du même genre.

Plus spécifiquement, en cas d'urgence, la réponse de santé publique se caractérise par une approche populationnelle visant à :

- Identifier les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population.
- Documenter et évaluer les risques à la santé de la population.
- Voir à la mise en place des mesures nécessaires à la protection de la santé.
- Informer la population, les intervenants, le réseau de la santé et les partenaires sur les risques à la santé et les mesures à prendre pour se protéger.

Sommairement, deux types de situation urgente appellent des interventions de santé publique. La première situation est celle où un agent chimique, biologique ou physique hors de contrôle menace la santé de la population. La menace peut être réelle et actuelle ou appréhendée. Dans la deuxième situation, l'agent agresseur n'est pas identifié mais l'apparition de personnes malades ayant des liens dans le temps ou l'espace laisse présager une source commune à leur atteinte.

En collaboration avec les autres instances qui gèrent les mesures d'urgence, les interventions de santé publique se décrivent comme suit.

1.1 ENQUÊTER

Les démarches entreprises par l'intervenant de santé publique ont pour objectif de répondre à ces questions : Quelle est la nature et l'ampleur de l'événement en cours? Quel est le risque à la santé?

- Nombre de personnes blessées, malades, décédées. Quels sont les signes et les symptômes décrits?
 - Sinistre naturel, accident technologique, acte criminel?
 - Déversement, incendie, inondation, etc.?
 - Circonstances de l'incident : accident routier, fuite d'un réservoir, etc.?
 - Localisation précise de l'événement.
 - L'accident est-il maîtrisé ou hors de contrôle? S'il est non maîtrisé, dans combien de temps prévoit-on le contrôler (extinction de l'incendie, colmatage de la fuite, etc.)?
 - Y a-t-il une menace à la santé, actuelle ou appréhendée?

- Les personnes exposées présentent-elles des symptômes ou des signes d'atteinte à leur santé? Lesquels?
 - Quelle est la ou les substances en cause?
 - Quelles sont les quantités, le débit, l'état physique du ou des contaminants?
 - Population vulnérable (garderies, écoles, centres pour personnes âgées, centres hospitaliers, etc.)?
 - Lieux : utilisation : secteur résidentiel, scolaire, agricole, industriel; topographie, distances, sources d'eau, particularités.
 - Sources d'eau potable menacées?
 - Eaux récréatives, jardins potagers dans la zone d'impact?
 - Y a-t-il des animaux exposés? Si oui, présentent-ils des signes d'atteinte à leur santé?
 - Conditions météorologiques.
- Quels sont les effets sur la santé du ou des contaminants incriminés?
 - Toxicologie : voies d'exposition, mécanismes d'action toxique, toxicocinétique, effets aigus, effets retardés, courbes dose-réponse, valeurs de référence, propriétés physico-chimiques, comportement dans l'environnement (eau, air, sol), etc.
- Quelle est l'exposition actuelle ou appréhendée?
 - Quel est le niveau de contamination des milieux : air, eau, sol, aliments?
 - Quelles sont les concentrations mesurées ou estimées?
 - Il faut définir le plus tôt possible et le plus précisément possible les populations exposées (ex. : les travailleurs d'un entrepôt, la population de tel quartier). En corollaire, les populations non exposées pourront être rassurées.
 - Si possible, prendre en note le nom et les coordonnées des personnes exposées. Ceci permettra un éventuel suivi épidémiologique ou médical (observation d'effets retardés).
 - Si on soupçonne que la ou les substances hors de contrôle peuvent avoir un effet systémique, il faut penser à faire prendre des prélèvements biologiques (sang, urine). On recherchera des biomarqueurs de l'exposition (mesure de la substance ou des ses métabolites) ou des biomarqueurs des effets (mesures physiologiques reconnues comme affectées par la substance). La meilleure méthode pour s'occuper de ces prélèvements est de communiquer avec le toxicologue de garde au Centre antipoison du Québec (CAPQ) pour discuter avec lui de la pertinence et du suivi des prélèvements.
- Quel est le risque à la santé actuel ou appréhendé?
 - Mettre en relation la toxicologie avec l'exposition actuelle ou appréhendée.
 - Circonscrire le plus précisément possible les milieux à risque et les milieux sécuritaires.
- Quelles sont les mesures préventives déjà mises en place : périmètres de sécurité, zones d'intervention, évacuation, confinement, protection des travailleurs, décontamination, etc.
 - Nombre de personnes évacuées ou confinées.

- Quelles sont les mesures de contrôle déjà effectuées? Nombre de personnes traitées sur place, référées à une clinique d'urgence, transportées par ambulance. À quels centres hospitaliers les victimes ont-elles été transportées?
 - Mesures pour contrôler l'exposition de la population et des travailleurs sur le site.
 - Décontamination.

1.2 INFORMER

Une fois les risques à la santé bien documentés et analysés, l'intervenant de santé publique doit informer la population, les intervenants, le réseau de la santé et les décideurs sur les risques à la santé et les mesures à prendre pour se protéger :

- Les victimes sur le site peuvent être rassemblées pour recevoir tous les renseignements.
- La population générale est rejointe via les médias.
- Les pompiers, ambulanciers, policiers et autres intervenants sur le site peuvent recevoir les renseignements par leur officier commandant ou leur superviseur qui les obtient de l'intervenant de santé publique.
- En cas d'accident impliquant des produits chimiques, il ne faut pas oublier d'appeler le CAPQ. Celui-ci pourra relayer l'information vers les centres hospitaliers qui reçoivent les victimes. Il faut aussi aviser les Info-Santé qui sont susceptibles de recevoir des appels de la population concernant le cas.
- Si un événement est suffisamment important pour justifier l'ouverture d'un centre de coordination d'urgence municipal ou régional, un représentant de la santé publique doit y siéger pour transmettre aux décideurs (coordonnateurs, directeurs de service, élus, paliers régionaux et supra-régionaux) tous les renseignements nécessaires.

Les renseignements suivants doivent être diffusés et mis à jour régulièrement, en les adaptant aux groupes auxquels ils sont destinés :

- Identification de la ou des substances en cause ou, si ce renseignement n'est pas disponible, de la catégorie de substance.
- Signes et symptômes que peuvent présenter les victimes.
- Nombre et types de patients auxquels on peut s'attendre.
- Degré d'exposition des victimes.
- Risques possibles sur les lieux de l'accident.
- Renseignements sur la toxicité des substances en cause.
- Besoins en équipement de protection personnelle.
- Besoins de décontamination.
- Mesures de protection déjà prises et mesures à prévoir.

Le CAPQ offre le support aux médecins concernant le traitement clinique et le suivi médical des patients.

1.3 RECOMMANDER

Tout au long de l'événement, l'intervenant de santé publique est appelé à éclairer et supporter les décisions prises pour gérer l'incident. Sa contribution est basée sur ses connaissances en toxicologie humaine, en épidémiologie et sur l'approche populationnelle de son analyse des événements.

L'intervenant de santé publique peut être appelé à émettre des recommandations ou des avis de santé publique (par exemple : en regard de la consommation de l'eau potable, pour les eaux de baignade, pour la consommation des légumes du jardin, etc.). Il peut également être appelé à déterminer les conditions à rencontrer pour la réintégration des lieux ou pour mettre fin au confinement.

Finalement, l'intervenant de santé publique peut formuler des recommandations pour éviter qu'un événement similaire ne puisse se reproduire.

1.4 SUIVRE ET SURVEILLER

Dès son implication dans les premières heures de l'événement, l'intervenant de santé publique doit garder en tête l'éventualité d'effectuer la surveillance épidémiologique des personnes exposées. Si cette surveillance s'impose, elle sera d'autant facilitée que ses premiers éléments auront été mis en place précocement. Dans la mesure du possible, il faut :

- Identifier le plus précisément possible les populations exposées et non-exposées
- Recenser les coordonnées des personnes exposées : nom, âge, sexe, adresse, téléphone;
 - lieu, mode et niveau d'exposition;
 - emploi, tâches, activités;
 - signes et symptômes, délais d'apparition;
 - etc.
- Enregistrer à quel hôpital chaque victime a été transportée
- En collaboration avec le toxicologue de garde au CAPQ, faire effectuer des prélèvements biologiques de base qui pourront être analysés ultérieurement selon le plan de l'étude.

2 GESTION DES URGENCES

Au Québec, comme partout au Canada, la gestion des urgences, du simple incident à la catastrophe, relève de la responsabilité des autorités locales, c'est-à-dire des municipalités. Des ressources provinciales et fédérales peuvent être offertes à l'appui des interventions effectuées par les autorités locales, graduellement, pour répondre aux besoins croissants de la situation. Quand le support provincial ou fédéral est donné, il ne se substitue pas aux autorités locales qui conservent leurs responsabilités.

2.1 GESTION DU SITE

En cas d'accident impliquant des matières dangereuses, les pompiers du Québec et la plupart des intervenants d'urgence se réfèrent au système de gestion des incidents (*Incident Management System*) défini dans la norme NFPA 1561. Il s'agit d'un système organisé de rôles, de responsabilités et de procédures d'opération normalisées utilisé pour gérer et diriger les opérations d'urgence (aussi appelé système de commandement d'incident = *Incident Command System*). L'intervenant de santé publique qui se rend sur un site d'accident doit, en premier lieu, se présenter au commandant (souvent appelé « PC ») qui peut être un chef du Service de sécurité incendie (SSI) municipal ou un officier de police. Le **commandant** est la personne responsable de toutes les décisions relatives à la gestion du site de l'incident. Il est donc responsable d'établir les zones d'intervention, de s'assurer de la bonne utilisation des vêtements de protection et du respect des mesures de sécurité sur le site, et, si nécessaire, d'organiser la décontamination primaire et secondaire ou encore l'évacuation des lieux.

Lorsque l'ampleur ou la complexité d'un accident fait en sorte que les organisations d'interventions font face à des tâches qui peuvent dépasser leurs mandats ou leurs capacités, la coordination des interventions peut s'organiser sous le système de gestion de site de sinistre (GSS). Ce système donne la responsabilité de la gestion du lieu à un **gérant de site** assisté des représentants supérieurs de chaque organisation clé présente sur les lieux. Le gérant de site est souvent un membre des services de sécurité incendie, un policier ou un conseiller de sécurité civile, mais à l'occasion peut être un représentant d'un autre palier de gouvernement, du secours médical d'urgence ou de l'industrie. Chaque organisation est commandée par son propre représentant supérieur, mais chacun doit coordonner ses activités en se référant au gérant de site. Lorsque le rôle de gérant du site est confié au responsable d'un organisme, ce dernier doit abandonner son rôle habituel et assumer pleinement le rôle, non identifié à un organisme, du gérant de site. Idéalement, la désignation des gérants de site est prévue d'avance dans le plan de mesures d'urgence de la municipalité.

2.2 CENTRE DE COORDINATION D'URGENCE MUNICIPAL

Le centre de coordination d'urgence (CCU) de la municipalité entre en opération lorsqu'il y a plusieurs sites ou si l'ampleur ou la complexité de l'événement exige un niveau de gestion stratégique supérieur. Le CCU appuie le GSS en lui acheminant les ressources extérieures et en assurant la coordination avec les organismes extérieurs au site ou d'autres centres de coordination (municipaux ou suprarégionaux). Le CCU s'occupe des problèmes et des besoins concernant l'ensemble de la collectivité et assure la poursuite des activités dans les secteurs non touchés de la ville. Le CCU relève du coordonnateur des mesures d'urgence de la ville, nommé par le maire. Le coordonnateur des mesures d'urgence rassemble autour de lui des représentants de toutes les organisations concernées par la gestion de l'événement : Régie régionale de la Santé et des Services

sociaux, services pré-hospitaliers, santé publique, service de sécurité incendie (SSI), services policiers, services environnementaux, travaux publics, communications, hébergement d'urgence, etc.

2.3 PALIERS RÉGIONAUX ET SUPRARÉGIONAUX

Le maire d'une municipalité demeure toujours le responsable ultime de la santé et de la sécurité de ses citoyens. Si les moyens de la municipalité sont insuffisants, elle peut faire appel à l'Organisation régionale de sécurité civile (OSCQ) qui lui fournira des ressources supplémentaires. Si l'événement affecte ou menace plusieurs régions ou si l'ampleur ou la complexité de l'événement fait appel à des ressources extérieures à la région, l'OSCQ assure la coordination des activités de sécurité civile pour l'ensemble du Québec et peut activer le Plan national de sécurité civile. L'OSCQ adresse aussi les demandes qui vont aux organisations de niveau provincial (Héma-Québec par exemple), et aux ressources fédérales ou transfrontalières.

3 ZONES D'INTERVENTION

Le commandant du site établit les zones de contrôle selon les dangers, les degrés de contamination et les niveaux de protection personnelle requis.

Zones d'intervention¹ :

- Zone chaude :** Zone immédiate d'un accident mettant en cause des marchandises dangereuses, qui s'étend assez loin pour protéger le personnel qui se trouve à l'extérieur de ses limites contre les effets nocifs des marchandises déversées. On l'appelle aussi « zone d'exclusion », « zone rouge » ou « zone restreinte » dans d'autres documents. (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)
- Zone tiède :** Zone de décontamination du personnel et du matériel où a lieu le soutien de la zone chaude. Elle comprend le point de contrôle du corridor d'accès, et aide ainsi à freiner la contamination. Elle est aussi appelée « zone de décontamination », « zone de réduction de la contamination », « zone jaune » ou « zone à accès limité ». (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)
- Zone froide :** Zone dans laquelle se trouvent le poste de commande et les autres installations de soutien jugés nécessaires pour maîtriser la situation. Elle est aussi appelée « zone propre », « zone verte » ou « zone de soutien » dans d'autres documents. (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)

La **zone chaude** est contaminée. Seuls les intervenants munis des vêtements de protection adéquats sont autorisés à y intervenir. L'équipement requis sera de niveau A ou B², selon les propriétés du contaminant. Toutes les personnes et le matériel présents dans la zone chaude sont considérés contaminés. La **zone tiède** est l'endroit où l'on décontamine les victimes. Les intervenants dans cette zone doivent porter une protection personnelle déterminée selon les propriétés du contaminant, mais au minimum de niveau C. Cette zone doit être gérée pour que les mouvements se fassent toujours du plus contaminé au moins contaminé. La **zone froide** est non contaminée. Les personnes y œuvrant n'ont pas besoin de protection personnelle. Les zones sont délimitées à l'aide de rubans rouges pour la zone chaude et de rubans jaunes pour la zone tiède. La zone froide est délimitée par les services policiers.

Les policiers ceinturent la zone froide et en contrôlent les accès. Ils doivent assurer le contrôle de la circulation, des médias et des passants. Les services ambulanciers accueillent les victimes non contaminées en zone froide, pratiquent les premiers soins, puis les transportent vers les centres hospitaliers.

¹ US Department of Transportation, Transports Canada, Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Guide des mesures d'urgence 2000. 2000

² Voir section 4 pour la description des niveaux d'équipement de protection personnelle.

4 PROTECTION PERSONNELLE DES INTERVENANTS D'URGENCE

Les intervenants qui doivent se munir d'équipements de protection personnelle (EPP) sont ceux qui doivent s'exposer aux matières dangereuses en raison d'une mission incontournable :

- Pour sauver des victimes.
- Pour investiguer un déversement ou une menace.
- Pour arrêter, contrôler ou endiguer un déversement.
- Pour prendre des échantillons.
- Pour décontaminer.

Les intervenants de santé publique n'ont pas à opérer ces manœuvres. Ils doivent demeurer en tout temps en zone froide et n'ont pas besoin d'équipement de protection personnelle.

Dans le contexte de la santé au travail, les travailleurs utilisent des EPP qui les protègent spécifiquement contre des produits dont les risques sont connus. Dans le contexte des urgences environnementales, puisqu'il est impossible de prévoir quels seront les contaminants impliqués, on vise une protection non spécifique décrite en termes de niveau A, B, C et D.

Les EPP doivent être conformes aux normes de la NFPA et de l'OSHA et faire l'objet d'entretien périodique. Les personnes qui les utilisent doivent être formées pour le faire.

4.1 DESCRIPTION DES NIVEAUX DE PROTECTION

Niveau A

- Comprend un appareil de protection respiratoire autonome (APRA) : appareil respiratoire par pression, à masque intégral et autonome ou appareil respiratoire par pression à amenée d'air avec dispositif d'évacuation, approuvé par NIOSH;
- Une combinaison de protection contre les produits chimiques totalement étanche qui recouvre entièrement le porteur, résistant à la perméation;
- Des gants et des bottes résistant aux produits chimiques.

Niveau B

- Un APRA;
- Une tenue de protection résistant aux éclaboussures : un vêtement à capuchon résistant aux produits chimiques conforme aux exigences de la norme NFPA *Standard on liquid splash-protective suits for hazardous chemical emergencies*;
- Des gants et des bottes résistant aux produits chimiques;
- Un casque dur.

Niveau C

- Un masque complet ou demi-masque respiratoire : appareil respiratoire autonome à surpression, à épuration d'air et à masque intégral ou à demi-masque, approuvé par NIOSH;
- Un vêtement résistant aux éclaboussures : vêtement à capuchon résistant aux produits chimiques conforme à la norme NFPA *Standard on support function protective garments for hazardous chemical operations*;
- Des gants et des bottes résistant aux produits chimiques;
- Un casque dur.

Niveau D

- Vêtement couvre-tout sans protection respiratoire. Il comporte une combinaison, des bottes résistantes aux produits chimiques, des lunettes contre les projections de produits chimiques et un casque dur.

4.2 INDICATIONS QUANT AUX NIVEAUX DE PROTECTION À PORTER

Les premiers intervenants doivent prévoir un délai où ils vont opérer sans avoir tous les renseignements sur les substances impliquées. Ils agissent alors selon le pire scénario. Au fur et à mesure que l'information se précise, la connaissance des propriétés du produit permet d'ajuster le niveau de protection.

Le niveau A est à choisir lorsque le plus haut niveau de protection est nécessaire pour la peau, les voies respiratoires et les yeux. Il est requis en présence de substances non identifiées quand les indices laissent supposer la menace de produits hautement toxiques ou encore lorsque la matière dangereuse identifiée exige le niveau le plus élevé de protection des voies respiratoires, des yeux et de la peau en raison de sa très grande toxicité, d'une haute concentration mesurée ou potentielle dans l'air ou si les opérations sur le site impliquent un haut risque de projections, d'immersion ou d'exposition inattendues à des vapeurs, des gaz ou des particules de matières dangereuses pour la peau ou susceptibles d'être absorbées par la peau. On utilise la protection de niveau A dans des espaces exigus, mal aérés et tant que l'absence de conditions exigeant la protection de niveau A n'a pas été établie.

Le niveau B devrait être utilisé quand il faut assurer le plus haut niveau de protection des voies respiratoires, mais un degré moindre de protection de la peau. Il est requis lorsque la matière dangereuse a été identifiée et qu'elle représente un risque pour les voies respiratoires mais pas pour la peau. Le niveau B est aussi nécessaire quand la teneur en oxygène dans l'atmosphère est inférieure à 19,5 %.

Le niveau C est utilisé lorsque la ou les concentrations et le ou les types de matières en suspension dans l'air sont connus, et que les critères pour l'utilisation d'appareils respiratoires d'épuration d'air sont respectés. Les contaminants atmosphériques, les projections de liquides ou autres contacts directs ne doivent pas avoir d'effets délétères sur la peau et ne doivent pas être absorbés par la peau exposée.

Le niveau D de protection consiste dans le port d'un uniforme de travail offrant une protection minimale. Il est utilisé lorsque aucune substance réputée dangereuse n'est présente dans l'atmosphère et que le travail est exécuté à l'abri des projections, d'immersion ou de risques d'inhalation inattendus ou de contact à un niveau dangereux de tout produit chimique.

5 DÉTECTION ET MESURES ENVIRONNEMENTALES DANS LE CONTEXTE DES URGENCES

Dans les premières heures d'une urgence, les principales données qui permettent d'évaluer le risque à la santé sont les mesures prises en lecture directe dans l'air. Occasionnellement, les prélèvements biologiques des victimes donneront une évaluation plus précise de l'exposition. Par la suite, des échantillons des surfaces, des sols, des eaux, et, éventuellement, de la nourriture et des animaux exposés permettront d'estimer la contamination engendrée par l'événement.

Dans le texte qui suit, nous nous attarderons sur l'évaluation de la qualité de l'air en urgence. Les intervenants qui assurent la garde en santé environnementale n'ont pas les équipements ni la formation nécessaires pour procéder aux échantillonnages environnementaux. Dans la très grande majorité des cas, les prélèvements sont faits par un autre organisme, notamment, un service de sécurité incendie, le Ministère de l'Environnement du Québec, Environnement Canada ou un technicien de l'entreprise où a lieu le déversement. Le rôle des intervenants de santé publique consiste à interpréter les résultats des mesures. Afin d'interpréter correctement les résultats des mesures, l'intervenant de santé publique doit détenir une connaissance minimale de la démarche effectuée et des facteurs pouvant amener une interprétation erronée. En particulier, si l'intervenant de santé publique relève des discordances entre les signes et les symptômes présentés par les victimes, les renseignements donnés sur la situation et les mesures environnementales fournies, il doit se questionner sur toutes les sources d'erreurs possibles dans l'obtention de ces mesures.

5.1 DÉMARCHE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

En terme d'évaluation de la qualité de l'air, le premier réflexe des intervenants est de mesurer la concentration en oxygène et le niveau d'explosibilité. Les détecteurs multigaz sont des appareils de détection fréquemment utilisés par les pompiers, préposés aux réseaux de gaz et autres techniciens qui doivent travailler en espace clos. La plupart des détecteurs multigaz mesurent simultanément l'oxygène, l'explosibilité et deux gaz toxiques (le plus souvent le CO et le H₂S).

La mesure de l'oxygène ainsi que de l'explosibilité vise d'abord à vérifier la sécurité de l'endroit pour les premiers intervenants. Toutefois, l'intervenant peut déduire certaines informations lors de ces mesures. Par exemple, en prenant pour acquis que la libération d'un gaz a pour effet de déplacer les composantes de l'air de l'endroit à proximité de la fuite et que l'atmosphère normale est composé d'environ une part d'oxygène pour 4 parts d'azote et environ 1 % d'autres gaz, on considère que la diminution d'un pourcent d'oxygène signifie qu'environ 5 % (50 000 ppm) du gaz libéré est potentiellement présent dans l'environnement.

Le principe de détection le plus couramment utilisé dans les explosivimètres et les instruments multigaz est la combustion catalytique qui ne donne pas de mesures spécifiques (tous les gaz et vapeurs inflammables peuvent brûler au niveau du système de détection). Sur ce type d'appareil, la lecture observée sur l'afficheur de l'instrument n'est pas la concentration du gaz mais une évaluation du risque d'explosion estimé par comparaison avec un gaz d'étalonnage. On y lit donc le pourcentage d'atteinte de la limite inférieure d'explosibilité (LIE) du gaz de référence qui est, règle générale, du méthane, du propane, du pentane ou de l'hexane. Lorsque le gaz présent n'est pas identique au gaz de référence, un facteur de correction doit être appliqué à la lecture obtenue par l'instrument de mesure. Prenons pour exemple une lecture de 10 sur un instrument qui a pour gaz de référence le propane (LIE = 2,1 %). Si le gaz mesuré est du propane, sa concentration dans

l'environnement est de 0,21 % (10 % de 2,1 %). Si le gaz dans l'environnement n'est pas du propane, il faut appliquer un facteur de correction fourni par le fabricant. Lorsque les contaminants présents dans le milieu sont inconnus, le choix d'un gaz de référence, qui permet une plage élargie pour une majorité de gaz et de vapeurs inflammables, est à privilégier.

Pour identifier et mesurer le plus fidèlement possible les contaminants en présence dans l'air, il faut faire appel à d'autres instruments. Chaque type d'instruments fonctionne avec un principe de détection et chaque principe de détection comporte des avantages et des inconvénients. Le portrait le plus juste de la réalité est obtenu lorsqu'on utilise différents appareils, les forces de l'un compensant les faiblesses de l'autre. Afin de choisir l'instrument le plus adéquat, l'intervenant qui effectue l'échantillonnage doit prévoir quelle substance il cherche et quels sont les facteurs qui influencent les lectures de l'instrument qu'il utilisera.

5.2 INSTRUMENTS À LECTURE DIRECTE

Il existe un bon nombre d'instruments à lecture directe qui permettent d'évaluer les gaz et les vapeurs de plusieurs contaminants selon différents principes de fonctionnement tels que la combustion, l'électrochimie, la spectrophotométrie d'absorption infrarouge ou ultraviolette, etc. Selon la substance chimique, chaque instrument de mesure possède une échelle de lecture (ex. : 0-100 ppm), une précision (ex. : ± 5 % échelle de lecture) et un temps de réponse.

Les contaminants qui réagissent en présence d'oxygène peuvent être détectés par le principe de combustion. Par exemple, l'hydrogène, le sulfure d'hydrogène, les vapeurs des solvants organiques, les gaz combustibles (ex. : méthane, éthane) peuvent être détectés par ce principe. Les gaz d'étalonnage les plus souvent utilisés sont le propane et l'éthane. Les instruments qui utilisent le principe de fonctionnement par combustion sont peu spécifiques.

Le principe de fonctionnement par électrochimie est utilisé pour analyser des contaminants (gaz ou vapeurs) qui peuvent être oxydés ou réduits par un potentiel électrique. Lorsque le contaminant entre en contact avec le détecteur électrochimique, celui-ci mesure une différence de courant dont l'amplitude est proportionnelle à la concentration de la substance chimique dans l'air. Il existe des filtres interférentiels pouvant éliminer les substances indésirables : ces substances ont un potentiel d'oxydoréduction plus faible que le contaminant visé d'où les interférences. L'état de saturation de ces filtres doit être régulièrement vérifié.

Les instruments à lecture directe utilisant la technique d'ionisation à la flamme sont spécifiques aux composés organiques. La lecture obtenue sur l'appareil représente la concentration totale de toutes les substances ionisables dans le prélèvement par référence à la vapeur organique utilisée lors de l'étalonnage, généralement du méthane. Cette mesure aide donc à déterminer si la substance suspectée est présente mais ne représente pas sa concentration réelle. De même, les appareils fonctionnant par photo-ionisation détectent l'ensemble des substances qui sont ionisables et la quantification des différentes substances contenues dans le prélèvement nécessite une technique de séparation au préalable.

Les contaminants (gaz ou vapeurs) qui absorbent les rayons infrarouges ou ultraviolets peuvent être détectés et mesurés par des instruments qui utilisent le principe de spectrophotométrie d'absorption infrarouge ou ultraviolette. Il y a absorption, par les molécules de gaz des contaminants, de l'énergie aux longueurs d'onde correspondant aux changements de leur état d'énergie. Il en ressort une

spécificité au niveau de l'analyse puisque ces changements de niveaux énergétiques sont caractéristiques pour chacune des molécules de gaz.

5.3 TUBES COLORIMÉTRIQUES

Il est possible d'utiliser les tubes colorimétriques provenant de plusieurs fabricants (ex. : Draeger, Gastec Corp., MSA, Matheson et Sensidyne, etc.) pour plusieurs substances chimiques. Il existe plus de 200 types de tubes différents permettant la détection de diverses concentrations de gaz. Le principe de fonctionnement des tubes colorimétriques s'appuie sur le fait que l'intensité de la coloration se développe de manière proportionnelle avec la concentration d'un contaminant dans l'air. Il y a donc production d'un changement de couleur par une réaction chimique. Le réactif présent dans le tube de verre change de couleur lorsqu'il entre en contact avec la substance chimique qu'il doit détecter. L'utilisation du tube colorimétrique est simple; après avoir brisé les extrémités du tube colorimétrique, il suffit de relier le tube sur une pompe et d'aspirer un volume d'air déterminé par le nombre de coups de pompe (ex. : 100 ml pour les tubes Draeger). Il est important de respecter le temps requis au passage du volume d'air souhaité ainsi qu'au développement de la réaction chimique. Une échelle de concentration permet de lire la concentration du contaminant présent dans le milieu. L'interprétation des résultats ainsi que l'entretien de l'instrument de mesure constituent des facteurs critiques, car l'erreur sur le résultat final obtenu à la lecture peut atteindre jusqu'à 50 %.

Certaines sources d'erreurs peuvent être présentes lors de l'utilisation de tubes colorimétriques. Par exemple, étant donné qu'il existe des variations dans le débit d'une pompe d'une marque à l'autre, il n'est pas recommandé d'utiliser un tube colorimétrique appartenant à une marque avec une pompe provenant d'une autre marque. Si la marque du tube et de la pompe diffère, il y a donc lieu de considérer les résultats comme des résultats qualitatifs (présence ou absence du contaminant). Il est également important de respecter la date d'expiration indiquée sur le tube colorimétrique qui est généralement de deux ans (possibilité de prolongation de leur durée par la réfrigération). La durée de vie des tubes peut être réduite si ceux-ci sont exposés à la lumière solaire, car les rayons solaires déclenchent ou inhibent la réaction des réactifs présents dans les tubes. La conservation des tubes doit donc toujours se faire dans son emballage d'origine. De plus, avant toute utilisation des tubes colorimétriques ceux-ci doivent avoir atteint la température d'utilisation définie par le fabricant. Une autre source d'erreur majeure est la présence d'interférences, car la plupart des substances chimiques utilisées dans les tubes colorimétriques ne sont pas spécifiques à un seul produit. C'est pourquoi, l'indication d'un résultat positif ne signifie pas nécessairement la présence du contaminant à détecter. Il peut s'agir de la présence d'une autre substance qui réagit avec le réactif contenu dans le tube. Il est donc important, lors de l'interprétation des résultats, de consulter les tableaux des substances (fournis par le fabricant) pouvant donner un résultat positif avec le tube colorimétrique.

Les tubes colorimétriques, lorsque utilisés correctement, s'avèrent des instruments efficaces qui permettent la détection rapide des substances chimiques présentes dans le milieu. Toutefois, en situation d'urgence, d'autres facteurs peuvent intervenir et venir perturber les résultats telles que les conditions extrêmes de température et d'humidité. C'est pourquoi, il est plus prudent d'utiliser les tubes en tant qu'indicateurs généraux pour déterminer s'il y a présence ou non d'une contamination et s'il s'agit d'une contamination forte ou faible.

5.4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Différents facteurs peuvent influencer la réponse fournie par un instrument de mesure. Il est donc important de connaître et de considérer pour chacun des appareils utilisés :

- Les limites de détection et plages de lecture de l'appareil;
- L'exactitude et la précision de l'appareil (par exemple : si un instrument est exact à $\pm 5\%$ sur une plage de lecture de 0-200 ppm, il peut y avoir une variation de ± 10 ppm dans le résultat donné);
- Les unités de mesure (ppm, mg/m³, %);
- Les substances chimiques qui donnent des faux résultats par interférence avec la substance mesurée;
- Les conditions environnementales et physiques qui interfèrent avec le système de détection (humidité relative élevée, variation de pression, champs électromagnétiques, milieu très poussiéreux, variations de température et températures extrêmes);
- La période de stabilisation et le temps de réponse de l'appareil.

Les échantillons doivent être prélevés aux endroits qui représentent adéquatement le milieu à évaluer. Si le milieu n'est pas homogène, il faut prendre suffisamment d'échantillons pour faire le portrait global de l'endroit (par exemple : si un milieu contient un gaz ou une vapeur plus lourde que l'air, elle aura tendance à s'accumuler au sol ou dans les zones basses). Si l'échantillon est pris trop en hauteur, il aura tendance à minimiser le risque réel dans les zones basses. Le plan d'échantillonnage doit prévoir la prise de mesure sur plusieurs points par couches ou strates.

Des mesures pourraient être erronées en raison de :

- Manque d'oxygène;
- Une concentration excessive de gaz ou de vapeurs qui peut saturer le système de détection;
- Appareil mal étalonné ou mal entretenu.

Donc, l'absence de réponse d'un appareil de mesure donné ne représente pas toujours une absence de contamination.

En conclusion, il faut se rappeler que l'évaluation de la qualité de l'air par des instruments à lecture directe n'est pas aussi simple que cela peut paraître. Les mesures doivent être prises par des techniciens qualifiés qui connaissent bien les limites des appareils.

RÉFÉRENCES

BPIEPC. *Système de gestion du site d'un sinistre - un document de doctrine*. Voir :
http://www.epc-pcc.gc.ca/research/scie_tech/en_esm/esm_f.html

Chiquette C, Roberge B (Institut de recherche en santé et en sécurité au travail du Québec, IRSST). *Les détecteurs multigaz-une utilisation pas si simple que ça...Ne sautez pas d'étapes! (fiche technique RF-286)*, [En ligne]. http://www.irsst.qc.ca/htmfr/pdf_txt/RF-286.pdf

Gingras, B., Labelle, A., Legris, M., Sainton, G., Sanfaçon, G., Turcot, A., Comité de santé environnementale du Québec, Conseil des directeurs de la santé publique du Québec, Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. *Critères d'une intoxication et d'une exposition significative : Hydrogène sulfuré, fichier des maladies à déclaration obligatoire*. Québec; 1998.

Gouvernement du Québec. *Loi sur les services de santé et les services sociaux*. Chapitre S-4.2.

Institut de recherche en santé et en sécurité au travail du Québec (IRSST). *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*. 6^e édition revue et mise à jour. Direction des laboratoires, Guide technique. 1994.

IPCS. *Public health and chemical incidents. Guidance for national and regional policy makers in the public/environmental health roles*. IOMC. 1999.

Kuban, Ron. *Système de gestion du site d'un sinistre : un document de doctrine*. Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile. 1998.

Laplanche, Lise. *L'intervention de la santé publique lors d'un déversement impliquant le phénol : un travail d'équipe avec les partenaires*. Atelier de formation sur les risques liés au phénol et à l'acide sulfurique. 7 juin 2001. Présentation Powerpoint.

Legris M, Roberge B, Pépin P. *Évaluation des atmosphères explosives et toxiques*. Éd Le groupe de communication Sansectra inc. 3^e trimestre 2001.

Ministère de la Sécurité publique. *Plan national de sécurité civile*. Version du 18 janvier 2001.

NFPA. *NFPA 471. Pratique recommandée d'intervention en cas d'incident concernant des matières dangereuses*. Édition 1997. Les Publications du Québec.

Noji, Eric K. *The public health consequences of disasters*. Prehospital and Disaster Medicine. October-December 2000. Vol. 15 No. 4.

OSHA. *Technical manual*. TED 1-0.15A. http://www.oshaslc.gov/dts/osta/otm/otm_toc.html

PISSC, OCDE, PNUE, OMS. *Aspects des accidents chimiques touchant la santé. Orientations visant la sensibilisation aux accidents chimiques, la préparation aux situations d'urgence et l'intervention, à l'intention des responsables de la santé et de l'intervention d'urgence*. OCDE monographies sur l'environnement No. 81. PNUE-CAP/IE série de rapports techniques No. 19. Paris 1995.

Roberge B, Legris M, Pépin P. *La mesure des gaz explosifs et toxiques. 3- Les gaz toxiques*. Travail et santé. Sept 2000. Vol. 16 No 3.

Roy, L-A et al. *Décontamination des victimes exposées à des substances chimiques*. INSPQ. Mars 2001.

Transports Canada. *Bulletin de nouvelles du TMD-Tubes colorimétriques : les apparences peuvent être trompeuses!* (Printemps 1996 vol. 16 no 1), <http://www.tc.gc.ca/tmd/bulletin/prin96f.pdf> (Page consultée le 4 avril 2002)

US Department of Transportation, Transports Canada, Secretaria de Comunicaciones y Transportes. *Guide des mesures d'urgence 2000*. 2000.

SECTION A - 4

DÉFINITIONS ET CONCEPTS

AUTEURE – SECTION A - 4

Julie Brodeur

Institut national de santé publique du Québec

SECTION A - 4

DÉFINITIONS ET CONCEPTS

TABLE DES MATIÈRES

1	PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES	5
1.1	ÉTAT PHYSIQUE	5
1.2	COULEUR.....	5
1.3	ODEUR.....	5
1.4	POIDS MOLÉCULAIRE.....	5
1.5	TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION.....	5
1.6	TEMPÉRATURE DE FUSION.....	5
1.7	TEMPÉRATURE D'AUTO-IGNITION	6
1.8	POINT D'ÉCLAIR	6
1.9	LIMITES D'INFLAMMABILITÉ.....	6
1.10	LIMITES D'EXPLOSIVITÉ	6
1.11	DENSITÉ DE VAPEUR (AIR = 1)	6
1.12	PRESSION DE VAPEUR.....	6
1.13	SOLUBILITÉ DANS L'EAU.....	7
1.14	DENSITÉ DANS L'EAU (DENSITÉ RELATIVE) (EAU = 1).....	7
1.15	PRODUITS DE DÉGRADATION THERMIQUE.....	7
1.16	RÉACTIVITÉ CHIMIQUE.....	7
1.17	INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE.....	7
2	SEUIL DE DÉTECTION OLFACTIVE ET SEUIL DE RECONNAISSANCE OLFACTIVE.....	9
	RÉFÉRENCES.....	11

1 PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

1.1 ÉTAT PHYSIQUE

Représente la forme (gazeuse, liquide ou solide) que possède un produit chimique à la température de 20 °C.

1.2 COULEUR

Caractéristique physique d'un produit. Certains produits possèdent une couleur caractéristique (ex. : chlore; jaune verdâtre) alors que d'autres sont incolores (ex. : ammoniac).

1.3 ODEUR

Caractéristique physique d'un produit. Certains produits ont une odeur perceptible (ex. : hydrogène sulfuré; odeur d'œufs pourris) alors que d'autres sont inodores (ex. : monoxyde de carbone).

1.4 POIDS MOLÉCULAIRE

Le poids moléculaire d'un produit est la somme des poids atomiques des atomes de la molécule qui forment ce composé. Le poids moléculaire est exprimé en unité de masse atomique (uma). Par exemple, sachant que l'hydrogène possède 1 uma et que l'oxygène possède 16 uma, le poids moléculaire de l'eau (H₂O) est de 18 uma (il n'est pas nécessaire d'indiquer « uma » après la valeur du poids moléculaire).

1.5 TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION

À cette température, le produit passe de l'état liquide à l'état gazeux sous une pression atmosphérique normale (760 mm de Hg).

1.6 TEMPÉRATURE DE FUSION

À cette température, le produit passe de l'état solide à l'état liquide sous une pression atmosphérique normale (760 mm de Hg).

1.7 TEMPÉRATURE D'AUTO-IGNITION

La température d'auto-ignition d'un produit chimique est la température la plus basse à laquelle commence la combustion spontanée sans qu'il y ait la présence d'une source d'ignition externe (flamme ou étincelle). Le risque d'incendie est d'autant plus grand lorsque la température d'auto-ignition est près de la température ambiante.

1.8 POINT D'ÉCLAIR

Il s'agit de la température la plus basse à laquelle un produit dégagera suffisamment de vapeurs pour la formation avec l'air d'un mélange inflammable lors du contact avec une source d'ignition (flamme ou étincelle).

1.9 LIMITES D'INFLAMMABILITÉ

Les limites d'inflammabilité, inférieure et supérieure, exprimées en pourcentage de volume dans l'air représentent les concentrations minimale et maximale dans l'air d'un produit chimique entre lesquelles il peut y avoir la formation d'un mélange inflammable en présence d'une source d'ignition.

1.10 LIMITES D'EXPLOSIVITÉ

Les limites d'explosivité, inférieure et supérieure, exprimées en pourcentage de volume dans l'air représentent les concentrations minimale et maximale dans l'air d'un produit chimique entre lesquelles il peut y avoir la formation d'un mélange explosif en présence d'une source d'ignition.

1.11 DENSITÉ DE VAPEUR (AIR = 1)

Comportement d'un produit dans l'air. Elle indique le nombre de fois que les vapeurs d'un produit sont plus denses ou plus légères que l'air (la mesure est prise au point d'ébullition). Ainsi, une densité de vapeur inférieure à 1 indique que le gaz aura tendance à s'élever alors qu'une densité de vapeur supérieure à 1 indique que les vapeurs du produit chimique sont plus lourdes que l'air et auront tendance à se maintenir près du sol.

1.12 PRESSION DE VAPEUR

La pression de vapeur représente la pression qu'exercent les vapeurs du produit chimique lorsqu'elles s'évaporent dans le milieu ambiant. Plus un produit possède une pression de vapeur élevée, plus sa tendance à s'évaporer est grande. La pression de vapeur est exprimée en millimètre de mercure (mm de Hg) et elle se calcule à 20 °C sous une pression atmosphérique normale (760 mm de Hg). Un produit à l'état gazeux possède une pression de vapeur supérieure à 760 mm de Hg.

1.13 SOLUBILITÉ DANS L'EAU

La solubilité dans l'eau d'un produit représente la quantité maximale de ce produit qu'il est possible de dissoudre dans l'eau. Cette quantité est exprimée en grammes par litre, à une température de 20 °C.

1.14 DENSITÉ DANS L'EAU (DENSITÉ RELATIVE) (EAU = 1)

Comportement d'un produit dans l'eau. La densité dans l'eau est reliée à la pesanteur d'un certain volume d'un produit donné. La densité représente le poids du produit par unité de volume. Elle indique le nombre de fois que le produit est plus lourd que l'eau. Ainsi, une densité dans l'eau supérieure à 1 indique que le produit coulera alors qu'une densité dans l'eau inférieure à 1 indique que le produit flottera.

1.15 PRODUITS DE DÉGRADATION THERMIQUE

Produits chimiques susceptibles d'être formés lors de la décomposition d'un produit donné sous l'effet de la chaleur.

1.16 RÉACTIVITÉ CHIMIQUE

Indication pour prévoir si un produit donné est susceptible de réagir de manière dangereuse ou violente lorsqu'il est utilisé dans des conditions normales.

1.17 INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

Substances qui ne doivent pas être mises en contact avec un produit donné.

2 SEUIL DE DÉTECTION OLFACTIVE ET SEUIL DE RECONNAISSANCE OLFACTIVE

Le seuil olfactif ou seuil de détection olfactive peut représenter :

- La concentration de la substance la plus faible qui puisse être sentie par un groupe de sujets ou;
- La concentration d'une substance où la moyenne d'un groupe a perçu l'odeur ou;
- L'étendue des concentrations d'une substance perçues par un groupe.

Dans la littérature, il est possible d'observer, pour une substance, des variations importantes dans les données issues des expériences de détermination du seuil olfactif. Le seuil olfactif d'une substance peut varier grandement (d'un facteur de 1 à 100 et plus) pour un même produit. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il existe plusieurs facteurs qui viennent influencer la valeur du seuil olfactif. L'olfaction chez l'humain étant un trait très variable; la considération des variations individuelles est donc importante. Par exemple, seulement 40 à 45 % de la population peut reconnaître l'odeur d'amande du cyanure. L'accoutumance à une odeur (adaptation olfactive chez les travailleurs) est un autre facteur affectant le seuil de détection olfactive (à la hausse) pour plusieurs substances. Des variations dans la température et dans l'humidité de l'air peuvent également perturber l'intensité de l'odorat. La modification de l'odeur par d'autres produits chimiques ainsi que la fatigue olfactive (celle-ci peut apparaître rapidement) influent aussi sur la valeur du seuil olfactif. La pureté de l'échantillon, la concentration ou la dilution du produit, les conditions de dispersion des vapeurs odorantes dans l'air (ex. : procédé de diffusion), les méthodes utilisées en laboratoire pour mesurer la sensibilité olfactive chez l'humain (ex. : concentrations progressivement croissantes ou dans un ordre non établi, etc.) sont autant de facteurs de variations qui affecteront la qualité des valeurs obtenues pour le seuil olfactif d'un produit odorant donné.

D'autre part, il existe aussi une autre notion, soit le seuil de reconnaissance olfactive. Alors que le seuil de détection olfactive signifie que le sujet a une sensation olfactive sans pour autant être capable d'identifier ou de reconnaître la substance qui est présente dans l'air, le seuil de reconnaissance est la concentration dans l'air d'une substance qui permet au sujet de la reconnaître ou de l'identifier. Le seuil de reconnaissance représente en général une concentration plus importante que le seuil de détection olfactive. La distinction entre le seuil de détection olfactive et le seuil de reconnaissance olfactive n'est pas toujours explicite, ce qui peut mener à confondre ces deux valeurs de seuils. Par conséquent, il se peut que les valeurs fournies pour le seuil olfactif dans les présentes fiches toxicologiques soient des valeurs représentant le seuil de détection olfactive ou le seuil de reconnaissance d'un produit donné. De plus, ces seuils peuvent avoir été définis par un individu ou par un groupe d'individus.

Les intervenants doivent donc toujours garder en mémoire les limites se rattachant à l'utilisation du seuil olfactif pour une substance donnée. De plus, l'utilisation de l'olfaction en tant qu'élément de sécurité lors d'une exposition à une substance chimique peut représenter un certain risque.

