

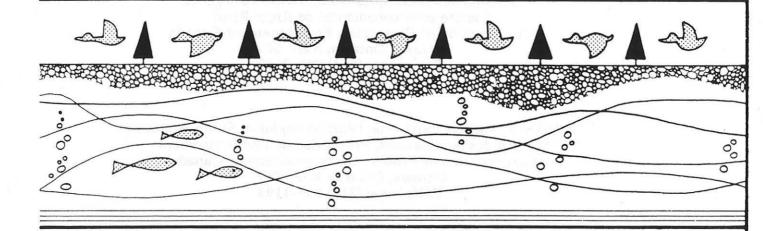
Environment Canada Environnement Canada

0028022 H

= 1 AVR. 1987

E CONTRE

BULLETIN DE LA LUTTE CONTRE LES DÉVERSEMENTS



Bulletin trimestriel de liaison, à caractère non officiel, publié par la Direction du développement de la technologie et des services techniques, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa (Canada)

Table des matières	
Introduction	3
La gestion de cas après le fait	4
Normes de performance relatives aux vêtements de protection contre les produits	13
chimiques, utilisés lors d'interventions d'urgence	1)

VOLUME 12 (1) Mars 1987



ISSN 0381-4459

Bulletin de la lutte contre les déversements (janvier-mars 1987)

Rédacteurs techniques: M.F. Fingas et K.M. Meikle Division des techniques d'intervention d'urgence Centre environnemental de River Road Conservation et Protection, Environnement Canada Ottawa, Ontario, KIA 0E7 Téléphone: (613) 998-9622

Éditrice et coordonnatrice de l'édition anglaise: Stella Wheatley Section des publications, Protection de l'environnement Conservation et Protection, Environnement Canada Ottawa, Ontario, KIA 0E7
Téléphone: (819) 953-1193

Édition française: Module d'édition française
Protection de l'environnement, Conservation et Protection, Environnement Canada
Montréal, Québeæ, H3B 3H9
Téléphone: (514) 283-2760

Le Bulletin de la lutte contre les déversements a été publié pour la première fois en 1976. De caractère modeste, il avait pour but de permettre un échange d'informations sur les mesures d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures ainsi que sur d'autres sujets connexes. Le Bulletin compte maintenant au-delà de 2000 abonnés, et il est diffusé dans plus de 40 pays.

Afin d'élargir l'horizon du Bulletin et de mieux faire connaître les activités de l'industrie et des pays étrangers dans le domaine de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures et de la prévention des incidents de ce genre, la rédaction encourage les lecteurs à présenter des articles portant sur leurs travaux et à exprimer leur opinion.

Available in English from the Publications Section Environmental Protection, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario, KIA 0E7

Ask for the Spill Technology Newsletter

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

INTRODUCTION

Dans le premier numéro de 1987, on a poursuivi la métamorphose amorcée avec le dernier numéro de 1986. La couleur a permis d'améliorer beaucoup l'aspect de la couverture, mais le changement le plus important est sans contredit l'amélioration de la qualité typographique et de la présentation. Nous devons ces améliorations au personnel de la Division du transfert de la technologie et de la formation qui ont transformé notre manuscrit en un produit fini. Le présent numéro marque également le début de notre douzième année de publication. Le besoin auquel répond le Bulletin et l'intérêt qu'il suscite ne semblent d'ailleurs pas s'amenuiser.

Le premier article est signé par MM. Rod Turpin et Philip Campagna qui relatent certaines de leurs activités au sein de l'équipe d'intervention de l'EPA. Cet article présente de bonnes leçons pratiques avec l'humour qu'on connaît à ces auteurs. Le deuxième article, de M. Jeff Stull, de la Garde côtière des États-Unis, fait le point sur les activités en cours visant à améliorer les vêtements de protection contre les produits chimiques.

LA GESTION DE CAS... APRÈS LE FAIT

Rodney D. Turpin et Philip R. Campagna Agence de protection de l'environnement des États-Unis Équipe d'intervention environnementale Edison, New Jersey, 08837, États-Unis

Introduction

L'équipe d'intervention environnementale de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis a été créée en 1978 pour fournir une aide technique aux coordinateurs sur le terrain, aux équipes d'intervention régionales, au bureau principal de l'EPA et à ses bureaux régionaux, ainsi qu'aux organismes des États-Unis et d'autres pays oeuvrant dans le secteur des urgences environnementales, comme les déversements de produits chimiques et les décharges de déchets dangereux non contrôlées.