RÉFÉRENCES

- Beausoleil, M., Lefebvre, L. Les matières dangereuses. Dans : Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec. *L'intervention sociosanitaire dans le cadre des mesures d'urgence*. Cahier de participation. Volet santé publique. Québec : Direction de la formation et du développement; 1994. p. 8-1 à 8-61.
- Chiang, W.K. *Otolaryngologic principles*, 1994 pp 373-385. In Goldfrank's toxicologic emergencies. 5th edition. Eds. Goldfrank, L. R. et al. Prentice Hall, Canada. 1589 pp.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). Service du répertoire toxicologique : *Guide d'utilisation d'une fiche signalétique. Propriétés physico-chimiques*. <http://www.reptox.csst.qc.ca/Documents/SIMDUT/GuideFra/Htm/GuideFra07.htm>
- Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel*. Cahiers de notes documentaires no. 156, 3^e trimestre. Paris; 1994.
- Université de Lyon. *La perception des odeurs*. <http://olfac.univ-lyon1.fr/sysolf/olf-humaine/perception/perception-00.htm> (Page consultée le 29 janvier 2002)

SECTION A - 5

VALEURS DE RÉFÉRENCE

AUTEURS – SECTION A - 5

Luc Lefebvre

Institut national de santé publique du Québec

Direction de santé publique de Montréal

Julie Brodeur

Institut national de santé publique du Québec

Direction de santé publique de Montréal

Jocelyn Lavigne

Institut national de santé publique du Québec

Direction de santé publique de Montréal

SECTION A - 5

VALEURS DE RÉFÉRENCE

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	5
2	CRITÈRES TOXICOLOGIQUES	7
3	NORMES ET CRITÈRES POUR LA POPULATION GÉNÉRALE	9
4	NORMES ET CRITÈRES SANTÉ AU TRAVAIL	11
5	CLASSIFICATION DES PRODUITS CANCÉROGÈNES.....	13
	RÉFÉRENCES.....	23

1 INTRODUCTION

Pour chaque substance chimique, on peut généralement retrouver des valeurs de référence toxicologiques qui se traduisent en normes, en critères ou en valeurs seuil pour différents effets. Des organismes reconnus définissent ces valeurs pour répondre à leurs besoins de réglementation ou de référence dans les contextes dans lesquels ils œuvrent. En mesure d'urgence, les intervenants qui se réfèrent à ces valeurs doivent bien connaître leur définition et le contexte de leur application. La présente section se veut une synthèse des définitions des différentes valeurs de référence. On présente également à la fin de cette section, la liste des matières dangereuses avec plusieurs concentrations de référence toxicologique. Cette liste a été tirée du « Guide pour la réalisation des évaluations de conséquences sur la santé des accidents industriels majeurs et leurs communications au public » (Lefebvre, 2001). Il est également possible d'obtenir sur le site Internet de l'AIHA toutes les valeurs ERPG (<http://www.bnl.gov/scapa/scapawl.htm>) et les valeurs TEEL au site suivant : http://dewey.tis.eh.doe.gov/web/chem_safety/teel.html. Une visite régulière de ces sites est recommandée afin de toujours obtenir les valeurs de référence à jour.

2 CRITERES TOXICOLOGIQUES

Les critères toxicologiques sont exprimés en fonction de la concentration de la substance sans effet ou celle qui peut induire des effets toxiques chez un certain pourcentage de la population animale étudiée. Voici quelques exemples : la concentration ou la dose létale 50 (CL_{50} , DL_{50}), la concentration ou la dose létale minimale (CL_{Lo} , DL_{Lo}), la concentration ou la dose toxique minimale (CT_{Lo} , DT_{Lo}) et le niveau d'exposition maximal sans effet (NOEL) adverse (NOAEL).

Par définition chacun de ces critères signifie :

- CL_{50} ou DL_{50} : Il s'agit de la concentration létale (lorsqu'il s'agit d'une substance qui entre dans l'organisme par inhalation, le paramètre mesuré est la concentration dans l'air) ou de la dose létale pour la moitié des individus exposés.
- CL_{Lo} ou DL_{Lo} : Il s'agit de la concentration la plus faible ou de la dose la plus faible ayant provoqué la mort d'un individu.
- CT_{Lo} ou DT_{Lo} ou LOEL : Il s'agit de la concentration la plus faible ou de la dose la plus faible à laquelle on a observé un effet toxique chez un individu exposé. À ce moment, la connaissance de la nature de l'effet évalué (ex. : irritation de la peau) est importante. Le LOEL est donc le niveau d'exposition le plus faible présentant un effet alors que le LOAEL est le niveau le plus faible présentant un effet néfaste.
- NOEL et NOAEL : Le NOEL est le niveau d'exposition à une substance le plus élevé sans effet alors que le NOAEL est le niveau d'exposition à une substance le plus élevé sans effet adverse.

3 NORMES ET CRITERES POUR LA POPULATION GENERALE

Les valeurs ERPG (*Emergency Response Planning Guideline*) sont développées par l'American Industrial Hygiene Association (AIHA) et sont utilisées pour évaluer l'ampleur des impacts potentiels qui pourraient survenir sur la population exposée lors d'un accident industriel impliquant des substances chimiques.

Il existe trois niveaux de ERPG :

- | | |
|--------|--|
| ERPG-1 | Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il y ait d'effets sur la santé autres que des effets mineurs et transitoires ou sans que ces individus perçoivent une odeur clairement désagréable. |
| ERPG-2 | Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il y ait d'effets sérieux ou irréversibles sur la santé ou sans qu'ils éprouvent des symptômes qui pourraient les empêcher de se protéger. |
| ERPG-3 | Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il y ait d'effets sur leur santé susceptibles de menacer leur vie. |

Cependant, les valeurs ERPG ne sont pas disponibles pour plusieurs matières dangereuses. Dans de tels cas, il est possible d'avoir recours aux TEEL (Temporary Emergency Exposure Limits). Les TEEL sont des valeurs temporaires développées selon une méthodologie approuvée par le Département de l'énergie (DOE) des États-Unis, pour palier à l'absence d'ERPG. Contrairement aux ERPG, les TEEL ne sont pas des valeurs qui ont été révisées par un comité de pairs. Les définitions des TEEL sont les mêmes que celles des ERPG, à l'exception des durées d'exposition qui sont de 15 minutes plutôt qu'une heure.

Il existe également d'autres valeurs toxicologiques qui pourraient, dans certains cas, servir de valeurs de référence pour la population générale. Ainsi, il est possible d'utiliser le 1/10 de l'IDLH (Immediately dangerous for life or health). Originellement, l'IDLH est utilisée en milieu de travail et sa définition est la suivante :

- | | |
|---|---|
| <i>Immediately Dangerous for Life and Health (IDLH)</i> | Ces valeurs représentent les concentrations maximales de matières dangereuses auxquelles une personne peut être exposée pendant 30 minutes suite au bris d'un appareil de protection respiratoire à cartouche sans subir d'effets qui l'empêcheraient de quitter les lieux ou d'effets irréversibles pour la santé. (NIOSH, 1994) |
|---|---|

En 1995, l'Environmental Protection Agency (EPA) a mis sur pied un comité national aviseur pour le développement de valeurs guides lors d'expositions aiguës à des matières dangereuses, soit les AEGL (*Acute Exposure Guideline Levels*). L'avantage de ces valeurs par rapport aux autres provient du fait qu'elles ont été développées pour plusieurs durées d'exposition, soit 10 minutes, 30 minutes, 1, 4 et 8 heures.

Les AEGL sont définis comme suit :

- AEGL-1 Concentration d'une substance dangereuse dans l'air (en ppm ou mg/m³) à partir de laquelle des personnes exposées, incluant les personnes sensibles mais excluant les hypersensibles, pourraient être considérablement incommodées. Les concentrations inférieures à l'AEGL-1 représentent un niveau d'exposition associé à la perception d'une odeur modérée, d'un goût ou à d'autres irritations sensorielles.
- AEGL-2 Concentration d'une substance dangereuse dans l'air (en ppm ou mg/m³) à partir de laquelle des personnes exposées, incluant les personnes sensibles mais excluant les hypersensibles, pourraient développer des effets sérieux de longue durée ou irréversibles sur la santé ou encore les empêchant de fuir les lieux. Les concentrations inférieures à l'AEGL-2 mais égales ou supérieures à l'AEGL-1 représentent une exposition pouvant provoquer un inconfort important.
- AEGL-3 Concentration d'une substance dangereuse dans l'air (en ppm ou mg/m³) à partir de laquelle des personnes exposées, incluant les personnes sensibles mais excluant les hypersensibles, pourrait provoquer des effets menaçant la vie ou entraînant la mort. Les concentrations inférieures à l'AEGL-3 mais égales ou supérieures à l'AEGL-2 représentent une exposition pouvant provoquer des effets sérieux de longue durée ou irréversibles sur la santé ou encore les empêchant de fuir les lieux.

4 NORMES ET CRITERES SANTE AU TRAVAIL

Au Québec, les normes de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) visent à protéger la santé des travailleurs. Bien que ces valeurs n'aient pas été définies dans le contexte des accidents industriels majeurs, elles peuvent servir de points de référence lorsque les autres valeurs (ERPG, TEEL, etc.) sont absentes.

On définit les VEMP (valeurs expositions moyennes pondérées) et VECD (valeurs expositions de courte durée), comme suit :

VEMP	La concentration moyenne, pondérée pour une période de 8 heures par jour, en fonction d'une semaine de 40 heures, d'une substance chimique (sous forme de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards) présente dans l'air au niveau de la zone respiratoire du travailleur.
VECD	La concentration moyenne, pondérée sur 15 minutes, pour une exposition à une substance chimique (sous forme de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards) présente dans l'air au niveau de la zone respiratoire du travailleur, qui ne doit pas être dépassée durant la journée de travail, même si la valeur d'exposition moyenne pondérée est respectée. Les expositions supérieures à la valeur d'exposition moyenne pondérée et inférieures à la valeur d'exposition de courte durée doivent être d'une durée d'au plus 15 minutes consécutives et ne doivent pas se produire plus de 4 fois par jour. Il doit y avoir une période d'au moins 60 minutes entre de telles expositions.

En ce qui a trait aux normes et aux critères pour évaluer l'acceptabilité des concentrations pour les travailleurs, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a défini des normes en milieu de travail soit la *Threshold Limit Value - Time Weighted Average* (TLV-TWA), la *Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit* (TLV-STEL) et la *Threshold Limit Value - Ceiling* (TLV-C). La définition de chacune de ces normes en milieu de travail est donnée par :

TLV-TWA : Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de huit heures par jour, cinq jours par semaine, sans subir d'effets nocifs.

TLV-STEL : Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période, jusqu'à 15 minutes, sans souffrir d'irritation, de dommages chroniques et irréversibles aux tissus, de narcose à un degré suffisant pour augmenter la prédisposition aux accidents, diminuer la capacité de fuir ou réduire l'efficacité au travail. Les travailleurs ne doivent pas être exposés ainsi plus de quatre fois par jour. Il doit également s'écouler une heure entre chaque période d'exposition et la TLV-TWA ne doit pas être dépassée.

TLV-C : Valeur plafond momentanée représentant une limite à ne jamais dépasser.

Également, tout comme l'ACGIH, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ainsi que l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) des États-Unis ont défini des normes en milieu de travail soit les *NIOSH Recommended Exposure Limits* (NIOSH REL), les *NIOSH Short Term Exposure Limit* (NIOSH STEL) et les *NIOSH Ceiling* (NIOSH C) ainsi que les *OSHA Permissible Exposure Limit* (OSHA PEL), les *OSHA Short Term Exposure Limit* (OSHA STEL) et les *OSHA Ceiling* (OSHA C) respectivement. Ainsi, ces normes en milieu de travail sont définies par :

NIOSH REL : Teneur limite moyenne à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement jusqu'à 10 heures par jour pendant 40 heures par semaine sans subir d'effets nocifs.

NIOSH STEL : Teneur limite moyenne d'exposition de 15 minutes qui ne doit pas être excédée en aucun temps pendant le quart de travail.

NIOSH C : Valeur plafond momentanée représentant une limite à ne jamais dépasser.

OSHA PEL : Teneur limite d'exposition à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de huit heures par jour pendant 40 heures par semaine sans subir d'effets nocifs.

OSHA STEL : Teneur limite moyenne d'exposition de 15 minutes qui ne doit pas être excédée en aucun temps pendant le quart de travail.

OSHA C : Valeur plafond momentanée représentant une limite à ne jamais dépasser.

NB : Dans le GTU, les normes de la CSST seront citées plutôt que celles des organismes américains pour la santé des travailleurs.

5 CLASSIFICATION DES PRODUITS CANCÉROGÈNES

Les tableaux suivants donnent la classification des produits cancérogènes employée par l'US EPA et le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) respectivement. Pour obtenir cette classification, ces deux organismes se basent sur les résultats d'études cliniques, épidémiologiques et d'études chez les animaux.

Classification des produits cancérogènes selon l'US EPA

A	cancérogène pour l'humain
B	cancérogène probable pour l'humain
B1	évidences limitées selon les études épidémiologiques
B2	évidences inadéquates ou inexistantes chez l'humain, mais suffisantes selon les données animales
C	cancérogène possible pour l'humain
D	ne peut être classé comme cancérogène humain
E	évidences que ce produit n'est pas cancérogène chez l'humain

Source : US EPA, 2002

Classification des produits cancérogènes selon le IARC

Groupe 1	cancérogène chez l'humain
Groupe 2A	probablement cancérogène chez l'humain
Groupe 2B	possiblement cancérogène chez l'humain
Groupe 3	ne peut être classifié quant à sa cancérogénécité chez l'humain
Groupe 4	probablement non cancérogène chez l'humain

Source : IARC, 2002

Liste des matières dangereuses avec plusieurs concentrations de référence toxicologique disponibles¹

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
1-pentène	109-67-1									
1,3-pentadiène	504-60-9	--	--	--	300	750	6 000	--	--	--
trans-2-pentène	646-04-8									
2-Chloroéthanol	107-07-3	--	--	--	1	7	7	7	P1 ²	--
2-Chloropropane	75-29-6	--	--	--	3 500	15 000	15 000	--	--	--
2-Chloropropène	557-98-2	--	--	--	3 000	20 000	35 000	--	--	--
Acétaldéhyde	75-07-0	10	200	1 000	--	--	--	2 000	100	150
Acétate de vinyle	108-05-4	5	75	500	--	--	--	--	10	20
Acétylène	74-86-2	--	--	--	2 500	2 500	6 000	--	--	--
Acide chlorosulfonique	7790-94-5	0,0004	0,002	0,007	--	--	--	--	--	--
Acide nitrique (conc, 80 % ou plus)	7697-37-2	1	6	78	--	--	--	25	2	4
Acide peroxyacétique	79-21-0	--	--	--	6	15	15	--	--	--
Acroléine	107-02-8	0,1	0,5	3	--	--	--	2	0,1	0,3
Acrylonitrile	107-13-1	10	35	75	--	--	--	85	2	--
Alcool allylique	107-18-6	--	--	--	4	15	20	20	2	4
Allène, propadiène	463-49-0	--	--	--	125	750	4 000	--	--	--
Allylamine	107-11-9	--	--	--	0,2	1,4	30	--	--	--
Aminoéthylène	151-56-4	--	--	--	0,5	2,3	100	100	0,5	--
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	25	150	750	--	--	--	300	25	35
Ammoniaque (conc, 20 % ou plus)	7664-41-7	25	150	750	--	--	--	300	25	35
Arsine	7784-42-1	n.a. ³	0,5	1,5	--	--	--	3	0,05	--
Benzène	71-43-2	50	150	1 000	--	--	--	500	1	5
Brome	7726-95-6	0,1	0,5	5	--	--	--	3	0,1	0,3
Bromotrifluoréthylène	598-73-2	--	--	--	20	35	125	--	--	--
Bromure d'hydrogène anhydre	10035-10-6	--	--	--	3	3	30	30	P3 ²	--
Bromure de cyanogène	506-68-3	--	--	--	9	9	9	--	--	--
Bromure de méthyle	74-83-9	n.a. ³	50	200	--	--	--	250	5	--
Butadiène	106-99-0	10	200	5 000	--	--	--	2 000	10	--

¹ Le présent tableau a été tiré et mis à jour à partir du document de Lefebvre, L (2001).

² P = valeur plafond, qui ne doit jamais être dépassée. Ainsi, une valeur P1 représente une valeur plafond de 1 ppm qui ne doit pas être dépassée.

³ n.a.= non-applicable.

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
Butane	106-97-8	--	--	--	2 400	4 000	19 000	--	800	--
Butényne (Vinyle acétylène)	689-97-4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Butylène (1-Butène)	25167-67-3 106-98-9	--	--	--	1 200	2 000	500 000	--	--	--
Butène 2-	624-64-6	--	--	--	15 000	25 000	25 000	--	--	--
Butylène (2-Butène)	107-01-7	--	--	--	7,5	60	300	--	--	--
Butylène (1-Butène)	590-18-1	--	--	--	17 000	17 000	17 000	--	--	--
Carburant d'automobile (essence)	8006-61-9	--	--	--	500	500	1 500	--	300	500
Cétène	463-51-4	--	--	--	1,5	1,5	5	5	0,5	1,5
Chlorate de sodium	7775-09-9	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chlore	7782-50-5	1	3	20	--	--	--	10	1	3
Chloroformate d'isopropyle	108-23-6	--	--	--	2,5	20	25	--	--	--
Chloroformate de n-propyle	109-61-5	--	--	--	1,25	2	60	--	--	--
Chloroforme	67-66-3	n.a. ¹	50	5 000	--	--	--	500	5	--
Chloroformate de méthyle	79-22-1	--	--	--	0,06	0,5	4	--	--	--
Chloropicrine	76-06-2	0,1	0,3	1,5	--	--	--	2	0,1	--
Chlorure (ou tri-) d'arsenic	7784-34-1	--	--	--	0,075	1,35	12,5	--	--	--
Chlorure d'acryloyle	814-68-6	--	--	--	0,15	0,25	10	--	--	--
Chlorure d'allyle	107-05-1	3	40	300	--	--	--	250	1	2
Chlorure d'éthyle	75-00-3	--	--	--	1 000	1 000	3 800	3 800	1 000	--
Chlorure d'hydrogène (anhydre ou acide chlorhydrique > 30 %)	7647-01-0	3	20	150	--	--	--	50	P5 ²	--
Chlorure de cyanogène	506-77-4	n.a. ¹	0,4	4	--	--	--	--	P0,3 ²	--
Chlorure de méthyle	74-87-3	n.a. ¹	400	1 000	--	--	--	2 000	50	100
Chlorure de propenyl	590-21-6	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Chlorure de thionyle	7719-09-7	0,2	2	10	--	--	--	--	P1 ²	--
Chlorure de vinyle	75-01-4	--	--	--	5	5	75	--	1	5
Chlorure de vinylidène	75-35-4	--	--	--	20	20	600	--	1	--
Crotonaldéhyde	4170-30-3	2	10	50	--	--	--	50	2	--
Cyanogène	460-19-5	--	--	--	10	10	15	--	10	--
Cyanure d'hydrogène	74-90-8	n.a. ¹	10	25	--	--	--	50	P10 ²	--

¹ n.a. = non-applicable.

² P = valeur plafond, qui ne doit jamais être dépassée. Ainsi, une valeur P1 représente une valeur plafond de 1 ppm qui ne doit pas être dépassée.

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
Cyclohexane	110-82-7	--	--	--	900	1 300	1 300	1 300	300	--
Cyclohexylamine	108-91-8	--	--	--	10	40	200	--	10	--
Cyclopropane	75-19-4	--	--	--	1 500	12 500	60 000	--	--	--
Diborane	19287-45-7	n.a. ¹	1	3	--	--	--	15	0,1	--
Dichlorosilane	4109-96-0	--	--	--	35	75	75	--	--	--
Dichlorure d'éthylène	107-06-2	--	--	--	50	200	300	50	1	2
Difluoréthane	75-37-6	--	--	--	1 250	7 500	75 000	--	--	--
Difluoro-1,1 éthylène	75-38-7	--	--	--	500	500	12 500	--	500	--
Diisocyanate (2,4-toluène)	584-84-9	0,01	0,15	0,6	--	--	--	--	--	--
Diisocyanate (2,6-toluène)	91-08-7	--	--	--	0,01	0,15	0,6	--	--	--
Diméthylchlorosilane	75-78-5	2	10	75	--	--	--	--	--	--
Diméthyl-2,2 propane	463-82-1	--	--	--	610	610	50 000	--	--	--
Diméthylamine anhydre	124-40-3	1	100	500	--	--	--	500	10	--
Diméthylhydrazine	57-14-7	--	--	--	0,03	5	15	15	0,5	--
Dioxyde d'azote	10102-44-0	1	15	30	--	--	--	20	3	5
Dioxyde de chlore hydraté, gelé	10049-04-4	n.a. ¹	0,5	3	--	--	--	5	0,1	0,3
Dioxyde de soufre	7446-09-5	0,3	3	15	--	--	--	100	2	5
Épichlorhydrine	106-89-8	2	20	100	--	--	--	75	2	--
Éthane	74-84-0	--	--	--	3 000	3 000	3 000	--	--	--
Éther dichlorodiméthylque	542-88-1	D.I. ²	0,1	0,5	--	--	--	--	0,001	--
Éther éthylique	60-29-7	--	--	--	500	500	1 900	1 900	400	500
Éther éthylvinyle	109-92-2	--	--	--	50	350	1 500	--	--	--
Éther méthylque monochloré	107-30-2	n.a. ¹	1	10	--	--	--	--	--	--
Éther méthylvinyle	107-25-5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Éthérate diméthylque de trifluorure de bore	353-42-4	--	--	--	3	5	7,5	--	--	--
Éthylacétylène	107-00-6	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Éthylamine	75-04-7	--	--	--	15	25	600	600	10	--
Éthylbenzène	100-41-4	--	--	--	125	125	800	800	100	125
Éthylène	74-85-1	--	--	--	400	3 000	15 000	--	10	--
Éthylènediamine	107-15-3	--	--	--	10	20	1 000	--	--	--
Explosifs (Classe 1,1)		--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fer pentacarbonyl	13463-40-6	--	--	--	0,2	0,5	1	--	0,1	0,2

¹ n.a.= non-applicable.

² D.I.= Donnée insuffisante pour définir une valeur ERPG 1.

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
Fluor	7782-41-4	0,5	5	20	--	--	--	25	0,1	--
Fluorure d'hydrogène anhydre, acide fluorhydrique	7664-39-3	2	20	50	--	--	--	30	P3 ¹	--
Fluorure de perchlore	7616-94-6	--	--	--	6	15	100	100	3	6
Fluorure de vinyle	75-02-5	--	--	--	3	500	2 500	--	1	--
Formaldéhyde (solution)	50-00-0	1	10	25	--	--	--	20	P2 ¹	--
Formiate de méthyle	107-31-3	--	--	--	150	500	4 500	4 500	100	150
Furanes	110-00-9	--	--	--	0,6	0,4	7,5	--	--	--
Gaz naturel liquéfié (voir méthane)	8006-14-2	--	--	--	--	--	--	--	--	--
GPL	68476-85-7	--	--	--	2 000	2 000	2 000	2 000	1 000	--
Hydrazine	302-01-2	0,5	5	30	--	--	--	50	0,1	--
Hydrogène	1333-74-0	--	--	--	41 000	41 000	41 000	--	--	--
Iodure de méthyle	74-88-4	25	50	125	--	--	--	100	2	--
Isobutane	75-28-5	--	--	--	2 400	4 000	15 000	--	--	--
Isobutylène	115-11-7	--	--	--	3 000	20 000	100 000	--	--	--
Isobutyronitrite	78-82-0	10	50	200	--	--	--	3	--	--
Isocyanate de méthyle	624-83-9	0,025	0,5	5	--	--	--	3	0,02	--
Isoprène	78-79-5	--	--	--	150	250	25 000	--	--	--
Isopropylamine	75-31-0	--	--	--	10	25	750	750	5	10
Mercaptan éthylique	75-08-1	--	--	--	10	10	500	500	0,5	--
Mercaptan méthylique	74-93-1	0,005	25	100	--	--	--	150	0,5	--
Mercaptan méthylique perchloré	594-42-3	--	--	--	0,15	1	10	1	0,1	--
Mercure	7439-97-6	n.a. ²	0,25	0,5	--	--	--	0,001	--	--
Méthacrylate de 2-isocyanatoéthyle	30674-80-7	n.a. ²	0,1	1	--	--	--	--	--	--
Méthacrylonitrite	126-98-7	--	--	--	1	5	35	--	1	--
Méthane	74-82-8	--	--	--	15 000	25 000	50 000	--	--	--
Méthylacétylène	74-99-7	--	--	--	1 700	1 700	1 700	1 700	1 000	--
Méthyl-2 butène-1	563-46-2	--	--	--	15 000	15 000	15 000	--	--	--
Méthyl-3 butène-1	563-45-1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Méthyl vinyl cétone	78-94-4	--	--	--	0,2	0,2	0,25	--	--	--
Méthylacroléine	78-85-3	--	--	--	0,4	2,5	12,5	--	--	--

¹ P = valeur plafond, qui ne doit jamais être dépassée. Ainsi, une valeur P1 représente une valeur plafond de 1 ppm qui ne doit pas être dépassée.

² n.a.= non-applicable.

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
Méthylamine	74-89-5	10	100	500	--	--	--	100	10	--
Méthylhydrazine	60-34-4	--	--	--	0,2	0,5	20	20	P0,2 ¹	--
Méthyltrichlorosilane	75-79-6	0,5	3	15	--	--	--	--	--	--
Monoxyde de carbone	630-08-0	200	350	500	--	--	--	1 200	35	200
Naphta, naphte	8030-30-6	--	--	--	100	500	1 000	--	400	--
Nickel-tétracarbonyle	13463-39-3	--	--	--	5	5	6	2	0,001	--
Nitrite d'éthyle	109-95-5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Oléum (Acide sulfurique fumant, Acide sulfurique avec du trioxyde de soufre en solution)	8014-95-7				0,3	1,4	4,1	--	--	--
Oxychlorure de phosphore	10025-87-3	--	--	--	0,5	0,5	3	--	0,1	--
Oxyde d'éthylène	75-21-8	n.a. ²	50	500	--	--	--	800	1	--
Oxyde de dichlore	7791-21-1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Oxyde de diméthyle	115-10-6	--	--	--	3 000	50 000	60 000	--	--	--
Oxyde de propylène	75-56-9	50	250	750	--	--	--	400	20	--
Oxyde d'azote	10102-43-9	--	--	--	25	25	100	100	25	--
Pentane n-	109-66-0	--	--	--	610	610	1 500	1 500	120	--
Pentane (Iso)	78-78-4	--	--	--	610	610	20 000	1 500	120	--
Pentène-cis (2-)	627-20-3	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Perchlorate d'ammonium	7790-98-9	--	--	--	3	21	104	--	--	--
Peroxyde d'hydrogène	7722-84-1	10	50	100	--	--	--	75	1	--
Phénol	108-95-2	10	50	200	--	--	--	250	5	--
Phosgène	75-44-5	n.a. ²	0,2	1	--	--	--	2	--	--
Phosphine	7803-51-2	n.a. ²	0,5	5	--	--	--	50	0,3	1
Phosphore Rouge	7723-14-0	--	--	--	0,2	0,4	3	1	--	--
Phosphore Jaune	7723-14-1	--	--	--	0,2	0,4	3	1	0,1 mg/m ³	--
Pipéridine	110-89-4	--	--	--	0,75	6	250	--	--	--
Plomb tétraéthyle	78-00-2	--	--	--	0,03	0,05	4,5	0,003	0,5 mg/m ³	--
Plomb tétraméthyle	75-74-1	--	--	--	0,3	0,06	4,5	0,004	0,5 mg/m ³	--
Propane	74-98-6	--	--	--	2 100	2 100	2 100	2 100	1 000	--
Propionitrile	107-12-0	--	--	--	15	15	15	--	--	--
Propylène	115-07-1	--	--	--	24 000	24 000	24 000	--	--	--
Propylèneimine	75-55-8	--	--	--	6	51,5	100	100	2	--
Sélénure d'hydrogène	7783-07-5	--	--	--	0,05	0,2	2	1	0,05	--

¹ P = valeur plafond, qui ne doit jamais être dépassée. Ainsi, une valeur P1 représente une valeur plafond de 1 ppm qui ne doit pas être dépassée.

² n.a.= non-applicable.

Substances	NO, CAS	Emergency Response Planning Guidelines (ppm)			Temporary Emergency Exposure limits (ppm)			Immediately dangerous for life or health (ppm)	Valeurs d'exposition en milieu de travail (ppm)	
		ERPG1	ERPG2	ERPG3	TEEL1	TEEL2	TEEL3	IDLH	VEMP	VECD
Silane	7803-62-5	--	--	--	15	25	4 000	--	5	--
Stibine	7803-52-3	D.I. ¹	0,5	1,5	--	--	--	5	0,1	--
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	0,1	30	100	--	--	--	100	10	15
Sulfure de carbone	75-15-0	1	50	500	--	--	--	500	4	12
Sulfure de carbonyle	463-58-1	--	--	--	4	25	125	--	--	--
Sulfure de méthyle	75-18-3	0,5	500	2 000	--	--	--	--	--	--
t-Butylamine	75-64-9	--	--	--	5	7,5	125	--	--	--
Tétrachlorure de titane	7550-45-0	0,65	2,6	12,9	--	--	--	--	--	--
Tétrafluoréthylène	116-14-3	200	1 000	10 000	--	--	--	--	--	--
Tétrafluorure de soufre	7783-60-0	--	--	--	0,1	2,08	2,08	--	P0,1 ²	--
Tétraméthylsilane	75-76-3	--	--	--	15	25	125	--	--	--
Tétranitrométhane	509-14-8	--	--	--	1	1	4	4	1	--
Tétroxyde d'osmium	20816-12-0	--	--	--	0,00075	0,0096	1,3	0,001	0,0002	0,0006
Thiocyanate de méthyle	556-64-9	--	--	--	15	28,4	28,4	--	--	--
Toluène	108-88-3	50	300	1 000	--	--	--	500	100	150
Trichlorosilane	10025-78-2	1	3	25	--	--	--	--	--	--
Trichlorure de bore	10294-34-5	--	--	--	0,3	2	2,5	--	--	--
Trichlorure de phosphore	7719-12-2	--	--	--	0,5	5	25	25	0,2	0,5
Trifluorochloroéthylène	79-38-9	20	100	300	--	--	--	--	--	--
Trifluorure de bore	7637-07-2	0,7	10,8	36,1	--	--	--	25	P1 ²	--
Triméthylamine	75-50-3	0,1	100	500	--	--	--	--	10	15
Triméthylchlorosilane	75-77-4	3	20	150	--	--	--	--	--	--
Trioxyde de soufre	7446-11-9	0,6	3,1	9,2	--	--	--	--	--	--
Xylènes	1330-20-7	--	--	--	150	200	900	900	100	150

¹ D.I.=Donnée insuffisante

² P = valeur plafond, qui ne doit jamais être dépassée. Ainsi, une valeur P1 représente une valeur plafond de 1 ppm qui ne doit pas être dépassée.

Substances	NO. CAS	Acute exposure guideline level AEGL-1 (ppm)					Acute exposure guideline level AEGL-2 (ppm)					Acute exposure guideline level AEGL-3 (ppm)				
		10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr	10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr	10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr
Acide nitrique	7697-37-2	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	5	4	3	2	-	15	13	8	7
Acide peroxyacétique	79-21-0	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	19	9,6	4,8	2,6	1,9
Acroléine	107-02-8	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,44	0,18	0,1	0,1	0,1	6,2	2,5	1,4	0,48	0,27
Alcool allylique	107-18-6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	9,6	9,6	7,7	4,8	3,5	36	25	20	10	7,1
Aminoéthylène	151-56-4	--	--	--	--	--	33	9,8	4,6	1,0	0,47	51	19	9,9	2,8	1,5
Allylamine	107-11-9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	4,2	4,2	2,8	1,2	0,83	140	40	18	3,5	2,3
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	25	25	25	25	25	270	160	110	110	110	2 700	1 600	1 100	550	390
Ammoniaque (conc, 20 % ou plus)	7664-41-7	25	25	25	25	25	380	160	110	110	110	3 800	1 600	1 100	550	390
Arsine	7784-42-1	-	-	-	-	-	-	0,21	0,17	0,04	0,02	-	0,63	0,5	0,13	0,06
Brome	7726-95-6	0,055	0,033	0,024	0,013	0,0095	0,55	0,33	0,24	0,13	0,095	19	12	8,5	4,5	3,2
Chlore	7782-50-5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,8	2,8	2	1	0,7	50	28	20	10	7,1
Chloroforme	67-66-3	--	--	--	--	--	--	120	88	44	31	--	920	650	330	230
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	100	43	22	5,4	2,7	620	210	100	26	13
Crotonaldéhyde	4170-30-3	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	27	8,9	4,4	1,1	0,56	44	27	14	2,6	1,5
Cyanure d'hydrogène	74-90-8	2,5	2,5	2,0	1,3	1,0	17	10	7,1	3,5	2,5	27	21	15	8,6	6,6
Cyclohexylamine	108-91-8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	11	11	8,6	5,4	2,7	38	38	30	19	9,4
Diborane	19287-45-7	--	--	--	--	--	2	2	1	0,25	0,13	7,3	7,3	3,7	0,92	0,46
Diisocyanate (2,4-toluène)	584-84-9	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,24	0,17	0,083	0,021	0,021	0,65	0,65	0,51	0,32	0,16
Diisocyanate (2,6-toluène)	91-08-7	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,24	0,17	0,083	0,021	0,021	0,65	0,65	0,51	0,32	0,16
Diméthylchlorosilane	75-78-5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	78	26	13	3,3	1,6	320	110	53	13	6,6
Diméthylhydrazine	57-14-7	-	-	-	-	-	-	6	3	0,75	0,38	-	22	11	2,4	1,4
Dioxyde d'azote	10102-44-0	--	0,5	0,5	0,5	0,5	--	15	12	8,2	6,7	--	25	20	14	11
Dioxyde de chlore hydraté, gelé	10049-04-4	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1,4	1,4	1,1	0,69	0,45	3	3	2,4	1,5	0,98
Épichlorhydrine	106-89-8	5	5	5	5	5	53	53	24	16	10	570	160	72	43	30
Éther méthylique Monochloré	107-30-2	--	--	--	--	--	0,076	0,076	0,061	0,038	0,025	1,2	1,2	0,94	0,59	0,43
Éthylènediamine	107-15-3	-	-	-	-	-	12	12	9,7	6,1	4,8	25	25	20	13	10
Fer pentacarbonyle	13463-40-6	-	-	-	-	-	1,2	0,4	0,19	0,05	-	3,5	1,2	0,58	0,15	-
Fluor	7782-41-4	-	2	2	1	1	-	11	5	2,3	1,5	-	19	13	5,7	3,9
Fluorure d'hydrogène	7664-39-3	2	2	2	1	1	95	34	24	12	8,6	170	62	44	22	15
Furanes	110-00-9	--	--	--	--	--	18	13	10	2,5	1,3	52	46	29	7,1	3,6
Hydrazine	302-01-2	--	0,1	0,1	0,1	0,1	--	8	6	3	2	--	47	33	17	12
Isobutyronitrite	78-82-0	--	--	--	--	--	13	8,7	6,6	3,9	3,0	40	26	20	12	9,0
Isocyanate de méthyle	624-83-9	-	-	-	-	-	0,4	0,13	0,067	0,017	0,008	1,2	0,4	0,2	0,05	0,025
Oxychlorure de phosphore	10025-87-3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,1	1,1	0,85	0,54	0,27
Oxyde d'éthylène	75-21-8	-	-	-	-	-	--	190	110	33	19	--	360	200	63	35

Substances	NO. CAS	Acute exposure guideline level AEGL-1 (ppm)					Acute exposure guideline level AEGL-2 (ppm)					Acute exposure guideline level AEGL-3 (ppm)				
		10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr	10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr	10 min	30 min	1 hr	4 hr	8 hr
Mercaptan méthylique	74-93-1	--	0,5	0,5	0,5	0,5	--	7	5	3	2	--	31	23	13	10
Mercaptan méthylique perchloré	594-42-3	0,018	0,018	0,014	0,009	0,006	0,044	0,044	0,035	0,022	0,015	0,54	0,38	0,30	0,075	0,038
Méthacrylonitrite	126-98-7	--	--	--	--	--	1,5	1,5	1,1	0,7	0,5	4,5	4,5	3,4	2,0	1,5
Méthylhydrazine	60-34-4	-	-	-	-	-	-	1,8	0,9	0,23	0,11	-	5,5	2,7	0,68	0,34
Méthyltrichlorosilane	75-79-6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	37	12	6,2	1,6	0,78	170	56	28	7	3,5
Monoxyde de carbone	630-08-0	--	--	--	--	--	420	150	83	33	27	1700	600	330	150	130
Nickel-tétracarbonyle	13463-39-3	-	-	-	-	-	0,096	0,042	0,021	0,005	-	0,46	0,32	0,16	0,040	-
Oxyde d'éthylène	75-21-8	-	-	-	-	-	--	190	110	33	19	--	360	200	63	35
Oxyde de propylène	75-56-9	110	110	60	19	11	1 300	510	290	91	51	2 700	1 100	610	190	110
Phénol	108-95-2	8,3	5,7	4,5	2,9	1,9	19	19	15	9,5	6,3	59	59	47	29	23
Phosgène	75-44-5	--	--	--	--	--	0,6	0,6	0,3	0,08	0,04	3,6	1,5	0,75	0,2	0,09
Phosphine	7803-51-2	-	-	-	-	-	0,38	0,38	0,3	0,19	0,13	1,4	1,4	1,1	0,69	0,45
Pipéridine	110-89-4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	54	38	19	14
Propionitrile	107-12-0	--	--	--	--	--	9,6	9,6	7,4	4,3	3,3	51	51	39	23	18
Propylèneimine	75-55-8	--	--	--	--	--	83	25	12	2,5	1,2	167	50	23	5,1	2,4
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	42	32	28	20	17	76	60	50	37	31
Tétranitrométhane	509-14-8	0,46	0,46	0,36	0,23	0,15	1,1	1,1	0,91	0,57	0,38	2,3	2,3	1,8	1,1	0,75
Toluène	108-88-3	260	120	82	41	29	600	270	190	94	67	1 600	900	630	320	220
Trichlorure de bore	10294-34-5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	34	14	7,3	1,8	0,9	170	57	28	7,1	3,5
Trichlorure de phosphore	7719-12-2	0,78	0,78	0,62	0,39	0,26	2,5	2,5	2,0	1,3	0,83	7	7	5,6	3,5	1,8
Xylènes	1330-20-7	130	130	130	130	130	990	480	430	430	430	2 100	1 000	930	930	930

RÉFÉRENCES

AIHA, *Emergency responsePlanning guidelines series*, Emergency response planning committee, American Industrial Hygiene Association, 1998.

Craig, D.K., Davis, J.S., DeVore, R., Hansen, D.J., Petrocchi, A.J., Powell T.J. et Tuccinardi, T.E., *Derivation of temporary emergency exposure levels (TEELs)*, Journal of Applied Toxicology 20 :11-20, 2000.

DOCUMENTATION FOR IMMEDIATELY DANGEROUS TO LIFE OR HEALTH
CONCENTRATIONS (IDLHs)* <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>

IARC, *IARC Monographs program of the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Preamble to the IARC. Monographs, section evaluation, 2002. Document disponible à <http://193.51.164.11/monoeval/Eval.html>

Lefebvre, L. *Guide pour la réalisation des évaluations de conséquences sur la santé des accidents industriels majeurs et leurs communications au public*, février 2001. Document de travail.

US EPA, *EPA approach for assessing the risks associated with chronic exposures to carcinogens*. 2002. Documentation disponible à <http://www.epa.gov/iris/carcino.htm>

SECTION A - 6

MODÈLES DE DISPERSION

AUTEURS – SECTION A - 6

Luc F. Lefebvre
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Jocelyn Lavigne
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

SECTION A - 6

MODÈLES DE DISPERSION

TABLE DES MATIÈRES

1	L'UTILISATION DES MODÈLES DE DISPERSION POUR LA PRÉPARATION DES PLANS DE MESURES D'URGENCE.....	7
2	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	13
2.1	CONCENTRATIONS DANS L'AIR AMBIANT AU NIVEAU DU SOL ET À L'INTÉRIEUR DES MAISONS	14
2.2	PRÉSENTATION DES ZONES D'IMPACT (EN MÈTRES) EN FONCTION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES (ERPG).....	15
2.3	PRÉSENTATION DE L'ÉVOLUTION D'UN PANACHE DE CONTAMINANT SELON LA DISTANCE ET LE TEMPS.....	15
	RÉFÉRENCES.....	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Impact de la durée du relâchement sur les concentrations de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air à l'intérieur des maisons suite à un déversement de 500 kg relâché en 10 et 50 minutes	9
Tableau 2 :	Impact de la stabilité atmosphérique sur la concentration de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons à une distance de 500 mètres suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes	9
Tableau 3 :	Impact de la vitesse du vent sur la concentration de chlore dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons à une distance de 500 mètres suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes.....	10
Tableau 4 :	Impact de la rugosité des sols (urbain ou zone rurale) sur les concentrations de chlore dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons (ppm) suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes	11
Tableau 5 :	Variation de la concentration de chlore (en ppm) à l'extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons selon la distance du point de relâchement et la quantité relâchée	14
Tableau 6 :	Présentation des zones d'impact (en mètres) en fonction des trois niveaux d'ERPG et de différentes quantités de chlore relâchées.....	15
Tableau 7 :	Concentrations de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol en fonction du temps après le début du relâchement et de la distance	16

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Représentation graphique du comportement du panache d'une substance toxique dans l'air extérieur et dans l'air intérieur des résidences	17
Figure 2 :	Comportement du panache à une distance de 50 mètres.....	17
Figure 3 :	Comportement du panache à une distance de 100 mètres.....	18
Figure 4 :	Comportement du panache à une distance de 200 mètres.....	19
Figure 5 :	Comportement du panache à une distance de 500 mètres.....	19
Figure 6 :	Comportement du panache à une distance de 1 000 mètres.....	20
Figure 7 :	Comportement du panache à une distance de 1 500 mètres.....	20
Figure 8 :	Comportement du panache à une distance de 2 000 mètres.....	21

LA PRÉSENTE SECTION SE VEUT UN GUIDE POUR FACILITER
L'INTERPRÉTATION DES DIFFÉRENTS TABLEAUX PRÉSENTS
À L'INTÉRIEUR DE CHACUNE DES FICHES TOXICOLOGIQUES.

1 L'UTILISATION DES MODÈLES DE DISPERSION POUR LA PRÉPARATION DES PLANS DE MESURES D'URGENCE

La réalisation de différents scénarios d'accidents, en pré-événements, a pour but de simplifier la tâche des intervenants lors d'un accident et de mettre en place des plans de mesures d'urgence qui doivent contenir tous les éléments nécessaires à une intervention logique et efficace. Comme tout le monde le sait, lors d'une urgence, les décisions à prendre pour protéger la population sont généralement complexes et doivent être mises en place dans un délai relativement court. Naturellement, il est impossible de modéliser à l'avance l'ensemble des situations qui peuvent se produire. D'où l'importance de réaliser ces estimations de conséquences d'un relâchement non-contrôlé d'une matière dangereuse selon des conditions dites « normalisées ». Le scénario normalisé d'accident se définit comme étant l'évaluation de l'impact de la perte de confinement de la plus grande quantité d'une matière dangereuse qui résulterait de la rupture d'un contenant ou d'une tuyauterie de procédé. Cette définition s'applique à la quantité maximale en tout temps dans un contenant ou un groupe de contenants interconnectés ou situés à l'intérieur de la zone d'impact d'autres contenants qui pourraient être impliqués par une perte de confinement (Lefebvre L., 2001).

Le scénario normalisé d'accident implique une perte totale de confinement, en 10 minutes, sous des conditions de vitesse de vent de 1,5 m/s, et une stabilité atmosphérique de classe F¹. On assume également que la température extérieure est de 25°C avec un taux d'humidité de 50 %. Le scénario évalué tient compte uniquement des mesures de mitigation passives², les autres mesures d'atténuation du risque ou de prévention étant ignorées à cette étape.

Il existe de nombreux logiciels qui permettent de modéliser la dispersion dans l'atmosphère de divers produits chimiques et d'estimer leurs concentrations à différentes distances de la source de rejet. Certains d'entre eux s'adressent plus particulièrement aux situations d'urgence. Nous avons choisi d'utiliser parmi ceux-ci le modèle ALOHA en raison de sa facilité d'utilisation, de la possibilité de contrôler plusieurs variables et de la possibilité de l'obtenir gratuitement auprès d'EPA.