Le présent article décrit brièvement certaines des expériences les plus intéressantes vécues par les auteurs lors de diverses interventions. Bien qu'il s'agisse d'un document de nature technique, le sujet a été abordé de façon plus générale. Chacune des expériences relatées est étudiée dans le contexte de la santé et de la sécurité en milieu de travail ou du contrôle de l'environnement atmosphérique; elles portent entre autres sur des déraillements, sur des décharges pour déchets dangereux et sur un incendie dans un entrepôt de malathion au Sri Lanka.

Expériences

- 1. "Les travaux réalisés dans des décharges pour produits dangereux réduisent la pollution atmosphérique."
- a) Décharge de barils: Nouvelle-Angleterre
- Description des lieux. Il s'agit d'une décharge située dans une région rurale de la Nouvelle-Angleterre, entourée de feuillus et de conifères, où l'on trouve quelque 5000 à 7000 barils contenant divers types de déchets organiques. Plusieurs barils avaient été percés par la rouille ou par des balles de calibre 0,22 tirées par des personnes des environs qui s'en servaient comme cibles pour faire du tir au pistolet ou à la carabine; les concentrations de produits organiques dans l'air étaient faibles en raison de la température ambiante peu élevée.
- Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. En plus d'échantillonner l'air sur le terrain, nous avons participé aux diverses autres étapes de l'opération: tests de compatibilité; analyse sur place dans un laboratoire mobile; élaboration de protocoles de sécurité pour la décharge; et ouverture, à l'aide de projectiles, de petites bouteilles de laboratoire.
- Surveillance de l'environnement atmosphérique. Cette opération a été remarquée de tous, puisqu'elle s'est déroulée non seulement à la décharge même, mais aussi dans des quartiers résidentiels.

3

Comme la décharge se trouvait à proximité d'une grande route importante, nous avons décidé de prélever des échantillons à partir de points situés contre le vent par rapport à cette route, lorsque les conditions étaient appropriées, en vue de déterminer les teneurs de fond. Les échantillonnages ont été effectués à la fin de l'automne et au début de l'hiver, et des postes de prélèvement (postes de référence) ont été établis dans un parc public entouré de conifères.

Les appareils d'échantillonnage de l'air en temps réel n'ont pas décelé de teneurs de fond particulièrement élevées dans le parc, où des échantillons de référence ont été prélevés. Cependant, l'analyse sur place de tubes de prélèvement à désorption thermique a montré que les échantillons d'air ambiant utilisés comme échantillons de référence renfermaient plus de polluants organiques que les échantillons prélevés sur le terrain de la décharge.

On a alors réinstallé les postes de référence dans un endroit où les teneurs de fond étaient plus faibles. Toutefois, les questions suivantes restaient toujours sans réponse: les polluants provenaient-ils des conifères ou étaient-ils entraînés par l'air à partir de la décharge? Selon les auteurs, ce sont les arbres qui sont en cause; ils n'ont donc plus installé de postes de référence dans un parc depuis ce temps-là.

b) Usine de poteaux de téléphone: région de la côte Est

Description des lieux. - L'usine se trouve dans un parc industriel bordant un petit cours d'eau à marée d'un État de la partie centrale du littoral atlantique. Bien que la région soit très industrialisée, les citoyens se préoccupent beaucoup de leur environnement. Il y a dix ou quinze ans, un cours d'eau avoisinant avait été contaminé par une installation de fabrication de pesticides, ce qui avait eu des conséquences néfastes sur l'industrie de la pêche. Les remorqueurs et les chalands constituent la plus grande partie de la circulation fluviale. Les automobilistes empruntent surtout des ponts basculants pour traverser la rivière.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. Les bureaux régionaux de l'EPA ont demandé de l'aide pour contrôler la présence de polluants atmosphériques potentiels sur les lieux mêmes et dans les environs.

Surveillance de l'environnement atmosphérique. - Comme certains des polluants émis par l'usine risquaient de se retrouver dans l'atmosphère environnante, il semblait particulièrement important, dans ce cas plus que dans la plupart des autres, d'obtenir des données sur les teneurs de fond. Malheureusement, les conditions de température ambiante idéales (l'été) coıncident également avec un taux d'humidité maximal et une circulation automobile accrue.

Après plusieurs mois de planification et d'attente que les conditions atmosphériques soient appropriées, l'opération a eu lieu. Malheureusement, Mère Nature n'a pas coopéré entièrement. La température de l'air et la vitesse du vent étaient appropriées, mais la direction du vent n'était pas idéale pendant la courte période de prélèvement.

Comme par hasard, la direction du vent nous a obligés à installer le poste de référence près du pont basculant. Nous savions, par expérience, que la circulation

automobile avait un effet néfaste sur les teneurs de fond, mais, vu la direction du vent, nous n'avions pas le choix.

Selon des échantillonnages effectués dans la région avec des appareils portatifs de mesure en temps réel, un endroit situé au-dessous du pont basculant (3 à 3,7 mètres sous le tablier) convenait au prélèvement des échantillons de référence. C'est donc là qu'on a entrepris les échantillonnages tant attendus. Malheureusement, un événement imprévu est survenu après 4 heures de prélèvement. Un remorqueur est passé et le pont a été levé, non pas une, mais deux fois. En plus d'être longues (15 à 20 mn), ces interruptions se sont produites chaque fois pendant une période de pointe, soit entre 8 h et 9 h et entre 11 h et 12 h. Il s'est alors formé une file de voitures et de camions d'environ 0,8 à 1,6 km de longueur, juste au-dessus de la station de prélèvement des échantillons de référence.

Comme on l'aura deviné, le chromatographe en phase gazeuse utilisé sur place a révélé que les teneurs de fond étaient plus élevées qu'à l'emplacement de l'usine faisant l'objet de la surveillance. Une fois de plus, notre étude de la qualité de l'air aura montré que les travaux réalisés aux endroits où il y a des déchets dangereux réduisent la quantité de polluants dans l'air ambiant. Vous conviendrez maintenant, nous l'espérons, que d'un endroit pollué est de loin plus facile à réaliser que la mesure des teneurs de fond.

- 2. Un vieux principe de l'équipe d'intervention: "La solution est pire que le problème."
- a) Usine de recyclage Nord-ouest des États-Unis

Description des lieux. - Il s'agit d'un terrain de 13 acres (5,3 ha) situé dans la partie nord-ouest du secteur de la côte Ouest, dans une zone habritant des quartiers résidentiels et des industries légères. Sur ce terrain, on trouve une usine de récupération pouvant traiter divers types de matériaux, allant des cendres volantes aux déchets organiques contaminés par les BPC, en passant par les débris métalliques. Les installations comprennent entre autres 70 réservoirs servant au stockage, 5000 barils, un incinérateur, un laboratoire et des étangs de stabilisation. Ce qui distinguait cette usine des autres installations de récupération était l'acidité de certains de ses étangs, dont le pH était inférieur à 1.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. - Le rôle de l'équipe d'intervention était de participer aux activités suivantes sur le terrain: élaboration de mesures de protection de la santé et de mesures de sécurité en milieu de travail; échantillonnage de l'air; tests de compatibilité; application de techniques d'enlèvement et d'élimination; travaux de soutien/élaboration de protocoles sur place dans le laboratoire mobile; et travaux de soutien/élaboration de protocoles d'analyse hors-site.

Mesures de protection de la santé et mesures de sécurité en milieu de travail. - Le plan de sécurité spécifique pour l'usine suivait les lignes directrices données dans les Standard Operating Safety Guides de l'EPA, de novembre 1984, et a été modifié pour répondre aux besoins particuliers de ces lieux. Les diverses activités étaient effectuées aux niveaux B et C.

Comme tous les déchets devaient être expédiés à l'extérieur de l'État pour être éliminés, il était nécessaire de rendre solides les déchets organiques liquides présents dans les étangs. Comme il s'agissait d'une région du Nord-Ouest, on a choisi le bran de scie comme matière cellulosique naturelle. Or, le mélange du bran de scie constituait davantage un problème de santé et de sécurité qu'un problème d'ordre technique.

On a utilisé une chargeuse frontale pour mélanger le bran de scie au liquide et on a fourni à l'opérateur des vêtements de protection modifiés, de niveau B, du type résistant aux produits chimiques, ainsi qu'un respirateur autonome dont la bouteille d'alimentation en air était fixée à la cabine.

Après un contrôle de plusieurs jours de l'air dans la cabine de la chargeuse frontale, l'hygiéniste de l'entrepreneur engagé pour le nettoyage a remplacé le respirateur autonome par un masque filtrant.

Malheureusement, la chargeuse frontale a percé un baril duquel s'est échappé un panache toxique qui a englouti l'opérateur et a pénétré son masque filtrant. Les concentrations étaient telles qu'il a été asphyxié puis s'est évanoui. À la suite de cet incident, l'opérateur a dû être hospitalisé plusieurs heures.