Le logiciel ALOHA (*Areal locations of hazardous atmospheres*) est un modèle de type intégral qui permet de résoudre les équations pour un grand nombre de produits. Sa base de données sur les substances chimiques contient des renseignements sur les propriétés chimiques d'environ 1 000 produits parmi les plus susceptibles d'être impliqués dans des accidents chimiques.

¹ La stabilité atmosphérique constitue une des variables qui influence le plus l'étendue de la dispersion d'une matière dangereuse. La stabilité atmosphérique de classe F est considérée comme étant une condition stable généralement observée de nuit et qui devrait, dans la majorité des cas, générer les zones d'impact les plus grandes.

² On entend par mesure de mitigation passive, tout équipement ou structure ou technologie qui a pour but de réduire les impacts d'accident et qui ne nécessite aucune énergie humaine, mécanique ou électrique pour être efficace. À titre d'exemple, on peut mentionner les bassins de rétention, les bâtiments encapsulants, etc.

Ce logiciel estime la concentration du polluant jusqu'à des distances maximales de 10 km de la source du rejet et ce pendant une durée ne dépassant pas 60 minutes. Il est important de mentionner qu'à partir de distances de plus de 10 km ou d'une durée de temps de plus de 60 minutes, les résultats deviennent de plus en plus incertains en raison des conditions qui peuvent varier (ex. : stabilité atmosphérique, vitesse du vent, rugosité des surfaces). Ce modèle ne peut être utilisé lors des incidents impliquant des produits radioactifs ou pour modéliser des émissions atmosphériques continues. Il ne peut tenir compte des produits de dégradation suite à un incendie ou des réactions chimiques, des particules ou des produits chimiques en solution ou des mélanges de produits chimiques.

À l'aide de ce logiciel de dispersion et du scénario normalisé d'accident nous avons déterminé les zones d'impact pour différentes quantités relâchées. Afin de déterminer les zones d'impact, on se doit d'utiliser les valeurs de références toxicologiques pour chacune des matières dangereuses toxiques. Les valeurs de références toxicologiques privilégiées pour la réalisation des scénarios normalisés d'accident sont les valeurs ERPG (*Emergency response planning guideline*). Pour chacune des substances étudiées nous avons modélisé des relâchements impliquant les quantités suivantes : 10, 50, 100, 200, 500, 1 000, 5 000, 10 000, 20 000, 50 000, 100 000 kg sur une période de 10 minutes. Le logiciel évalue également l'évolution des concentrations d'une substance à l'intérieur des résidences. Il permet donc de déterminer de façon générale le facteur de protection d'une résidence lors d'une recommandation de confinement.

Pour effectuer ce calcul nous avons utilisé comme taux de changement d'air à l'heure la valeur de 0,27. La valeur moyenne « typique » recommandée par l'U.S. EPA est 0,45 ach (*Air change per hour*) (soit 11 changements d'air par jour), et la valeur conservatrice est 0,18 ach (10^e centile) (soit 4 changements d'air par jour). Une étude américaine relate, pour la région du Nord-Est américain, un taux de ventilation moyen de $0,55 \pm 0,47$ ach (50^e centile = 0,42). Les valeurs mesurées dans des maisons canadiennes construites il y a au moins 20 ans étaient comprises entre 0,03 et 0,77 ach (moyenne entre 0,13 et 0,25), selon les moyens de ventilation, la saison, le type et l'âge de maison, etc. Selon Bertrand Roy, de la Société de l'habitation du Québec, une valeur moyenne raisonnable serait de 0,3 ach. Cette valeur permet d'avoir une qualité d'air acceptable. Elle est recommandée par Ressources naturelles Canada (programme Énerguide pour maisons, Louise Roux, communication personnelle). Selon Normand Bigras de Hydro-Québec, le taux de renouvellement naturel serait de l'ordre de 0,2 ach, mais il existe des maisons plus étanches dans lesquelles des taux inférieurs à 0,1 ach peuvent être observés. Une étude menée par Ressources naturelles Canada dans le cadre du programme Énerguide, portant sur 300 maisons construites après 1996, indique un taux d'échange d'air total³ moyen de 0,27 ach, et une moyenne géométrique de 0,17 ach. (tiré de INSPQ, 2002).

Les résultats obtenus donnent une idée de l'étendue potentielle des impacts et **ne doivent être utilisés qu'à titre indicatif dans un contexte de situation d'urgence**. Évidemment, ces résultats ne s'appliquent qu'à la situation théorique définie par les paramètres que nous avons choisis. En effet, si l'on modifie un tant soit peu les différents paramètres, les résultats obtenus peuvent être très différents. À titre exemple, nous présentons au tableau 1 deux scénarios de relâchement, avec comme seule différence la durée de l'événement (10 et 50 minutes). On constate que pour toutes les distances indiquées, les concentrations dans l'air extérieur et intérieur sont toujours plus élevées lorsque le déversement se fait en 10 minutes plutôt qu'en 50 minutes. Par exemple, à la distance de 500 mètres les concentrations dans l'air à l'extérieur et dans l'air à l'intérieur des maisons passent de 196 et 8,5 ppm lorsque le déversement se produit en 10 minutes à 48,3 et 9,7 ppm respectivement lorsque le déversement se produit en 50 minutes.

³ Naturel + mécanique

Tableau 1 : Impact de la durée du relâchement sur les concentrations de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air à l'intérieur des maisons suite à un déversement de 500 kg relâché en 10 et 50 minutes*

Durée du relâchement	Distance (mètre)							
	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
10 minutes	16 100/ 713	4 150/180	1 090/ 47,3	196/8,5	56,5/2,5	25,8/1,3	14,4/0,8	**
50 minutes	3 030/610	772/155	225/45,1	48,3/9,7	15,9/2,9	8,4/1,3	5,4/0,7	0,8/0,02

* Modélisation en milieu rurale (*open country*), Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F; Taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres, Taux de changement d'air à l'heure de 0,27.

** À cette distance, il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre ce point. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

La stabilité atmosphérique joue aussi un rôle très important sur la dispersion d'un produit chimique. La classe A indique que l'atmosphère est très instable, tandis que la classe F, au contraire, est associée à une très grande stabilité et souvent à une inversion de la température (la température augmente avec l'altitude au lieu de diminuer) qu'on observe souvent la nuit. La classe F (grande stabilité atmosphérique et faibles vents) fait en sorte de diminuer le pouvoir de dispersion de l'atmosphère, ce qui a pour effet de générer des concentrations de produits chimiques plus élevées au niveau du sol et des zones d'impact plus grandes. À titre d'exemple, on présente au tableau 2 les concentrations de chlore dans l'air extérieur au niveau du sol et à l'intérieur des maisons suite à un déversement de 500 kg de chlore relâché en 10 minutes pour des conditions de stabilité atmosphérique A et F. Les concentrations sont de 196 et de 8,5 ppm respectivement avec une stabilité de classe F, alors qu'ils se situent à 58,1 et à 2,5 ppm respectivement avec une stabilité de classe A.

Tableau 2 : Impact de la stabilité atmosphérique sur la concentration de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons à une distance de 500 mètres suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes*

Stabilité atmosphérique	Concentrations de chlore (ppm)	
	Air extérieur	Air intérieur
Classe F	196	8,5
Classe A	58,1	2,5

* Taux de changement d'air à l'heure de 0,27; Modélisation en milieu rurale (*open country*), température extérieure de 25 °C; Taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

Si on modifie la vitesse du vent, voici les concentrations que l'on retrouve à l'extérieur et à l'intérieur des maisons à une distance de 500 mètres de la source du déversement de 500 kg de chlore. Comme on peut le constater, les concentrations intérieures et les concentrations extérieures de chlore diminuent d'une manière très importante au fur et à mesure que la vitesse du vent augmente.

Tableau 3 : Impact de la vitesse du vent sur la concentration de chlore dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons à une distance de 500 mètres suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes *

Vitesse du vent (mètre/seconde)	Concentration de chlore (ppm)	
	Air extérieur	Air intérieur
1,5	196	8,5
5	122	5,3
10	84,3	3,4

* Taux de changement d'air à l'heure de 0,27; Modélisation en milieu rural (*open country*), Température extérieure de 25 °C; Taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1.5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

Le logiciel ALOHA tient compte aussi des inégalités ou de la rugosité du sol. On considère généralement que plus la rugosité du sol est élevée (présence d'arbres, de maisons, d'industries, etc.) plus il y aura de turbulence et plus rapidement les gaz seront dilués dans l'air. Les concentrations dans l'air à diverses distances du déversement devraient être plus faibles. On retrouve deux classes de rugosité standardisées dans le logiciel. La première, nommée « urban or forest » tient compte de la présence de bâtiments ou de forêts qui correspond à une rugosité de 100 et l'autre nommée « open country » correspond à une rugosité de 3 et représente la rugosité d'un sol plus dénudé observé généralement en zone rurale. Voici quelques exemples de rugosité du sol : surface glacée (0,001); grande surface d'eau (0,01 – 0,06); herbe d'une hauteur de 10 cm (2,3); végétation de 1 – 2 m de hauteur (20); arbres de 10 – 15 m de hauteur (40-70); grande ville comme Tokyo (165). Dans le cadre de nos modélisations, nous avons choisi la classe « open country » qui présente des résultats plus conservateurs.

Tableau 4 : Impact de la rugosité des sols (urbain ou zone rurale) sur les concentrations de chlore dans l'air extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons (ppm) suite à un relâchement de 500 kg de chlore en 10 minutes*

Rugosité du sol	Distance (mètre)							
	50	100	200	500	1000	1 500	2 000	5 000
Urbain (<i>urban or forest</i>)	9 230/ 411	2 230/ 96,8	606/26,3	121/5,3	37/1,7	17,5/0,9	10,0/0,5	**
Rural (<i>open country</i>)	16 100/ 713	4 150/ 180	1 090/ 47,3	196/8,5	56,5/2,5	25,8/1,5	14,4/0,8	**

* Taux de changement d'air à l'heure de 0,27 , Température extérieure de 25 °C; Stabilité atmosphérique F; Taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

** À cette distance, il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre ce point. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats des diverses modélisations à partir du scénario normalisé d'accident que nous avons décrit plus haut pour chacune des substances analysées sont tous présentés sous le même modèle dans 3 tableaux distincts :

- Les concentrations maximales dans l'air extérieur et dans l'air intérieur des maisons sous le vent aux distances suivantes : 50, 100, 200, 500, 1 000, 1 500, 2 000 et 5 000 mètres;
- Les zones d'impact calculées en fonction des valeurs de référence toxicologiques (ERPG1, ERPG2 et ERPG3);
- Le déplacement du nuage toxique en fonction du temps.

Pour illustrer ces résultats, nous avons utilisé comme exemple divers relâchements impliquant du chlore. Il est important de rappeler que ce type de scénario implique une perte totale de confinement, en 10 minutes, sous des conditions de vitesse de vent de 1,5 m/s et une stabilité atmosphérique de classe F. On assume également que la température extérieure est de 25 °C avec un taux d'humidité de 50 %.

2.1 CONCENTRATIONS DANS L'AIR AMBIANT AU NIVEAU DU SOL ET À L'INTÉRIEUR DES MAISONS

Le tableau 5 représente les concentrations de chlore que l'on retrouve à l'extérieur au niveau du sol ainsi qu'à l'intérieur des maisons à différentes distances du site de déversement (de 50 à 5 000 mètres), et ce pour diverses quantités de chlore (de 10 à 100 000 kg) relâchée. On peut voir que les concentrations dans l'air extérieur et intérieur diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site de déversement. Par exemple, si l'on regarde pour une quantité de 500 kg, les concentrations respectives (air extérieur / air intérieur) vont de 16 100/713 ppm à une distance de 50 m jusqu'à des concentrations de 14,4/0,8 ppm à une distance de 2 000 m. On peut remarquer que pour les concentrations de 500 kg et plus, le logiciel ne donne pas de concentration à la distance de 5 000 mètres, car le nuage n'atteint cette distance qu'après un temps de plus de 60 minutes.

Tableau 5 : Variation de la concentration de chlore (en ppm) à l'extérieur au niveau du sol et dans l'air intérieur des maisons selon la distance du point de relâchement et la quantité relâchée *

Quantité relâchée (kg)	Distance (mètre)							
	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
10	356/15,5	107/4,7	35,8/1,6	8,7/0,4	2,8/0,1	1,31/0,06	0,7/0,03	0,08/0,005
50	1 510/65,8	407/17,7	125/5,4	28,3/1,2	9,5/0,4	4,8/0,2	2,9/0,1	0,3/0,02
100	3 030/133	772/33,5	225/9,8	48,3/2,1	15,6/0,7	7,7/0,4	4,4/0,2	0,6/0,02
200	6 170/272	1 550/67,2	429/18,7	86/3,7	26,7/1,2	12,9/0,6	7,4/0,4	1,0/0,03
500	16 100/713	4 150/180	1 090/47,3	196/8,5	56,5/2,5	25,8/1,3	14,4/0,8	**
1 000	32 700/1 450	9 070/393	2 340/101	389/16,8	104/4,7	45,8/2,3	24,6/1,4	**
5 000	89 900/3 960	37 100/1 610	13 300/578	2 370/103	566/25,2	229/11,2	116/6,4	**
10 000	109 000/4 790	51 700/2 240	22 500/978	5 120/222	1 280/56,5	510/24,7	255/13,7	**
20 000	109 000/4 780	69 200/3 000	32 700/1 420	9 850/426	2 840/125	1 160/55,6	581/30,8	**
50 000	107 000/4 660	94 600/4 120	45 500/1 980	17 600/762	6 870/301	3 230/152	1 720/88,7	**
100 000	108 000/4 680	106 000/4 630	56 500/2 460	22 800/989	10 800/471	5 890/274	3 450/175	**

* Modélisation en milieu rurale (*open country*), Taux de changement d'air à l'heure de 0,27; Relâchement continu pendant 10 minutes; Température extérieure de 25 °C; Stabilité atmosphérique F; taux d'humidité de 50 %; Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

** À cette distance, il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre ce point. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

2.2 PRÉSENTATION DES ZONES D'IMPACT (EN MÈTRES) EN FONCTION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES (ERPG)

Le tableau 6 présente les zones d'impact (en mètres) en fonction des valeurs de référence toxicologiques (ERPG) selon différentes quantités relâchées (de 10 à 100 000 kg). Par exemple, lorsque 500 kg de chlore sont relâchés, on constate que la zone d'impact pour une valeur ERPG1 (1 ppm) s'étend jusqu'à 6 600 mètres, pour la valeur de ERPG2 (3 ppm), la zone d'impact s'étend jusqu'à 4 100 mètres et finalement, pour la valeur de ERPG 3 (20 ppm), la zone d'impact s'étend jusqu'à 1 700 mètres.

Tableau 6 : Présentation des zones d'impact (en mètres) en fonction des trois niveaux d'ERPG et de différentes quantités de chlore relâchées *

Quantités relâchées (kg) en 10 minutes	Zones d'impact (mètre)		
	ERPG 1 (1 ppm)	ERPG 2 (3 ppm)	ERPG 3 (20 ppm)
10	1 700	963	291
50	3 300	2 000	621
100	4 100	2 400	852
200	5 100	3 100	1 200
500	6 600	4 100	1 700
1 000	8 000	5 000	2 200
5 000	**	8 700	4 100
10 000	**	**	5 400
20 000	**	**	7 100
50 000	**	**	**
100 000	**	**	**

* Température extérieure de 25° C, Modélisation en milieu rural (*open country*), Stabilité atmosphérique F, taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

** Pour ce scénario, la distance d'impact estimée est de plus de 10 km. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

2.3 PRÉSENTATION DE L'ÉVOLUTION D'UN PANACHE DE CONTAMINANT SELON LA DISTANCE ET LE TEMPS

Le tableau 7 illustre le déplacement du nuage suite à un relâchement. Il présente les concentrations estimées de chlore (en ppm) dans l'air extérieur en fonction du temps (de 1 à 60 minutes). Pour cet exemple, le déversement se fait de façon continue pendant une période de temps de 10 minutes avec un débit de 5 kg par minute.

On peut voir qu'après 1 minute, le nuage atteint la distance de 50 mètres. Le chlore n'est pas encore détecté à une distance de 100 mètres. Après 5 minutes, le nuage s'étend jusqu'à une distance de 200 mètres. Les concentrations mesurées varient de 1 510 ppm à 50 m, à 407 ppm à 100 m et finalement de 120 ppm à 200 mètres.

Compte tenu que le relâchement est d'une durée limitée, plus le temps passe, plus le nuage s'éloigne du site de déversement et les concentrations estimées à l'intérieur du panache diminuent. Ainsi, après 40 minutes il a atteint une distance de 5 000 m. On peut estimer qu'il lui faudra plus de 20 minutes pour dépasser ce point.

Tableau 7 : Concentrations de chlore (en ppm) dans l'air extérieur au niveau du sol en fonction du temps après le début du relâchement et de la distance *

Temps après le début du relâchement (minute)	Distance (mètre)							
	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
1	1 100							
5	1 510	407	120					
10	1 510	407	125	26				
15			5	28,3	7			
20				1	9,5	3,4	0,2	
25					2	4,8	2	
30						1,8	2,8	
35						0,2	1	
40							0,2	0,02
45								0,1
50								0,3
55								0,38
60								0,28

* Relâchement continu de 50 kg pendant 10 minutes, Modélisation en milieu rural (*open country*), Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, taux d'humidité de 50 %, Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres.

À titre indicatif, nous présentons aux figures 2 à 7 un graphique de la modélisation du comportement du panache, pour différentes distances par rapport au point de relâchement. Ces graphiques ont été obtenus à l'aide du logiciel ALOHA. L'ensemble de ces sept figures représente de façon séquentielle le déplacement d'un nuage de chlore dans le temps et l'espace suite à un relâchement d'une durée de 10 minutes avec un débit de 5 kg/min.

Nous attirons votre attention sur trois éléments présents à la figure 1 : i) le trait plein qui représente la concentration dans l'air extérieur au niveau du sol, ii) le trait pointillé qui représente la concentration à l'intérieur de résidence, iii) le trait vert qui représente la valeur de référence toxicologique (ERPG2). L'interprétation de ces figures s'avère une démarche extrêmement importante lors de la préparation du plan d'urgence, car elle permet de déterminer les actions qui pourront être entreprises (évacuation ou confinement) sans mettre en danger la santé et la sécurité de la population. Pour une description plus détaillée de l'interprétation de ces figures et de leur application dans l'élaboration d'un plan de mesures d'urgence, nous vous référons à la section 3.6 des *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations de conséquences sur la santé des accidents industriels majeurs et leurs communications au public* (Lefebvre L., 2001).

Figure 1 : Représentation graphique du comportement du panache d'une substance toxique dans l'air extérieur et dans l'air intérieur des résidences

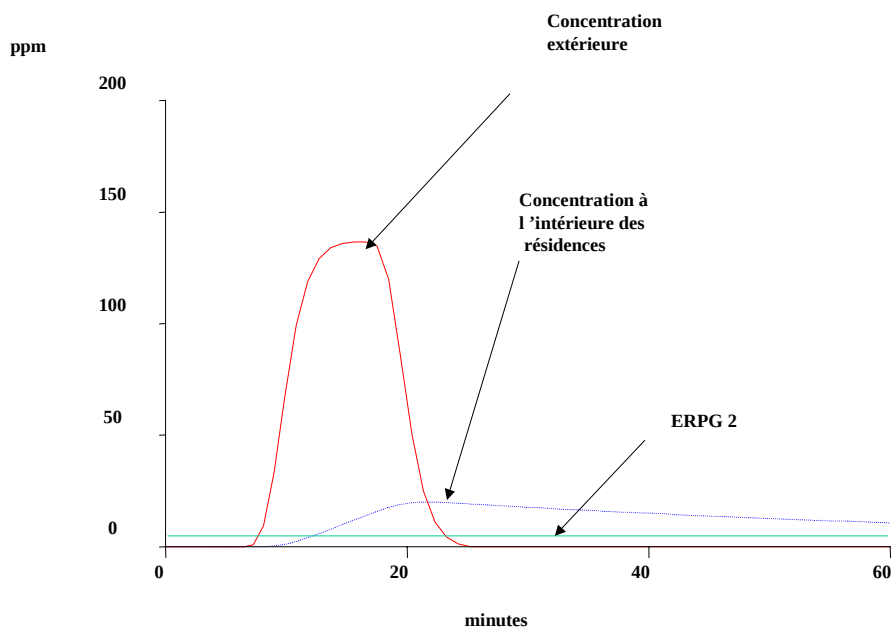


Figure 2 : Comportement du panache à une distance de 50 mètres

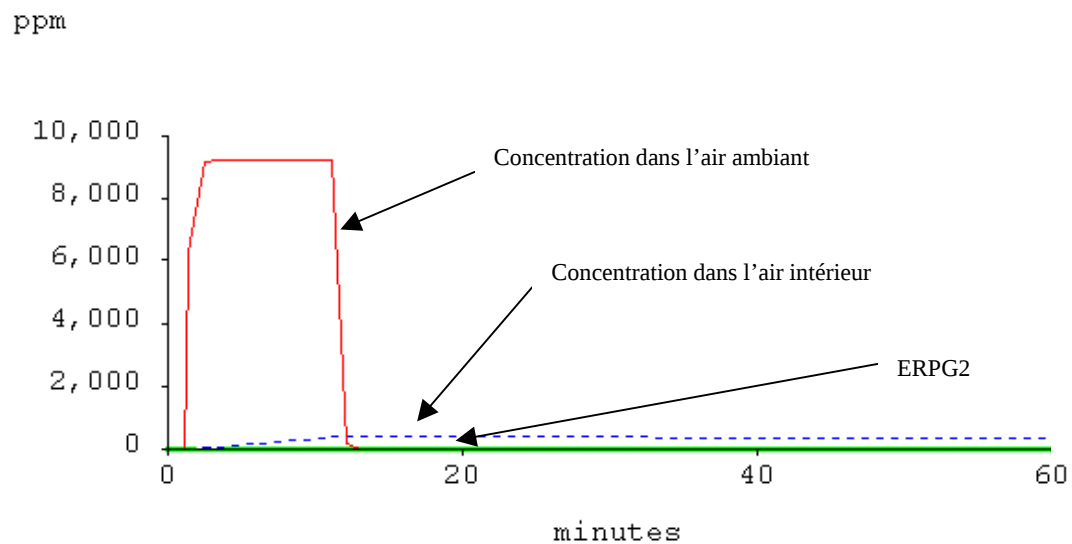


Figure 3 : Comportement du panache à une distance de 100 mètres

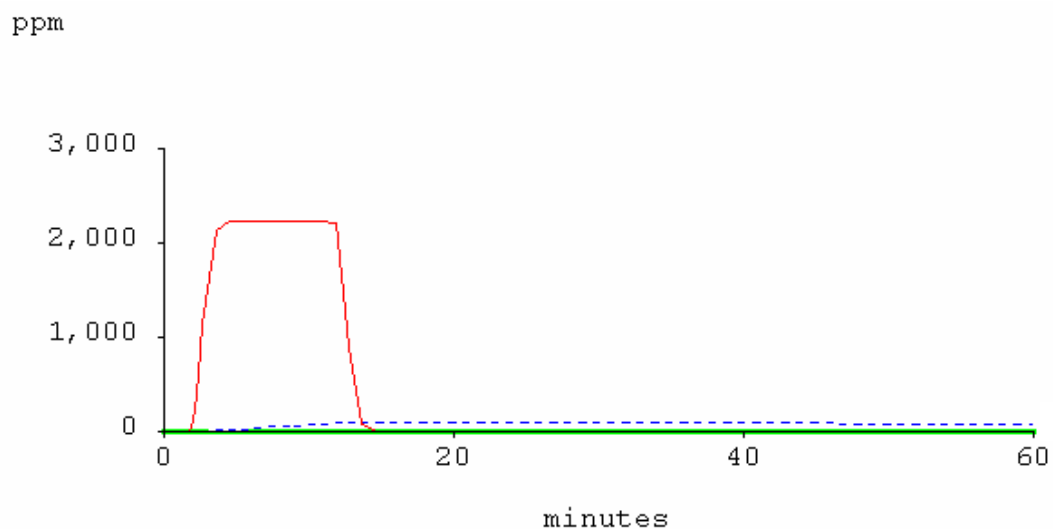


Figure 4 : Comportement du panache à une distance de 200 mètres

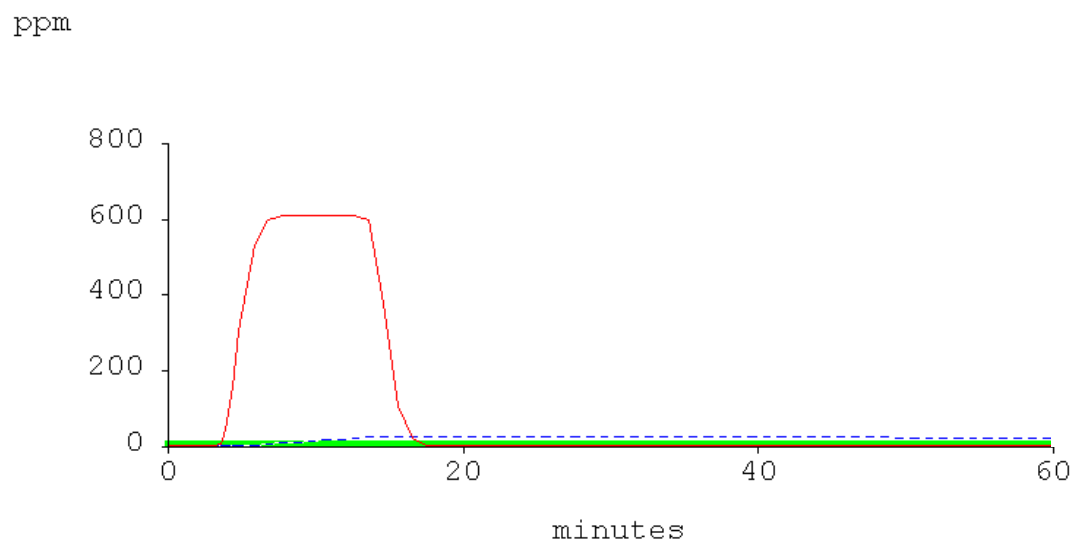


Figure 5 : Comportement du panache à une distance de 500 mètres

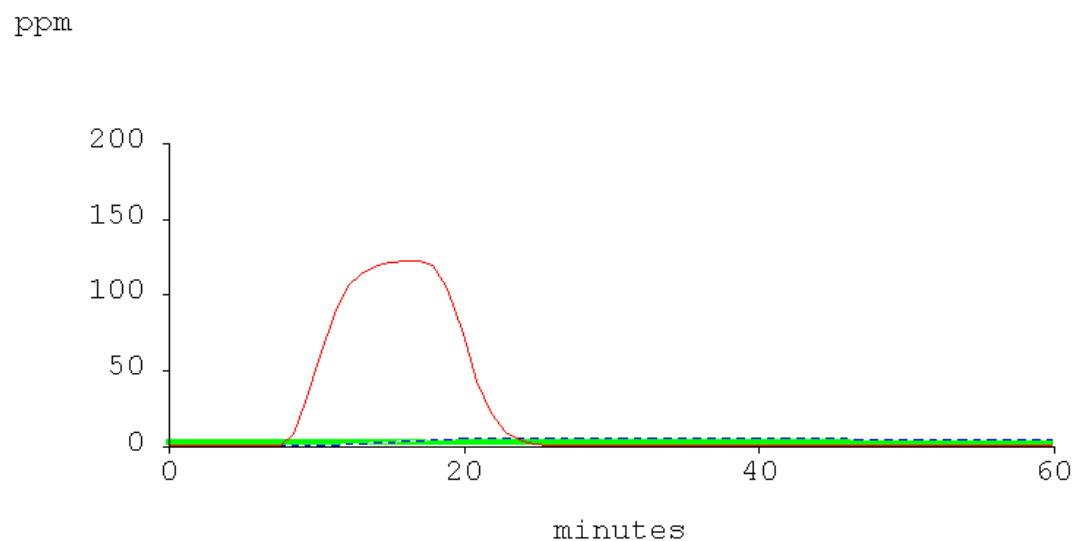


Figure 6 : Comportement du panache à une distance de 1 000 mètres

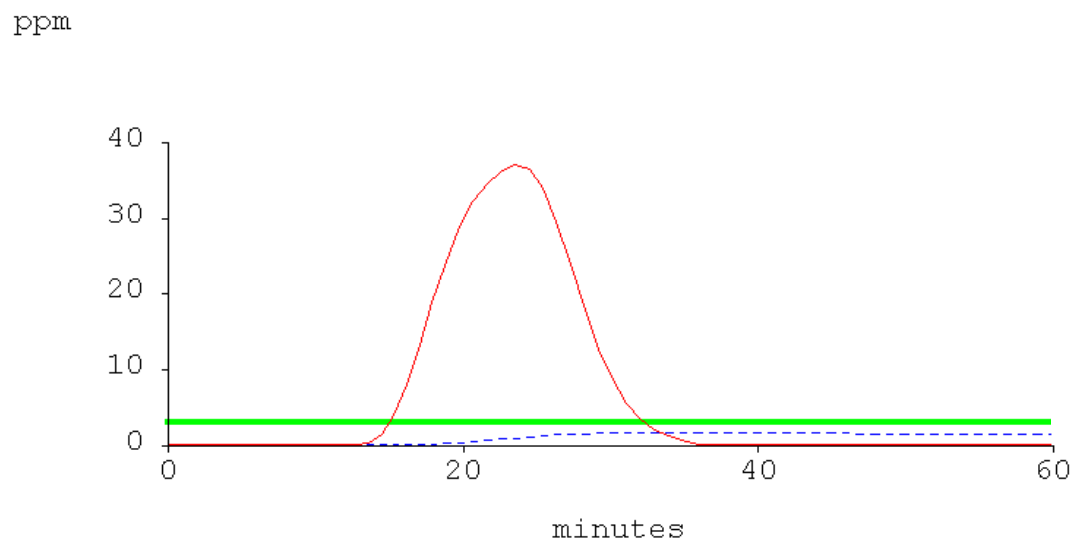


Figure 7 : Comportement du panache à une distance de 1 500 mètres

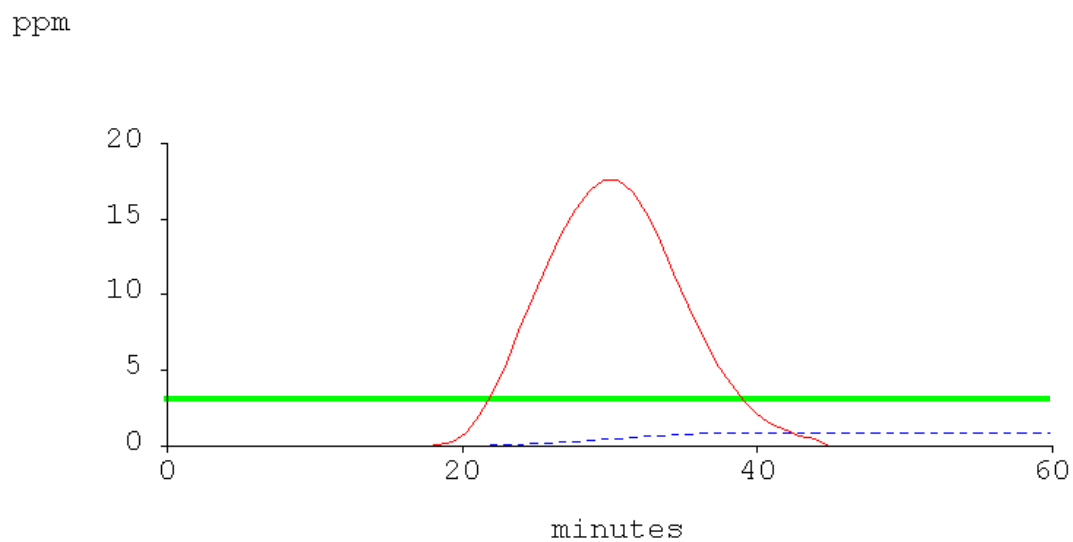
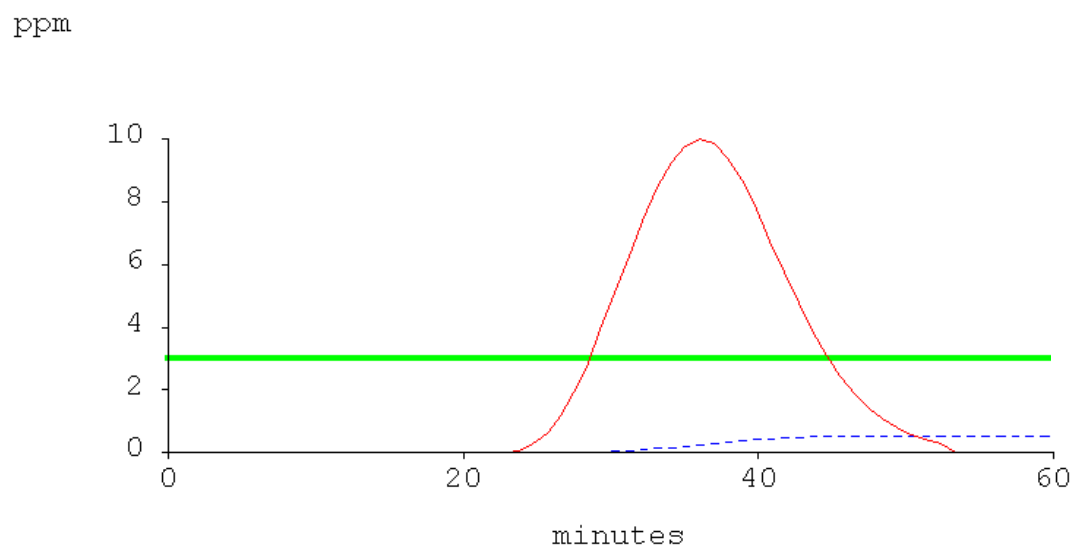


Figure 8 : Comportement du panache à une distance de 2 000 mètres



RÉFÉRENCES

- INSPQ, (2003), Validation des critères B et C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du Ministère de l'Environnement du Québec - Protection de la santé humaine, Groupe scientifique d'évaluation du risque toxicologique, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec.
- Lefebvre, L. (Février, 2001), *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations de conséquences sur la santé des accidents industriels majeurs et leurs communications au public*, MSSS, Document de travail.
- US EPA. 1993. *Guidance on the Application of Refined Dispersion Models to Hazardous/Toxic Air Pollutant Releases*, <http://www.epa.gov/ttn/scram/> (section TOXG Guidance on Hazardous/Toxic Air Releases).

SECTION A - 7

DÉCONTAMINATION DES VICTIMES EXPOSÉES À DES SUBSTANCES CHIMIQUES

DÉCONTAMINATION DES VICTIMES EXPOSÉES À DES SUBSTANCES CHIMIQUES

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

Institut national de santé publique du Québec

Mars 2001

AUTEUR

Lucie-Andrée Roy, M.D., M.Sc.
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal-Centre

COLLABORATEURS

Sylvie Beaudoin
Urgence-Santé

Jean-Nicolas Landry
Urgence-Santé

Robert Séguin
Service de prévention des incendies de Montréal

Pierre Laflamme
Service de prévention des incendies de Montréal

Michel Viau
Service de prévention des incendies de Montréal

Denis Caouette
Service de police de la Communauté urbaine de Montréal

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier pour la lecture du document et pour leurs commentaires :

Albert J. Nantel, M.D.
Institut national de santé publique du Québec

Marc-André Beaulieu, M.D.
Santé-Canada

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

CONCEPTION GRAPHIQUE

Bellemare Communication Visuelle

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

COTE :

DÉPÔT LÉGAL -

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA

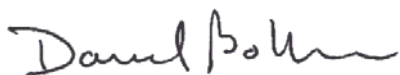
ISBN

AVANT-PROPOS

Au regard de la protection de la santé, le mandat du directeur de santé publique est d'informer la population, les intervenants et les décideurs sur les risques à la santé et les mesures à prendre pour se protéger. En cas d'accident impliquant le déversement de matières dangereuses dans l'air, l'eau ou le sol, une des premières mesures de protection à considérer est la décontamination des victimes.

Dans leurs travaux de préparation aux intoxications de masse par agents chimiques, des intervenants de la région de Montréal ont exprimé le besoin d'un document de références pour la coordination de la décontamination. Ce document servira comme outil de formation pour les différents intervenants. Reconnaisant un besoin similaire dans d'autres régions de la province, l'Institut national de santé publique s'est allié à ces travaux.

La décontamination est un travail multidisciplinaire où chaque intervenant doit bien comprendre les objectifs et les pratiques des uns et des autres pour mener à bien une intervention efficace. Le document qui suit fait le point sur les principes de la décontamination, ses indications et différents modes d'opération.



Daniel G. Bolduc
Responsable du secteur santé et environnement
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	7
PRINCIPES.....	7
LES PREMIERS ARRIVÉS	7
QUAND PROCÉDER À LA DÉCONTAMINATION	8
ORGANISATION DES LIEUX	10
DÉPLACEMENT DES VICTIMES	14
DÉCONTAMINATION	14
Décontamination primaire	14
Décontamination secondaire	14
Décontamination tertiaire	15
LOGISTIQUE.....	15
CONTAMINANTS NON IDENTIFIÉS.....	17
CONTAMINANTS SPÉCIFIQUES	17
RÉCUPÉRATION DES EAUX DE DÉCONTAMINATION	17
RÔLES ET RESPONSABILITÉS	17
CONCLUSION	17
BIBLIOGRAPHIE	18

INTRODUCTION

Le document qui suit a pour sujet principal la décontamination des victimes et des intervenants lors de déversement de matières dangereuses chimiques. Tout au long du texte, le terme déversement désigne la perte de confinement d'une matière dangereuse; il peut s'agir du déversement d'une matière liquide ou solide hors de son contenant ou de la dispersion dans l'air d'un gaz ou d'un aérosol.

Ne sont pas traités dans ce document : le traitement des victimes, la décontamination du matériel et des lieux, le ramassage, le nettoyage du site, la disposition des déchets ainsi que la désinfection pour les agents biologiques et la décontamination des personnes exposées aux matières radioactives.

PRINCIPES

Toutes les manœuvres de sauvetage et de décontamination doivent être faites par des intervenants détenant la formation requise, munis des appareils de protection individuelle adéquats, en respectant les zones d'intervention.

La première intervention à effectuer est de retirer la victime de l'exposition au contaminant. Si le contaminant est gazeux, il faudra retirer la victime de l'endroit à risque. Il s'agit d'une opération de sauvetage. Il est à noter qu'un contaminant gazeux très hydrosoluble se lie aux fluides humains tels les larmes et la sueur pour former une substance liquide qui peut être toxique. Si le contaminant est sous forme liquide ou solide, il faudra évacuer la victime de la zone contaminée, puis la laver à grande eau pour faire cesser son exposition.

Les manœuvres de décontamination visent à stopper l'absorption du contaminant par la victime, à éviter la contamination secondaire des intervenants par les victimes et à éviter la propagation de la contamination.

LES PREMIERS ARRIVÉS

Les premiers arrivés doivent d'abord évaluer la situation. S'il y a apparence de déversement de matière dangereuse, les premiers arrivés doivent éviter d'entrer en contact avec le contaminant, empêcher d'autres personnes de se mettre en contact avec le contaminant et, s'il n'est pas déjà sur les lieux, appeler le Service de prévention des incendies (SPI). Les secouristes doivent penser à leur sécurité d'abord et attendre les équipements de protection appropriés avant de porter secours aux victimes.

Les indices suivants laissent suspecter la présence de matières dangereuses :

- Les personnes qui font l'appel à l'aide mentionnent la présence de matières dangereuses ;
- L'affectation des lieux, le type d'industrie ou de commerce peuvent d'emblée nous laisser supposer la présence de différents produits chimiques ;
- Les plaques, étiquettes, pictogrammes, marques et inscriptions sur les citernes ou tuyaux ou autres endroits peuvent indiquer avec plus ou moins de précision la nature et l'identification des matières dangereuses ;

- La présence de contenants, citernes ou tuyaux caractéristiques des matières dangereuses ;
- Plusieurs personnes présentant des symptômes et des signes d'atteinte à la santé en même temps et au même endroit ;
- Présence sur le site d'animaux malades ou morts, d'insectes morts, de végétation morte ;
- Des signes d'activités chimiques : un bouillonnement, des marques de corrosion, des vapeurs de gaz, une odeur caractéristique, etc. ;
- Des menaces proférées font mention d'armes chimiques.

QUAND PROCÉDER À LA DÉCONTAMINATION

Il faut se rappeler que la toxicité de toute substance est dépendante des concentrations en présence et de la durée de l'exposition. Quelques substances sont toxiques à des niveaux très faibles, mais dans la plupart des cas, les personnes qui sont sorties du milieu contaminé ne sont pas contaminées elles-mêmes à des niveaux suffisants pour intoxiquer quelqu'un d'autre au simple contact. La première étape consiste à estimer la toxicité du produit, tout en appliquant le principe du pire scénario et en prenant les mesures les plus sécuritaires possible. Donc, le produit est considéré hautement toxique jusqu'à preuve du contraire mais on doit aller chercher le plus rapidement possible des informations pour permettre d'évaluer la toxicité du produit, et, conséquemment, les mesures de décontamination à mettre en place.

Encore une fois, certains indices peuvent nous mettre sur la piste de la toxicité des produits.

Substances	Symptômes et signes présentés par les personnes sur le site à risque	Site reconnu	Menaces proférées
hautement toxiques	arrêts respiratoires, pertes de conscience, convulsions, vomissements, toux et crachats importants, brûlures visibles sur la peau, troubles de vision	pour la présence de matières dangereuses hautement toxiques	mention de substances hautement toxiques
modérément toxiques	étourdissement, nausée, maux de tête, toux légère	pour la présence de matières dangereuses modérément toxiques	
peu toxiques	aucun		

Si les premiers arrivés croient à la présence de substances hautement toxiques, un premier rinçage des victimes peut être fait, dans la mesure du possible, en respectant le principe de ne pas s'exposer inutilement, créant ainsi des victimes supplémentaires. Contrairement à la décontamination, le premier rinçage n'est pas organisé. Il s'agit de déshabiller les victimes et de les arroser à grande eau le plus rapidement possible. Ceci peut être fait par n'importe quel intervenant, en attendant l'arrivée de l'équipe de décontamination du SPI.

Les victimes rincées seront rassemblées dans un refuge temporaire dans l'attente de la décontamination organisée. Le refuge temporaire doit être retiré du lieu de déversement et constituer un écran pour se protéger. Par contre, il ne doit pas être trop loin afin d'éviter la propagation des contaminants.

Si des indices laissent supposer des substances peu ou modérément toxiques, il vaut mieux attendre des informations supplémentaires avant de procéder à la décontamination.

L'identification du produit permet d'effectuer les recherches sur sa toxicité. Pour l'identifier :

- Placards, étiquettes, personne ressource sur les lieux qui connaît le produit ;
- Dans le cas de matières transportées : les manifestes de transport, informations de l'expéditeur, informations du récepteur ;
- Déclaration par la/les personnes qui a/ont causé le déversement.

Pour évaluer le risque à la santé actuel :

- Estimation des quantités en présence et de leur concentration ;
- Fiches signalétiques du produit, livres de référence ;
- Appel à Canutec (613-996-6666) ;
- Appel au Centre Antipoison du Québec (CAPQ) (1-800-463-5060) ;
- Appel aux équipes HazMat connues : SPI de Montréal, équipes industrielles ;
- Appel à la direction régionale de la santé publique (DSP) ;
- Échantillonnage et mesures environnementales par les équipes HazMat ou le ministère de l'Environnement du Québec ou Environnement Canada ;
- Parfois, mesures biologiques chez les premiers traités en milieu hospitalier (exemple : monoxyde de carbone).

Les procédures de décontamination doivent être mises en œuvre avec d'autant plus de rapidité et de vigueur que la toxicité du produit déversé sera jugée élevée. Dans le doute, on doit agir selon le pire scénario. Au fur et à mesure que les informations se précisent, la connaissance des propriétés du produit permettra d'ajuster les méthodes de décontamination. Par exemple, une victime exposée à une substance toxique peu hydrosoluble, sous forme de gaz, n'en transporte pas sur elle une fois sortie du site contaminé (ex : CO) et ne nécessite pas de décontamination. À l'opposé, les vapeurs «trappées» dans les vêtements d'une victime exposée au Sarin peuvent intoxiquer toute personne qui s'en approche sans protection personnelle. Dans les cas usuels rencontrés en milieu industriel, la décontamination vise d'abord à empêcher la progression des dommages causés par le contaminant sur la victime, mais, hors de la zone contaminée, la victime ne constitue pas un risque majeur pour les personnes qui s'en approche. Les secouristes doivent tout de même éviter toute exposition inutile et porter la protection personnelle appropriée.

ORGANISATION DES LIEUX

Pour procéder à la décontamination des victimes, il faut d'abord établir les zones d'intervention. Le plus tôt possible, l'officier commandant devra prendre le contrôle des lieux et répartir les intervenants et les victimes selon les niveaux de contamination et leurs niveaux de protection personnelle. L'ensemble du site doit être situé en amont du vent.

Zones d'intervention¹ :

Zone chaude : Zone immédiate d'un accident mettant en cause des marchandises dangereuses, qui s'étend assez loin pour protéger le personnel qui se trouve à l'extérieur de ses limites contre les effets nocifs des marchandises déversées. On l'appelle aussi «zone d'exclusion», «zone rouge» ou «zone restreinte» dans d'autres documents. (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)

Zone tiède : Zone de décontamination du personnel et du matériel où a lieu le soutien de la zone chaude. Elle comprend le point de contrôle du corridor d'accès, et aide ainsi à freiner la contamination. Elle est aussi appelée «zone de décontamination», «zone de réduction de la contamination», «zone jaune» ou «zone à accès limité». (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)

Zone froide : Zone dans laquelle se trouvent le poste de commande et les autres installations de soutien jugés nécessaires pour maîtriser la situation. Elle est aussi appelée «zone propre», «zone verte» ou «zone de soutien» dans d'autres documents. (Normes d'opération sécuritaires de l'EPA, OSHA 29 CFR 1910.120, NFPA472.)

Équipements de protection²:

Niveau A : Un APRA (appareil de protection respiratoire autonome) et combinaison entièrement étanche aux agents chimiques (résistant à la perméation).

Niveau B : Un APRA et une tenue de protection contre les projections liquides (résistant aux éclaboussures).

Niveau C : Un masque complet ou demi-masque respiratoire et un vêtement résistant aux produits chimiques (résistant aux éclaboussures).

Niveau D : Vêtement couvre-tout sans protection respiratoire.

¹ US Department of Transportation, Transports Canada, Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Guide des mesures d'urgence 2000. 2000

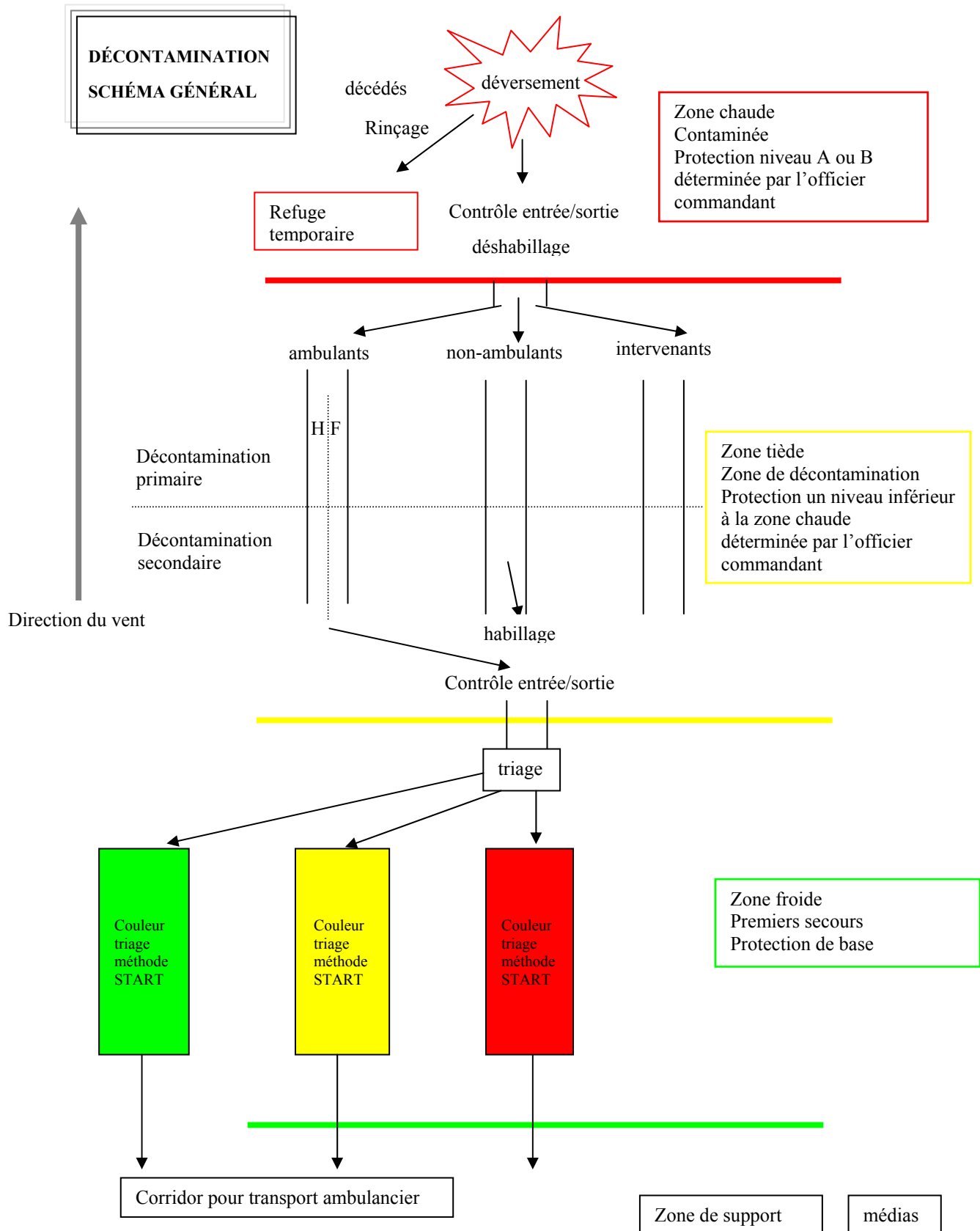
² US Department of Transportation, Transports Canada, Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Guide des mesures d'urgence 2000. 2000

La zone chaude est contaminée. Seuls les intervenants munis des vêtements de protection adéquats sont autorisés à y intervenir. L'équipement requis sera de niveau A ou B, selon les propriétés du contaminant. Toutes les personnes et le matériel présents dans la zone chaude sont considérés contaminés.

La zone tiède est l'endroit où on décontamine les victimes. Les intervenants dans cette zone doivent porter une protection personnelle déterminée selon les propriétés du contaminant, mais au minimum de niveau C. La zone doit être gérée pour que les mouvements se fassent toujours du plus contaminé au moins contaminé. Il faut prévoir au moins trois corridors de décontamination : un pour les intervenants, et deux pour les citoyens qui sont séparés en deux groupes : les ambulants et les non-ambulants. Les ambulants peuvent marcher sans aide et comprendre les instructions. Les non-ambulants sont les victimes inconscientes ou incapables de se mobiliser sans aide. Si possible, les hommes devraient être séparés des femmes.

La zone froide est non contaminée. Les personnes y œuvrant n'ont pas besoin de protection personnelle.

Les zones doivent être délimitées clairement à l'aide de rubans rouges pour la zone chaude et jaunes pour la zone tiède. La zone froide est délimitée par les services policiers. Les corridors d'entrée et de sortie des zones doivent aussi être clairement identifiés et contrôlés avec précaution.



The diagram illustrates a decontamination corridor for an urban example. It shows a grid of buildings with various labels and arrows indicating movement and decontamination zones.

- Top Left:** A box labeled "DÉCONTAMINATION EXEMPLE URBAIN".
- Top Row:** Four boxes, each labeled "E ou C" with arrows pointing left, right, or down.
- Second Row:** Four boxes, each labeled "E ou C" with arrows pointing left, right, or down. A red starburst labeled "déversement" is in the center, with "Rinçage" below it.
- Third Row:** Four boxes. The second box from the left is labeled "Refuge temporaire" (dotted box) and "E ou C" with a down arrow. The third box is labeled "Équipement contaminé" (dotted box) and "E ou C" with a right arrow. A red line runs between the second and third boxes, labeled "Décontamination primaire" below it.
- Fourth Row:** A horizontal dashed line labeled "secondaire".
- Fifth Row:** Four boxes. The second box is labeled "E ou C" with a left arrow. The third box is labeled "Zone Équipement", "triage" (vertical text), and "Récupération sanitaire". The fourth box is labeled "E ou C" with a right arrow. A yellow line runs between the second and third boxes.
- Bottom Row:** Four empty boxes. A green arrow labeled "Corridor de transport" points right across the row. Below the corridor, a box labeled "Zone support" is in the center, with "Médias" below it.

13

DÉPLACEMENT DES VICTIMES

En attendant que les lignes de décontamination soient installées, les victimes doivent être rassemblées en un endroit à la limite de la zone chaude (refuge temporaire). Les personnes qui ne respirent pas spontanément seront laissées sur place dans un premier temps. Dès que possible, le SPI oriente les victimes vers les lignes de décontamination. Pour les personnes inertes ou incapables de marcher, le principe du «premier trouvé, premier évacué» est appliqué. Il n'y a donc pas de triage médical avant la ligne de décontamination.

DÉCONTAMINATION

Décontamination primaire

- Effectuée par le SPI ;
- Déshabiller complètement la victime, en commençant par la tête jusqu'aux pieds; le déshabillage doit s'effectuer à la limite de la zone chaude, de manière à laisser les vêtements et les effets personnels contaminés dans la zone chaude ; si possible, les vêtements et effets personnels doivent être disposés dans des contenants ou sacs de plastique; si possible, ces sacs doivent être identifiés pour les relier à leur propriétaire ;
- Passer la victime à la zone tiède ;
- Laver à l'eau tout le corps ; idéalement, la douche devrait durer de 2 à 3 minutes par individu ;
- Amener la victime vers le site de décontamination secondaire ;
- Si la décontamination primaire est suffisante, habiller la victime avec un survêtement ou une couverture fourni par les pompiers et la diriger vers la zone froide où elle sera prise en charge par le service ambulancier.

Décontamination secondaire

Si une décontamination secondaire est nécessaire, il faut la préparer et la mettre en œuvre aussitôt que possible :

- Effectuée par le SPI ;
- Les victimes doivent être complètement dévêtues ;
- Laver tout le corps avec de l'eau et du savon hypoallergène liquide ;
- Rincer à grande eau ;
- Revêtir les victimes décontaminées avec un survêtement ou une couverture fourni par le service des incendies ;
- Diriger les victimes vers le service ambulancier.

Décontamination tertiaire

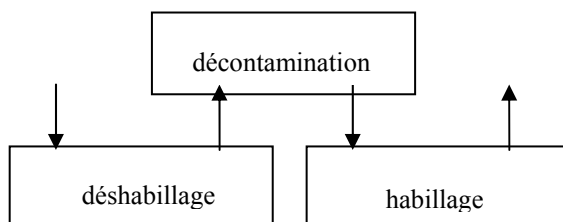
La décontamination tertiaire est effectuée au centre hospitalier. Il s'agit de laver la victime minutieusement avec de l'eau et du savon liquide doux. Il faut porter attention à bien laver les cheveux, les aisselles, les parties génitales, les plis cutanés, les narines et les ongles. Utiliser des brosses souples ou des éponges en préservant les zones de peau lésées.

LOGISTIQUE

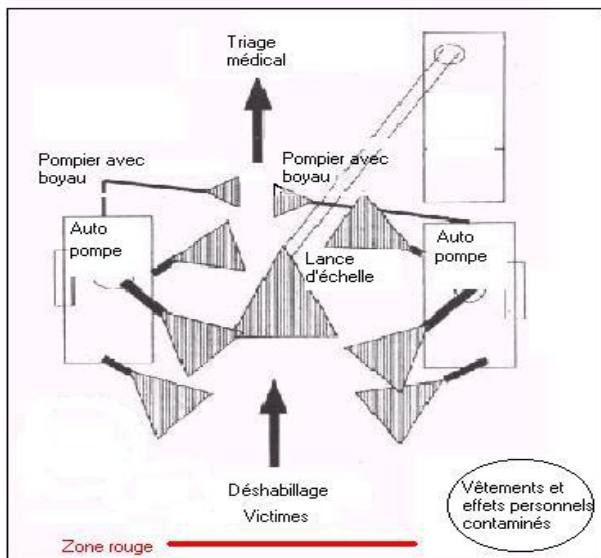
Pour mettre en œuvre la décontamination, il faut :

- La possibilité de délimiter clairement et de contrôler les zones d'intervention ;
- S'installer le plus près possible du site de déversement de manière à limiter la propagation de la contamination ;
- Respecter les zones d'intervention ;
- Un maximum de rapidité d'exécution ;
- L'espace requis ;
- Un apport d'eau suffisant. Idéalement l'eau devrait être tiède (29,4°C/85°F) ; l'eau trop froide apporte un risque d'hypothermie, l'eau trop chaude favorise l'absorption cutanée du contaminant et peut aggraver des lésions à la peau ; des chauffeuses portatives peuvent être branchées au système d'approvisionnement en eau ;
- Un mode de dispersion de l'eau : jets doux (grand volume d'eau à faible pression (60 psi)), douches, passage dans l'eau d'une piscine ;
- De l'eau et du savon liquide doux hypoallergène ;
- La possibilité de contenir les eaux de décontamination ;
- Des sacs hermétiques pour récupérer et identifier les effets personnels des personnes décontaminées ;
- Des vêtements et des couvertures pour habiller et réchauffer les personnes décontaminées ;
- Maintenir tout le processus à une température confortable pour les personnes décontaminées ;
- Maintenir tout le processus à l'abri des regards pour préserver la pudeur des victimes déshabillées.

Dans le respect de ces critères, l'aire de décontamination peut être installée près du site de déversement en utilisant du matériel mobile ou des installations fixes. Comme matériel mobile, le service de prévention des incendies de Montréal a testé avec succès un dispositif utilisant les autobus à plancher bas de la STCUM. Il s'agit de réquisitionner 3 autobus à plancher bas et de les installer comme suit :



Les autobus peuvent être penchés de manière à laisser s'écouler les eaux vers l'extérieur où elles seront récupérées. Une série de 3 autobus peut être utilisée pour les victimes ambulantes et une autre série pour les non-ambulants.



Modèle de corridor de décontamination extérieur

adapté d'après: SBCCOM. Guidelines for Mass Casualty Decontamination during a Terrorist Chemical Agent Incident. Jan 2000

Lorsqu'il y a un grand nombre de victimes à décontaminer, des services d'incendies américains proposent des modèles de corridors de décontamination basés sur la rapidité d'exécution et l'emploi de matériel habituellement disponible dans les services d'incendie³.

Lorsque la température le permet, le modèle ci-contre peut être utilisé. L'objectif est de créer un corridor où l'eau en grande quantité, faible pression, arrive de tous côtés. On peut multiplier le nombre de corridors pour décontaminer plus de victimes ou pour les séparer en ambulants et non ambulants.

Des installations fixes peuvent être réquisitionnées et organisées efficacement comme zone de décontamination, par exemple une piscine publique, les douches d'une école ou un lave-auto. Ce type d'installation peut représenter l'avantage d'offrir un milieu à température ambiante favorable. Les inconvénients résident dans l'éloignement de l'installation par rapport au lieu de déversement. Une zone de décontamination trop éloignée augmente la durée d'exposition des victimes au contaminant et étend la propagation du contaminant. Les installations fixes sont à considérer seulement si elles sont très près du lieu de déversement.

Selon le nombre de victimes à décontaminer et le nombre de ressources affectées à la décontamination, des procédures plus ou moins poussées pourront être effectuées. Les techniques suivantes demandent plus de temps, de personnel et de matériel ; il faut en évaluer la faisabilité :

- En milieu contaminé, protéger les voies respiratoires des victimes avec un appareil respiratoire, un masque à ballon-masque ou un masque à oxygène haute concentration ;
- Irrigation des yeux : faire couler l'eau à partir du nez vers l'extérieur du visage. Enlever les verres de contact ;
- Absorber les liquides visibles sur la peau avec du tissu absorbant avant de laver à grande eau ;
- Faire deux lignes de décontamination, une pour les hommes, une pour les femmes ;
- Aider les patients ambulants à se décontaminer ou leur indiquer ce qu'il faut faire et seulement surveiller s'ils le font.

³ Lake, William A., Paul D. Fedele, Stephen M. Marshall, *Guidelines for Mass Casualty Decontamination During a Terrorist Chemical Agent Incident*. U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command (SBCCOM). January, 2000

CONTAMINANTS NON IDENTIFIÉS

Lorsque le/les contaminants ne sont pas identifiés et que la dangerosité du produit paraît évidente, soit par la présentation des signes et symptômes des personnes exposées, soit par la déclaration de la/des personne/s qui a/ont causé le déversement, on agit selon le pire scénario et on effectue les 3 décontaminations.

CONTAMINANTS SPÉCIFIQUES

Lorsque le/les contaminants sont connus, il faut consulter CANUTEC et la DSP pour savoir quelle décontamination effectuer.

RÉCUPÉRATION DES EAUX DE DÉCONTAMINATION

Dans la mesure du possible, il faut récupérer les eaux de décontamination. Cependant, cette opération ne doit pas retarder les opérations de sauvetage. Par définition, le contaminant contenu dans ces eaux est très dilué. Dans la plupart des cas, cette dilution sera suffisante pour rendre le contaminant inoffensif. Un monitoring des concentrations dans l'eau devra être fait pour s'assurer de son innocuité. Canutec, la DSP et le ministère de l'Environnement du Québec devront être consultés pour la gestion des eaux de décontamination.

RÔLES ET RESPONSABILITÉS

En présence de matières dangereuses, l'établissement des zones d'intervention relève de la responsabilité des services de prévention des incendies (SPI). Les décontaminations primaires et secondaires des victimes et des intervenants sont effectuées et contrôlées par le SPI. La bonne utilisation des vêtements de protection et le respect des mesures de sécurité sont aussi assurés par le SPI.

Les policiers ceinturent la zone froide et en contrôlent les accès. Ils doivent assurer le contrôle de la circulation, des médias et des passants. Il est important de rappeler qu'en cas de décès, la zone chaude devient sous la juridiction du coroner et pourrait devenir une scène de crime. Il faut donc que tous les intervenants soient conscients de cette perspective afin de protéger, dans la mesure du possible, les indices et ne pas compromettre la scène de crime.

Les services ambulanciers accueillent les victimes décontaminées en zone froide, pratiquent les premiers soins, puis les transportent vers les centres hospitaliers.

CONCLUSION

Après avoir retiré la victime de la zone contaminée, la décontamination vise à stopper l'absorption du contaminant par la victime, éviter la contamination secondaire des intervenants par les victimes et éviter la propagation de la contamination. Il s'agit d'une opération qui doit être bien organisée pour être efficace. Toutes les manœuvres de sauvetage et de décontamination doivent être faites par des intervenants détenant la formation requise, munis des appareils de protection individuelle adéquats, en respectant les zones d'intervention.

BIBLIOGRAPHIE

Commission de la santé et de la sécurité au travail, *Secourisme en milieu de travail*. 4^e édition, 1998.

Lachance, André. *L'intervention en présence de matières dangereuses*. Régie régionale de la Santé et des Services sociaux de Québec.

Lake, William A., Paul D. Fedele et Stephen M. Marshall. *Guidelines for mass casualty decontamination during a terrorist chemical agent incident*. U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command (SBCCOM). January 2000.

Macintyre A., G.W. Christopher *et al.* Weapons of mass destruction events with contaminated casualties. Effective planning for health care facilities. *JAMA*, January 12, 2000, vol. 283, no.2 : 242-249.

Service de prévention des incendies de la Ville de Montréal. *Groupes d'indices*, 1997.

US Department of health and human services. *Managing hazardous materials incidents. Emergency medical services : a planning guide for the management of contaminated patients*. Agency for Toxic substances and Disease Registry, Vol. 1, 1999.

US Department of Transportation, Transports Canada, Secretaria de Comunicaciones y Transportes. *Guide des mesures d'urgence 2000*, 2000.

SECTION A - 8

ÉVACUATION ET CONFINEMENT

MESURES DE PROTECTION DE LA POPULATION
ADVENANT UN RELÂCHEMENT D'UNE
SUBSTANCE CHIMIQUE DANS L'AIR AMBIANT

AUTEURS – SECTION A - 8

Julie Brodeur, M. Sc., toxicologue
Direction de santé publique de Montréal

Luc Lefebvre, M. Sc., toxicologue
Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Monique Beausoleil, M. Sc., toxicologue
Direction de santé publique de Montréal

Lucie-Andrée Roy, M.D., M. Sc.
Institut national de santé publique du Québec

Serge Asselin, M. Sc., conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique de Montréal

Suzanne Brisson, M.D., M. Sc.
Direction de santé publique de Montréal

SECTION A - 8

ÉVACUATION ET CONFINEMENT

MESURES DE PROTECTION DE LA POPULATION ADVENANT UN RELÂCHEMENT D'UNE SUBSTANCE CHIMIQUE DANS L'AIR AMBIANT

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	5
LISTE DES TABLEAUX.....	5
1 CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	7
2 INTRODUCTION.....	9
3 FACTEURS INFLUENÇANT LA PRISE DE DÉCISION	11
3.1 LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES AGENTS CHIMIQUES	11
3.2 LA NATURE DU RELÂCHEMENT.....	12
3.3 LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	15
3.4 LE TAUX D'INFILTRATION D'AIR DANS LES BÂTIMENTS.....	17
3.5 LE MILIEU DANS LEQUEL L'AGENT EST LIBÉRÉ	19
3.6 LA DENSITÉ DE LA POPULATION	21
3.7 INFORMATION AU PUBLIC	21
4 ÉVACUATION	23
4.1 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS ASSOCIÉS À UNE ÉVACUATION.....	24
5 CONFINEMENT	27
5.1 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS AU CONFINEMENT	29
5.2 FIN DU CONFINEMENT.....	29
5.3 INFORMATION ET COMMUNICATION AU PUBLIC	31
6 OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION	33
7 CONCLUSION	35
8 RÉFÉRENCES.....	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source	13
Figure 2	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 30 minutes à une distance de 500 mètres de la source	13
Figure 3	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source	14
Figure 4	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min durant 15 minutes à une distance de 1 000 mètres de la source avec un vent de 5 m/sec	16
Figure 5	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min durant 15 minutes à une distance de 1 000 mètres de la source avec un vent de 1,5 m/sec	16
Figure 6	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source en milieu urbain	20
Figure 7	Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source en milieu rural	20
Figure 8	Impact des mesures de fin de confinement sur l'exposition cumulative de la population	30
Figure 9	Diagramme permettant de choisir l'action protectrice la plus appropriée pour la population	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Comparaison de la protection offerte par les bâtiments lors d'un confinement entre les figures 1 et 3	15
Tableau 2	Taux de changement d'air à l'heure selon le type d'habitations.....	17
Tableau 3	Temps nécessaire pour remplacer l'air intérieur avec l'air extérieur en fonction du taux de changement d'air à l'heure	18
Tableau 4	Taux de changement d'air à l'heure dans des bâtiments non résidentiels.....	19

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Lors d'un relâchement d'une substance chimique dans l'air ambiant, les premiers intervenants arrivés sur les lieux de l'événement auront à déterminer si des mesures de protection de la population s'avèrent nécessaires. Dans la majorité des cas, la décision d'évacuer ou de confiner la population est prise par les premiers intervenants. Toutefois, dans certaines circonstances, ces derniers peuvent demander l'avis au personnel de garde en santé environnementale des directions de santé publique afin de valider, d'évaluer ou de réévaluer la situation.

C'est dans un tel contexte que le présent document a été produit. À partir d'une revue de la littérature scientifique, ce document pourra servir de document de référence au personnel de garde en santé environnementale des directions de santé publique et à tous les intervenants pouvant être impliqués dans un contexte de mesures d'urgence lors d'un relâchement d'une substance chimique. Il présente les différents paramètres sur lesquels ils peuvent appuyer leurs décisions, ainsi qu'un outil d'aide à la décision.

2 INTRODUCTION

Lors de situations d'urgence impliquant le relâchement d'un agent chimique dans l'environnement, la protection de la population s'avère la principale préoccupation des intervenants d'urgence. Certaines actions permettent de réduire l'exposition de la population à cet agent et ainsi de prévenir le développement d'effets néfastes sur leur santé. Les deux actions généralement considérées et appliquées pour protéger le public sont l'évacuation et le confinement (National Institute for Chemical Studies, 1988).

L'évacuation consiste à éloigner les personnes menacées de la source de danger et à les relocaliser en un lieu jugé sécuritaire afin d'éviter ou de minimiser l'exposition de la population au contaminant. Elle a longtemps été l'approche préconisée pour protéger une population menacée par certains types de dangers, notamment lors d'un relâchement de substances chimiques dans l'air ambiant. Elle s'est souvent avérée un succès même lorsque la population impliquée était importante (National Institute for Chemical Studies, 2001; National Institute for Chemical Studies, 1988).

Toutefois, depuis environ une quinzaine d'années, la notion de confinement, c'est-à-dire l'utilisation de la protection fournie par un bâtiment pour protéger ou isoler temporairement la population de l'agent chimique relâché, a été reconnue et acceptée comme une option de protection efficace (Blewett *et al.*, 1996; Burgess *et al.*, 2001; National Institute for Chemical Studies, 1988). À l'origine, le confinement était utilisé comme une action de protection pour les accidents nucléaires, mais avec le temps, cette notion s'est élargie aux produits chimiques (Blewett *et al.*, 1996).

3 FACTEURS INFLUENÇANT LA PRISE DE DÉCISION

Très souvent, les premiers intervenants ne disposent que de quelques minutes pour décider quelle action protectrice doit être mise en place pour protéger efficacement la santé de la population exposée ou potentiellement exposée à un contaminant chimique. Cette décision doit s'appuyer sur plusieurs facteurs permettant de déterminer quels seront les bénéfices et les risques résultant de la mise en application d'une évacuation, d'un confinement ou de la combinaison de ces deux actions (National Institute for Chemical Studies, 1988; Sorensen *et al.*, 2002). Ainsi, plusieurs facteurs spécifiques influencent de façon significative le type d'actions protectrices à mettre en place dont voici les plus importants (Blewett *et al.*, 1996; De Lorenzo et Augustine, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; Mannan et Kilpatrick, 2000; National Institute for Chemical Studies, 2001; Sorensen *et al.*, 2002; Wilson, 1987) :

- les propriétés physico-chimiques des agents chimiques (ex. : volatilité, explosibilité, inflammabilité, etc.);
- la nature du relâchement (ex. : la source, les concentrations attendues, la durée du relâchement);
- les conditions météorologiques (ex. : la vitesse et la direction du vent, la température, la stabilité atmosphérique, etc.);
- le taux d'infiltration d'air dans les bâtiments (taux de changement d'air à l'heure);
- le milieu dans lequel l'agent est relâché (ex. : zone urbaine ou rurale, présence d'édifices en hauteur, vallée, etc.);
- la densité de la population;
- l'information au public sur les mesures d'évacuation et de confinement.

Lors d'une intervention, l'ensemble de ces facteurs devra être considéré dans la prise de décision (Mannan et Kilpatrick, 2000). Nous traiterons, dans les prochaines sections, de l'impact de chacun de ces facteurs sur la décision à prendre pour protéger la population.

3.1 LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES AGENTS CHIMIQUES

Les propriétés physico-chimiques des agents chimiques influencent le type d'action à mettre en place afin de protéger la population. Par exemple, l'état physique (gaz, vapeur, aérosol ou liquide), la densité¹ et la pression de vapeur² de l'agent chimique influencent directement la vitesse avec laquelle l'agent est relâché dans l'atmosphère, la vitesse de déplacement du panache ainsi que les concentrations atmosphériques de l'agent. Ces caractéristiques sont importantes pour déterminer si les personnes auront suffisamment de temps pour évacuer les lieux avant l'arrivée du panache (Sorensen *et al.*, 2002)

¹ Si l'agent est plus dense que l'air, il aura tendance à se maintenir au niveau du sol (ex. : dans le sous-sol d'une habitation) (ATSDR, 1995).

² Les agents chimiques possédant une pression de vapeur élevée (donc une forte volatilité) ont la capacité de pénétrer plus facilement les bâtiments que les agents chimiques possédant une faible volatilité (National Institute for Chemical Studies, 2001).

En présence de produits inflammables, l'évacuation doit être privilégiée, car le risque d'inflammabilité ou d'explosion constituera une plus grande menace pour la sécurité de la population que la toxicité intrinsèque du contaminant chimique. Dans ces conditions, le confinement, ne doit pas être considéré comme étant une protection adéquate pour la population (National Institute for Chemical Studies, 2001; Sorensen *et al.*, 2002).

3.2 LA NATURE DU RELÂCHEMENT

La quantité de l'agent chimique relâchée et son taux de relâchement permettent d'estimer les concentrations atmosphériques à l'extérieur des habitations. De plus, sur la base des concentrations atmosphériques estimées et de la durée prévue du relâchement, il est possible d'estimer les concentrations de la substance à l'intérieur des habitations à l'aide de logiciels de modélisation (ex. : ALOHA). Plus la durée de relâchement d'un contaminant est longue, plus les concentrations à l'intérieur des bâtiments atteindront des concentrations élevées, ce qui aura pour conséquence d'augmenter l'exposition de la population lors d'une opération de confinement. Il est donc important de retenir que l'impact positif pour la population confinée s'observera surtout dans le cas d'un relâchement de courte durée (Sorensen *et al.*, 2002).

Les figure 1 et 2 illustrent l'impact de la durée du relâchement sur la protection offerte par les habitations lors d'un confinement. À la figure 1, on remarque que les concentrations du contaminant à l'intérieur des bâtiments ne dépassent pas la valeur de référence toxicologique³ lorsque le relâchement est d'une durée de 10 minutes. Toutefois, lors d'un relâchement d'une plus longue durée (plus de 30 minutes), la valeur de référence est dépassée (figure 2). Ainsi, plus la durée estimée du relâchement sera longue moins la protection offerte par le confinement sera efficace.

³ ERPG-2 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il y ait d'effets sérieux ou irréversibles sur la santé ou sans qu'ils éprouvent des symptômes qui pourraient les empêcher de se protéger (AIHA, 2003 traduit par Lefebvre et Lavigne, 2002).

Figure 1 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source

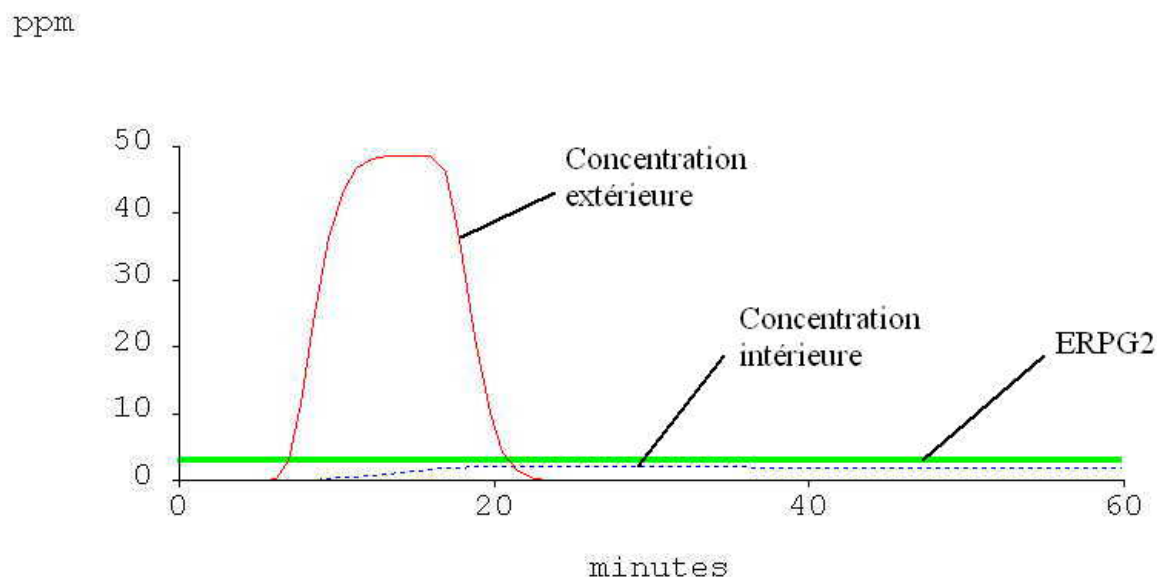
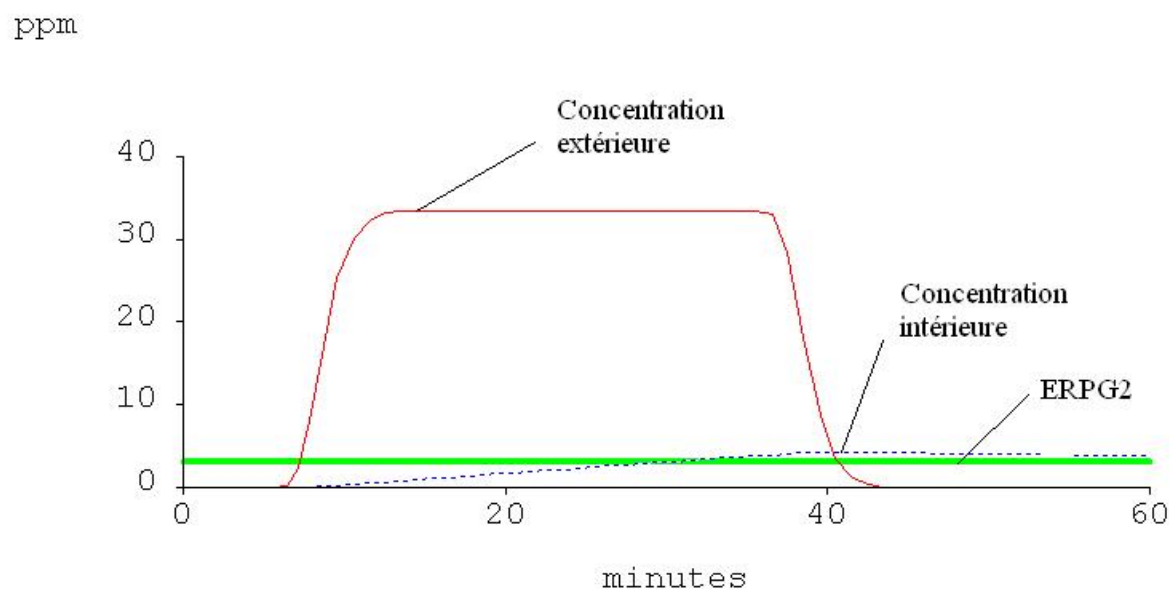


Figure 2 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 30 minutes à une distance de 500 mètres de la source



La figure 3 présente un scénario de relâchement de chlore similaire à celui de la figure 1 à l'exception du débit de fuite qui est 10 fois plus important. Afin de faciliter l'analyse, nous présentons, sous forme de tableau (tableau 1) une comparaison de la protection offerte entre les scénarios de ces deux figures dans lesquelles des valeurs de concentrations intérieures et extérieures ont été utilisées pour effectuer la comparaison. On constate que le rapport de concentrations entre l'intérieur et l'extérieur est le même dans les deux cas malgré que la concentration extérieure dans la figure 3 atteigne un niveau six fois plus important par rapport à celui de la figure 1. Toutefois, à la figure 3, on constate que dans les 20 premières minutes, l'impact de la protection dû au confinement est beaucoup plus important que celui obtenu à la figure 1, compte tenu de l'importance des concentrations auxquelles les personnes auraient été exposées (> 200 ppm) si elles étaient demeurées à l'extérieur pendant le passage du panache. Cependant, il faut mentionner que malgré la protection offerte par le confinement, on observe qu'après 20 minutes, les concentrations à l'intérieur de l'habitation dépassent la valeur de référence toxicologique. Toutefois, le dépassement de cette valeur (ERPG-2) n'est pas associé à l'apparition d'effets immédiats pour les personnes confinées, mais démontre clairement que le confinement doit être vu comme une mesure de protection temporaire. Ainsi, dès que le panache a quitté le secteur (entre 20 et 25 minutes après le début de l'événement) une deuxième alerte doit être donnée afin que la population quitte leurs lieux de confinement.

Figure 3 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source

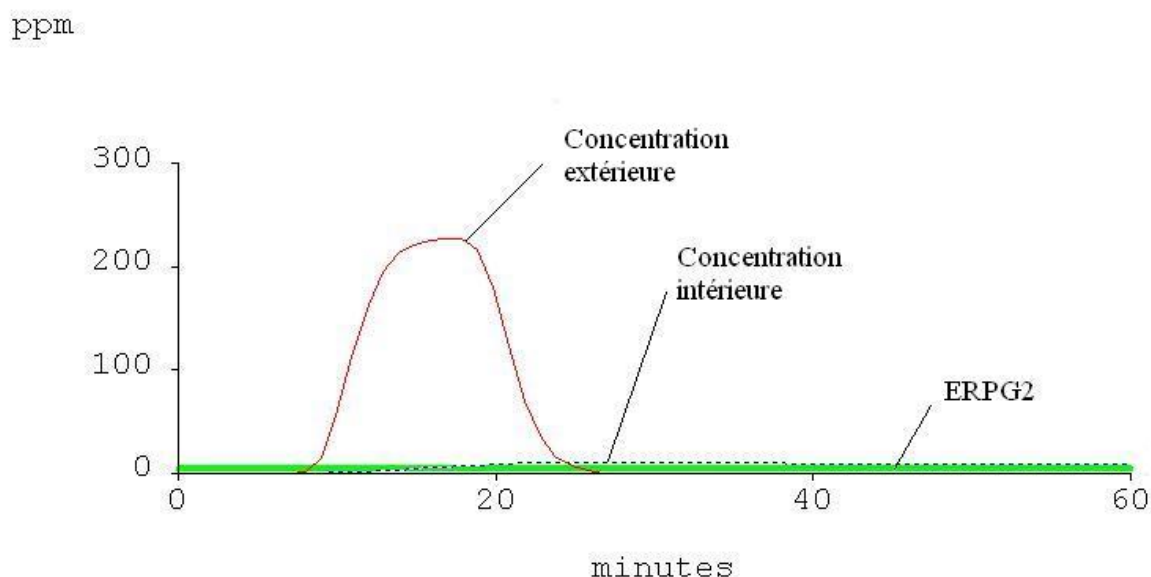


Tableau 1 Comparaison de la protection offerte par les bâtiments lors d'un confinement entre les figures 1 et 3

Concentrations	Figure 1	Figure 3
Intérieur	1,44 ppm	9,78 ppm
Extérieur	33,2 ppm	226 ppm
Protection offerte par les bâtiments	96 %	96 %

ERPG 2 : 3 ppm pour le chlore

3.3 LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La vitesse et la direction du vent détermineront la région affectée et le temps nécessaire pour que le panache atteigne un endroit donné. Les figures 4 et 5 illustrent l'impact de ces variables. Ainsi, on peut constater qu'en présence de vents forts, les concentrations dans le panache seront plus faibles, mais le temps nécessaire pour atteindre un secteur donné sera plus court (Mannan et Kilpatrick, 2000; National Institute for Chemical Studies, 2001; National Institute for Chemical Studies, 1988; Sorensen *et al.*, 2002). La vitesse du vent influence également la protection offerte par un bâtiment contre l'infiltration des contaminants. Ainsi, plus la vitesse du vent est grande, plus l'infiltration sera importante.

La présence d'une inversion de température affectera également le comportement du panache. En effet, en présence d'une inversion de température, le panache de l'agent chimique sera plus près du sol et se dispersera moins rapidement (ATSDR, 1995; Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; Sorensen *et al.*, 2002; Yantosik *et al.*, 2001a).

Figure 4 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min durant 15 minutes à une distance de 1 000 mètres de la source avec un vent de 5 m/sec

ppm

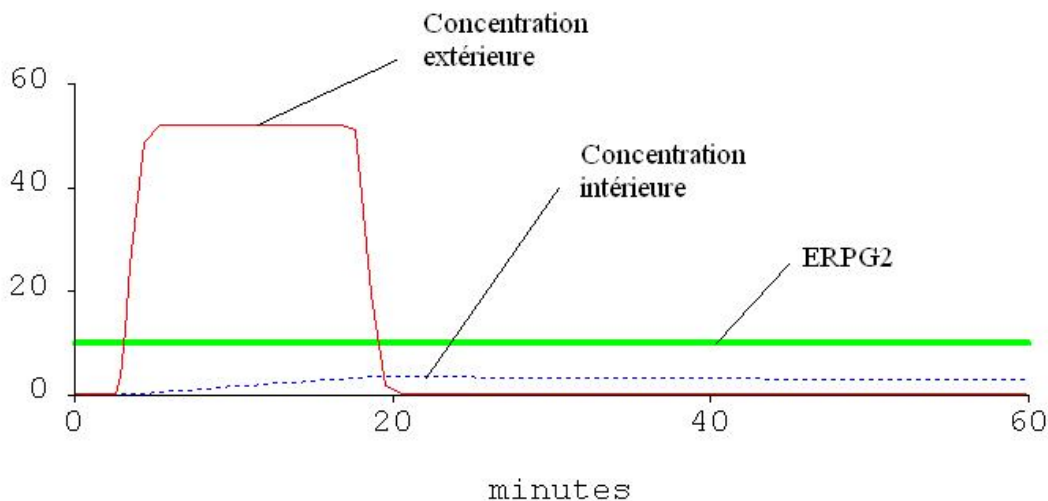
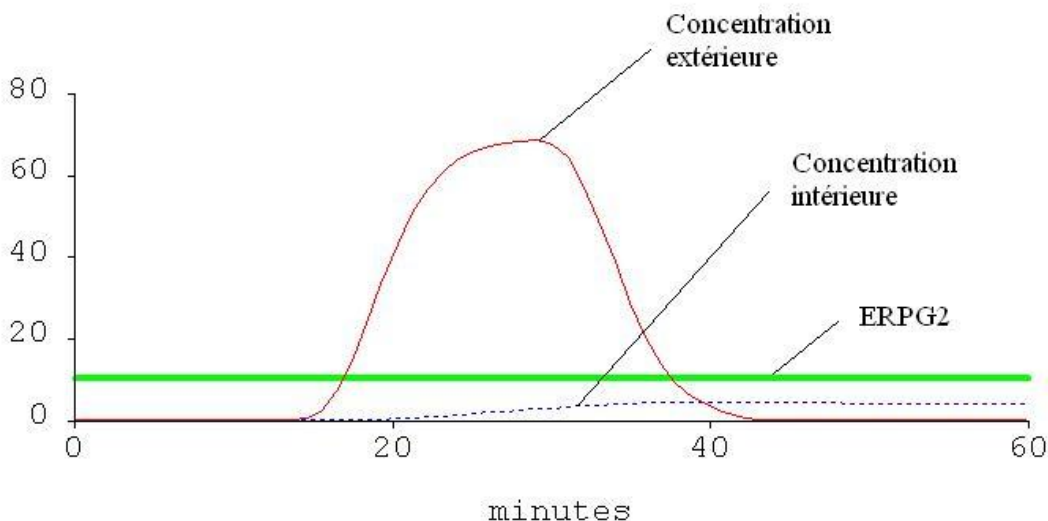


Figure 5 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 100 kg/min durant 15 minutes à une distance de 1 000 mètres de la source avec un vent de 1,5 m/sec

ppm



3.4 LE TAUX D'INFILTRATION D'AIR DANS LES BÂTIMENTS

Le taux d'infiltration d'air dans les bâtiments s'exprime en terme de taux de changement d'air à l'heure (CAH). Il s'agit d'un facteur important dans la détermination de l'efficacité du confinement puisque les caractéristiques inhérentes au bâtiment influencent directement le taux d'infiltration des contaminants (Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 1988; National Institute for Chemical Studies, 2001; Wilson, 1987).

Il est possible d'observer des variations dans les taux de changement d'air à l'heure selon l'époque de construction des habitations, la présence d'interstices dans la structure du bâtiment, la topographie, la végétation entourant un bâtiment et les conditions météorologiques (ex. : vitesse du vent, différences de températures entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments).

Les habitations construites après la crise de l'énergie dans les années 1970 ont généralement un taux d'infiltration significativement inférieur aux constructions précédant ces années. En effet, l'étanchéité des bâtiments a été accrue afin de minimiser les pertes énergétiques (ex. : ajout de barrière coupe-vapeur). En raison de ces particularités, certains auteurs mentionnent qu'il n'est probablement pas souhaitable que des maisons construites avant les années 1950 soient utilisées pour le confinement de la population si les habitations n'ont pas été isolées depuis. Toutefois, au Canada, la présence d'hivers rigoureux fait en sorte que les habitations sont construites de manière à assurer une meilleure étanchéité (National Institute for Chemical Studies, 2001; Wilson, 1987). Les taux de changement d'air à l'heure d'habitations construites sous un climat froid sont donc toujours inférieurs aux maisons construites dans les régions tempérées (Glickman et Ujihara, 1990).