Dans les autres industries, c'est l'entrepreneur qui choisit le type de protection respiratoire qu'il convient d'utiliser, mais cette pratique ne s'applique pas dans le cas des lieux où se trouvent des déchets dangereux. Selon le Standard Operating Safety Guide (EPA) de novembre 1984, le choix des respirateurs doit être basé sur plusieurs facteurs, dont le risque d'exposition.

b) Prélèvement d'échantillons dans une décharge contrôlée - Nord-est des États-Unis

Description des lieux. - Cette décharge est située sur la côte Est et est bordé au sud par l'océan Atlantique et à l'est par un canal. La décharge est entourée de maisons unifamiliales et d'habitations à logements multiples.

La décharge comprend également un petit incinérateur municipal. Peu de temps avant le début de l'échantillonnage, les journaux locaux avaient fait paraître des articles sur le rejet illégal de déchets dangereux dans les décharges contrôlées situées dans l'agglomération urbaine. Les résidants du voisinage s'étaient également plaints des odeurs dégagées par la décharge.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. - La tâche de l'équipe d'intervention consistait à prélever et à analyser des échantillons d'air sur le terrain de la décharge, ainsi que dans la municipalité. On a prélevé des échantillons d'air à partir des évents et des sources possibles d'infiltration dans l'aire de décharge, ainsi que dans la municipalité. Le plan prévoyait le prélèvement d'échantillons d'air sur divers substrats (carbone, tenax, gel de silice, etc.) et dans des sacs d'échantillonnage, et le contrôle en temps réel au moyen d'un spectromètre de masse (SM/SM) portatif.

Les échantillons d'air ont été prélevés sur une période de 6 à 8 heures à l'aide de pompes individuelles, réglées à divers débits et munies de tubes de prélèvement garnis de carbone, de tenax et de gel de silice. De plus, des échantillons d'air ont été

prélevés dans des sacs, à divers endroits. On a dosé le méthane dans l'air ainsi prélevé, en utilisant un analyseur de vapeurs organiques muni d'un détecteur à ionisation de flamme; on a aussi dosé le chlorure de vinyle à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur à photo-ionisation. On a préparé des étalons pour le dosage du chlorure de vinyle, en diluant un étalon certifié constitué d'air renfermant du chlorure de vinyle, en bouteille, avec de l'air très pur dans des sacs de prélèvement.

C'est au cours du dosage du chlorure de vinyle que le principe de Murphy voulant que "tout va mal parce que tout peut aller mal" a pu être vérifié pour la première fois. Au lieu de faire expédier les bouteilles de chlorure de vinyle, il a été décidé d'introduire l'étalon dans des sacs de prélèvement de 5 litres et de préparer les dilutions sur le terrain à partir de ces sacs. Le premier jour du dosage, l'analyste a constaté que l'aire sous le pic correspondant au chlorure de vinyle dans les étalons dilués diminuait avec le temps. On a conclu que le chlorure de vinyle s'échappait des sacs ou qu'il se décomposait. Il a donc fallu téléphoner d'urgence au bureau et les bouteilles d'air ont été expédiées immédiatement sur les lieux.

Marée haute ou marée basse. - Le principe de Murphy s'est confirmé une fois de plus. Soulignons que certains des membres de l'équipe ont vécu dans la région des Grands Lacs où l'effet des marées est minimal. Le troisième jour, le plan d'échantillonnage prévoyait des prélèvements dans les zones où des vapeurs risquaient d'être émises par les eaux d'infiltration. On a donc installé des pompes munies de tubes renfermant diverses matières au-dessus des sources possibles. C'est au cours de la seconde inspection des pompes que l'équipe chargée du prélèvement a pu constater l'effet de la marée... Les pompes avaient disparu. Elles ont été retrouvées le jour suivant, à marée basse. Inutile de dire qu'elles ne fonctionnaient plus.

c) Installation d'incinération abandonnée - Région des Grands Lacs

Description des lieux. - Le terrain de l'installation, situé dans une banlieue, était constitué de sol et de boues contaminés. On y trouvait aussi des étangs et une zone de deux acres où des barils avaient été enfouis. Les boues et le sol renfermaient du C-46, du C-56, du C-58, du C-48 et d'autres produits organiques chlorés. Le nettoyage était effectué par un entrepreneur responsable.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. - La Région a demandé à l'équipe d'intervention d'élaborer et de mettre en application un plan de surveillance de l'environnement atmosphérique dans la localité et un plan d'intervention d'urgence en cas d'une fuite accidentelle. On a également demandé à l'équipe de vérifier le plan de surveillance atmosphérique élaboré par l'entrepreneur chargé du nettoyage, ainsi que les mesures de protection de la santé et les mesures de sécurité appliquées par les travailleurs sur les lieux.