Selon l'époque de construction, le taux de changement d'air à l'heure des habitations canadiennes se situe entre 0,2 et 1 CAH (Wilson, 1987). Néanmoins, même les habitations récemment construites comportent des interstices (ex. : fentes autour des portes et des fenêtres, espaces entre les murs du bâtiment et la fondation, présence de cheminées et de sorties du système de ventilation, etc.) par lesquels l'air peut s'infiltrer (ATSDR, 1995; Blewett *et al.*, 1996; National Institute for Chemical Studies, 2001; National Institute for Chemical Studies, 1988; Sorensen *et al.*, 2002; Wilson, 1987).

Le tableau 2 présente les taux de changement d'air à l'heure établis pour des habitations canadiennes et américaines.

Tableau 2 Taux de changement d'air à l'heure selon le type d'habitations

Caractéristiques des habitations		Taux de changement d'air à l'heure (CAH)	Références
Habitations étanches (conservation d'énergie)		0,1	Sorensen <i>et al.</i> , 2002
Habitations canadiennes		0,2 à 1	Wilson, 1987
Habitations soumises à différentes vitesses de vent	Vent calme	0,5	Sorensen <i>et al.</i> , 2002
	Vent à 6,4 km/h	1	
	Vent à 13 km/h	2	
	Vent à 26 km/h	4	
Habitations construites dans les années 1970		0,4 à 1,7 Moyenne : 0,74	National Institute for Chemical Studies, 1988

Les écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments constituent un facteur souvent négligé dans l'évaluation. Ainsi, plus la différence de températures entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments est grande (taux d'infiltration plus important en hiver), plus l'agent chimique aura tendance à s'infiltrer rapidement dans le bâtiment. Cette différence de température entre l'intérieur et l'extérieur des habitations conduit à une différence de pression (positive ou négative) s'exerçant sur les murs des bâtiments au niveau des fissures, des interstices et des ouvertures générant ainsi un mouvement d'air entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Ce phénomène est appelé l'effet cheminée (ATSDR, 1995; Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 1988; Sorensen *et al.*, 2002; Yantosik *et al.*, 2001a).

De plus, à l'intérieur d'une même habitation, on observe certaines différences quant aux concentrations intérieures en fonction de la disposition des pièces par rapport à l'orientation du vent. En effet, une étude a permis d'observer que les concentrations mesurées dans les pièces d'une habitation exposée au vent étaient d'environ 1/10 des concentrations mesurées à l'extérieur alors que les concentrations mesurées dans les pièces situées à l'opposé au vent étaient d'environ 1/20 des concentrations mesurées à l'extérieur des habitations (Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 1988).

Lorsque l'on mentionne qu'il y a 1 CAH dans un bâtiment, cela signifie qu'une proportion d'air, par rapport au volume total de l'air intérieur d'un bâtiment, est remplacée en une heure par de l'air extérieur. Il est faux de croire que la totalité de l'air présent dans une pièce d'un bâtiment sera changée dans une période d'une heure. Des chercheurs ont estimé le temps de remplacement complet de l'air de plusieurs types d'habitation (Fletcher et Saunders, 1994 cité par Sorensen *et al.*, 2002). Ainsi, ces chercheurs en viennent à la conclusion que dans une habitation ayant un taux de changement d'air à l'heure de 0,5 CAH, il faut environ 6 heures pour échanger 95 % de l'air intérieur, alors que pour une habitation dont le taux de changement d'air à l'heure est de 1 CAH, il faut compter environ 3 heures (tableau 3).

Tableau 3 Temps nécessaire pour remplacer l'air intérieur avec l'air extérieur en fonction du taux de changement d'air à l'heure

% d'air remplacé	Taux de changement d'air à l'heure (CAH)			
	0,25	0,5	1,0	2,0
63 %	4 h	2 h	1 h	0,5 h
95 %	12 h	6 h	3 h	1,5 h

Lors d'un accident technologique le choix d'utiliser des bâtiments non résidentiels (édifices à bureaux, écoles, hôpitaux, centres commerciaux, etc.) comme lieux de confinement pourra se présenter. Cependant, certains de ces bâtiments ont des taux de changement d'air à l'heure généralement beaucoup plus élevés que ceux des maisons résidentielles, tel que présenté au tableau 4, à l'exception des édifices à bureaux. C'est pourquoi, il est préférable de ne pas utiliser ce type d'habitation pour effectuer un confinement. Le même type de constat s'applique aux véhicules routiers, car une étude portant sur l'infiltration d'air dans les véhicules routiers a en effet démontré que le taux de changement d'air à l'heure varie d'environ 0,5 CAH en présence d'un vent léger (1,6 km/h) à environ 9 CAH en présence d'un vent de 16 km/h lorsque le véhicule est stationnaire. Les véhicules en

mouvement offrent encore moins de protection puisque leur taux de changement d'air à l'heure passe de 15 CAH lorsqu'ils circulent à une vitesse de 56 km/h à plus de 40 CAH à une vitesse de 112 km/h (Sorensen *et al.*, 2002).

Tableau 4 Taux de changement d'air à l'heure dans des bâtiments non résidentiels

Bâtiments non résidentiels	Taux de changement d'air à l'heure (CAH)	Références
Hôpitaux	10	National Institute for Chemical Studies, 1988
Centres commerciaux	8-13	
Écoles	6	
Hôtels	5	
Édifices à bureaux	0,2 – 0,7	

3.5 LE MILIEU DANS LEQUEL L'AGENT EST LIBÉRÉ

La dispersion de l'agent chimique dans l'environnement est influencée par le milieu ambiant dans lequel cet agent est relâché. Ainsi, le panache se déplace suivant la topographie du territoire définie par la présence de montagnes, de vallées, d'édifices, etc. (ATSDR, 1995). On considère généralement que plus la rugosité du sol est élevée (présence d'arbres, de maisons, d'industries, etc.), plus la turbulence sera grande et plus rapidement la substance émise sera diluée à l'intérieur du panache. Ainsi, à un endroit donné, on pourra s'attendre à observer des concentrations plus faibles lors de fortes turbulences. De façon générale, les différents modèles de dispersion offrent le choix entre deux classes de rugosité soit : « urbaine » qui tient compte de la présence des bâtiments ou de forêts et « rurale » qui correspond à un sol dénudé (U.S.EPA, 1999). Il est possible d'observer aux figures 6 et 7, l'influence de la rugosité du sol sur la concentration d'une substance dans le panache. Dans cet exemple, en modifiant uniquement la rugosité du sol, on constate que, pour une même distance, la concentration maximale atteinte dans l'air extérieur sera d'environ 30 % plus importante en milieu rural qu'en milieu urbain.

Un autre facteur à prendre en considération est la végétation entourant un bâtiment. Cette végétation peut affecter les taux d'infiltration en influençant directement la vitesse du vent et sa direction sur les surfaces de la structure (National Institute for Chemical Studies, 1988).

Figure 6 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source en milieu urbain

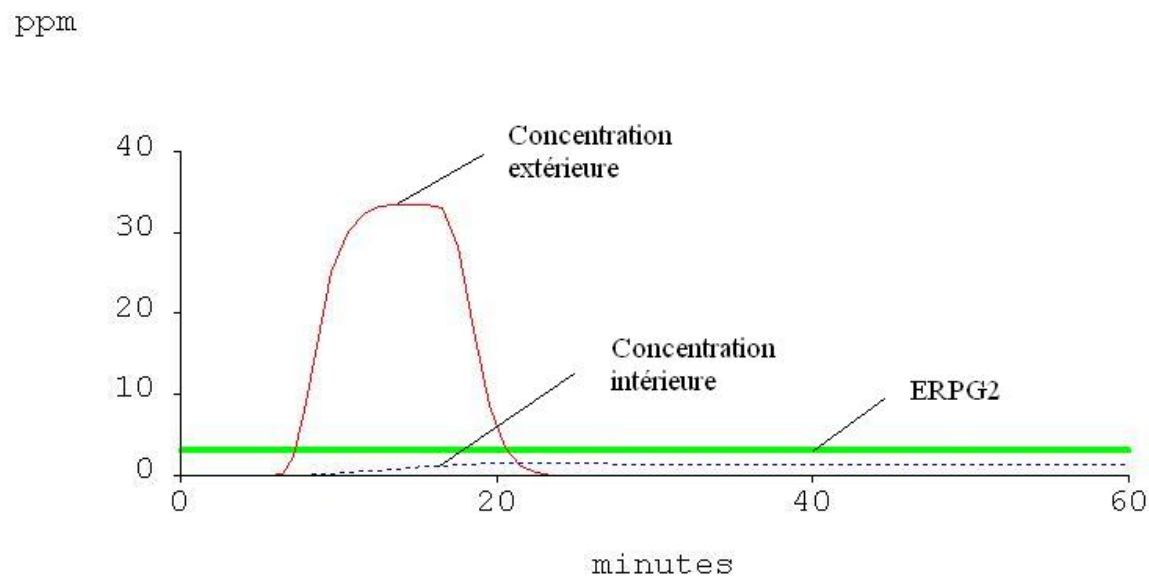
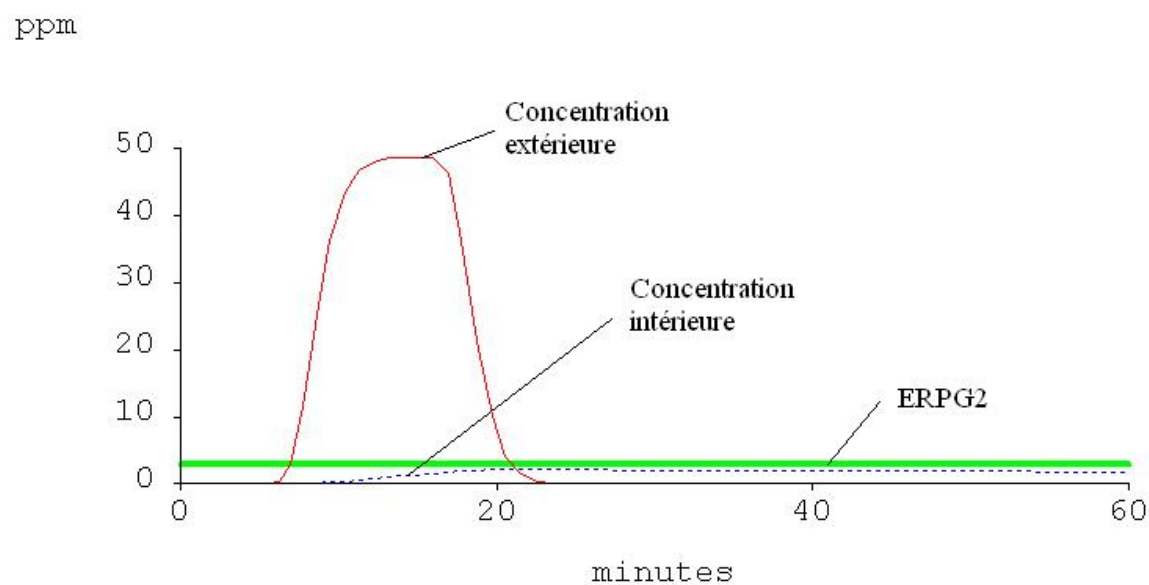


Figure 7 Modélisation d'un relâchement de chlore à un débit de 10 kg/min pendant 10 minutes à une distance de 500 mètres de la source en milieu rural



3.6 LA DENSITÉ DE LA POPULATION

L'évacuation d'une population vivant dans une région à forte densité peut s'avérer difficile à réaliser dans un court délai en raison du temps et des ressources nécessaires pour compléter cette tâche. C'est pourquoi, après l'interprétation des résultats de la modélisation, la densité de la population constitue un des éléments les plus importants devant être pris en compte dans la prise de décision (Mannan et Kilpatrick, 2000; Sorensen *et al.*, 2002).

3.7 INFORMATION AU PUBLIC

Procéder à une évacuation ou à un confinement lorsque le public n'a pas été préalablement informé des consignes à mettre en place pour se protéger d'une exposition potentielle à un contaminant chimique peut mettre la vie des personnes en danger (Mannan et Kilpatrick, 2000). Par exemple, l'efficacité du confinement dépend entièrement de la mise en place rapide de mesures particulières de protection (ex. : fermeture des fenêtres et du système de ventilation⁴). De plus, lorsqu'on analyse les différentes figures présentées précédemment, on constate que le temps nécessaire au panache pour atteindre une population située à une distance de 500 mètres de la source est de moins de 10 minutes. On arrive donc à la conclusion qu'en l'absence de système d'alerte populationnel il est impossible d'alerter la population de la situation en cours. Évidemment, la population ne pourra appliquer des mesures de protection que si elle dispose des connaissances pour le faire. Un public informé permet d'accroître la rapidité d'exécution des procédures d'évacuation ou de confinement augmentant ainsi les chances de succès de l'intervention d'urgence (National Institute for Chemical Studies, 1988).

⁴ Ces mesures seront discutées à la section 5.

4 ÉVACUATION

Le concept fondamental d'une évacuation consiste à retirer une population menacée de la source de danger afin de la déplacer en un lieu jugé sécuritaire pour sa santé.

Rogers *et al.*, 1990 ont défini deux types d'évacuation, soit :

- l'évacuation préventive
- l'évacuation d'urgence (« reactive »).

Dans les deux cas, l'évacuation nécessite le déplacement d'une population menacée en un lieu jugé sécuritaire pour la santé des individus. Toutefois, lors d'une évacuation préventive, les personnes menacées seront évacuées avant le relâchement de l'agent chimique alors que dans le cas d'une évacuation d'urgence les mesures d'évacuation surviendront durant le relâchement de l'agent dans le milieu (Rogers *et al.*, 1990).

L'évacuation d'une population menacée est l'action protectrice à privilégier dans les situations suivantes :

- la substance présente un haut risque d'explosion ou d'inflammabilité (ex. : lors d'une fuite d'un agent inflammable dans les égouts, il peut y avoir un risque de propagation à l'intérieur des habitations) (National Institute for Chemical Studies, 2001; Wilson, 1987);
- la fuite du produit chimique est grande, imprévisible et difficile à contrôler (National Institute for Chemical Studies, 2001);
- on dispose de suffisamment de temps pour compléter l'évacuation avant l'arrivée du panache dans la région menacée (Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 2001);
- la menace existe, mais il n'y a pas encore eu relâchement de l'agent dans le milieu (Glickman et Ujihara, 1990).

Le succès d'une opération d'évacuation suppose que le temps nécessaire au nuage pour atteindre la région menacée sera plus long que le temps requis pour procéder à l'évacuation complète de la population. Dans le but de déterminer si les intervenants disposent de suffisamment de temps pour évacuer la population avant l'arrivée du nuage toxique, ceux-ci se doivent d'estimer le temps d'évacuation. L'estimation du temps d'évacuation doit se faire en considérant plusieurs facteurs dont la densité de la population, l'étendue de la région menacée, la présence de populations vulnérables sur le territoire (ex. : hôpitaux, centre d'hébergement, personnes à mobilité réduite, etc.), le moment de la journée (ex. : il sera plus complexe de procéder à l'évacuation d'une population durant la nuit), les conditions météorologiques, le réseau routier, les moyens de transport disponibles, le temps nécessaire pour avertir la population, l'efficacité des plans de mesures d'urgence, etc. Pour les intervenants, l'estimation du temps d'évacuation s'avère donc une tâche complexe, qui même en présence d'une bonne planification, aura son lot de complications rendant l'estimation difficile (Glickman et Ujihara, 1990). Ainsi, lorsque la décision d'évacuer la population est prise, les deux actions à entreprendre consistent à alerter la population et à lui donner des consignes à suivre et à exécuter les procédures d'évacuation. Une étude réalisée par Sorensen, 1988 a estimé le temps requis pour avertir la population en assumant la disponibilité des ressources et l'existence d'un plan efficace d'information

au public (Sorensen, 1988 cité par Glickman et Ujihara, 1990). Ces estimations indiquent que l'on doit prévoir de 2 heures trente minutes à trois heures pour avertir 90 % de la population de porte-à-porte alors que 20 à 35 minutes sont nécessaires en utilisant un système d'alerte et d'avis (sirènes et message radiodiffusé) (Sorensen, 1988 cité par Glickman et Ujihara, 1990).

4.1 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS ASSOCIÉS À UNE ÉVACUATION

Le principal avantage de l'évacuation est le fait qu'on retire la population de la zone à risque, éliminant ainsi toute exposition au contaminant relâché, et ce, dans la mesure où les procédures d'évacuation sont complétées avant l'arrivée du panache. Bien que l'évacuation puisse être une action très efficace pour protéger une population menacée, il n'en demeure pas moins que sa mise en application peut s'avérer complexe, risquée et coûteuse à exécuter. Par exemple :

- le temps nécessaire pour compléter l'évacuation d'une population peut prendre plusieurs heures, particulièrement dans les régions à forte densité de population;
- l'exécution des procédures d'évacuation peut requérir un nombre considérable de ressources humaines ayant pour effet de surcharger rapidement les services d'urgence locaux (National Institute for Chemical Studies, 2001);
- en cours d'évacuation, les autorités peuvent être confrontées à des personnes qui refuseront de quitter leur habitation ou qui, après avoir été évacuées, insisteront pour retourner dans la région évacuée afin de retrouver des membres de leur famille et/ou leurs animaux domestiques;
- l'évacuation de complexes d'habitation ayant un nombre élevé de personnes (ex. : complexes d'appartements, de condominiums, etc.) de même que l'évacuation d'institutions (centres hospitaliers, résidences pour personnes âgées, malades ou handicapées, etc.) nécessite un temps considérable, un grand nombre de ressources et peut avoir, chez les personnes évacuées, des conséquences importantes associées à l'évacuation (De Lorenzo et Augustine, 1996; National Institute for Chemical Studies, 1988). Par exemple, il peut être plus risqué de procéder à l'évacuation de patients hospitalisés aux soins intensifs, car les procédures d'évacuation pourraient aggraver davantage leur état de santé. Les personnes plus vulnérables et nécessitant de l'assistance seront donc plus affectées par les effets négatifs des suites d'une évacuation (Mannan et Kilpatrick, 2000);
- des moyens de transport spéciaux (ex. : transports ambulanciers, transports adaptés, taxis, autobus, etc.) doivent être envisagés pour l'évacuation des personnes vulnérables (ex. : personnes âgées, handicapées, hospitalisées, etc.). Pour ce faire, la ville devra entreprendre des démarches auprès des personnes responsables de ces différents types de transport (ex. : taxis, transports adaptés, etc.) afin d'en faciliter l'accès lors d'un événement (Centre de sécurité civile de la Communauté urbaine de Montréal, 2001);
- le déroulement de l'évacuation pourra également être perturbé par la présence accrue d'automobilistes sur les réseaux routiers tentant de fuir la région menacée (De Lorenzo et Augustine, 1996; National Institute for Chemical Studies, 1988);
- une attention particulière doit être accordée aux travailleurs des industries présentes sur le territoire menacé. En effet, l'évacuation de certains travailleurs peut être fort complexe en raison des dangers associés à l'interruption rapide de certains procédés industriels (De Lorenzo et Augustine, 1996; National Institute for Chemical Studies, 1988);

- des coûts importants peuvent être associés à la mise en opération des procédures d'évacuation (ex. : coûts reliés à l'ouverture des centres d'hébergement et au nombre élevé d'intervenants d'urgence nécessaires au déroulement des mesures d'évacuation) (De Lorenzo et Augustine, 1996; National Institute for Chemical Studies, 1988).

Finalement, l'évacuation d'une population menacée suppose, lorsque le danger est écarté, un processus de réintégration des personnes évacuées dans leur milieu de vie. Les personnes évacuées sont généralement peu disposées à réintégrer les lieux lorsqu'un agent chimique ou radiologique était en cause. Cette réticence à réintégrer les lieux peut s'expliquer par la présence d'un fort scepticisme au sein de la population quant à la sécurité de leur milieu de vie et à l'absence de risque à la santé. Tandis que lors d'un événement à caractère naturel, tel une tornade ou un ouragan, la réintégration des lieux est moins problématique entre autres parce que les personnes évacuées peuvent constater *de visu* l'ampleur des dommages et l'absence de risque résiduel ou persistant, ce qui n'est pas toujours le cas avec les agents chimiques ou radiologiques. C'est pourquoi, dans un tel contexte, les autorités auront à démontrer à la population que le danger pour la santé et la sécurité est écarté et que les lieux sont redevenus sécuritaires. Une rencontre d'information publique devrait être planifiée dès la fin de l'événement (ATSDR, 1995; Stallings, 1991). À certaines occasions, les autorités devront avoir recours à des spécialistes locaux ou internationaux reconnus par la population (ex. : incendie de BPC à Saint-Basile-le-Grand).

5 CONFINEMENT

Le concept fondamental du confinement consiste à utiliser une barrière physique, en l'occurrence un bâtiment, pour protéger temporairement une population menacée par le relâchement d'un agent chimique (Glickman et Ujihara, 1990; Wilson, 1987; Yantosik *et al.*, 2001b). Le but du confinement est de minimiser l'exposition des personnes en réduisant les concentrations auxquelles les individus auraient été exposés s'ils étaient demeurés à l'extérieur (ATSDR, 1995; Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 2001; National Institute for Chemical Studies, 1988; Wilson, 1987). Contrairement à l'évacuation, les personnes confinées demeurent dans la zone contaminée, mais à l'intérieur de leur domicile afin de profiter de la protection offerte par celui-ci. Le domicile procurera aux occupants un volume d'air sécuritaire pouvant répondre à leurs besoins durant un certain temps. De plus, le domicile offrira un milieu de vie où il est facile d'avoir accès à des moyens de télécommunication (ex. : téléphone, radio, télévision) leur permettant ainsi de suivre les consignes de confinement diffusées via les médias (Glickman et Ujihara, 1990; Wilson, 1987).

Essentiellement, les principales mesures de confinement à mettre en place sont de demeurer à l'intérieur d'un bâtiment, de fermer les portes et les fenêtres, de fermer le système de ventilation, de chauffage et de climatisation, et ce, avant l'arrivée du panache. Comme nous l'avons vu précédemment, toutes ces mesures n'empêcheront pas complètement l'entrée du contaminant à l'intérieur des bâtiments, mais elles ralentiront la pénétration de l'air contaminé (Blewett *et al.*, 1996; National Institute for Chemical Studies, 1988). Dans un contexte canadien, ce type de mesures n'est pas étranger aux résidents puisqu'il fait partie d'activités quotidiennes pour veiller au confort des membres de la maison (ex. : fermeture des fenêtres durant l'été pour conserver la fraîcheur des maisons, ajout de scellants autour des fenêtres pour prévenir les pertes énergétiques durant l'hiver, etc.) (National Institute for Chemical Studies, 1988).

Dans les situations suivantes, le confinement peut être l'action protectrice à privilégier :

- le panache de l'agent chimique menace d'atteindre rapidement la population (les intervenants disposent de peu de temps pour avertir le public et compléter une évacuation) (ATSDR, 1995; Mannan et Kilpatrick, 2000; National Institute for Chemical Studies, 2001; Rogers *et al.*, 1990);
- le relâchement du produit chimique est de courte durée (National Institute for Chemical Studies, 2001);
- l'agent chimique relâché présente une toxicité faible pour la santé des personnes ou il produit des effets réversibles (National Institute for Chemical Studies, 2001; Rogers *et al.*, 1990);
- la décision quant au type d'actions protectrices pour la population tarde à être prise, le confinement devrait être l'action initiale à envisager pendant que l'évaluation de la situation se poursuit (Glickman et Ujihara, 1990);
- l'évacuation créerait des problèmes qui annihileraient ses avantages (National Institute for Chemical Studies, 2001).

Le Oak Ridge National Laboratory a défini quatre niveaux de confinement, soit :

- le confinement normal;
- le confinement adapté;
- le confinement avec protection augmentée;
- le confinement pressurisé.

Le confinement normal fait référence à l'application de mesures de base telles que la fermeture des portes et des fenêtres de même que la fermeture du système de ventilation, de chauffage et de climatisation de l'habitation.

Le confinement adapté consiste en un confinement normal auquel des mesures de protection supplémentaires doivent être apportées pour réduire l'infiltration de l'air contaminé à l'intérieur des habitations (Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 2001). De telles mesures consistent en l'installation d'une pellicule de plastique avec du ruban adhésif de style « duct tape » sur les portes et les fenêtres de même que sur les conduits et les autres ouvertures (ex. : ventilateur pour la salle de bain et la cuisine). Ce confinement devrait idéalement se faire dans une seule pièce de la maison qu'on pourrait qualifier de « pièce sécuritaire ». Cette pièce devrait avoir peu ou pas de fenêtres et être équipée d'une radio ou d'une télévision pour suivre les consignes d'urgence (National Institute for Chemical Studies, 2001). Le confinement normal et le confinement adapté sont les niveaux les plus utilisés en situation de confinement. Le ruban adhésif de style « duct tape » ainsi que les pellicules de plastique en polyéthylène sont généralement les matériaux utilisés pour réduire l'infiltration de l'air à l'intérieur des habitations (National Institute for Chemical Studies, 2001; Sorensen et Vogt, 2001). Comme il est facile de se procurer du « duct tape », il peut donc être utilisé pour fournir une protection temporaire en réduisant la pénétration d'agents chimiques dans une maison.

Le confinement avec protection augmentée est un autre niveau de protection auquel des mesures supplémentaires doivent être apportées au niveau de confinement précédent. Ces mesures consistent à apporter des modifications au niveau de la structure du bâtiment afin de réduire les infiltrations, en appliquant du scellant ou des bandes coupe-froid autour des portes et des fenêtres, des bandes adhésives autour des fenêtres et l'installation de panneaux de protection aux fenêtres (« storms windows »). Ces mesures sont généralement utilisées lors de catastrophes naturelles (ex. : ouragan, tornades) (National Institute for Chemical Studies, 2001).

Finalement, le confinement pressurisé est le niveau offrant la meilleure protection en cas d'un relâchement d'un contaminant chimique. Pour ce faire, une unité spéciale de pressurisation utilisant des filtres à gaz et à particules est utilisée pour prévenir l'infiltration de l'air contaminé à l'intérieur de l'habitation ou de la pièce. Ce type de protection est cependant très coûteuse et n'est généralement pas utilisée comme moyen de protection pour la population en général (National Institute for Chemical Studies, 2001).

5.1 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS AU CONFINEMENT

Le confinement a pour principal avantage de pouvoir être exécuté dans un délai relativement court par rapport au temps nécessaire pour compléter une évacuation (Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990). Le Oak Ridge National Laboratory a mené une étude pour connaître la durée de temps nécessaire à l'exécution d'un confinement adapté. Les temps enregistrés variaient entre 3 et 44 minutes avec une moyenne de 19,8 minutes. Un délai relativement court (moyenne de 3,2 minutes) était nécessaire pour la fermeture des fenêtres alors que le scellement des fenêtres nécessitait plus de temps (moyenne de 16,7 minutes) (Sorensen et Vogt, 2001).

Un avantage intéressant au confinement est que les coûts associés à cette action sont nettement moindres que ceux engagés lors de procédures d'évacuation (National Institute for Chemical Studies, 1988).

Toutefois, le principal inconvénient au confinement est que la protection physique qu'il procure est variable selon la durée d'exposition à l'agent chimique et l'étanchéité des habitations (Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; Yantosik *et al.*, 2001a). Le confinement devrait toujours être considéré comme une action protectrice temporaire (Rogers *et al.*, 1990). Lorsque le relâchement de l'agent est terminé, les concentrations du contaminant à l'intérieur de l'habitation peuvent atteindre des niveaux plus élevés que ceux retrouvés dans l'air extérieur (voir les figures 2 et 3). Ainsi, la durée de confinement acceptable pour la population doit être estimée à partir des facteurs décrits précédemment (ex. : propriétés physico-chimique de la substance, conditions météorologiques, etc.) (ATSDR, 1995; Yantosik *et al.*, 2001a).

L'application inappropriée des procédures de confinement peut donc présenter un risque important pour la santé de la population. Par exemple, l'application de mesures de confinement (ex. : fermeture des portes et des fenêtres) après l'arrivée du nuage toxique dans la région menacée fera en sorte que les concentrations de l'agent chimique dans les habitations pourront être importantes exposant ainsi les personnes à des niveaux dangereux pour leur santé (ATSDR, 1995; Sorensen *et al.*, 2002; Yantosik *et al.*, 2001a).

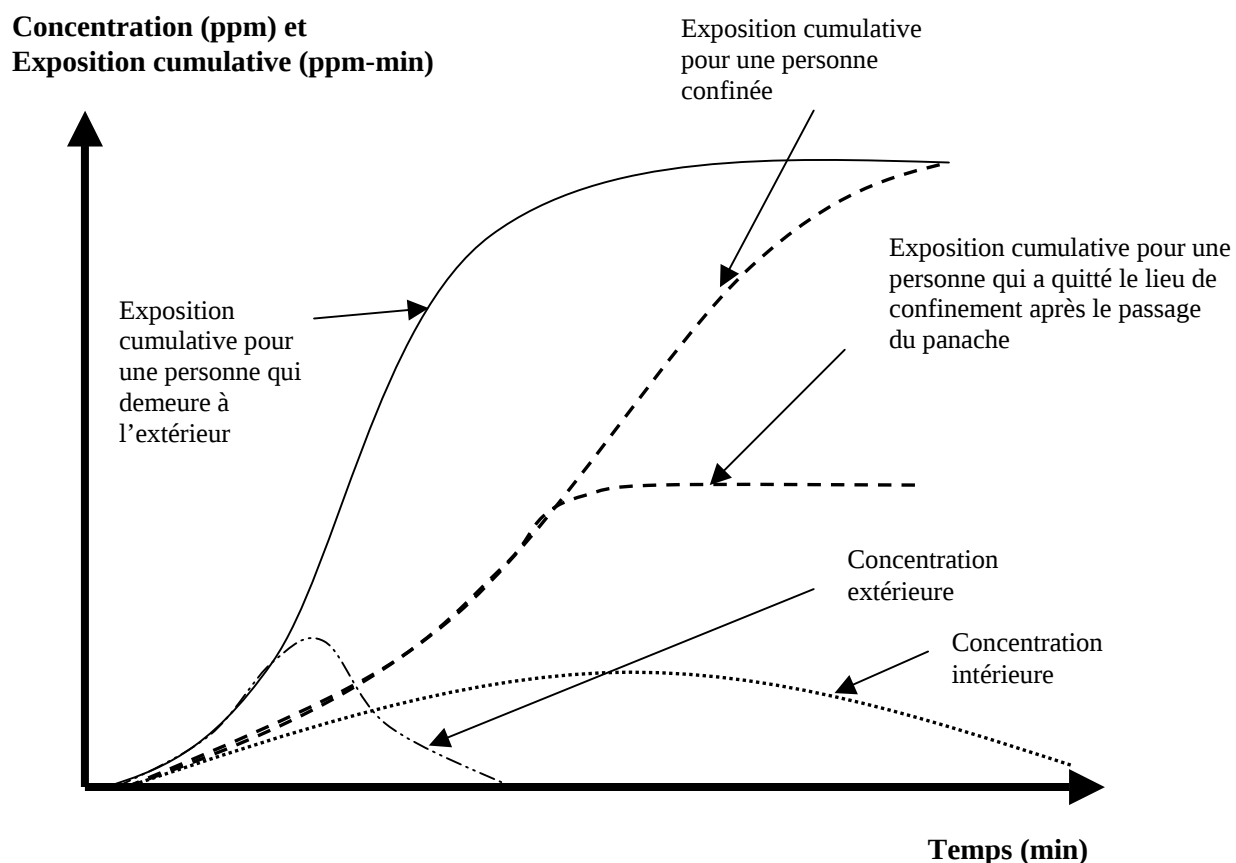
Par temps très chaud, les personnes confinées pourraient être tentées de quitter leur domicile avant l'avis de fin de confinement donné par les autorités à cause des températures élevées à l'intérieur des bâtiments (National Institute for Chemical Studies, 2001). Certaines personnes vulnérables (ex. : personnes âgées, à mobilité réduite, malades ou handicapées) pourraient être en danger en raison de leur difficulté ou de leur incapacité à mettre en place les mesures de protection qui s'imposent dans leur domicile (Sorensen et Vogt, 2001).

5.2 FIN DU CONFINEMENT

Le concept de confinement intègre également un avis de fin de confinement, et ce, dès que les concentrations extérieures du contaminant atteignent un niveau sécuritaire pour la population. Cet avis a pour but de minimiser l'exposition des personnes au contaminant qui s'est infiltré à l'intérieur des bâtiments (Yantosik *et al.*, 2001b). La fin du confinement est une étape critique pour les intervenants en mesures d'urgence. Des études menées par l'armée américaine ont démontré qu'il est très important pour la santé des résidents de ventiler leur domicile (ouverture des portes, des fenêtres et du système

de ventilation) et de sortir à l'extérieur de leur habitation dès que l'avis de fin de confinement est émis afin de réduire l'exposition au contaminant (National Institute for Chemical Studies, 2001). Les vapeurs qui auront pénétrées à l'intérieur des habitations prendront un certain temps avant de quitter complètement les bâtiments. Par conséquent, si les occupants demeurent dans leur domicile pendant une trop longue période de temps, suite au passage du panache (sans ventiler leur domicile), l'exposition à l'agent chimique se poursuivra et ils pourront être exposés à des concentrations importantes (Blewett *et al.*, 1996; Glickman et Ujihara, 1990; National Institute for Chemical Studies, 2001; Yantosik *et al.*, 2001a). Le National Institute for Chemical Studies, 1995 mentionne que les concentrations moyennes à l'intérieur d'une habitation pourraient atteindre 80 % ou plus des concentrations moyennes retrouvées à l'extérieur de l'habitation. La figure 8 illustre ce concept. Ainsi, on constate qu'une personne qui demeurerait à l'intérieur de son domicile après la fin du confinement recevrait, après un certain temps, approximativement la même dose d'exposition de contaminant qu'une personne qui serait demeurée à l'extérieur de l'habitation, alors que l'exposition de la personne serait significativement plus faible si elle quittait le lieu de confinement après le passage du panache.

Figure 8 Impact des mesures de fin de confinement sur l'exposition cumulative de la population



(adapté de Sorensen, 1995)

5.3 INFORMATION ET COMMUNICATION AU PUBLIC

L'efficacité du confinement sera grandement influencée par le comportement de la population. Des programmes d'information au public permettent à la population de comprendre le but du confinement et surtout de connaître les moyens de protection qui devront être entrepris afin de minimiser leur exposition aux agents chimiques (National Institute for Chemical Studies, 1988; Yantosik *et al.*, 2001a). Une population informée, avant l'événement, des mesures de protection à mettre en place dans le cadre d'un confinement réagira plus rapidement et efficacement aux instructions qui leur seront données par les autorités au moment de l'événement (Wilson, 1987). Ces programmes d'information auront également pour avantage d'accroître la crédibilité des autorités locales auprès de la communauté (National Institute for Chemical Studies, 2001).

À l'opposé, des personnes n'ayant reçu aucun renseignement au sujet des mesures de confinement pourraient avoir des comportements qui mettront en danger leur santé. Par exemple, ces individus pourraient prendre trop de temps pour accomplir les mesures de confinement ou être tentés de fuir leur domicile dès la présence d'une odeur particulière à l'intérieur du bâtiment (ATSDR, 1995; Wilson, 1987). Ce type de comportement pourrait être prévenu en informant la population sur les mesures de confinement à mettre en place lors d'un événement (Mannan et Kilpatrick, 2000). Des séances d'information sur les mesures de confinement peuvent également être offertes à de jeunes enfants en milieu scolaire. De tels programmes d'information existent déjà en milieu scolaire aux États-Unis. Une mascotte nommée « Wally Wise » informe les élèves des mesures à prendre lors d'un confinement (City of Deer Park, 2003; Mannan et Kilpatrick, 2000).

6 OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

Dans le but de faciliter la prise de décision quant à l'action protectrice la plus appropriée pour la population lors d'un relâchement impliquant un agent chimique, un outil d'aide à la décision, sous forme de diagramme, a été développé par Glickman et Ujihara, 1990. Nous présentons une version adaptée de ce diagramme à la figure 9.

Dans ce diagramme, la décision d'évacuer ou de confiner la population repose sur quatre variables, soit :

- la concentration de référence toxicologique ($C_{\text{réf}}$);
- la concentration maximale estimée à l'intérieur des habitations (C_{max});
- le temps nécessaire pour l'arrivée du panache (t_a);
- le temps nécessaire pour compléter l'évacuation ($t_{\text{évac}}$).

En fonction de la valeur obtenue pour chacune de ces quatre variables on se retrouvera à l'intérieur d'un des quatre quadrants de ce diagramme. Le positionnement à l'intérieur du diagramme déterminera l'action la plus appropriée pour protéger la population. Évidemment, bien que le concept soit relativement simple à comprendre, les limites principales seront associées aux incertitudes reliées à l'estimation des valeurs $C_{\text{réf}}$, C_{max} , t_a et $t_{\text{évac}}$.

Le **Quadrant 1** correspond à la mise en place de mesures de **confinement**. Dans cette situation, on estime que la concentration maximale de l'agent chimique à l'intérieur des habitations serait **inférieure** à la concentration de référence toxicologique et que le temps nécessaire pour l'arrivée du panache devrait être plus court que le temps nécessaire pour compléter l'évacuation de la population ($C_{\text{max}} < C_{\text{réf}}$ et $t_a < t_{\text{évac}}$).

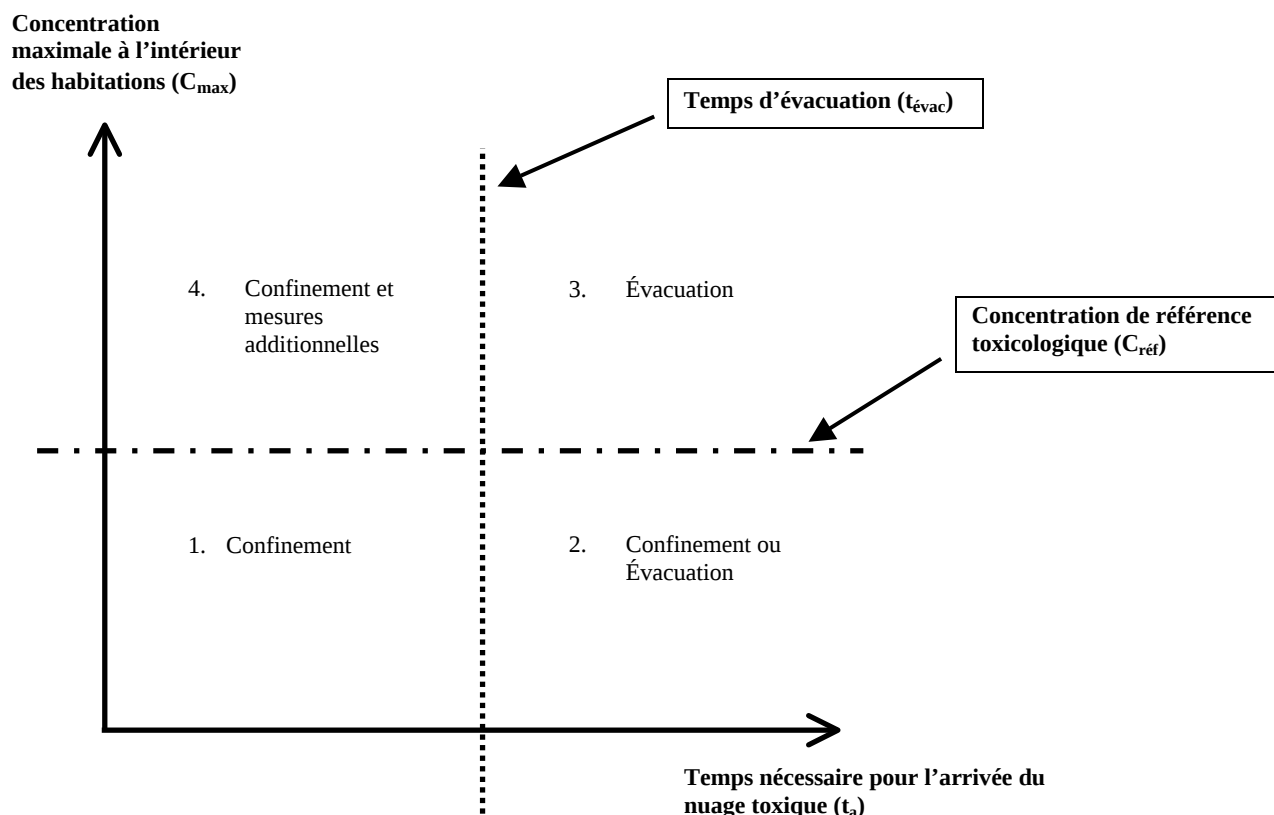
Le **Quadrant 2** offre le choix entre une **évacuation** ou un **confinement**. Dans ce contexte, on prévoit que la concentration maximale de l'agent chimique à l'intérieur des habitations serait **inférieure** à la concentration de référence toxicologique et que le panache arriverait **après** que l'évacuation de la population aura été complétée. Sous ces conditions, l'application de l'une ou l'autre des actions de protection de la population serait appropriée. La décision d'évacuer ou de confiner la population s'appuiera donc sur d'autres considérations. Par exemple, dans certains cas, l'évacuation créerait, chez la population menacée, plus de perturbations physiques et émotionnelles que le confinement. Toutefois, advenant une sous-estimation de la durée et/ou de la quantité de matière relâchée, le choix d'évacuer la population offrira une meilleure protection ($C_{\text{max}} < C_{\text{réf}}$ et $t_a > t_{\text{évac}}$).

Lorsqu'on se situe à l'intérieur du **Quadrant 3**, **l'évacuation est recommandée**. Dans cette situation, on estime que la concentration maximale de l'agent chimique à l'intérieur des habitations serait **supérieure** à la concentration de référence toxicologique et que le panache atteindrait la zone habitée **après** que l'évacuation de la population aurait été complétée ($C_{\text{max}} > C_{\text{réf}}$ et $t_a > t_{\text{évac}}$).

Le **Quadrant 4** correspond au **pire scénario**. Dans cette situation, la concentration maximale de l'agent chimique estimée à l'intérieur des habitations serait **supérieure** à la concentration de référence toxicologique et le panache arriverait dans la zone habitée **avant** que l'évacuation de la population puisse être complétée. Il s'agit donc du pire scénario auquel les intervenants pourraient être

confrontés. Quelque soit la solution retenue, des mesures de protection additionnelles devraient être apportées afin de protéger la population des concentrations élevées de contaminants à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. Glickman et Ujihara, 1990 mentionnent que, sous ces conditions, il pourrait s'avérer plus efficace d'entreprendre une évacuation d'urgence des populations les plus vulnérables plutôt que de compter sur la mise en application de mesures de protection additionnelles durant le confinement ($C_{\text{maxi}} > C_{\text{réf}}$ et $t_a < t_{\text{évac}}$).

Figure 9 Diagramme permettant de choisir l'action protectrice la plus appropriée pour la population



Au cours d'un événement, il est possible que les premiers intervenants envisagent la mise en place de mesures de confinement et d'évacuation. Par exemple, les autorités peuvent recommander l'établissement des procédures de confinement pour le secteur résidentiel situé à proximité de l'événement et ordonner l'évacuation des autres secteurs qui disposent de plus de temps avant l'arrivée du panache. La problématique avec une telle stratégie se situe dans la communication avec le public. Une mauvaise communication avec le public peut mener à une situation dans laquelle les personnes peuvent prendre des actions qui leur sembleront sécuritaires sans égard aux recommandations officielles données par les autorités. De telles actions pourraient perturber de manière importante les procédures d'urgence recommandées par les autorités tout en étant très risquées pour les résidents (Sorensen *et al.*, 2002).

7 CONCLUSION

L'évacuation et le confinement d'une population menacée lors d'un événement impliquant le relâchement d'un agent chimique constituent des actions de protection efficaces pour la population lorsqu'elles sont utilisées dans un contexte approprié.

Plusieurs facteurs influenceront significativement la prise de décision quant à l'action protectrice à mettre en place. L'évaluation des bénéfices et des risques associés à l'exécution de ces actions doit être prise en considération afin que la décision d'évacuer ou de confiner la population se fasse dans les meilleurs intérêts de la population.

Toutefois, le déroulement des procédures d'urgence au cours de l'événement sera facilité par la mise en place d'un programme d'information et de communication au public en pré-événement et durant toute la durée de l'événement. Il est donc dans l'intérêt des autorités publiques de mettre en place des plans de mesures d'urgence efficaces permettant d'améliorer les procédures d'intervention durant un événement de nature chimique impliquant l'évacuation ou le confinement de la population.

8 RÉFÉRENCES

AIHA, 2003. Emergency Response Planning Guidelines.

ATSDR, 1995. Shelter-in-place: Planning and implementation.

BLEWETT, W. K., REEVES, D. W., ARCA, V. J., FATKIN, D. P., ET CANNON, B. D., 1996. Expedient sheltering in place: An evaluation for the chemical stockpile emergency preparedness program.

BURGESS, J. L., KOVALCHICK, D. F., HARTER, L., KYES, K. B., LYMP, J. F., ET BRODKIN, C. A., 2001. Hazardous materials events: evaluation of transport to health care facility and evacuation decisions. *Am J Emerg Med*, 19: 99-105.

CENTRE DE SECURITE CIVILE DE LA COMMUNAUTE URBAINE DE MONTREAL, 2001. Guide d'intervention adaptée en mesures d'urgence auprès des personnes handicapées et des personnes à mobilité réduite. 63 pages.

CITY OF DEER PARK, 2003. Community awareness subcommittee. Wally Wise Guy., Local Emergency Planning Committee, <http://www.deerparklepc.org/aboutus/commawar.html>.

DE LORENZO, R. A. ET AUGUSTINE, J. J., 1996. Lessons in emergency evacuation from the Miamisburg train derailment. *Prehospital Disaster Med*, 11: 270-275.

FLETCHER, B. ET SAUNDERS, C. J., 1994. Air change rates in stationary and moving vehicles. *Journal of Hazardous Materials*, 38: 243-256.

GLICKMAN, T. S. ET UJIHARA, A. M., 1990. Deciding between in-place protection and evacuation in toxic vapor cloud emergencies. *Journal of Hazardous Materials*, 23: 57-72.

LEFEBVRE, L. ET LAVIGNE, J., 2002. Valeurs de référence. Dans: Guide toxicologique pour les urgences en santé environnementale. Document de travail, Institut national de santé publique du Québec et Direction de santé publique de Montréal-Centre (Editeurs). Institut national de santé publique du Québec, Québec, chap. 5, pp. 1-14.

MANNAN, M. S. ET KILPATICK, D. L., 2000. The pros and cons of shelter-in-place. *Process Safety Progress*, 19: 210-218.

NATIONAL INSTITUTE FOR CHEMICAL STUDIES, 1988. Protecting the public in a hazardous material emergency.

NATIONAL INSTITUTE FOR CHEMICAL STUDIES, 1995. Proceedings from protecting the public: A conference on protective actions during chemical emergencies.

NATIONAL INSTITUTE FOR CHEMICAL STUDIES, 2001. Sheltering in place as a public protective action.

ROGERS, G. O., WATSON, A. P., SORENSEN, J. H., SHARP, R. D., ET CARNES, S. A., 1990. Evaluating protective actions for chemical agent emergencies.

- SORENSEN, J., SHUMPERT, B., ET VOGT, B., 2002. Planning protective action decision-making: evacuate or shelter-in-place?
- SORENSEN, J. H., 1988. Evaluation of warning and protective action implementation times for chemical weapons accidents.
- SORENSEN, J. H., 1995. Proceedings from protecting the public: A conference on protective actions during chemical emergencies. Panel two. How can the most effective protective actions be selected? Protective action decision making.
- SORENSEN, J. H. ET VOGT, B. M., 2001. Will duct tape and plastic really work? Issues related to expedient shelter-in-place.
- STALLINGS, R. A., 1991. Ending evacuation. International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 9: 183-200.
- U.S.EPA, 1999. Risk management program guidance for offsite consequence analysis. Office of solid waste and emergency response.
- WILSON, D. J., 1987. Stay indoors or evacuate to avoid exposure to toxic gas? Emerg Preparedness Digest, 14: 19-24.
- YANTOSIK, G. D., LERNER, K., MALONEY, D., ET WASMER, F., 2001a. When and how to end shelter-in-place protection from a release of airborne hazardous material: report on a decision-making concept and methodology.
- YANTOSIK, G. D., LERNER, K., ET MALONEY, D. M., 3-16-2001b. Temporary shelter-in-place as protection against a release of airborne hazardous material; report of a literature search.

B - SECTION TOXICOLOGIQUE

SECTION B - 1

LES CYANURES

CYANURE D'HYDROGÈNE

AUTEURS – SECTION B - 1

Jocelyn Lavigne
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Lucie-Andrée Roy
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Luc F. Lefebvre
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

SECTION B - 1

LES CYANURES

CYANURE D'HYDROGÈNE

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
CYANURE D'HYDROGÈNE	7
DONNÉES DE BASE	7
PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES.....	8
COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT.....	8
RISQUES LORS D'UN INCENDIE.....	8
RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE.....	8
DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ.....	9
VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES.....	13
GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT.....	14
DÉTECTION ET MESURES	16
MODÉLISATIONS	17
SUIVI MÉDICAL.....	21
RÉFÉRENCES	25
FICHE SYNTHÈSE - LES CYANURES.....	27

INTRODUCTION

Le cyanure peut se présenter sous forme de cyanure d'hydrogène (liquide ou gazeux) ou de sels de cyanure (Na, K, Ca). Les sels de cyanure peuvent réagir avec des acides inorganiques pour dégager des concentrations importantes de cyanure d'hydrogène.

À la température de 25 °C, le cyanure d'hydrogène est un gaz très toxique qui agit en quelques minutes. L'ingrédient actif des cyanures est l'ion CN^- qui se lie à la cytochrome oxydase des mitochondries pour former un complexe stable qui bloque la respiration cellulaire. L'inhalation d'une dose suffisante amène la mort par arrêt respiratoire dû à l'asphyxie métabolique.

Selon la dose, les premiers effets se manifestent par de l'agitation, une forte céphalée, des vertiges et des nausées. Rapidement, la victime est dyspnéique et angoissée. Puis, la symptomatologie évolue vers les convulsions, la perte de conscience, la paralysie, le coma et le décès.

Ces effets peuvent être contrés par des antidotes administrés dans les minutes qui suivent l'intoxication.

CYANURE D'HYDROGÈNE (CAS 74-90-8)

DONNÉES DE BASE

Synonymes :	Acide cyanhydrique, formonitrile, AC, acide prussique
Appellation anglaise :	Hydrogen cyanide, hydrocyanic acid, formic anammonide
Formule chimique :	HCN
Facteurs de conversion :	$1 \text{ ppm} = 1,11 \text{ mg/m}^3$ $1 \text{ mg/m}^3 = 0,91 \text{ ppm}$
Sources :	Produit généralement par réactions chimiques impliquant de l'ammoniac et du méthane. Le cyanure d'hydrogène peut provenir de la combustion de substances synthétiques (ex. : nylon), de plastique (ex. : polyuréthane) et de laine.
Usages :	Utilisé dans les procédés d'électrodéposition de plusieurs métaux; dans l'industrie minière, dans l'agriculture, etc.; comme intermédiaire dans la fabrication de nombreux produits (insecticides, acrylonitrile et dérivés acryliques, chlorure de cyanogène, cyanure métallique, etc.). Il apparaît dans la liste des agents chimiques qui peuvent être utilisés comme arme.

PROPRIÉTÉS PHYSICOCIMIQUES

État physique :	Liquide volatil (ou gaz à plus de 25,7 °C)
Couleur :	Liquide incolore à bleu pâle; gaz incolore
Odeur :	Odeur d'amande sucrée et amère
Seuil olfactif :	0,81-4 ppm (de 20 à 60 % de la population ne peut détecter cette odeur)
Poids moléculaire :	27,03
Température d'ébullition :	25,7 °C
Température de fusion :	-13,3 °C

Inflammabilité :	Oui ☒ non ☐
T° d'autoignition :	540 °C
Point d'éclair :	-17,7 °C
Limites d'inflammabilité :	-
Explosivité :	Oui ☒ non ☐
Limites d'explosivité :	5,6 % - 40 %

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Densité de vapeur (air = 1) :	0,94
Pression de vapeur :	620 mm Hg à 20 °C
Solubilité dans l'eau :	Peut se mélanger (miscible)
Densité dans l'eau (eau = 1) :	0,689 à 20 °C

RISQUES LORS D'UN INCENDIE

Produits de dégradation thermique :	Le HCN brûle dans l'air en donnant du dioxyde de carbone et de l'azote.
Renseignements complémentaires :	Le cyanure d'hydrogène provient entre autres de la combustion de substances synthétiques (ex. : nylon), de plastique (ex. : polyuréthane), de laine, de soie, etc.

RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

Un risque d'explosion existe lorsque cette substance réagit avec des agents oxydants ou entre en contact avec une flamme ou de la chaleur.
--

DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ

Mécanisme d'action

Une fois absorbé, le cyanure diffuse du sang vers les tissus où il se fixe sur diverses macromolécules contenant des métaux (fer, cuivre, cobalt).

Du point de vue toxicologique, la plus importante de ces macromolécules est le cytochrome oxydase localisé dans les mitochondries. Le cyanure forme un complexe stable avec l'ion ferrique et le cuivre de cet enzyme et bloque la respiration cellulaire en inhibant l'utilisation de l'oxygène et la production d'ATP au niveau des tissus. Comme l'oxygène n'est pas utilisé par les cellules, le degré de saturation en oxygène du sang veineux se rapproche de celui du sang artériel, ce qui explique la cyanose qui n'est pas proportionnelle au degré d'anoxie. L'inhibition du métabolisme oxydatif entraîne une augmentation de la glycolyse et une acidose métabolique.

Si la concentration du radical CN^- n'est pas suffisante pour produire le décès, il se dissocie de sa liaison avec le cytochrome oxydase. Il est alors converti en ion thiocyanate qui n'est pas toxique et il est excrété par le rein sous cette forme.

Voies d'exposition

Le cyanure d'hydrogène est rapidement absorbé par les poumons. Les symptômes d'un empoisonnement apparaissent dans les secondes ou les minutes qui suivent l'exposition.

Les liquides et les vapeurs concentrés peuvent être absorbés par la peau intacte. L'apparition des symptômes peut être différée de 30 à 50 minutes. La majorité des cas rapportés d'exposition ont été observés chez des travailleurs lors d'accidents industriels et impliquaient du cyanure d'hydrogène liquide ou en solution ou des sels de cyanure en fusion.

L'ingestion de cyanure d'hydrogène sous forme de solution ou de sels peut être rapidement mortelle.

Effets d'une exposition aiguë

Système nerveux central

Les signes et les symptômes d'une atteinte du système nerveux central apparaissent rapidement. Au début, les symptômes sont non spécifiques et comprennent de l'excitation, des étourdissements, de la nausée, des vomissements, des maux de tête et de la faiblesse. Au fur et à mesure que l'intoxication progresse, de la somnolence, des spasmes tétaniques, des convulsions, des hallucinations, des pertes de conscience et du coma peuvent se produire.

Exposition respiratoire

Les personnes atteintes peuvent se plaindre d'avoir le souffle court et des serremments de poitrine. La respiration des victimes peut être rapide et profonde. Au fur et à mesure que l'intoxication progresse, la respiration devient lente et haletante. Il est possible que du liquide s'accumule dans les poumons.

Exposition cutanée

Une exposition au cyanure d'hydrogène en solution provoque des irritations de la peau. Il peut facilement être absorbé par la peau, et produire ainsi des effets systémiques.

Cardio-vasculaire

Au début, il est possible de voir apparaître une période transitoire pendant laquelle on retrouve une pression sanguine très élevée et des battements cardiaques très rapides. L'intoxication sévère entraîne un ralentissement des battements cardiaques, une pression sanguine basse et intraitable et le décès peut survenir.

Métabolique

Une acidose métabolique peut résulter d'une augmentation des niveaux d'acide lactique sanguin.

Séquelles potentielles

Les survivants à une intoxication sévère peuvent présenter des dommages au cerveau à cause d'un manque d'oxygène. Des cas rares de séquelles neurologiques comme des changements de personnalité, des pertes de mémoire, des troubles de mouvements et l'apparition de mouvements involontaires (i.e. des syndromes extrapyramidaux) ont été rapportés dans la littérature.

Exposition chronique

Des expositions chroniques au cyanure d'hydrogène peuvent se produire dans le milieu de travail. Des travailleurs exposés de façon chronique peuvent se plaindre de maux de tête, d'être rapidement fatigué, d'irritation des yeux, de modification du sens olfactif et gustatif, de perte d'appétit, d'irritation du pharynx, de vomissements et de dyspnée à l'effort.

Cancérogénicité

Le cyanure d'hydrogène n'a pas été classé en fonction de son potentiel de carcinogénicité par l'US EPA.

Effets sur la reproduction

Il n'y a pas d'information disponible sur les effets possibles du cyanure d'hydrogène sur la reproduction et le développement chez l'humain. Le cyanure d'hydrogène n'apparaît pas dans le rapport publié par le US General Accounting Office (GAO), *Reproductive and developmental toxicants*, dans lequel on retrouve la liste de 30 produits chimiques problématiques, à cause de leurs effets connus sur le développement et la reproduction.

Toxicocinétique

Demi-vie

Il n'existe que très peu de données à ce sujet. Dans un cas chez l'homme, la demi-vie de conversion en thiocyanate d'une dose non-létale de HCN était de 20 minutes à une heure.

Courbe Dose-Réponse chez les humains

L'exposition à du cyanure d'hydrogène à une concentration de 90 ppm ou plus, pour une durée de 30 minutes ou plus, est incompatible avec la vie. La mort peut survenir après quelques minutes d'exposition à une concentration de 300 ppm.

Concentrations toxiques

18-36 ppm :	Intoxication bénigne après plusieurs heures d'exposition
45-54 ppm :	Sans effet pour des expositions de 30 à 60 minutes

Concentrations létales

90 ppm :	Pendant 30 minutes et plus
110-135 ppm :	Pendant 30 à 60 minutes
181 ppm :	Pendant 10 minutes
270 ppm :	Pendant 6 à 8 minutes
300 ppm :	Pendant quelques minutes

Dose létale

La dose létale moyenne est de 50 à 60 mg chez l'humain.

VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES

VEMP (valeur plafond) :	10 ppm (11,1 mg/m ³)	VECD :	—
DIVS (IDLH) :	50 ppm (55,3 mg/m ³)		
ERPG-1 (1 heure) :	Non applicable	TEEL-1 (1 heure) :	—
ERPG-2 (1 heure) :	10 ppm (11,1 mg/m ³)	TEEL-2 (1 heure) :	—
ERPG-3 (1 heure) :	25 ppm (27,6 mg/m ³)	TEEL-3 (1 heure) :	—

	Durée				
	10 minutes	30 minutes	1 heure	4 heures	8 heures
AEGL-1	2,5 ppm (2,8 mg/m ³)	2,5 ppm (2,8 mg/m ³)	2,0 ppm (2,2 mg/m ³)	1,3 ppm (1,4 mg/m ³)	1,0 ppm (1,1 mg/m ³)
AEGL-2	17 ppm (18,8 mg/m ³)	10 ppm (11,1 mg/m ³)	7,1 ppm (7,8 mg/m ³)	3,5 ppm (3,9 mg/m ³)	2,5 ppm (2,8 mg/m ³)
AEGL-3	27 ppm (29,8 mg/m ³)	21 ppm (23,2 mg/m ³)	15 ppm (16,6 mg/m ³)	8,6 ppm (9,5 mg/m ³)	6,6 ppm (7,3 mg/m ³)

GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Protection personnelle des intervenants de première ligne

Protection respiratoire

Porter un appareil de protection respiratoire si la concentration dans le milieu de travail est supérieure à la valeur plafond (10 ppm ou 11 mg/m³).

Selon les recommandations de la CSST Service du répertoire toxicologique :

Pour une introduction (planifiée ou d'urgence) dans une zone de concentration inconnue ou en situation de DIVS :

- Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).
- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive) accompagné d'un appareil de protection respiratoire autonome auxiliaire opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).

Évacuation d'urgence :

- Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, fixé au niveau du menton ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- Tout appareil de protection respiratoire autonome approprié pour l'évacuation.

Jusqu'à 47 ppm :

- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air.

Jusqu'à 50 ppm :

- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air opérant à débit continu.
- Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet.
- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet.

Protection cutanée

Porter un appareil de protection de la peau. La sélection d'un équipement de protection de la peau dépend de la nature du travail à effectuer.

Protection oculaire

Porter un appareil de protection des yeux s'il y a risque d'éclaboussures. La sélection d'un protecteur oculaire dépend de la nature du travail à effectuer et, s'il y a lieu, du type d'appareil de protection respiratoire utilisé.

Décontamination

Les victimes qui ont été exposées au cyanure d'hydrogène sous forme gazeuse ne présentent pas de risque de contamination pour les sauveteurs. Une fois retirées du nuage toxique, elles n'ont pas besoin d'être décontaminées. Par contre, la décontamination s'impose s'il n'y a pas de certitude que le cyanure soit uniquement sous forme gazeuse. Les victimes dont les vêtements et la peau ont été contaminés par du cyanure d'hydrogène liquide ou en solution peuvent contaminer d'autres personnes par contact direct ou par inhalation des vapeurs qui se dégagent : elles doivent absolument être dévêtues et décontaminées à grande eau le plus tôt possible.

DÉTECTION ET MESURES

Tubes colorimétriques : Oui

Ex. : GASTEC :

Gamme de mesures :

0,36 à 2,5 ppm; 2,5 à 60 ppm; 60 à 120 ppm;

17 à 50 ppm; 50 à 800 ppm; 800 à 2 400 ppm

Interférences possibles : Dioxyde de soufre et sulfure d'hydrogène

Appareil à lecture directe : Oui

CAM

La Sûreté du Québec, le Service de Police de la Ville de Montréal
et Environnement Canada ont des CAM.

MODÉLISATIONS

Les résultats obtenus par modélisation sont présentés dans 3 tableaux qui représentent respectivement :

- Les concentrations maximales dans l'air extérieur et à l'intérieur des maisons sous le vent aux distances suivantes : 50, 100, 200, 500, 1 000, 1 500, 2 000 et 5 000 mètres.
- Les zones d'impact calculées en fonction des niveaux d'ERPG et des différentes quantités relâchées.
- Le déplacement du nuage toxique en fonction du temps pour un scénario de relâchement.

Ces résultats ne doivent être utilisés qu'à titre indicatif; dans un contexte de situation d'urgence ils donnent une idée sur l'étendue potentielle des impacts. Évidemment, ces résultats ne s'appliquent qu'à la situation théorique définie par les paramètres que nous avons choisis. En effet, si l'on modifie un tant soit peu les différents paramètres, les résultats obtenus peuvent être très différents.

Cyanure d'hydrogène Concentration à l'extérieur au niveau du sol (en ppm) / Concentration à l'intérieur (taux de changement d'air à l'heure de 0,27) Relâchement continu pendant 10 minutes Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, Taux d'humidité de 50 % Vitesse de vent de 1,5 m/sec, Modélisation en milieu ouvert (<i>open country</i>)								
Distance (mètre)	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
Quantité relâchée (kg)								
10	3 310/145	841/36,8	217/9,5	38,3/1,7	10,6/0,5	4,6/0,2	2,5/0,1	**
50	16 500/723	4 200/184	1 090/47,5	191/8,3	52,9/2,4	23,1/1,2	12,4/0,7	**
100	33 100/1 450	8 410/368	2 170/95,1	383/16,6	106/4,8	46,3/2,4	24,7/1,5	**
200	66 100/2 890	16 800/736	4 350/190	766/33,3	212/9,5	92,5/4,8	49,4/3,0	**
500	165 000/7 230	42 000/1 840	10 900/475	1 910/83,2	529/23,8	231/11,9	124/7,5	**
1 000	331 000/14 500	84 100/3 680	21 700/951	3 830/50,3	1 060/47,6	463/23,8	247/14,9	**
5 000	97,9 %*/72 300	420 000/18 400	109 000/4 750	19 100/832	5 290/238	2 310/119	1 240/74,7	**
10 000	97,9 %*/ 145 000	841 000/36 800	217 000/9 510	38 300/1 660	10 600/476	4 630/238	2 470/149	**
20 000	97,9 %*/ 289 000	97,9 %*/73 600	435 000/19 000	76 600/3 330	21 200/951	9 250/477	4 940/299	**
50 000	97,9 %*/ 723 000	97,9 %*/184 000	97,9 %*/47 500	191 000/8 320	52 900/2 380	23 100/1 190	12 400/747	**
100 000	97,9*/97,9 %*	97,9 %*/368 000	97,9 %*/95 100	383 000/16 600	106 000/4 760	46 300/2 380	24 700/1 490	**

* Correspond à la concentration maximale pouvant être atteinte dans l'air ambiant (état de saturation).

** Il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre cette distance. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

Cyanure d'hydrogène Présentation des zones d'impact (en mètre) en fonction des trois niveaux d'ERPG et de différentes quantités relâchées Relâchement continu pendant 10 minutes, Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, Taux d'humidité de 50 % Vitesse de vent de 1,5 m/sec, Modélisation en milieu ouvert (<i>open country</i>)			
Quantité relâchée (kg)	ERPG 1	ERPG 2	ERPG 3
10	n.a.	1 000 m	631 m
50	n.a.	2 200 m	1 400 m
100	n.a.	3 000 m	2 000 m
200	n.a.	4 100 m	2 700 m
500	n.a.	6 300 m	4 100 m
1 000	n.a.	8 800 m	5 700 m
5 000	n.a.	**	**
10 000	n.a.	**	**
20 000	n.a.	**	**
50 000	n.a.	**	**
100 000	n.a.	**	**

n.a. : Non applicable, car il n'y a pas de valeur de ERPG-1 pour le cyanure d'hydrogène.

** : Il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre cette distance. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

Cyanure d'hydrogène Présentation des zones d'impact (en mètre) en fonction des trois niveaux d'ERPG et de différentes quantités relâchées Relâchement continu pendant 10 minutes, Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, Taux d'humidité de 50 % Vitesse de vent de 1,5 m/sec, Modélisation en milieu ouvert (<i>open country</i>)								
Distance (mètre)	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
Temps (min)								
1	13 000							**
5	16 500	4 200	1 090					**
10	16 500	4 200	1 090	155				**
15				191	4			**
20				40	38	1		**
25					50	9		**
30					10	21	2	**
40						20	12	**
50						8	4	**
60								**

** Il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre cette distance. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

SUIVI MÉDICAL

Le diagnostic d'une intoxication aux cyanures se fait d'après l'histoire de l'exposition et l'ensemble des signes et symptômes. Le dosage sanguin du cyanure est possible mais peu utile en pratique en raison des délais pour obtenir le résultat. Il peut être utile pour confirmer le diagnostic une fois le traitement administré.

Traitement

L'administration d'oxygène à 100 % est essentielle au traitement. Les effets des cyanures peuvent être contrés par des antidotes administrés dans les minutes qui suivent l'intoxication. Les personnes intoxiquées aux cyanures doivent absolument être dirigées vers un centre hospitalier pour un suivi médical.

Tiré de **CTQ.** : *Traitement de l'intoxication par le cyanure*. Bulletin d'information toxicologique. Vol 13, no 2. Avril 1997 :

Traitement général

Maintien des fonctions vitales

- o Évaluer la fonction respiratoire.
- o Éviter la respiration artificielle bouche à bouche, car il y a risque de s'intoxiquer avec l'air expiré. Utiliser un tube avec valve à sens unique ou un ballon-masque.
- o Administrer de l'oxygène à 100 %.
- o Se tenir prêt à une intubation endotrachéale si nécessaire.
- o Maintenir la tension artérielle par l'administration de liquide et d'agents vasopresseurs, si nécessaire.

Convulsions

- o En cas de convulsions, diazépam 5-10 mg i.v. en bolus, suivi de doses répétées aux 15 minutes si nécessaire pour une dose maximale de 30 mg. Enfants, 0,25 à 0,40 mg/kg par dose jusqu'à un maximum de 10 mg par dose. En l'absence de réponse adéquate, diphénylhydantoïne ou phénobarbital.

Arythmies

- o Traiter selon les protocoles usuels.

Acidose métabolique

- o Administrer bicarbonate de sodium 1,0 mEq/kg i.v.

Traitement antidotique

CYANIDE ANTIDOTE PACKAGE®

Contenu

Chaque trousse *CYANIDE ANTIDOTE PACKAGE®* contient:

- o 12 ampoules de nitrite d'amyle, USP, 0,3 ml pour inhalation
- o 2 ampoules de nitrite de sodium, USP, pour injection, 300 mg dans 10 ml d'eau stérile
- o 2 fioles de thiosulfate de sodium, USP, pour injection, 12,5g dans 50 ml d'eau stérile (le pH est ajusté lors de la fabrication par addition d'acide borique et/ou d'hydroxyde de sodium)
- o 1 seringue stérile de plastique jetable 10 ml munie d'une aiguille calibre 22
- o 1 seringue stérile de plastique jetable 60 ml
- o 1 aiguille jetable stérile calibre 20
- o 1 tube pour l'estomac
- o 1 seringue 60 ml non stérile
- o 1 tourniquet

Le nitrite d'amyle et le nitrite de sodium administrés en doses excessives peuvent tous deux entraîner un niveau dangereux de méthémoglobinémie et causer le décès. Les quantités disponibles dans la trousse *Cyanide Antidote Package®* ne sont pas excessives pour un adulte. Les doses pour enfants doivent être calculées en fonction de la surface corporelle ou du poids et être ajustées de façon à éviter la formation excessive de méthémoglobine.

Posologie et administration

Casser une ampoule de nitrite d'amyle, une à la fois, dans un tampon de gaze ou un mouchoir et la tenir devant la bouche du patient pendant 30 secondes, suivi par une pause de 30 secondes, puis appliquer à nouveau le nitrite d'amyle jusqu'à ce que le nitrite de sodium puisse être administré. Il est important d'interrompre l'administration du nitrite d'amyle toutes les 30 secondes puisqu'un usage continu pourrait empêcher une oxygénation adéquate du patient. Si le malade ne respire pas spontanément, l'ampoule de nitrite d'amyle peut être placée à l'intérieur du masque ou à la prise d'air de l'Ambu.

Cesser l'administration de nitrite d'amyle et administrer 300 mg (10 ml d'une solution 3 %) de nitrite de sodium I.V. avec un débit de 2,5 à 5,0 ml/minute. La dose recommandée de nitrite de sodium pour les enfants est de 6 à 8 ml/m² (environ 0,2 ml/kg de poids corporel) mais elle ne doit pas excéder 10 ml.

Immédiatement après l'administration du nitrite de sodium, injecter 12,5 g (50 ml d'une solution à 25 %) de thiosulfate de sodium, pour un adulte. La posologie pour les enfants est de 7 g/m² de surface corporelle, mais la dose ne doit pas excéder 12,5 g. La même aiguille et la même veine peuvent être utilisées.

Si le cyanure a été ingéré, un lavage gastrique devrait être débuté le plus tôt possible, mais cette manœuvre ne doit pas retarder l'administration des antidotes décrits ci-dessus. Le lavage peut être effectué par une troisième personne - médecin ou infirmière, si une personne est disponible. Il est essentiel d'agir rapidement sans attendre des résultats de tests diagnostics positifs.

Le patient devrait être étroitement surveillé pour une période minimale de 24 à 48 heures. Si des signes d'intoxication réapparaissent, les injections de nitrite de sodium et de thiosulfate de sodium devraient être répétées, mais la dose de chaque produit devrait être la moitié de la dose originale. Même si le patient semble parfaitement bien, la médication peut être administrée pour des raisons prophylactiques, 2 heures après les premières injections.

Si le patient ne respire pas spontanément mais que le pouls est palpable, il faut d'abord assurer la respiration artificielle. On ne doit pas attendre la reprise de la respiration spontanée avant d'administrer le nitrite d'amyle. Le tampon de gaze ou le mouchoir contenant le nitrite d'amyle doit être placé sous le nez du patient, car il peut hâter la reprise des mouvements respiratoires. Les injections décrites ci-dessus doivent être effectuées dès que des signes de respirations spontanées apparaissent.

CYANOKIT®

Mise en garde

- o Ce produit contient des sulfites et peut causer ou aggraver une réaction anaphylactique chez les personnes hypersensibles.
- o Une réaction allergique peut aussi survenir chez les personnes allergiques B l'hydroxocobalamine, B la cyanocobalamine ou B la vitamine B12.

Indications cliniques

Indication absolue : Exposition connue et malade symptomatique

Étourdissements, rougeur de la peau, céphalées, agitation, palpitations puis: stupeur, coma, tachycardie, tachypnée, convulsions, bradycardie, hypotension, apnée, œdème pulmonaire et décès.

Indications relatives : Exposition présumée et malade symptomatique

Ceci s'applique particulièrement à un malade qui présente des signes sévères d'hypoxémie en absence de cyanose.

Posologie

Avant d'administrer Cyanokit® 2,5 g, il est nécessaire de définir la posologie de la dose initiale, qui est de 70 mg/kg, aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant.

La dose initiale chez l'adulte est en général de 5 g d'hydroxocobalamine, mais elle peut être répétée une ou deux fois selon la gravité de l'état clinique du patient.

Procédure d'administration

Dans un premier temps, il est nécessaire de diluer le lyophilisât d'un flacon (soit 2,5 g) dans 100 ml de solution injectable de chlorure de sodium à 0,9 % (fournie dans le kit), introduits dans le flacon à l'aide du matériel de transfert. Le mélange, obtenu après agitation énergique, peut être conservé pendant 4 heures.

La dose initiale chez l'adulte est de 5 g, soit 2 flacons, qui devront être administrés l'un à la suite de l'autre par perfusion rapide de 15 minutes (soit 25 à 30 minutes au total).

Les doses supplémentaires requises par la gravité du tableau clinique seront perfusées par voie intraveineuse plus lente, de l'ordre de 30 minutes à 2 heures.

SUIVI MÉDICAL (SUITE)

Effets retardés

Possible chez les personnes qui ont ingéré du cyanure d'hydrogène ou qui ont été en contact au niveau de la peau ou des yeux. Elles doivent être gardées sous observation au moins 2 heures. Selon l'ATSDR, les survivants qui ont été exposés à des fortes concentrations devraient être évalués pour des dommages ischémiques possibles au cerveau et au cœur. Ils peuvent aussi être à risque de séquelles au système nerveux central. Ils devraient être réévalués pendant plusieurs semaines à plusieurs mois.

Congé

Les patients qui demeurent asymptomatiques 2 heures après l'exposition peuvent recevoir leur congé.

RÉFÉRENCES

- ATSDR. Managing hazardous materials incidents. Volume III. *Medical management guideline for acute chemicals exposure*. Agency for Substances and Disease Registry, Division of toxicology, Emergency response and scientific assessment branch (E57), Atlanta. Version CD Rom.
- Brisson, S. et Simard, R. 2000. *Organisation des premiers soins spécifiques aux intoxications par les cyanures dans les établissements d'électrodéposition et de galvanisation de la région de Montréal*. Avis médical régional. Direction de santé publique, Régie régionale de la Santé et des Services sociaux de Montréal-Centre. 35 p.
- Brodeur, J. *Urgences environnementales en Montérégie*. Université de Montréal. Août 2001.
- CHRIS (Chemical Hazard Response Information System), in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD-Rom.
- CSST. Service du répertoire toxicologique. <http://www.reptox.csst.qc.ca>
- CTQ. 1997. *Traitement de l'intoxication par le cyanure*. Centre de toxicologie du Québec, Bulletin d'information toxicologique, vol. 13, no 2. (<http://www.ctq.qc.ca/avril97tox.html>)
- GMU 2 000. *Guide des mesures d'urgence 2000*. US Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Transport Canada, Sécurité et sûreté, Marchandises dangereuses et Secretaria de Comunicaciones y Transportes de Mexico. 2000. 384 p.
- HAZARTEXT ® , in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD Rom.
- HSDB (Hazardous Substances Data Bank), National Library of Medicine, in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD Rom.
- IRIS (Integrated Risk Information System), United States Environmental Protection Agency, in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD Rom.
- Lauwerys, R.R. 1999. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. 4^{ième} édition. Masson, Paris. 961 p.
- MEDITEXT ®, in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD-Rom.
- US Army Medical Research Institute of Chemical Defense. *Medical management of chemical casualties handbook*. Third edition. August 1999.
- United States Environmental Protection Agency Office of Pollution Prevention and Toxics. *Hydrogen cyanide*. CAS Reg. No. 74-90-8. *Proposed acute exposure guideline levels (AEGs) « Public Draft »*. January 2000. <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-TOX/2000/March/Day-15/4858.pdf>

FICHE SYNTHÈSE - LES CYANURES

Que sont les cyanures?

Les cyanures sont utilisés dans l'industrie minière, de la galvanisation, de l'électrodéposition, de la photographie, du plastique, papetière, textile et dans l'agriculture. Dans la nature, on en retrouve en quantité minime dans les noyaux de certains fruits.

Deux produits utilisés comme arme chimique appartiennent au groupe des cyanures : le cyanure d'hydrogène (AC) et le chlorure de cyanogène (CK). Ils ont été utilisés dans les chambres à gaz des camps de concentration et des prisons américaines. Ils ont également été utilisés par les Japonais contre les Chinois et, plus récemment, par l'Iraq contre les Kurdes.

Le cyanure d'hydrogène et le chlorure de cyanogène sont des liquides qui s'évaporent rapidement et deviennent des vapeurs ou des gaz toxiques. Le cyanure d'hydrogène a une odeur d'amandes amères, mais environ la moitié de la population ne peut la percevoir.

Quels effets immédiats sur la santé sont possibles avec ces produits chimiques?

Les cyanures pénètrent le corps très rapidement par inhalation. Les cyanures liquides peuvent également être absorbés par la peau.

Un individu exposé aux cyanures durant quelques minutes, même à une faible concentration, peut subir des effets sévères allant jusqu'à la mort. Par une action enzymatique, les cyanures empêchent les cellules du corps d'utiliser l'oxygène du sang. L'organe cible le plus vulnérable à la privation d'oxygène est le cerveau. Le patient ressent un urgent besoin d'oxygène. Les premiers symptômes comprennent les maux de tête, les étourdissements, les nausées, les vomissements, l'agitation et la confusion qui progressent vers les convulsions. Après 3 à 5 minutes, les convulsions cessent, le patient devient inconscient, paralysé et ne respire pas pendant quelques minutes avant que le cœur ne s'arrête.

En plus des effets associés aux cyanures, le chlorure de cyanogène (CK) cause également de l'irritation aux yeux, au nez et aux membranes des muqueuses tout comme le feraient les agents anti-émeutes.

Quels sont les premiers secours à donner?

Les personnes intoxiquées aux cyanures doivent être retirées de la zone contaminée. En milieu industriel, les sauveteurs formés par la compagnie doivent être appelés. Si on soupçonne la présence d'un produit chimique dangereusement toxique dans un lieu public, il faut appeler le 9.1.1. pour obtenir l'aide de sauveteurs bien formés et bien équipés pour intervenir en milieu dangereux. Il faut éviter de s'exposer soi-même et de devenir une victime supplémentaire.

Si la victime a été éclaboussée par des cyanures liquides, il faut la dévêtir et la laver à grande eau après l'avoir retirée de la zone contaminée.

Cette intoxication peut-elle être traitée?

L'administration d'oxygène à 100 % est essentielle au traitement. Les effets des cyanures peuvent être contrés par des antidotes administrés dans les minutes qui suivent l'intoxication. Les personnes intoxiquées aux cyanures doivent absolument être dirigées vers un centre hospitalier pour un suivi médical.

Dans le futur, quels effets sur la santé peuvent se manifester?

Les effets d'une intoxication aux cyanures sont immédiats, sans délai. La guérison d'une intoxication légère est habituellement sans séquelles. Toutefois, des séquelles au cerveau peuvent persister après une intoxication grave.

Quels tests peuvent être faits lorsqu'on a été exposé à ce produit chimique?

Le diagnostic d'une intoxication aux cyanures se fait d'après l'histoire de l'exposition et l'ensemble des signes et symptômes.

Consignes à suivre

Toute personne intoxiquée aux cyanures doit être dirigée vers un centre hospitalier pour un suivi médical. Le médecin y donnera les consignes à suivre.

Où peut-on trouver plus d'information sur ce produit chimique?

Vous pouvez obtenir plus d'information sur les cyanures auprès du Centre antipoison du Québec (1-800-463-5060), du service Info-Santé de votre CLSC ou encore, en appelant votre médecin. En milieu industriel, vous pouvez vous adresser au service de Santé au travail de votre CLSC ou à la CSST.

SECTION B - 2

LES AGENTS NEUROTOXIQUES

SARIN, TABUN, SOMAN, VX

À venir

SECTION B - 3

LES AGENTS ANTI-ÉMEUTES

AUTEURS – SECTION B - 3

Julie Brodeur

Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Monique Beausoleil

Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Lucie-Andrée Roy

Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Jocelyn Lavigne

Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

SECTION B - 3

LES AGENTS ANTI-ÉMEUTES

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
OLEORESINE DE CAPSICUM	7
DONNÉES DE BASE	8
PROPRIÉTÉS PHYSICOCIMIQUES (CAPSAÏCINE)	9
COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT	9
RISQUES LORS D'UN INCENDIE	9
RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE.....	10
DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ	11
VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES.....	16
GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT.....	17
DÉTECTION ET MESURES	18
SUIVI MÉDICAL.....	18
RÉFÉRENCES	19
CHLOROBENZYLIDENE MALONONITRILE (CS)	21
DONNÉES DE BASE	21
PROPRIÉTÉS PHYSICOCIMIQUES	22
COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT	22
RISQUES LORS D'UN INCENDIE	22
RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE.....	22
DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ	23
VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES.....	27
GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT.....	28
DÉTECTION ET MESURES	30
SUIVI MÉDICAL.....	31
RÉFÉRENCES	32

CHLOROACETOPHENONE (CN)	35
DONNÉES DE BASE	35
PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES	36
COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT	36
RISQUES LORS D'UN INCENDIE	36
RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE	36
DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ	37
VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES	41
GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT	42
DÉTECTION ET MESURES	43
SUIVI MÉDICAL	44
RÉFÉRENCES	45
 FICHE SYNTHÈSE – LES AGENTS ANTI-EMEUTES	 47

INTRODUCTION

On classe parmi les agents anti-émeutes le poivre de Cayenne (OC), l'orthochloro-benzylidène malononitrile ou gaz lacrymogène (CS) et le chloroacétophénone ou MACE (CN). Ces agents sont utilisés par les forces de l'ordre et aussi par les manifestants. Leur utilisation vise à incommoder pour une courte période de temps et à empêcher de poursuivre une action. L'OC est généralement utilisé contre des individus alors que le CS et le CN le sont sur des groupes.

Les agents anti-émeutes causent une irritation sévère, mais temporaire, des yeux, du nez, de la bouche, des voies respiratoires et de la peau. Les effets commencent quelques secondes après l'exposition et ne durent pas plus d'une heure une fois la victime retirée de l'endroit contaminé.

Les atteintes graves à la santé sont très rares mais toutefois possibles dans certaines conditions d'utilisation.

OLÉORÉSINE DE *CAPSICUM* **(OC; POIVRE DE CAYENNE)** **CAS 8023-77-6 (OC)** **CAS 404-86-4 (capsaïcine, capsaïcine)**

L'oléorésine de *Capsicum* est un mélange huileux de plus de 100 composés obtenu par l'extraction des fruits mûrs et séchés de piments forts issus des plantes du genre *Capsicum* (habituellement les espèces suivantes : *Capsicum annuum* et *Capsicum frutescens*). La capsaïcine est le principal constituant isolé de l'oléorésine de *Capsicum*. Des quelques capsaïcinoïdes (vanillylamides) trouvés dans l'oléorésine de *Capsicum*, la capsaïcine représente environ 70 % de la totalité du mélange suivi par la dihydrocapsaïcine (~ 20 %), la norhydrocapsaïcine (~ 7 %), l'homocapsaïcine (~ 1 %) et la monodihydrocapsaïcine (~ 1 %). La capsaïcine est particulièrement reconnue pour ses propriétés irritantes. De plus, dépendamment de la variété de piments forts, l'oléorésine de *Capsicum* contiendra de 0,01 à 1,0 % de capsaïcinoïdes (masse sèche). Ainsi, une exposition à un aérosol d'oléorésine de *Capsicum* produira chez les individus de l'irritation, une sensation de brûlure et de la douleur aux yeux, aux voies respiratoires et sur la peau non protégée. Généralement, la plupart des effets de l'oléorésine de *Capsicum* disparaissent moins de 20 à 30 minutes suivant l'exposition. Les effets irritants de l'oléorésine de *Capsicum* surviennent rapidement à de faibles concentrations dans l'air alors qu'une exposition à de fortes concentrations est nécessaire pour produire des effets néfastes chez les individus. Ce grand écart entre la concentration causant un effet irritant bénin et celle causant des effets néfastes confère à l'oléorésine de *Capsicum* une grande marge de sécurité. Malgré la faible toxicité de cet agent anti-émeute, l'oléorésine de *Capsicum* ne peut être considéré comme entièrement sécuritaire et inoffensif. Le risque d'effets sérieux sur la santé des individus exposés à l'oléorésine de *Capsicum* augmente lors d'expositions à de fortes concentrations de même que lors d'expositions prolongées. Dans la littérature, on a rapporté un bon nombre de décès survenus dans un contexte où l'oléorésine de *Capsicum* avait été utilisée. Bien que la relation causale n'ait pas été établie (d'autres facteurs peuvent contribuer au décès, par exemple une intoxication par la drogue et l'alcool, un état de delirium agité), la plupart des cas de décès rapportés (par ex. : décès en détention) sont survenus moins d'une heure suivant l'exposition.

DONNÉES DE BASE

Synonymes :	Poivre de Cayenne; OC; gaz poivré; aérosol capsique
Appellation anglaise :	<i>Oleoresin capsicum</i> ; OC; <i>Pepper spray</i>
Formule chimique:	$C_{18}H_{27}NO_3$ (formule chimique de la capsaïcine, principal constituant de l'oléorésine de <i>Capsicum</i>)
Facteurs de conversion :	1 ppm = 12,49 mg/m ³ (facteur de conversion pour la capsaïcine) 1 mg/m ³ = 0,08 ppm (facteur de conversion pour la capsaïcine)
Usages :	L'oléorésine de <i>Capsicum</i> est utilisée en tant qu'agent anti-émeute par les forces de l'ordre ainsi qu'à des fins de protection personnelle par les civils. Elle est également utilisée comme répulsif contre les ours ou autres animaux sauvages. Depuis quelques années, on a rapporté plusieurs utilisations de l'oléorésine de <i>Capsicum</i> en aérosol dans des lieux publics dans le cadre d'actes antisociaux. L'oléorésine de <i>Capsicum</i> se retrouve dans plus d'une trentaine de médicaments topiques sous forme de crème.
Types d'industries sur le territoire (liste non-exhaustive) :	Au Québec, des répulsifs à base de poivre de Cayenne contre les animaux sauvages sont en vente dans certains magasins de plein air. Leur possession est permise, mais pas leur utilisation contre des humains.
Principaux modes et moyens de dispersion :	Les contenants d'oléorésine de <i>Capsicum</i> en aérosol contiennent également un solvant et un gaz propulseur. Parmi les solvants utilisés dans les contenants d'oléorésine de <i>Capsicum</i>, on retrouve couramment les alcools (lesquels sont inflammables et ont pris feu dans un cas documenté lors de l'utilisation avec un « Taser »), l'eau (dans laquelle la molécule de capsaïcine lipophile est peu soluble) et des solvants organiques ininflammables. On ajoute parfois de la d-limonène, qui a une odeur de citron. Généralement, les propulseurs utilisés incluent le dioxyde de carbone, l'azote, le propane, l'isobutane et des hydrocarbures halogénés (ex. : fréon, tétrachloroéthylène et chlorure de méthylène).

PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES (CAPSAÏCINE¹)

État physique :	Solide
Couleur :	Incolore ou blanc
Odeur :	Variable d'inodore à piquante
Seuil olfactif :	–
Poids moléculaire :	305,42
Température d'ébullition :	210-220 °C à 0,01 mm Hg
Température de fusion :	65 °C

Inflammabilité :	La présence de solvants à base d'alcool dans la formulation d'oléorésine de <i>Capsicum</i> rend le mélange inflammable au contact d'une source d'ignition (ex. « Taser »).
T° d'autoignition :	NA
Point d'éclair :	NA
Limites d'inflammabilité :	NA
Explosivité :	NA
Limites d'explosivité :	NA

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Densité de vapeur (air = 1) :	NA
Pression de vapeur :	NA
Solubilité dans l'eau :	Pratiquement insoluble dans l'eau
Densité dans l'eau (eau = 1) :	NA

RISQUES LORS D'UN INCENDIE

Produits de dégradation thermique :	Monoxyde de carbone, dioxyde de carbone
Informations complémentaires :	–

¹ La capsaïcine est le principal constituant de l'oléorésine de *Capsicum*.

RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

La capsaïcine est incompatible avec les agents oxydants forts et les agents réducteurs forts
--

DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ

Mécanisme d'action

La capsaïcine induit ses effets par la libération de différentes substances dont la substance P, un neuropeptide des neurones sensoriels, qui est causée par la stimulation des chémorécepteurs des terminaisons nerveuses afférentes (fibres non myéliniques à conduction lente, de type C). Ceci à pour effet d'induire une inflammation neurogène dans les vaisseaux sanguins des voies respiratoires, de l'épithélium, des glandes et des muscles lisses causant une vasodilatation (augmentation de la perméabilité vasculaire), un chimiotactisme neutrophile, des sécrétions de mucus et un bronchospasme. Une exposition de longue durée à la capsaïcine conduit à la désensibilisation ou à la neuro-inhibition. La désensibilisation est caractérisée par une réponse d'excitation diminuée suivant l'administration de la capsaïcine alors que la neuro-inhibition est caractérisée par une réponse diminuée à n'importe quel stimulus.

Voies d'exposition

L'oeil est l'organe le plus sensible aux effets irritants des différents agents anti-émeutes incluant l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol. Le système respiratoire et la peau non protégée sont également affectés par cet agent. Lorsque l'oléorésine de *Capsicum* est inhalée, elle peut être expectorée ou avalée. L'ingestion de la capsaïcine produit des effets sur le tractus gastro-intestinal.

Effets d'une exposition aiguë

Lors d'une exposition aiguë à l'oléorésine de *Capsicum*, il y a un début rapide des symptômes incluant des nausées et une désorientation. Les risques potentiels associés à une exposition aux capsicinoïdes peuvent varier jusqu'à 30 fois parmi les marques d'oléorésine de *Capsicum* en aérosol, car la concentration des extraits d'oléorésine de *Capsicum* en aérosol peut varier de 5 à 15 %. En plus des effets sur la santé de l'oléorésine de *Capsicum*, les effets des solvants (ex. : eau, alcools, solvants organiques) et des propulseurs (ex. : dioxyde de carbone, azote, hydrocarbures halogénés), utilisés dans les contenants d'oléorésine de *Capsicum* en aérosol, doivent être considérés dans l'évaluation des risques potentiels à la santé des individus.

Exposition respiratoire

Une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol peut causer une irritation pulmonaire significative ainsi qu'une inflammation des muqueuses des voies respiratoires. Les symptômes peuvent inclure une sensation de brûlure à la gorge, une toux sèche, des éternuements, une respiration sifflante, un essoufflement, un bronchospasme pouvant causer une dyspnée, et une difficulté à parler due à un laryngospasme ou à une paralysie laryngée. Il a été rapporté que le larynx peut représenter le site de stimulation principal de la capsaïcine inhalée. Une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* peut également augmenter le risque d'arrêt respiratoire. Un œdème pulmonaire peut aussi survenir (parfois tardivement) après une exposition à de fortes doses d'oléorésine de *Capsicum*.

Exposition oculaire

Les signes et les symptômes oculaires associés à une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol consistent en une irritation et une sensation de brûlure intense des yeux, en un larmolement, une inflammation de la conjonctive, une rougeur, un oedème des yeux et un blépharospasme. Une cécité temporaire peut également survenir. L'application de la capsaïcine sur les yeux produit une inflammation neurogène (vasodilatation et extravasation) et une absence de réponse aux stimuli chimiques et mécaniques. La capsaïcine affecte la couche épithéliale de la cornée. De plus, un traumatisme cornéen pourrait résulter des effets du solvant ou du propulseur contenu dans le mélange d'oléorésine de *Capsicum* en aérosol. Par exemple, une exposition de la cornée à un solvant à base d'alcool pourrait résulter en une érosion significative de l'épithélium cornéen. Les lentilles cornéennes souples seront généralement inutilisables.

Exposition cutanée

Une exposition cutanée à l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol produit une sensation de brûlure intense, un érythème, des picotements, un œdème et occasionnellement des vésicules peuvent être observées. La douleur et les rougeurs disparaissent généralement moins de 30 minutes suivant l'exposition. Après quelques temps une insensibilité de la peau à la douleur et à la température peut se développer. La sévérité et la durée de ce phénomène sont reliées à la dose.

Exposition gastro-intestinale

Lorsque l'oléorésine de *Capsicum* est inhalée, elle peut être expectorée ou ingérée. La capsaïcine produit une sensation de brûlure lorsqu'elle est ingérée via l'alimentation. L'irritation chimique peut produire une sensation de chaleur sur l'ensemble du tractus gastro-intestinal. De fortes doses peuvent causer une sensation de brûlure dans l'œsophage, l'estomac et l'abdomen. L'irritation de l'estomac par la capsaïcine augmente l'acidité et la motilité gastrique, ce qui peut causer une hématemèse (vomissements sanglants).

Effet cardiaque

L'inhalation de la capsaïcine peut provoquer une hypertension aiguë (similaire à une inhalation d'ammoniac) pouvant causer des maux de tête et une augmentation du risque d'une attaque cardiaque chez des gens prédisposés.

Séquelles potentielles

Les complications oculaires à la suite d'une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* sont plutôt rares. En fait, des études ont démontré que l'application de la capsaïcine pure directement sur la cornée de sujets humains n'engendrait pas de dommages oculaires permanents. Un traumatisme cornéen peut toutefois résulter du frottement des yeux suivant l'exposition à l'oléorésine de *Capsicum* ou de la présence des autres constituants (solvant et propulseur) du mélange. Une réduction de la sensibilité de la peau à la douleur et à la température, après une exposition cutanée à l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol, peut survenir et persister pendant plusieurs jours.

Exposition chronique

Les effets chroniques associés à une exposition par inhalation à de faibles doses d'oléorésine de *Capsicum* ne sont pas connus avec certitude. Toutefois, il a été rapporté que des travailleurs (ex. : affectation au broiement des piments forts) exposés au *Capsicum* de manière chronique souffrent de rhinorrhée, d'éternuements, de toux, d'une sensation de brûlure de la peau (particulièrement lorsque les travailleurs transpirent) et de bronchospasme. Des études ont démontré que la capsaïcine augmente la sensibilisation allergique et aggrave la dermatite allergique. De multiples expositions cutanées à la capsaïcine pendant plusieurs minutes accentuent la réponse inflammatoire.

Cancérogénicité

L'oléorésine de *Capsicum* ainsi que la capsaïcine ne font pas partie de la liste d'évaluation des substances cancérogènes de l'International agency for research on cancer (IARC) et du National toxicology program (NTP).

Effets sur la reproduction

Non disponible

Toxicocinétique

Courbe Dose-Réponse

La dose orale létale probable de capsaïcine pour l'humain est évaluée à 0,5-5,0 g/kg ou à une ingestion de 35 à 350 g de capsaïcine pour un adulte de 70 kg.

Population sensible

Les personnes qui ont une atteinte préalable de la cornée (due à une kératite, kératomalacie ou érosion cornéenne récurrente) sont plus susceptibles d'avoir des effets oculaires sévères par rapport aux individus ayant une cornée saine puisque la capsaïcine affecte la couche épithéliale de la cornée.

En ce qui a trait à la susceptibilité des personnes asthmatiques à l'oléorésine de *Capsicum*, des études contrôlées suggèrent que le fait d'avoir une condition asthmatique pré-existante n'augmente pas le risque d'effets pulmonaires sévères à la suite d'une exposition à cet agent. Toutefois, des cas anecdotiques ont été rapportés. Par exemple, des personnes asthmatiques (deux individus) et un individu souffrant d'une bronchite chronique ont subi un arrêt respiratoire suivant une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol. Un arrêt respiratoire est également survenu chez une personne avec une infection respiratoire et qui avait été vaporisée à l'oléorésine de *Capsicum* à maintes reprises. De plus, il a été rapporté que des sujets dont l'asthme était mal contrôlé avaient une augmentation du réflexe de la toux lors d'une exposition à la capsaïcine. La libération de la substance P par la capsaïcine peut causer indirectement la libération de l'histamine. Les personnes asthmatiques et les personnes souffrant d'une maladie pulmonaire obstructive chronique pourraient donc être plus à risque de développer un bronchospasme à de plus faibles concentrations de capsaïcine.

Plusieurs cas de décès en détention (> 70) survenus aux États-Unis impliquant l'utilisation de l'oléorésine de *Capsicum* en aérosol pendant leur arrestation ont été rapportés. Des études ont été menées pour déterminer si l'oléorésine de *Capsicum* avait alors joué un rôle. Ces études ont révélé que certains facteurs tels que l'asphyxie positionnelle (causée par la pression sur le haut du corps; habituellement associée avec l'arrestation de l'individu étendu face contre terre, position prostrée), l'intoxication par l'alcool et la drogue (ex. : cocaïne, amphétamines, phencyclidine), la présence chez les sujets de maladies respiratoires et cardiaques pré-existantes et l'obésité ont causé ou ont contribué à la plupart des cas de décès.

VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES

VEMP (valeur plafond) :	–	VECD :	–
DIVS (IDLH) :	–		
ERPG-1 (1 heure) :	–	TEEL-1 (1 heure) :	–
ERPG-2 (1 heure) :	–	TEEL-2 (1 heure) :	–
ERPG-3 (1 heure) :	–	TEEL-3 (1 heure) :	–

	Durée				
	10 minutes	30 minutes	1 heure	4 heures	8 heures
AEGL-1	–	–	–	–	–
AEGL-2	–	–	–	–	–
AEGL-3	–	–	–	–	–

GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Protection personnelle des intervenants de première ligne

Les intervenants doivent éviter d'entrer en contact avec l'oléorésine de *Capsicum* pour ne pas être eux-mêmes incommodés par cet agent. Les intervenants doivent donc se protéger la peau, les yeux et les voies respiratoires particulièrement dans un endroit où la ventilation est insuffisante. Le port d'un équipement de protection personnelle de niveau C avec un masque complet ou des lunettes protectrices pour les yeux est recommandé.

Décontamination

Généralement, les effets d'une exposition à l'oléorésine de *Capsicum* se résorbent après quelques minutes (moins de 20 à 30 minutes) suivant l'arrêt de l'exposition. Si toutefois les effets sur la santé des individus persistent, des mesures devront être entreprises pour décontaminer les personnes et assurer leur suivi médical. Par exemple, lors d'une exposition massive à l'oléorésine de *Capsicum* ou si la personne exposée est très symptomatique, une décontamination pourrait s'avérer nécessaire. Dans ces cas, les personnes exposées à l'oléorésine de *Capsicum* doivent être retirées de la zone contaminée et être amenées dans un endroit aéré. La peau et les yeux exposés doivent être irrigués avec de l'eau, pendant quelques minutes, pour aider à apaiser la sensation de brûlures et enlever les résidus d'oléorésine de *Capsicum*. Les lentilles cornéennes devront être enlevées; les lentilles souples seront jetées. Un savon doux, sans huile, peut être utilisé afin d'éliminer la résine présente sur la peau. Les individus exposés doivent éviter de se frotter les yeux ou la peau pour ne pas répandre le produit et aggraver l'irritation. Lorsque nécessaire, les vêtements contaminés des individus exposés à l'oléorésine de *Capsicum* peuvent être enlevés et déposés dans un sac de plastique jusqu'à leur nettoyage. Les intervenants peuvent être, quant à eux, incommodés par la présence sur les personnes exposées de résidus non séchés d'oléorésine de *Capsicum*.

Il est à noter que lors de la décontamination des victimes, une attention particulière devra être portée à la température de l'eau, car la capsaïcine stimule fortement les récepteurs à la chaleur causant un réflexe de transpiration et de vasodilatation. Ceci augmente le risque d'hypothermie si une grande partie de la surface corporelle est décontaminée à l'eau froide.

En ce qui a trait à la décontamination à l'intérieur d'un bâtiment, l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail et secteur des affaires municipales (APSAM) mentionne qu'une ventilation normale est suffisante pour la décontamination d'une pièce dans laquelle de l'oléorésine de *Capsicum* a été vaporisée. L'ouverture des portes et des fenêtres et l'utilisation de ventilateurs pourront raccourcir la durée de décontamination.

DÉTECTION ET MESURES

Tubes colorimétriques :	Non
Appareil quatre gaz :	Non
Appareil à lecture directe :	L'APD2000 (<i>Advanced Portable Detector2000</i>) est un appareil qui permet entre autres la détection de l'oléorésine de <i>Capsicum</i> . Le Service de police de la ville de Montréal (SPVM) a cet appareil.

SUIVI MÉDICAL

Dans la majorité des cas, l'évacuation à l'air frais permet de réduire considérablement sinon d'éliminer les effets.

Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au normal salin. Étant donné que les doigts de la victime sont probablement contaminés, il faut éviter de se frotter les yeux et d'essayer d'enlever soi-même ses lentilles cornéennes.

Lors de la décontamination des victimes, le contact avec l'eau froide peut provoquer une réaction vagale chez certains individus entraînant ainsi une diminution de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, ainsi que la possibilité d'une perte de conscience.

L'inhalation importante sera traitée de façon symptomatique avec oxygène et bronchodilatateur au besoin. L'intubation est rarement nécessaire.

Une consultation médicale sera nécessaire si les symptômes persistent pendant plus de 45 minutes suivant l'exposition à l'oléorésine de *Capsicum*. Les médecins doivent rechercher une érosion cornéenne. Les cas plus sévères d'irritation oculaire seront traités avec un onguent antibiotique et pourront être référés en ophtalmologie.

Lors d'une exposition à de fortes doses d'oléorésine de *Capsicum* en aérosol, on a rapporté des cas où les individus ont développé des effets pulmonaires sévères tels qu'une détresse respiratoire, un arrêt respiratoire et un œdème pulmonaire. Les cliniciens devraient donc garder sous observation, pendant 10 à 12 heures, les patients exposés massivement à l'oléorésine de *Capsicum*.

RÉFÉRENCES

- Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail et secteur des affaires municipales (APSAM). *Fiche technique # 12 pour utiliser le poivre de Cayenne en mettant la sécurité de votre côté*, [En ligne]. <http://www.apsam.com/FT12.pdf>
- Billmire DF, Vinocur C, Ginda M, Robinson NB, Panitch H, Friss H, Rubenstein D, Wiley JF. *Pepper-spray-induced respiratory failure treated with extracorporeal membrane oxygenation*. *Pediatrics* 1996; 98 (5): 961-963.
- Busker RW, Helden van PM. *Toxicologic evaluation of pepper spray as a possible weapon for the dutch police force- Risk assessment and efficacy*. *Am J Forensic Med Pathol* 1998; 19 : 309-316.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). *Service du répertoire toxicologique : Capsaïcine*, [En ligne]. <http://www.reptox.csst.qc.ca>
- Environmental Technologies Group Inc. *APD2000 Detects warfare agents, pepper spray and mace*, [En ligne]. <http://www.domesticpreparedness.com/members/exhibits/etg/APD2000.html>
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB). *Capsaicin*. [En ligne]. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>
- International Agency for Research on Cancer (IARC ou CIRC). *Liste des évaluations du CIRC*. [En ligne]. <http://193.51.164.11/monoeval/crthallfr.html>
- Lee RJ, Yolton RL, Yolton DP, Schnider C, Janin ML. *Personal defense sprays : effects and management of exposure*. *Journal of the American Optometric Association* 1996; 67 : 548-560.
- National Toxicology Program (NTP). *NTP test results, status and report*. [En ligne]. <http://ntp-server.niehs.nih.gov>
- Olajos EJ, Salem H. *Riot control agents : Pharmacology, toxicology, biochemistry and chemistry*. *Journal of Applied Toxicology* 2001; 21 : 355-391.
- Smith CG, Stopford W. *Health hazards of pepper spray*. *NCMJ* 1999; 60 : 268-274.
- Steffee CH, Lantz PE, Flannagan LM, Thompson RL, Jason RR. *Oleoresin capsicum (pepper) spray and « in-custody deaths »*. *The American journal of forensic medicine and pathology* 1995; 16 :185-192.
- Watson WA, Stremel KR, Westdorp EJ. *Oleoresin capsicum (Cap-Stun) toxicity from aerosol exposure*. *The Annals of Pharmacotherapy* 1996; 30 : 733-735.

CHLOROBENZYLIDÈNE MALONONITRILE (CS) CAS 2698-41-1

Les effets irritants puissants du CS ainsi que sa faible toxicité font de ce produit l'agent anti-émeute le plus utilisé internationalement. Il a d'ailleurs largement remplacé le chloroacétophénone (CN), un agent anti-émeute grandement utilisé dans le passé. Le CS représente la forme pure de ce composé (CS1 et CS2 sont des mélanges). Les effets irritants du CS pour les yeux, les voies respiratoires et la peau surviennent rapidement (en moins de 10 à 30 secondes), même à de faibles concentrations, et disparaissent à l'intérieur de 15 à 30 minutes suivant l'arrêt de l'exposition. Les symptômes irritants sont produits à des concentrations d'au moins 2 600 fois plus faibles que la concentration létale. Il existe donc pour le CS une marge de sécurité importante entre la concentration qui produit un effet incapacitant et la concentration qui cause des effets néfastes. Toutefois, malgré la faible toxicité de cet agent anti-émeute moderne, le CS ne peut être considéré comme un produit sans risques.

DONNÉES DE BASE

Synonymes :	CS; gaz lacrymogène; o-chlorobenzylidène malononitrile; ortho-chlorobenzylidène malononitrile.
Appellation anglaise :	CS; tear gas; o-chlorobenzylidene malononitrile; 2-chlorobenzalmalononitrile; 2-chlorophenyl-methylenepropanedinitrile; β, β-dicyano-o-chlorostyrene
Formule chimique:	C ₁₀ H ₅ ClN ₂
Facteurs de conversion :	1 ppm = 7,71 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,13 ppm
Usages :	Le CS est principalement utilisé en tant qu'agent anti-émeute par les forces militaires ainsi que par les forces de l'ordre.
Principaux modes et moyens de dispersion :	Le CS peut être dispersé à l'aide de canettes aérosols et de grenades, sous la forme d'un aérosol (à partir du produit chimique solide), d'une solution (aérosol issu de la solution du CS dissous, par exemple, dans du chlorure de méthylène ou de l'acétone) ou sous la forme d'une fumée ou d'un brouillard (lorsqu'il est mélangé à un composé pyrotechnique). Le CS1 et le CS2 sont des mélanges d'un agent cristallin et d'un aérogel.

PROPRIÉTÉS PHYSICOCIMIQUES

État physique :	Solide (poudre cristalline)
Couleur :	Cristallin blanc
Odeur :	Odeur de poivre
Seuil olfactif :	–
Poids moléculaire :	188
Température d'ébullition :	310 °C à 315 °C
Température de fusion :	93 °C

Inflammabilité :	oui ☒ non ☐
	Il peut s'enflammer en présence de matière oxydante, d'une source d'ignition ou s'il est modérément chauffé.
T° d'autoignition :	–
Point d'éclair :	197 °C
Limites d'inflammabilité :	–
Explosivité :	oui ☐ non ☒
Limites d'explosivité :	NA

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Densité de vapeur (air=1) :	6,5
Pression de vapeur :	0,00034 mm Hg à 20 °C
Solubilité dans l'eau :	Faiblement soluble
Densité dans l'eau (eau=1) :	–

RISQUES LORS D'UN INCENDIE

Produits de dégradation thermique :	Lorsque le CS est chauffé jusqu'à sa décomposition, il émet des fumées très toxiques de chlorure d'hydrogène, de cyanure d'hydrogène, d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone.
--	---

RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

Le CS est incompatible avec les agents oxydants forts.
--

DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ

Mécanisme d'action

Actuellement, le mécanisme d'action du CS n'est pas complètement compris. Il a été proposé que l'irritation locale de la peau et des muqueuses peut être causée par la production de l'acide chlorhydrique lors de la réduction des ions de chlorure sur les muqueuses et la peau.

Voies d'exposition

L'œil est l'organe le plus sensible aux effets irritants des différents agents lacrymogènes incluant le CS. Les voies respiratoires et la peau sont également affectées par une exposition au CS. La voie digestive ne constitue pas une voie importante d'exposition au CS. Toutefois, des perturbations gastro-intestinales (nausées, vomissements) peuvent survenir lors d'une exposition à de fortes concentrations de CS et d'une exposition prolongée ou dans le cas d'une plus grande sensibilité des individus exposés à cet agent. L'ingestion d'aliments contaminés peut aussi provoquer des nausées et de la diarrhée.

Effets d'une exposition aiguë

Les effets irritants du CS surviennent rapidement à de très faibles concentrations dans l'air alors qu'une exposition à de fortes concentrations est nécessaire pour produire des effets néfastes chez les individus. Ce grand écart entre la concentration causant une irritation bénigne et la concentration causant des effets néfastes confère au CS une grande marge de sécurité. Toutefois, le risque d'effets sérieux sur la santé des individus augmente suivant une exposition prolongée, particulièrement dans un espace clos et à de fortes concentrations de cet agent. Des effets respiratoires importants telle une broncho-pneumonie retardée (de un à quelques jours) pourront alors survenir sous ces conditions d'exposition. Il n'y a eu aucun cas de décès confirmé chez l'humain après une exposition au CS, malgré sa très grande utilisation et plusieurs cas de décès suspectés.

Exposition respiratoire

L'inhalation du CS entraîne une sensation d'irritation marquée du nez, de la gorge et des poumons qui est accompagnée d'éternuements, de rhinorrhée et de toux. Les premiers symptômes peuvent être suivis de maux de tête, de brûlures de la langue et de la bouche, d'une salivation et de difficultés respiratoires (après délai) et d'une sensation d'oppression (à de fortes concentrations). Généralement, les premiers effets irritants sur les voies respiratoires supérieures surviennent après quelques secondes d'exposition. Lors d'une exposition prolongée ou excessive au CS, un œdème pulmonaire peut se développer après 12 à 24 heures et une pneumonite chimique peut également se produire après 24 heures. Un bronchospasme ainsi qu'une broncho-pneumonie (due aux lésions des voies respiratoires) peuvent apparaître immédiatement ou être différés après une exposition dans un espace clos. Généralement, les symptômes disparaissent en moins de 15 à 30 minutes après avoir quitté la zone contaminée sauf lors d'une exposition massive ou prolongée au CS.

Exposition oculaire

Les premiers symptômes oculaires rencontrés lors d'une exposition au CS sont une sensation de brûlure et une irritation oculaire intense et immédiate accompagnées de blépharospasme et de larmolement. Une conjonctivite peut également survenir. Ces effets peuvent persister jusqu'à 30 minutes ou plus suivant la fin de l'exposition. On peut observer aussi un œdème périorbitaire. Une photophobie est souvent présente et elle peut persister pendant une heure. Une rougeur oculaire et de l'œdème peuvent être observés sur une période de un à deux jours suivant l'exposition. À des concentrations plus élevées, des brûlures chimiques accompagnées d'une kératite, d'une perte de l'épithélium cornéen et d'une diminution permanente de la sensation cornéenne peuvent être observées. Le CS étant un composé solide, il se peut que des particules s'enfoncent dans la cornée ou la conjonctive, causant des dommages tissulaires. L'œil humain est plus sensible au CS en aérosol par rapport au CS en solution. L'ensemble des effets oculaires est plus sévère chez les individus portant des lentilles cornéennes.

Exposition cutanée

Une exposition cutanée au CS produit une sensation de brûlure de la peau (peut survenir à l'intérieur de quelques minutes) qui peut être suivie d'un érythème. L'érythème peut se développer à l'intérieur de 24 heures et peut persister pendant une période de une à deux heures. La sensation de brûlure est d'autant plus marquée si la peau est humide. Par exemple, aux régions en contact avec les vêtements, une transpiration excessive peut contribuer au développement de lésions cutanées. Une exposition à de fortes concentrations de CS, particulièrement dans un espace confiné, peut conduire à la formation de vésicules cutanées de même qu'à des brûlures de la peau qui seront exacerbées sous des conditions de température et d'humidité élevées.

Exposition gastro-intestinale

Généralement, à la suite d'une exposition à un aérosol de CS les individus ne ressentent pas d'effets gastro-intestinaux. Toutefois, de fortes concentrations de CS, une exposition prolongée, une plus grande sensibilité des individus ou l'ingestion d'aliments contaminés peuvent provoquer des perturbations gastro-intestinales tels qu'une perte d'appétit, des nausées (fréquent), des vomissements (occasionnel) et de la diarrhée.

Séquelles potentielles

Les symptômes peuvent devenir plus sévères (marqués par de la toux, des nausées et des vomissements) lorsque les effets sur les voies respiratoires ne disparaissent pas rapidement après le début de l'irritation. Plusieurs cas du syndrome d'irritation des bronches (*Reactive airway disease Syndrome*) ont été rapportés chez des individus auparavant en bonne santé, à la suite d'une exposition au CS. La toux et la dégradation de la fonction respiratoire engendrées par une exposition au CS peuvent se prolonger pendant plusieurs mois. Une exposition prolongée au CS peut prédisposer certains individus à des infections secondaires. Un œdème pulmonaire, une pneumonite chimique ou une insuffisance cardiaque peuvent survenir jusqu'à 24 heures suivant l'exposition. Toutefois, ces effets s'observent généralement lorsque les individus ont été exposés au CS de manière prolongée dans un espace confiné ou lorsqu'ils souffrent d'une maladie pulmonaire pré-existante. Des dommages oculaires permanents sont rares et il n'y a aucun cas de cécité rapporté chez les individus exposés au CS. Cependant, une augmentation de la pression intra-oculaire peut survenir et engendrer un glaucome. Des problèmes potentiels à long terme incluent des cataractes, une hémorragie du vitré et une neuropathie optique.

Exposition chronique

Il a été rapporté que des travailleurs assignés à la fabrication du CS ont développé des éruptions, des démangeaisons (prurit), des vésicules et des papules urticariennes pouvant être reliées à la sensibilisation de la peau et à une réaction de réexposition.

Cancérogénicité

Il n'y a pas d'évidence significative que le CS soit cancérogène pour l'humain. Le CS ne fait pas partie de la liste d'évaluation des substances cancérogènes de l'International Agency for research on cancer.

Effets sur la reproduction

Les études toxicologiques sur les humains et les animaux n'ont pas permis de démontrer que les gaz lacrymogènes ont des effets sur le matériel génétique ou sur le développement du fœtus. Il n'y a pas d'évidence significative chez les animaux et les humains que le CS soit tératogène. Il n'y a pas eu d'augmentation de l'incidence des avortements spontanés, des bébés mort-nés ou des anomalies congénitales dans les endroits géographiques où le CS est utilisé.

Toxicocinétique

Demi-vie

Non disponible

Courbe Dose-Réponse

Inhalation

CL _{t50} ² (mg-min/m ³) (extrapolation de données animales)	25 000 à 150 000 (plusieurs sources ont rapporté une valeur de CL _{t50} estimée à 60 000 mg-min/m ³)
CL _{t50} ³ (mg/m ³) pour 1 minute	0,1 à 10

Oculaire

Seuil d'irritation oculaire	0,004 (mg/m ³) (5,2 x 10 ⁻⁴ ppm)
-----------------------------	---

² Concentration de l'agent dans l'air (vapeurs ou aérosols) multiplié par le temps d'exposition qui est létal pour 50 % de la population exposée.

³ Concentration de l'agent dans l'air (vapeurs ou aérosols) multiplié par le temps d'exposition qui rend 50 % de la population exposée incapable de fonctionner.

Population sensible

Les individus, particulièrement les personnes âgées, qui souffrent déjà d'une maladie respiratoire (ex. : asthme, maladie pulmonaire obstructive chronique) ou d'une maladie cardiaque ou d'hypertension sont particulièrement à risque de réagir plus sévèrement ou d'avoir une aggravation de leur condition.

VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES

VEMP
(valeur plafond) : 0,05 ppm (0,39 mg/m³) **VECD** : –
DIVS (IDLH) : 0,26 ppm (2 mg/m³)

ERPG-1 (1 heure) : – **TEEL-1 (1 heure)** : –
ERPG-2 (1 heure) : – **TEEL-2 (1 heure)** : –
ERPG-3 (1 heure) : – **TEEL-3 (1 heure)** : –

	Durée				
	10 minutes	30 minutes	1 heure	4 heures	8 heures
AEGL-1	–	–	–	–	–
AEGL-2	–	–	–	–	–
AEGL-3	–	–	–	–	–

GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Protection personnelle des intervenants de première ligne

Protection respiratoire

Le port d'un équipement de protection respiratoire dépend des conditions présentes sur les lieux de l'événement. Par exemple, un équipement de protection respiratoire s'avèrera nécessaire dans les cas d'une ventilation insuffisante des lieux, d'une exposition à de fortes concentrations de CS et/ou d'une exposition prolongée, particulièrement dans un espace confiné.

Selon les recommandations de la CSST Service du répertoire toxicologique :

Pour une introduction (planifiée ou d'urgence) dans une zone de concentration inconnue ou en situation de DIVS :

- o Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).
- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive) accompagné d'un appareil de protection respiratoire autonome auxiliaire opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).

Évacuation d'urgence :

- o Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, accompagné d'un filtre absolu (HEPA), fixé au niveau du menton ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- o Tout appareil de protection respiratoire autonome approprié pour l'évacuation.

Jusqu'à 2 mg/m³ :

- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air opérant à débit continu. Substance causant de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est nécessaire.
- o Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, accompagné d'un filtre absolu (HEPA), fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- o Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet.
- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet.

Vêtements de protection

Les intervenants doivent éviter que le CS entre en contact avec la peau. L'équipement de protection de la peau sera déterminé par les conditions présentes sur les lieux de l'événement. Le port de lunettes protectrices est recommandé. Les intervenants peuvent également porter des gants pour éviter qu'ils soient contaminés par les résidus de CS présents sur la peau et les vêtements des individus exposés.

Décontamination

Tout d'abord, les individus exposés au CS doivent être retirés de la zone contaminée et amenés dans un endroit aéré. Si une décontamination des individus est nécessaire, le rinçage des yeux à l'eau, pendant 15 minutes (après avoir enlevé leurs lentilles cornéennes s'il y a lieu), permettra d'enlever les résidus de CS et préviendra les lésions oculaires. Si la peau doit être décontaminée, un nettoyage à l'eau et au savon (sans huiles) pendant quelques minutes peut être effectué. L'usage d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) est à proscrire, car ces produits réagissent avec le CS pour former un composé plus irritant que le CS seul. Afin de prévenir une contamination secondaire, il peut s'avérer nécessaire de laver les vêtements exposés. Si les vêtements doivent être lavés, l'eau froide doit être utilisée afin d'éviter une vaporisation des résidus de CS et un risque de contamination secondaire.

Comportement dans l'environnement

Au moment de la libération du CS, il se produit un nuage blanc qui persiste pendant plusieurs secondes. En raison de sa persistance, le CS s'adsorbe à plusieurs surfaces poreuses (ex. : vêtements).

Dans l'atmosphère, sous certaines conditions, le CS pourra se retrouver à la fois sous forme de vapeurs et de particules. Sous forme de vapeurs, le CS est dégradé dans l'atmosphère par les rayons solaires (rayons UV). La demi-vie pour la dégradation des vapeurs de CS dans l'atmosphère est estimée à 110 heures. Le CS sous forme de particules peut, quant à lui, disparaître de l'atmosphère à la suite de sa déposition sur le sol (particules sèches et humides). Lorsque le CS est dissous dans l'eau, il est rapidement hydrolysé (demi-vie d'environ 15 minutes à 25 °C). Par contre, à 0 °C, l'hydrolyse s'effectuera plus lentement, ce qui augmentera la demi-vie. Par exemple, à 0 °C, la demi-vie est d'environ de 282 minutes. La présence de nuages et de pluie contribuera également à la dégradation du CS dans l'atmosphère puisque celui-ci se dégradera dans l'eau de pluie par hydrolyse.

Lorsque le CS se retrouve sur un sol sec ou humide, il n'a pas tendance à se volatiliser. Le CS pourra rester actif pendant environ 5 jours après sa déposition sur le sol. De plus, si le CS pur est mélangé à un anti-agglomérant (mélange appelé CS1), ce mélange pourra rester actif plus longtemps sur le sol. De même, l'ajout de silicone à la forme pure du CS (mélange appelé CS2) empêchera la molécule de CS d'entrer en contact avec l'eau ce qui permettra au mélange de rester actif (persister) sur le sol pendant plusieurs semaines (on a déjà rapporté une persistance de 45 jours) suivant sa déposition.

Décontamination des lieux

Aucune donnée sur la persistance du CS à l'intérieur des habitations n'a été trouvée dans la littérature. Toutefois, il a été observé, lors du Sommet des Amériques à Québec, que le CS pouvait rester adsorbé longtemps sur les surfaces poreuses tels que les divans, les tapis, etc. Le nettoyage des surfaces (ex. : table, bibliothèque, etc.), à l'aide d'un linge humide et de détergent (l'aspirateur ne doit pas être utilisé, afin d'éviter la dispersion des particules de CS), avait été recommandé par la Direction de santé publique de Québec pour enlever le CS (particules solides) déposé sur les surfaces. À cet effet, le port de gants et de vêtements à manches longues avait été suggéré pour effectuer le nettoyage des surfaces dans les logements afin d'éviter des contacts inutiles avec la peau lors du nettoyage. Toutefois, même après avoir effectué le nettoyage des surfaces, les personnes ressentaient des symptômes plusieurs semaines après le nettoyage, dû à la présence des particules solides de CS sur les surfaces poreuses. Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) avait également recommandé le nettoyage méticuleux de toutes les surfaces de travail (pouvant être en contact avec les aliments), les filtres et les hottes utilisés dans les maisons ou établissements alimentaires, de même que les filtres des systèmes de réfrigération des chambres froides afin d'éviter toute dispersion de poudre blanche sur les aliments. De plus, pour les aliments pouvant avoir été en contact avec le gaz lacrymogène, le MAPAQ avait recommandé que les fruits et les légumes soient brossés et lavés à l'eau courante avant leur consommation, que les aliments non emballés hermétiquement (ex. : sacs en plastique, pellicules de plastique) soient jetés, que certains aliments tels que les œufs, les produits laitiers, les viandes, les pains et les muffins soient éliminés et que tout aliment contenant du gras soit également jeté (car ces aliments peuvent absorber les agents chimiques contenus dans le gaz lacrymogène). En cas de doute les aliments devaient être jetés.

DÉTECTION ET MESURES

Tubes colorimétriques : Non

Appareil quatre gaz : Non

Appareil à lecture directe : L'APD2000 (*Advanced Portable Detector2000*) est un appareil qui émet un signal sonore lorsque le CS est présent. Le Service de police de la ville de Montréal a cet appareil.

SUIVI MÉDICAL

Dans la majorité des cas, l'évacuation à l'air frais permet de réduire considérablement sinon d'éliminer les effets.

Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au normal salin. Étant donné que les doigts de la victime sont probablement contaminés, il faut éviter de se frotter les yeux et d'essayer d'enlever soi-même ses lentilles cornéennes.

Lors de la décontamination des victimes, le contact avec l'eau froide peut provoquer une réaction vagale chez certains individus entraînant ainsi une diminution de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, ainsi que la possibilité d'une perte de conscience.

L'inhalation importante sera traitée de façon symptomatique avec oxygène et bronchodilatateur au besoin. L'intubation est rarement nécessaire.

La plupart des personnes affectées par les agents anti-émeutes ne requièrent aucune attention médicale. Toutefois, les personnes souffrant d'une maladie pulmonaire, cardiaque ou cutanée significative, particulièrement les personnes âgées, devraient être examinées par un médecin et traitées au besoin. Les individus qui ont été exposés à des concentrations massives de CS dans un endroit confiné devraient être surveillés.

Effets retardés

Dans la majorité des rares cas d'intoxication sévère, une guérison complète survient à l'intérieur de deux semaines suivant l'exposition au CS. Cependant, le développement d'un syndrome d'irritation des bronches (RADS) est possible. Une dermatite eczématiforme retardée (1 à 20 jours) peut aussi survenir de façon exceptionnelle.

RÉFÉRENCES

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices : o-Chlorobenzylidene malononitrile*. Cincinnati (Ohio); 1991.
- Anderson PJ, Lau GSN, Taylor WRJ, Critchley JAJH. *Acute effects of the potent lacrimator o-chlorobenzylidene malononitrile (CS) tear gas*. Human & Experimental Toxicology 1996; 15 : 461-465.
- Beswick, FW. *Chemical agents used in riot control and warfare*. Human Toxicol. 1983; 2 : 247-256.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). *Service du répertoire toxicologique : o-Chlorobenzylidène malononitrile*, [En ligne]. <http://www.reptox.csst.qc.ca>
- Direction de santé publique de Québec. *Avis de santé publique à la population concernant la décontamination des résidences affectées par l'usage de gaz lacrymogènes*. Québec. 22 avril 2001.
- Direction de santé publique de Québec. Communiqué de presse: *Effets résiduels des gaz lacrymogènes sur la santé et procédures de décontamination recommandées*. Québec. 23 avril 2001.
- Gray PJ. *Treating CS gas injuries to the eye*. BMJ 1995; 311 : 871.
- Hill AR, Silverberg NB, Mayorga D, Baldwin HE. *Medical hazards of the tear gas CS, A case of persistent, multisystem, hypersensitivity reaction and review of the literature*. Medicine 2000; 79 (4) : 234-240.
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB). *2-chlorobenzalmalononitrile*, [En ligne]. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>
- Hu H, Christiani, D. *Reactive airways dysfunction after exposure to tear gas*. Lancet 1992; 339 : 1535.
- Institut national de santé publique du Québec. Sommet des Amériques : *Agents chimiques et biologiques*. Bulletin d'information toxicologique, vol. 17 (1). Hiver 2001.
- International Agency for Research on Cancer (IARC ou CIRC). *Liste des évaluations du CIRC*, [En ligne]. <http://193.51.164.11/monoeval/crthallfr.html>
- Lauwerys, R. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. 4e éd. Paris : Masson; 1999.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). *Précautions à prendre à la suite de l'exposition possible des aliments aux gaz lacrymogènes, Recommandations du MAPAQ*. Québec. 21 avril 2001.
- MEDITEXT ®. Medical Management *Lacrimators in ChemKnowledge™* System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired april 2001, on CD Rom.

MEDITEXT ®. Medical Management *Warfare agents in ChemKnowledge™* System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired april 2001, on CD Rom.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards : o-Chlorobenzylidene malononitrile*,
[En ligne]. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0122.html>

North Atlantic Treaty Organization (NATO), Department of the Army. « Chapter 7 Riot Control Agents ». In *NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations FM 8-9 Part III- Chemical* [En ligne]. 1996.
http://www.nbcmed.org/SiteContent/MedRef/OnlineRef/FieldManuals/amedp6/PART_III/index.htm

Olajos EJ, Salem H. *Riot control agents : Pharmacology, toxicology, biochemistry and chemistry*. Journal of Applied Toxicology 2001; 21 : 355-391.

Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). *Tear Gases- An overview of some riot control agents*, [En ligne]. <http://www.opcw.nl/chemhaz/tear.htm>

Rhainds M. Communication personnelle. Direction de santé publique de Québec. 2002.

U.S. Army Center for Health Promotion & Preventive Medicine, Office to the Deputy for Technical Services. « Detailed Facts About Tear Agent O-Chlorobenzylidene Malononitrile (CS) ». In *U.S. Army Center for Health Promotion & Preventive Medicine, Office to the Deputy for Technical Services- The Deputy for technical Services' Publications Detailed Chemical Facts Sheets* [En ligne]. 1998. <http://chppm-www.apgea.army.mil/dts/docs/detcs.pdf>

U.S. Army Medical Research Institute of Chemical Defense (USAMRICD). « Riot-Control Agents ». In *Medical Management of Chemical Casualties Handbook* [En ligne]. 3^e édition, 1999. http://ccc.apgea.army.mil/reference_materials/handbooks/RedHandbook/008Riot-ControlAgents.htm

U.S. Army Medical Research Institute of Chemical Defense (USAMRICD). «Chapter 12 Riot Control Agents ». In *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare* [En ligne]. 1997. <http://www.armymedicine.army.mil/history/borden/cwbw/Ch12.pdf>

Worthington E, Nee PA. *CS exposure-clinical effects and management*. J Accid Emerg Med 1999; 16 : 168-170.

CHLOROACETOPHENONE (CN) (CAS 532-27-4)

Le chloroacétophénone est un agent alkylant qui était auparavant utilisé au Canada en tant qu'agent anti-émeute. Il a été remplacé par un composé plus sécuritaire, le CS, qui possède un pouvoir irritant plus puissant et une toxicité plus faible que le chloroacétophénone. Le CN est toutefois encore utilisé dans quelques pays par les forces policières ainsi que par des civils à des fins de protection personnelle (Mace®). Les effets irritants du CN pour les yeux, les voies respiratoires et la peau se manifestent quelques secondes suivant l'exposition. Généralement, ces effets disparaissent moins de 15 à 30 minutes suivant l'arrêt de l'exposition.

DONNÉES DE BASE

Synonymes :	CN; alpha-chloroacétophénone; 1-chloroacétophénone; 2-chloroacétophénone
Appellation anglaise :	CN; alpha-chloroacetophenone; α -chloroacetophenone; 1-chloroacetophenone; 2-chloroacetophenone; phenacyl chloride; phenyl chloromethyl ketone; Mace® ⁴
Formule chimique:	C ₈ H ₇ ClO
Facteurs de conversion :	1 ppm = 6,323 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,158 ppm
Usages :	Le CN est principalement utilisé en tant qu'agent anti-émeute par les forces policières de certains pays ainsi que par des civils à des fins de protection personnelle (ex. : Mace®). Il est aussi utilisé dans la fabrication de produits pharmaceutiques.
Principaux modes et moyens de dispersion :	Le CN peut être dispersé sous la forme d'un aérosol, d'une poudre ou d'une fumée à l'aide de canettes aérosols et de grenades.

⁴ Le chloroacétophénone est le composé principal contenu dans le mélange liquide de la marque de commerce Mace®.

PROPRIÉTÉS PHYSICOCIMIQUES

État physique :	Solide cristallin
Couleur :	Incolore ou gris
Odeur :	Odeur florale (de pommiers en fleurs)
Seuil olfactif :	0,016 à 0,035 ppm (0,1 à 0,2 mg/m ³)
Poids moléculaire :	154,5
Température d'ébullition :	244-245 °C
Température de fusion :	54-59 °C

Inflammabilité :	oui ☒ non ☐
	Le CN peut s'enflammer s'il est chauffé fortement et s'il est en présence d'une source d'ignition.
T° d'autoignition :	-
Point d'éclair :	118 °C
Limites d'inflammabilité :	-
Explosivité :	oui ☐ non ☒
Limites d'explosivité :	NA

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Densité de vapeur (air = 1) :	5,3
Pression de vapeur :	0,0054 mm Hg à 20 °C
Solubilité dans l'eau :	Insoluble
Densité dans l'eau (eau = 1) :	1,3

RISQUES LORS D'UN INCENDIE

Produits de dégradation thermique :	Les produits de combustion du CN sont le chlorure d'hydrogène, le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone.
--	---

RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

Il est incompatible avec l'eau et la vapeur d'eau, car il dégage des vapeurs toxiques et corrosives de chlorure d'hydrogène. Le CN est également incompatible avec les oxydants forts. Il réagit lentement pour former de la corrosion avec les bases, les alcools et certains métaux.

DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ

Mécanisme d'action

Les agents lacrymogènes incluant le CN agissent directement sur les muqueuses et la peau, par une stimulation des terminaisons nerveuses sensorielles, en produisant une irritation oculaire et respiratoire intense associée à une sensation de brûlure et de douleur aux yeux, au nez, à la gorge, aux poumons et à la peau. La formation locale d'acide chlorhydrique lors de la réduction des ions de chlorure sur la peau et les muqueuses a été proposée pour expliquer la présence des effets irritants.

Voies d'exposition

L'œil est l'organe le plus sensible aux effets irritants des différents agents lacrymogènes incluant le CN. Les voies respiratoires et la peau sont également affectées. Le CN peut être absorbé par voie digestive, mais il ne s'agit pas d'une voie importante d'exposition.

Effets d'une exposition aiguë

Le risque d'effets néfastes augmente lors d'une exposition à de fortes concentrations de CN ainsi que lors d'une exposition prolongée à cet agent, particulièrement dans un espace confiné. Des dommages pulmonaires, oculaires et cutanés ainsi que la mort peuvent donc survenir à la suite d'une exposition à de fortes concentrations de CN. Des autopsies ont révélé la présence d'œdème et de congestion pulmonaire, d'hémorragies alvéolaires, de nécrose de la paroi des poumons et des broncho-pneumonies après une exposition à de fortes concentrations de CN.

Exposition respiratoire

Une exposition des voies respiratoires au CN produit une irritation de la gorge, du nez et des poumons, un écoulement nasal, de la toux, des éternuements et de la salivation. Le début de quelques-uns ou de l'ensemble de ces symptômes est immédiat et peut persister jusqu'à 20 minutes suivant le retrait de la zone contaminée. Des brûlements à la poitrine, une dyspnée, et une laryngotrachéobronchite peuvent également survenir. Dans le cas d'une exposition à de fortes concentrations de CN, particulièrement lors d'une exposition dans un espace confiné, des difficultés respiratoires, de la congestion pulmonaire, un œdème pulmonaire (peut apparaître de 12 à 24 heures après l'exposition) et la mort peuvent survenir.

Exposition oculaire

Le chloroacétophénone est un irritant hautement puissant qui peut causer des effets oculaires sérieux. Une exposition au CN produit une sensation de brûlure et une irritation des yeux, un larmoiement, une vision trouble, un blépharospasme et de la photophobie. Une conjonctivite peut également survenir. Le larmoiement peut persister pendant environ 20 minutes alors que la conjonctivite et le blépharospasme peuvent persister pendant plus de 24 heures après la fin de l'exposition. À de plus fortes concentrations de CN, des lésions oculaires tels un œdème de la cornée et de la conjonctive, un chémosis, une perte de l'épithélium cornéen, des érosions ou des ulcérations oculaires, une hémorragie focale et une cécité temporaire peuvent survenir. Des lésions physiques peuvent aussi se produire suivant une exposition au CN (dispositif de type grenade). Lorsque le CN est dispersé à faible distance (moins de 2 mètres), une perte de l'épithélium cornéen, un œdème stromal et une iritis peuvent se produire. De plus, des éclaboussures dans les yeux peuvent causer des brûlures et des opacités cornéennes. Selon la sévérité des symptômes oculaires, la guérison sera relativement rapide et les lésions cornéennes seront généralement transitoires.

Exposition cutanée

Le CN est un puissant irritant cutané. Une sensation de brûlure et une irritation de la peau surviennent à de faibles concentrations. Si la concentration est forte, il cause des effets cutanés sérieux pouvant résulter en des démangeaisons généralisées, un érythème intense et diffus, un œdème sévère et la formation de vésicules, particulièrement sous des conditions de température et d'humidité élevées. Des éclaboussures de CN sur la peau peuvent causer des dermatites papulovésiculeuses et des brûlures superficielles de la peau.

Exposition gastro-intestinale

Des nausées peuvent survenir lorsque les individus sont exposés sévèrement au CN. L'ingestion de nourriture ou d'eau contaminée par le CN peut provoquer des nausées, des vomissements et de la diarrhée.

Séquelles potentielles

Une surexposition des yeux au CN peut résulter en une opacité partielle permanente (leucome). Toutefois, sous des conditions normales d'exposition au CN, certains effets (ex. : conjonctivite sévère) sont temporaires même si leur durée peut être considérable.

Exposition chronique

Des expositions cutanées répétées ou prolongées au CN peuvent engendrer des dermatites et une sensibilisation de la peau.

Cancérogénicité

Le CN ne fait pas partie de la liste d'évaluations des substances cancérogènes de l'International Agency for Research on Cancer (IARC).

Effets sur la reproduction

Il n'y a pas de données disponibles sur les effets du chloroacétophénone sur la reproduction ou le développement chez les humains et les animaux.

Toxicocinétique

Demi-vie

Non disponible

Courbe Dose-Réponse

Inhalation

CLt ₅₀ ⁵ (mg-min/m ³)	7 000 à 14 000
CI _{t50} ⁶ (mg-min/m ³)	20 à 50

Oculaire

Seuil d'irritation oculaire	0,3 mg/m ³ (0,05 ppm)
-----------------------------	----------------------------------

Population sensible

Les individus avec une maladie respiratoire pré-existante (ex. : asthme) peuvent être davantage affectés par une exposition au CN.

⁵ Concentration de l'agent dans l'air (vapeurs ou aérosols) multiplié par le temps d'exposition qui est létal pour 50 % de la population exposée.

⁶ Concentration de l'agent dans l'air (vapeurs ou aérosols) multiplié par le temps d'exposition qui rend 50 % de la population exposée incapable de fonctionner.

VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES

VEMP
(valeur plafond) : 0,05 ppm (0,32 mg/m³) **VECD** : –
DIVS (IDLH) : 2,37 ppm (15 mg/m³)

ERPG-1
(1 heure) : – **TEEL-1 (1 heure)** : –
ERPG-2
(1 heure) : – **TEEL-2 (1 heure)** : –
ERPG-3
(1 heure) : – **TEEL-3 (1 heure)** : –

	Durée				
	10 minutes	30 minutes	1 heure	4 heures	8 heures
AEGL-1	–	–	–	–	–
AEGL-2	–	–	–	–	–
AEGL-3	–	–	–	–	–

GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Protection personnelle des intervenants de première ligne

Protection respiratoire

Le port d'un équipement de protection respiratoire dépend des conditions présentes sur les lieux de l'événement. Par exemple, un équipement de protection respiratoire par les intervenants s'avèrera nécessaire dans les cas où la ventilation des lieux est insuffisante, lors d'une exposition à de fortes concentrations et/ou lors d'une exposition prolongée, particulièrement dans un espace confiné.

Selon les recommandations de la CSST Service du répertoire toxicologique :

Pour une introduction (planifiée ou d'urgence) dans une zone de concentration inconnue ou en situation de DIVS :

- o Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).
- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive) accompagné d'un appareil de protection respiratoire autonome auxiliaire opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).

Évacuation d'urgence :

- o Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, accompagné d'un filtre absolu (HEPA), fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- o Tout appareil de protection respiratoire autonome approprié pour l'évacuation.

Jusqu'à 3 mg/m³ :

- o Tout appareil de protection respiratoire à cartouche chimique muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) à vapeurs organiques et accompagné(s) d'un filtre à poussières et brouillards.
- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air.

Jusqu'à 7,5 mg/m³ :

- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air opérant à débit continu. Substance causant de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est nécessaire.
- o Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) à vapeurs organiques accompagné(s) d'un filtre à poussières et brouillards. Substance causant de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est nécessaire.

Jusqu'à 15 mg/m³ :

- o Tout appareil de protection respiratoire à cartouche chimique, muni d'un masque complet et d'une (ou plusieurs) cartouche(s) à vapeurs organiques, accompagné(s) d'un filtre absolu (HEPA).
- o Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, accompagné d'un filtre absolu (HEPA), fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- o Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet.
- o Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet.

Vêtements de protection

Les intervenants doivent éviter que le CN entre en contact avec la peau. L'équipement de protection de la peau sera déterminé par les conditions présentes sur les lieux de l'événement. Le port de gants est recommandé, car ils protègent les intervenants d'une contamination secondaire par les résidus de CN présents sur les individus exposés.

Décontamination des personnes

Tout d'abord, les individus exposés au CN doivent être retirés de la zone contaminée et amenés dans un endroit aéré. Si une décontamination est nécessaire, le rinçage des yeux à l'eau, pendant 15 minutes (après avoir enlevé leurs lentilles cornéennes, s'il y a lieu), permettra d'enlever les résidus de CN et préviendra probablement les lésions oculaires. Également, si la peau doit être décontaminée, un nettoyage à l'eau et au savon (sans huiles) pendant quelques minutes peut être effectué.

Les vêtements des individus exposés peuvent contenir des résidus de CN. Par conséquent, afin de prévenir une contamination secondaire, il peut s'avérer nécessaire de retirer les vêtements contaminés en les déposant dans un sac de plastique scellé pour minimiser l'inconfort associé aux résidus présents sur les vêtements fortement exposés. Si les vêtements doivent être lavés, l'eau froide doit être utilisée afin d'éviter une vaporisation des résidus de CS et un risque de contamination secondaire.

Comportement dans l'environnement

Le CN sous forme de vapeurs est dégradé dans l'atmosphère par les rayons solaires (rayons UV). La demi-vie pour la dégradation des vapeurs de CN dans l'atmosphère est estimée à 8 jours (192 heures). La pression de vapeur du CN fait en sorte que cet agent ne se volatilise pas à partir d'un sol sec. Il peut toutefois se volatiliser à partir d'un sol humide. L'hydrolyse du CN survient très lentement avec la formation d'acide chlorhydrique et d'hydroacétophénone. Les données disponibles sont insuffisantes pour déterminer l'importance de la biodégradation ou autres processus de dégradation du CN dans le sol.

DÉTECTION ET MESURES

Tubes colorimétriques :	Non
Appareil quatre gaz :	Non
Appareil à lecture directe :	L'APD2000 (<i>Advanced Portable Detector2000</i>) est un appareil qui permet entre autres la détection du CN (Mace®) lorsque l'agent est présent dans l'air. Le Service de police de la ville de Montréal a cet appareil.

SUIVI MÉDICAL

Dans la majorité des cas, l'évacuation à l'air frais permet de réduire considérablement sinon d'éliminer les effets.

Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au normal salin. Étant donné que les doigts de la victime sont probablement contaminés, il faut éviter de se frotter les yeux et d'essayer d'enlever soi-même ses lentilles cornéennes.

Lors de la décontamination des victimes, le contact avec l'eau froide peut provoquer une réaction vagale chez certains individus entraînant ainsi une diminution de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, ainsi que la possibilité d'une perte de conscience.

L'inhalation importante sera traitée de façon symptomatique avec oxygène et bronchodilatateur au besoin. L'intubation est rarement nécessaire.

La plupart des personnes affectées par les agents anti-émeutes ne requièrent aucune attention médicale. Une exposition à de fortes concentrations de CN dans un espace clos peut provoquer des lésions oculaires, respiratoires et cutanées qui requièrent des soins médicaux. Les personnes avec une maladie respiratoire pré-existante (ex. : asthme) ou qui ont développé un œdème pulmonaire à la suite d'une exposition au CN doivent être suivies par un médecin afin d'éviter que leur condition ne s'aggrave.

RÉFÉRENCES

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices : α -Chloroacétophénone*. Cincinnati (Ohio); 1991.
- Anderson PJ, Lau GSN, Taylor WRJ, Critchley JAJH. *Acute effects of the potent lacrimator o-chlorobenzylidene malononitrile (CS) tear gas*. Human & Experimental Toxicology 1996; 15 : 461-465.
- Beswick, FW. *Chemical agents used in riot control and warfare*. Human Toxicol. 1983; 2 : 247-256.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). *Service du répertoire toxicologique : Chloroacétophénone* [En ligne]. <http://www.reptox.csst.qc.ca>
- Environmental Technologies Group Inc. *APD2000 Detects warfare agents, pepper spray and mace*, [En ligne]. <http://www.domesticpreparedness.com/members/exhibits/etg/APD2000.html>
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB). *2-chloroacetophenone*, [En ligne]. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>
- International Agency for Research on Cancer (IARC ou CIRC). Liste des évaluations du CIRC, [En ligne]. <http://193.51.164.11/monoeval/crthallfr.html>
- Lauwerys, R. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. 4e éd. Paris : Masson; 1999.
- Lee RJ, Yolton RL, Yolton DP, Schnider C, Janin ML. *Personal defense sprays : effects and management of exposure*. Journal of the American Optometric Association 1996; 67 : 548-560.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards : alpha-Chloroacetophenone*, [En ligne]. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0119.html>
- North Atlantic Treaty Organization (NATO), Department of the Army. « Chapter 7 Riot Control Agents ». In *NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations FM 8-9 Part III- Chemical* [En ligne]. 1996.
http://www.nbc-med.org/SiteContent/MedRef/OnlineRef/FieldManuals/amedp6/PART_III/index.htm
- Olajos EJ, Salem H. *Riot control agents : Pharmacology, toxicology, biochemistry and chemistry*. Journal of Applied Toxicology 2001; 21 : 355-391.
- Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). *Tear Gases- An overview of some riot control agents*, [En ligne]. <http://www.opcw.nl/chemhaz/tear.htm>
- MEDITEXT ®. *Medical Management Lacrimators in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™* from MICROMEDEX, vol. 48, expired april 2001, on CD Rom.
- MEDITEXT ®. *Medical Management Warfare agents in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™* from MICROMEDEX, vol. 48, expired april 2001, on CD Rom.

U.S. Army Center for Health Promotion & Preventive Medicine, Office to the Deputy for Technical Services. « *Detailed Facts About Tear Agent 2-Chloroacetophenone (CN)* ». In *U.S. Army Center for Health Promotion & Preventive Medicine, Office to the Deputy for Technical Services- The Deputy for technical Services' Publications Detailed Chemical Facts Sheets*.

[En ligne]. 1998. <http://chppm-www.apgea.army.mil/dts/docs/detcn.pdf>

U.S. Army Medical Research Institute of Chemical Defense (USAMRICD). «Chapter 12 Riot Control Agents ». In *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. [En ligne]. 1997.

<http://www.armymedicine.army.mil/history/borden/cwbw/Ch12.pdf>

United States Environmental Protection Agency (EPA). *2-Chloroacetophenone*, [En ligne].

<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/chlo-phe.html>



- Institut national de santé publique
- Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal

Information aux patients

FICHE SYNTHÈSE – LES AGENTS ANTI-ÉMEUTES

Que sont les agents anti-émeutes?

On classe parmi les agents anti-émeutes le poivre de Cayenne (OC), l'ortho-chloro-benzylidène malononitrile ou gaz lacrymogène (CS) et le chloroacétophénone ou MACE (CN). Ces agents sont utilisés par les forces de l'ordre et aussi par des manifestants. Leur utilisation vise à incommoder pour une courte période de temps et à empêcher de poursuivre son action.

Les agents anti-émeutes sont dispersés sous forme de fines particules ou via un liquide vaporisé. Le poivre de Cayenne est une substance peu soluble extraite du *Capsicum* (piment fort). Le gaz lacrymogène est, en fait, un solide blanchâtre, cristallin à odeur de poivre. Le CN a été délaissé par les policiers au profit des deux autres agents, car il est moins efficace et plus toxique.

Quels effets immédiats sur la santé sont possibles avec ces produits chimiques?

Les agents anti-émeutes causent une irritation sévère mais temporaire, des yeux, du nez, de la bouche, des voies respiratoires et de la peau. Les effets commencent quelques secondes après l'exposition et ne durent pas plus d'une heure une fois la victime retirée de l'exposition. Peu de temps après qu'ils soient amenés à l'air frais, les individus affectés par ces agents commencent à se sentir mieux.

L'irritation des yeux est habituellement accompagnée de larmoiement, de rougeurs et de fermeture involontaire des yeux. Les individus qui respirent ces substances éprouvent de l'inconfort au niveau respiratoire, et parfois, une sensation de suffocation ou de serrement de poitrine. Les agents anti-émeutes peuvent aussi entraîner une sensation d'irritation ou de brûlure de la peau, particulièrement lorsque la température est chaude et la peau humide.

Les agents anti-émeutes produisent rarement des effets sévères. Cependant, un jet reçu à courte distance pourrait causer des dommages plus graves à l'œil. Les agents peuvent induire une crise d'asthme chez les individus prédisposés. Une forte concentration dans des conditions de chaleur et d'humidité favorables peut causer une dermatite retardée (4 à 6 heures après l'exposition) avec des rougeurs et des ampoules.

Cette intoxication peut-elle être traitée?

Dans la majorité des cas, l'évacuation à l'air frais permet de réduire considérablement sinon d'éliminer les effets.

Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au normal salin. Étant donné que les doigts de la victime sont probablement contaminés, il faut éviter de se frotter les yeux et d'essayer d'enlever soi-même ses lentilles cornéennes.

L'inhalation importante sera traitée de façon symptomatique avec oxygène et bronchodilatateur au besoin. L'intubation est rarement nécessaire. Les cas plus sévères d'irritation oculaire seront traités avec un onguent antibiotique et pourront être référés en ophtalmologie.

Dans le futur, quels effets sur la santé peuvent se manifester?

Les effets des agents anti-émeutes disparaissent rapidement et ne laissent aucune séquelle dans la très grande majorité des cas.

Quels tests peuvent être faits lorsqu'on a été exposé à ces produits chimiques?

Le diagnostic d'une intoxication aux agents anti-émeutes se fait d'après l'histoire de l'exposition et l'ensemble des signes et symptômes. Il n'y a pas de test diagnostique spécifique à ces substances

Consignes à suivre :

- Enlever les vêtements aspergés et les laver à l'eau froide. Ces vêtements peuvent contenir des particules qui irriteront à nouveau si on y touche.
- Prendre une douche en arrivant à la maison pour enlever tous les résidus dans les cheveux et sur la peau.
- Jeter les lentilles cornéennes contaminées.

Appelez votre médecin ou consultez au service des urgences si vous remarquez des signes ou des symptômes inhabituels au cours des 24 heures qui suivent, particulièrement :

- de la toux ou une respiration sifflante
- des troubles respiratoires, de l'essoufflement ou des douleurs thoraciques
- une douleur accrue ou des écoulements résultant de blessures aux yeux
- des rougeurs ou des douleurs accrues ou un écoulement purulent à l'endroit d'une brûlure cutanée.

Où peut-on trouver plus d'information sur ce produit chimique?

Vous pouvez obtenir plus d'information sur les agents anti-émeutes auprès du Centre antipoison du Québec (1-800-463-5060), du service Info-Santé de votre CLSC ou encore, en appelant votre médecin.

SECTION B - 4

LES IRRITANTS PULMONAIRES

AMMONIAC

AUTEURS – SECTION B - 4

Jocelyn Lavigne
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Lucie-Andrée Roy
Institut national de santé publique du Québec
Direction de santé publique de Montréal

Guyène Thériault
Direction de santé publique de l'Outaouais

SECTION B - 4

LES IRRITANTS PULMONAIRES

AMMONIAC

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
AMMONIAC.....	7
DONNÉES DE BASE	7
PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES.....	8
COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT.....	8
RISQUES LORS D'UN INCENDIE.....	8
RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE	8
DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ	9
VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES.....	13
GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT	14
DÉTECTION ET MESURES.....	16
MODÉLISATIONS	17
SUIVI MÉDICAL.....	21
RÉFÉRENCES	22
FICHE SYNTHÈSE – L'AMMONIAC.....	23

INTRODUCTION

L'ammoniac est transporté et entreposé sous forme liquide (comprimé), mais il se transforme en gaz dans l'atmosphère lorsqu'il y a perte de confinement. L'ammoniac a plusieurs usages industriels dont celui de réfrigérant. L'odeur âcre et très irritante de l'ammoniac constitue généralement un avertissement de sa présence. Toutefois, une fatigue olfactive peut survenir. Très irritant pour les yeux et les voies respiratoires, l'ammoniac entraîne rapidement une sensation de brûlure aux yeux, au nez et à la gorge. Le tout s'accompagne de larmoiement, de rhinorrhée, de toux et d'une sensation de brûlure dans la poitrine. L'œdème des voies respiratoires supérieures peut entraîner une obstruction de celles-ci. Une concentration importante d'ammoniac peut aussi produire un œdème pulmonaire. Les effets de l'ammoniac sont immédiats. À moyen et long terme, il ne faut surveiller que les séquelles ou complications des atteintes initiales et un possible syndrome d'irritation des bronches (RADS). Le traitement des affections causées par l'ammoniac consiste en un traitement de support et symptomatique.

AMMONIAC

CAS 7664-41-7

La présente fiche traite principalement des effets de l'ammoniac sous forme gazeuse. Cependant, l'ammoniac peut aussi exister en solution aqueuse. Sous cette forme on l'appelle ammoniacque ou hydroxyde d'ammonium, NH_4OH (ex. UN 2672; solution 12 à 44 %).

DONNÉES DE BASE

Synonymes : Ammoniac anhydre

Appellation anglaise : Ammonia, ammonia anhydrous, ammonia gas, ammonia solution

Formule chimique: NH_3

Facteurs de conversion : 1 ppm = 0,7 mg/m³
1 mg/m³ = 1,44 ppm

Sources : L'ammoniac est formé en faisant réagir de l'hydrogène avec de l'azote. De plus, certains produits peuvent générer des vapeurs d'ammoniac en grandes quantités lorsque déversés dans l'eau (amidure de lithium, diamidémagnésium, hydrosulfure d'ammonium, sulfure d'ammonium, nitrure de lithium). Dans les incendies, il est libéré lors de la combustion du nylon, de la soie, de l'orlon (polyacrylonitrile), de la laine, du bois et de la mélamine. Toutefois dans un feu d'édifice résidentiel sa concentration dans la fumée est généralement basse. L'ammoniac est un produit de la pyrolyse de certains plastiques à base d'azote.

Usages : Il fait partie des cinq composés chimiques les plus produits au monde. Environ 80 % de la production est utilisée dans la production d'engrais. Utilisé comme gaz réfrigérant, on peut le retrouver dans les arénas, les entrepôts frigorifiques, les industries de transformation de viande, les supermarchés, les entreprises agricoles, etc. On le retrouve aussi dans l'industrie pétrolière, l'industrie du plastique, dans les explosifs, les détergents, etc.

PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES

État physique :	Gazeux à la température ambiante ($> -33\text{ }^{\circ}\text{C}$) Solide : $< -77\text{ }^{\circ}\text{C}$ Liquide : $> -77\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $< -33\text{ }^{\circ}\text{C}$ Gazeux : $> -33\text{ }^{\circ}\text{C}$
Couleur :	Incolore
Odeur :	Âcre, piquante
Seuil olfactif :	5 - 50 ppm
Poids moléculaire :	17,03
Température d'ébullition :	$-33\text{ }^{\circ}\text{C}$
Température de fusion :	$-77\text{ }^{\circ}\text{C}$

Inflammabilité :	oui ☐ non ☒
T° d'autoignition :	$650\text{ }^{\circ}\text{C}$
Point d'éclair :	NA
Limites d'inflammabilité :	NA
Explosivité :	oui ☒ non ☐
Limites d'explosivité :	15 % - 28 %

COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Densité de vapeur (air = 1) :	0,6 (plus léger que l'air)
Pression de vapeur :	8,5 mm Hg (à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Solubilité dans l'eau :	Facilement soluble dans l'eau, il forme un liquide corrosif.
Densité dans l'eau (eau = 1) :	< 1 Flotte et bout sur l'eau en produisant un nuage de vapeurs visibles.

Même si l'ammoniac a une densité plus faible que celle de l'air, il a été démontré que les rejets d'ammoniac liquide se comportent comme des rejets de gaz lourds sur de grandes distances, et ce jusqu'à ce que la température de l'ammoniac s'élève suffisamment. De plus, les basses températures du nuage font que la vapeur d'eau présente dans l'air se condense et forme un nuage visible jusqu'à ce que le panache soit réchauffé par dilution avec l'air ambiant. Lors de rejet d'ammoniac en phase gazeuse, celui-ci se comporte toujours comme un gaz lourd mais uniquement sur des distances très courtes.

RISQUES LORS D'UN INCENDIE

Produits de dégradation thermique :	Formation d'oxydes d'azote (NO, NO ₂ , etc.)
--	---

RÉACTIVITÉ ET INCOMPATIBILITÉ CHIMIQUE

L'ammoniac est incompatible avec les oxydants forts, les acides, les halogènes et les sels d'argent et de zinc.

DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET EFFETS SUR LA SANTÉ

Mécanisme d'action

L'ammoniac est un gaz qui réagit avec l'humidité qui se retrouve sur les muqueuses et la peau pour former une solution caustique. La sévérité de l'atteinte est fonction de la concentration d'ammoniac et de la durée de l'exposition. L'ammoniac étant très peu absorbé par l'organisme, ses effets se limitent à son pouvoir irritant et corrosif pour les yeux, la peau et les voies respiratoires.

Voies d'exposition

Les voies d'exposition sont les voies pulmonaires, cutanées et oculaires. Comme l'ammoniac est un gaz à la température de la pièce, l'ingestion est peu probable.

Effets d'une exposition aiguë

Il est à noter que l'ammoniac dégage une odeur forte et inconfortable même à des concentrations non toxiques. À faible concentration, l'ammoniac produit des vapeurs tellement inconfortables et irritantes que les gens fuient les lieux. L'intoxication importante ne se produit que lorsque les personnes sont dans l'impossibilité de fuir ou si une très grande concentration est libérée très rapidement.

Exposition respiratoire

Même à de faibles concentrations, l'ammoniac produit rapidement une irritation des voies respiratoires supérieures, de la toux et un bronchospasme. Une exposition plus importante entraînera l'œdème des voies respiratoires supérieures et inférieures. Les symptômes de l'œdème pulmonaire (toux et difficultés respiratoires) se manifestent souvent après un délai pouvant aller jusqu'à 48 heures.

Exposition oculaire

Même de faibles concentrations d'ammoniac produisent rapidement une irritation oculaire avec sensation de brûlure et larmoiement. Un contact avec de l'ammoniac concentré, en gaz ou en solution, peut causer un œdème et une liquéfaction de la surface cellulaire avec pénétration rapide dans la chambre antérieure.

Exposition cutanée

L'exposition de la peau à l'ammoniac provoque une douleur aiguë, de la rougeur cutanée et des vésicules surtout au niveau des zones humides. Une exposition cutanée à de l'ammoniac comprimé liquide cause des engelures plus ou moins sévères, selon la durée du contact.

Séquelles potentielles

Les lésions sévères causées par une forte exposition à l'ammoniac peuvent laisser des séquelles : maladie pulmonaire chronique, ulcération de la cornée. La perforation de la cornée suivie d'une cécité est possible quelques semaines à quelques mois après une exposition oculaire. Des cataractes et du glaucome ont été rapportés après une exposition aiguë. De plus, à l'instar de tout gaz irritant, l'ammoniac peut engendrer un syndrome d'irritation des bronches (RADS).

Exposition chronique

Des expositions répétées à l'ammoniac peuvent causer une irritation chronique des voies respiratoires. Dans plusieurs cas, l'inflammation chronique des bronches et de l'hyperréactivité bronchique ont été notées. Une irritation chronique des yeux a déjà été décrite.

Cancérogénicité

L'ammoniac n'a pas été classé en fonction de sa cancérogénicité.

Effets sur la reproduction

L'ammoniac ne produit pas d'effets sur la reproduction et le développement chez des animaux expérimentaux. Il n'existe pas de données évaluant ces effets chez l'humain. L'ammoniac n'apparaît pas dans le rapport publié par le US General Accounting Office (GAO), *Reproductive and developmental toxicants*, dans lequel on retrouve la liste de 30 produits chimiques problématiques, à cause de leurs effets connus sur le développement et la reproduction.

Toxicocinétique

Courbe Dose-Réponse

L'ammoniaque utilisée dans les maisons (concentrations de 5-10 %) ne cause que très rarement des brûlures des tissus, (même si des brûlures de l'œsophage avec œdème et de l'épiglotte ont été rapportées suite à l'ingestion de ce produit).

L'ammoniaque utilisée en industrie (27-30 %) a un effet corrosif et est donc susceptible de causer des brûlures à la peau, aux yeux et à l'œsophage.

Ammoniac gazeux :

0,6-53 ppm :	Seuil d'odeur
20-25 ppm :	Inconfort chez les individus non accoutumés
25-50 ppm :	Irritation des yeux et des muqueuses après 2-6 heures d'exposition
100 ppm :	Irritation de la gorge après plusieurs heures d'exposition
134 ppm :	Irritation de la gorge après 5 minutes d'exposition
408 ppm :	Irritation immédiate et sévère de la gorge et du nez
608 ppm :	Irritation immédiate des yeux avec possibilités de lésions
1 720 ppm :	Toux et laryngospasmes accompagnés d'œdème possible (réaction immédiate)
2 500-6 500 ppm :	Irritation grave de la cornée, dyspnée, bronchospasme, douleur pulmonaire et œdème pulmonaire (réaction immédiate)
> 5 000 ppm :	Décès immédiat.

Population sensible

Asthmatiques, personnes présentant des problèmes au niveau pulmonaire.

VALEURS DE RÉFÉRENCE TOXICOLOGIQUES

VEMP :	25 ppm (17,4 mg/m ³)	VECD :	35 ppm (24,4 mg/m ³)
DIVS :	300 ppm (209 mg/m ³)		
ERPG-1 (1 heure) :	25 ppm (17,4 mg/m ³)	TEEL-1 (1 heure) :	–
ERPG-2 (1 heure) :	150 ppm (104,5 mg/m ³)	TEEL-2 (1 heure) :	–
ERPG-3 (1 heure) :	750 ppm (522,4 mg/m ³)	TEEL-3 (1 heure) :	–

	Durée				
	10 minutes	30 minutes	1 heure	4 heures	8 heures
AEGL-1	25 ppm (17,4 mg/m ³)	25 ppm (17,4 mg/m ³)	25 ppm (17,4 mg/m ³)	25 ppm (17,4 mg/m ³)	25 ppm (17,4 mg/m ³)
AEGL-2	270 ppm (188,1 mg/m ³)	160 ppm (111,4 mg/m ³)	110 ppm (76,6 mg/m ³)	110 ppm (76,6 mg/m ³)	110 ppm (76,6 mg/m ³)
AEGL-3	2 700 ppm (1 881 mg/m ³)	1 600 ppm (1 114 mg/m ³)	1 100 ppm (766,2 mg/m ³)	550 ppm (383,1 mg/m ³)	390 ppm (271,6 mg/m ³)

GESTION SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Protection personnelle des intervenants de première ligne

Protection respiratoire

Selon les recommandations de la CSST Service du répertoire toxicologique :

Dans une zone de concentration inconnue ou en situation de DIVS :

- Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).
- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive) accompagné d'un appareil de protection respiratoire autonome auxiliaire opérant à la demande ou tout autre opérant à surpression (pression positive).

Évacuation d'urgence :

- Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- Tout appareil de protection respiratoire autonome approprié pour l'évacuation.

Jusqu'à 250 ppm :

- Tout appareil de protection respiratoire à cartouche chimique muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) et assurant une protection contre le contaminant concerné.
- Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
- Appareil de protection respiratoire à adduction d'air.
- Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.

Jusqu'à 300 ppm :

- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air opérant à débit continu.
- Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
- Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé muni d'une (ou plusieurs) cartouche(s) ayant une protection contre le contaminant concerné.
- Substance ayant été signalée comme pouvant causer de l'irritation ou des dommages aux yeux; une protection des yeux est suggérée.
- Tout appareil de protection respiratoire à cartouche chimique, muni d'un masque complet et d'une (ou plusieurs) cartouche(s), assurant une protection contre le contaminant concerné.
- Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, muni d'un masque complet (masque à gaz), à boîtier assurant une protection contre le contaminant concerné, fixé au niveau du menton, ou porté à la ceinture ou à un harnais, devant ou derrière l'utilisateur.
- Tout appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque complet.
- Tout appareil de protection respiratoire à approvisionnement d'air muni d'un masque complet.

Protection cutanée

La protection de la peau est nécessaire si l'exposition au gaz ammoniac est supérieure à 500 ppm pour une longue période (4 heures), particulièrement s'il fait chaud. Ceci a pour effet d'éviter l'action corrosive de l'ammoniac qui se dissout dans la sueur. Des vêtements protecteurs en caoutchouc butyle, Téflon®, Viton®, Responder®, caoutchouc nitrile ou Trellech HPS® sont recommandés. Il doit y avoir des douches oculaires et des douches de secours dans les lieux immédiats où les travailleurs sont exposés.

Dans le contexte d'une opération d'urgence menée par un service de sécurité incendie, ces recommandations peuvent se traduire ainsi :

À des niveaux inconnus ou de plus de 500 ppm, les intervenants doivent porter un EPP de niveau A.

À moins de 500 ppm, APRA + tenue de combat d'incendie (« bunker suit »).

Protection oculaire

Le port de verres de contact n'est pas permis. À plus de 35 ppm une protection des yeux est nécessaire.

Le port du masque complet est le meilleur moyen de protection des yeux contre l'ammoniac.

Décontamination

Les personnes qui ont été exposées à l'ammoniac ne présentent pas de risque de contamination pour les sauveteurs car la quantité de gaz capturé par les vêtements n'est pas suffisante pour intoxiquer quelqu'un. Cependant, l'ammoniac étant très soluble dans l'eau, il se dissout dans les larmes et la sueur pour former une solution caustique. Les victimes doivent donc être dévêtues et décontaminées à grande eau pour éviter des lésions cutanées et oculaires.

DÉTECTION ET MESURES

Tubes colorimétriques :

Oui

Ex : GASTEC :

Gamme de mesures;

0,5 à 1 ppm; (1) à 30 ppm; 30 à 78 ppm

2,5 à 5 ppm; 5 à 100 ppm; 100 à 200 ppm

Interférences possibles :

Diamines, Hydrazines

10 à 50 ppm; 50 à 500 ppm; 500 à 1 000 ppm

Interférences possibles :

Diamines, Hydrazines et monoamines

(autres substances mesurables : Triméthylamines)

Vérifier si des corrections dues à la température sont nécessaires; écart-relatif standard varie de 5 à 10 % selon les tubes.

Appareil à lecture directe :

Oui

Dräger CMS peut faire la mesure NH_3 si muni d'une puce adaptée.

Système de détection par électrochimie :

- forte interférence avec le H_2S
- limite de détection 1 ppm

Système de détection par photoacoustique :

- limite de détection 0,8 ppm
- étalonnage long et complexe.

MODÉLISATIONS

Les résultats obtenus par modélisation sont présentés dans 3 tableaux qui représentent respectivement :

Les concentrations maximales dans l'air extérieur et à l'intérieur des maisons sous le vent aux distances suivantes : 50, 100, 200, 500, 1 000, 1 500, 2 000 et 5 000 mètres.

Les zones d'impact calculées en fonction des niveaux d'ERPG et des différentes quantités relâchées.

Le déplacement du nuage toxique en fonction du temps pour un scénario de relâchement.

Ces résultats ne doivent être utilisés qu'à titre indicatif; dans un contexte de situation d'urgence ils donnent une idée sur l'étendue potentielle des impacts. Évidemment, ces résultats ne s'appliquent qu'à la situation théorique définie par les paramètres que nous avons choisis. En effet, si l'on modifie un tant soit peu les différents paramètres, les résultats obtenus peuvent être très différents.

Ammoniac Concentrations (en ppm) à l'extérieur au niveau du sol / Concentrations (en ppm) à l'intérieur (taux de changement d'air à l'heure de 0,27) Relâchement continu pendant 10 minutes Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, taux d'humidité de 50 % Vitesse de vent de 1,5 m/sec à 10 mètres de hauteur Modélisation « open country » ERPG 2 (150 ppm)								
Distance (mètre)	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
Quantité relâchée (kg)								
10	5 250/230	1 330/58,4	345/15,1	60,8/2,6	16,8/0,8	7,34/0,4	3,92/0,2	**
50	26 200/1 150	6 670/292	1 730/75,4	304/13,2	83,9/3,8	36,7/1,9	19,6/1,2	**
100	52 500/2 300	13 300/584	3 450/151	608/26,4	168/7,6	73,4/3,8	39,2/2,4	**
200	105 000/4 590	26 700/1 170	6 900/302	1 220/52,8	336/15,1	147/7,6	78,4/4,7	**
500	262 000/11 500	66 700/2 920	17 300/754	3 040/132	839/37,7	367/18,9	196/11,9	**
1 000	525 000/23 000	133 000/5 840	34 500/1 510	6 080/264	1 680/75,5	734/37,8	392/23,7	**
5 000	100 %*/115 000	667 000/29 200	173 000/7 540	30 400/1 320	8 390/377	3 670/189	1 960/119	**
10 000	100 %*/230 000	100 %*/58 400	345 000/15 100	60 800/2 640	16 800/755	7 340/378	3 920/237	**
20 000	100 %*/459 000	100 %*/117 000	690 000/30 200	122 000/5 280	33 600/1 510	14 700/757	7 840/474	**
50 000	100 %*/100 %*	100 %*/292 000	100 %*/75 400	304 000/13 200	83 900/3 770	36 700/1 890	19 600/1 190	**
100 000	100 %*/100 %*	100 %*/584 000	100 %*/151 000	608 000/26 400	168 000/7 550	73 400/3 780	39 200/2 370	**

* Correspond à la concentration maximale pouvant être atteinte dans l'air ambiant (état de saturation).

** À cette distance, il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre ce point. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes

Ammoniac

Présentation des zones d'impact (en mètre) en fonction des trois niveaux d'ERPG
et de différentes quantités relâchées

Relâchement continu pendant 10 minutes, Température extérieure de 25 °C,
Stabilité atmosphérique F, taux d'humidité de 50 %
Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur 10 mètres
Modélisation « open country »

Quantité relâchée (kg)	ERPG 1 (25 ppm)	ERPG 2 (150 ppm)	ERPG 3 (750 ppm)
10	811	309	134
50	1 800	735	309
100	2 400	1 100	446
200	3 300	1 500	650
500	5 100	2 300	1 100
1000	7 100	3 100	1 500
5000	> 10 000	6 500	3 100
10 000	> 10 000	9 100	4 200
20 000	> 10 000	> 10 000	5 800
50 000	> 10 000	> 10 000	9 100
100 000	> 10 000	> 10 000	> 10 000

** Pour ce scénario, la distance d'impact estimée est de plus de 10 km. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

Ammoniac Concentrations à l'extérieur au niveau du sol (en ppm) en fonction du temps Relâchement continu de 5 kg/min pendant 10 minutes Température extérieure de 25 °C, Stabilité atmosphérique F, taux d'humidité de 50 % Vitesse de vent de 1,5 m/sec à une hauteur de 10 mètres Modélisation « open country »								
Distance (mètre)	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	5 000
Temps (min)								
1	12 500	500						
5	26 200	6 670	1 730					
10	26 200	6 670	1 730	240				
15				304	10			
20				60	63	1		
25					80	12	1	
30					22	34	3	**
35						31	12	**
40						11	19	**
45						1	17	**
50							7	**
55							2	**
60								**

** À cette distance, il faut plus d'une heure au contaminant pour atteindre ce point. Dans un tel contexte, il est recommandé de ne pas utiliser les valeurs générées par le modèle, car elles présentent trop d'incertitudes.

SUIVI MÉDICAL

Premiers soins

Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau durant 20 minutes et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au sérum physiologique. En cas de difficultés respiratoires, lui donner de l'oxygène.

Lors de la décontamination des victimes, le contact avec l'eau froide peut provoquer une réaction vagale chez certains individus entraînant ainsi une diminution de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, ainsi que la possibilité d'une perte de conscience.

Traitement

Une hospitalisation doit être envisagée dans les cas de détresse respiratoire, de brûlures significatives ou si l'on soupçonne une exposition respiratoire importante. Le patient sera traité de façon symptomatique avec oxygène, bronchodilatateur et intubation, au besoin.

Effets retardés

Il est peu probable que des effets retardés apparaissent chez des patients asymptomatiques ou chez ceux dont les symptômes ont rapidement disparus. Ils peuvent recevoir leur congé avec comme recommandations de se reposer et de rapidement consulter si des symptômes apparaissent. La fumée de cigarette exacerbe les lésions pulmonaires et fumer doit être déconseillé durant les 72 heures suivant l'exposition. Les patients avec des lésions oculaires doivent être réévalués dans les prochaines 24 heures par un examen ophtalmologique. Par contre, les patients plus fortement exposés nécessiteront une observation durant 48 heures, pour surveiller l'apparition de lésions pulmonaires aiguës ou d'un œdème pulmonaire.

RÉFÉRENCES

- ATSDR Managing hazardous materials incidents. Volume III. *Medical management guideline for acute chemicals exposure*. Agency for Substances and Disease Registry, Division of toxicology, Emergency response and scientific assessment branch (E57), Atlanta. Disponible sur CD-ROM. (Traduction et adaptation).
- Auger, Pierre L. *Gaz ammoniac : Santé et environnement*. RSSS de Québec. 30 octobre 1997.
- CSST. Service du répertoire toxicologique.
http://www.reptox.csst.qc.ca/Produit.asp?no_produit=273&nom=Ammoniac
- Finkel, AJ. (ed) 1983. Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology, 4th. Edition. John Wrihgt, PSG Inc., Boston, MA.
- GMU 2 000. *Guide des mesures d'urgence 2 000*. US Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Transport Canada, Sécurité et sûreté, Marchandises dangereuses et Secretaria de Comunicaciones y Transportes de Mexico. 2000. 384 p.
- Greenberg, Michael I. *Occupational, industrial, and environmental toxicology*. 1997.
- HAZARTEXT®, in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD Rom.
- Lauwerys, RR. 1999. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. 4^e édition. Masson, Paris. 961 p.
- Legris M, Roberge B, Pépin P. *Évaluation des atmosphères explosives et toxiques*. Le groupe de communications Sansectra inc et Impact, division des éditions Héritage inc. 2001.
- MEDITEXT®, in ChemKnowledge™ System Plus Ariel GlobalView™ from MICROMEDEX, vol. 48, expired April 2001, on CD Rom.
- NIOSH Documentation for ILDH. 2001. Via Internet, <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.html>
- U.S. Department of transportation : Transports Canada. *Guide nord-américain des mesures d'urgence*. 1996.

FICHE SYNTHÈSE – L'AMMONIAC

Qu'est-ce que l'ammoniac?

L'ammoniac est un gaz incolore, très irritant avec une odeur forte et suffocante. Il se dissout facilement dans l'eau et forme une solution caustique. Près de 80 % de l'ammoniac produit est utilisé comme engrais. Il est aussi utilisé comme réfrigérant et dans les industries pétrolières, de plastique, d'explosifs, de pesticides et autres produits chimiques. Il se retrouve dans plusieurs produits nettoyants domestiques et industriels.

Quels effets immédiats sur la santé sont possibles avec cette substance chimique?

L'ammoniac dégage une odeur forte et incommode même à des concentrations non toxiques. Quelques secondes après l'exposition à faibles doses, les personnes exposées à l'ammoniac notent une sensation de brûlure dans les yeux, le nez et la gorge. La toux et une sensation d'étouffement apparaissent avec de plus fortes doses. Une exposition à de très fortes doses d'ammoniac peut causer la mort par œdème laryngé ou par brûlures chimiques des poumons. Le contact avec la peau peut causer de graves brûlures chimiques. Des lésions profondes de la cornée suivies de cécité apparaissent suite à une exposition oculaire à l'ammoniac sous forme de gaz ou de liquide concentré. De façon générale, plus l'exposition est importante, plus les symptômes sont sévères.

Cette intoxication peut-elle être traitée?

Il n'existe pas d'antidote mais les effets de l'ammoniac peuvent être soignés et la plupart des personnes exposées guérissent bien. Les premiers soins consistent à rincer les yeux rapidement à l'eau durant 20 minutes (enlever les verres de contact) et à nettoyer la peau intacte à l'eau. Si la victime présente des lésions à la peau, elle doit consulter les techniciens ambulanciers sur place pour irriguer les plaies au sérum physiologique. En cas de difficultés respiratoires, lui donner de l'oxygène.

Une hospitalisation doit être envisagée dans les cas de détresse respiratoire, de brûlures significatives ou si l'on soupçonne une exposition respiratoire importante. Le patient sera traité selon ses symptômes avec oxygène, bronchodilatateur et intubation, au besoin.

Les cas plus sévères d'irritation oculaire doivent être traités médicalement et pourront être référés en ophtalmologie. Les brûlures à la peau sont traitées comme toute brûlure.

Dans le futur, quels effets sur la santé peuvent se manifester?

Une personne qui récupère rapidement d'une exposition mineure et limitée dans le temps a peu de chance de présenter des symptômes ou des séquelles à long terme. Des symptômes peuvent apparaître jusqu'à 48 heures après une exposition massive.

Quels tests peuvent être faits lorsqu'on a été exposé à cette substance chimique?

Il n'y a pas de prise de sang permettant de faire le diagnostic d'intoxication à l'ammoniac. L'histoire donnée au médecin ainsi que les symptômes présentés incitent celui-ci à diagnostiquer une intoxication. Il est possible (surtout si plusieurs personnes ont été impliquées) qu'un professionnel se rende sur les lieux de l'accident pour prendre des mesures visant à confirmer la présence d'ammoniac. Quelquefois le médecin décidera de faire certaines prises de sang non-spécifiques et un rayon x pulmonaire, mais ceci n'est pas requis dans tous les cas.

Consignes à suivre

Appelez votre médecin ou consultez au service des urgences si vous remarquez des signes ou des symptômes inhabituels au cours des 24 heures qui suivent, particulièrement :

- de la toux ou une respiration sifflante
- des troubles respiratoires, de l'essoufflement ou des douleurs thoraciques
- une douleur accrue ou des écoulements résultant de blessures aux yeux
- des rougeurs ou des douleurs accrues ou un écoulement purulent à l'endroit d'une brûlure cutanée
- Évitez de fumer pour les 3 prochains jours.

Où peut-on trouver plus d'information sur ce produit chimique?

Vous pouvez obtenir plus d'information auprès du Centre antipoison du Québec (1-800-463-5060), du service Info-Santé de votre CLSC ou encore, en appelant votre médecin.

SECTION B - 5

LES VÉSICANTS

YPÉRITE, LEWISITE

À venir