Surveillance de l'environnement atmosphérique. - L'échantillonnage de l'air se faisait à partir de trois postes situés à l'arrière d'habitations privées, de deux postes, sous le vent par rapport au terrain, situés le long de la limite du terrain, de deux postes de références servant à mesurer les teneurs de fond, et d'un poste mobile. Chaque poste d'échantillonnage comprenait divers types de pompes de prélèvement munies de

tubes renfermant diverses matières, comme le carbone, le porapak-T, le Tenax/Chromosorb (pour l'analyse par CG/SM) et le CG-Tenax pour l'analyse sur place par CG/désorption thermique. Le plan prévoyait également l'échantillonnage en temps réel des vapeurs organiques avec des appareils portatifs.

On a analysé sur place des échantillons par CG pour aider le personnel travaillant sur les lieux à déterminer si les activités qui s'y déroulaient provoquaient des émissions dans la communauté. L'information ainsi obtenue servait également à déterminer quels tubes seraient envoyés au laboratoire pour y être analysés. Les échantillons devant être envoyés au laboratoire étaient conservés au frais dans des sacs réfrigérants dont l'effet refroidissant est assuré par une réaction endothermique. On amorce la réaction chimique en écrasant les sacs avec les mains. Mais après de longues journées torrides sous le poids de divers types de vêtements et de matériel de protection, la tâche la plus facile devenait ardue. Comme l'un de ces sacs résistait à toute tentative d'amorçage, l'un des membres de l'équipe l'a mis entre ses genoux et a tenter de l'écraser en utilisant à la fois ses mains et ses jambes. Non seulement a-t-il réussi, mais le sac s'est déchiré et la solution endothermique s'est répandue dans la région inguinale de l'individu. Ce dernier a alors franchi en un temps record les 90 mètres qui le séparaient de la station de décontamination. En plus de la sensation de brûlure, il a dû se rappeler douloureusement qu'il était responsable, au sein de l'équipe, des questions de santé et de sécurité.

d) Déraillement - États du golfe

Description des lieux. - L'équipe est intervenue dans une région rurale, située dans l'un des États qui bordent le golfe du Mexique, où quelques 40 wagons-citernes renfermant des produits chimiques avaient quitté la voie. L'incendie faisait rage, certains wagons laissaient fuir leur contenu et il y avait des explosions.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. - Outre la surveillance atmosphérique et l'élaboration de mesures de protection de la santé et de mesures de sécurité en milieu de travail, l'équipe a déterminé le degré de contamination du sol et des eaux souterraines et a évalué les techniques de nettoyage.

Surveillance de l'environnement atmosphérique et élaboration de mesures de protection de la santé et de mesures de sécurité en milieu de travail. - Cette intervention a laissé aux auteurs de nombreux souvenirs dont les trois suivants, qui leur sont chers.

1º Ballons-sondes. - L'équipe chargée de l'échantillonnage de l'air ne pouvait s'approcher du panache à cause du risque d'explosion. On a alors utilisé deux petits ballons-sondes, que l'on s'était procurés à un aéroport situé à proximité, pour soulever les pompes et les tubes de prélèvement à une altitude plus grande que le sommet des pins (environ 200 pieds) et ainsi pénétrer dans le panache. Comme les deux petits ballons n'exerçaient pas une force suffisante pour soulever les appareils, on a eu l'idée d'y attacher des gants en latex gonflés à l'hélium. Il fallait voir ces gants qui, une fois gonflés, ressemblaient aux pis d'une vache. Les gens de la presse ont bien rigolé.

L'ensemble ballons-gants a été lancé vers 6 h 30 et est resté dans le panache pendant quatre heures. Au retour de l'équipe responsable du prélèvement, l'hélium s'était dilaté et avait fait éclater les gants, ce qui a précipité les pompes au sol. Cependant, nous avons eu le plaisir de constater que malgré une chute d'environ 200 pieds, les pompes fonctionnaient encore.

2º Génératrices de 110 V. - Lors d'un déraillement, on échantillonne souvent l'air sur des périodes de 24 heures. Ainsi, l'équipe a décidé de ne pas utiliser les batteries des chromatographes en phase gazeuse et de se servir plutôt de la génératrice alimentée à l'essence dont disposait le poste de commande, mais une surtension a fait sauter l'un de nos deux CG. Depuis cet incident, nous ne branchons plus nos appareils sur une génératrice.

3º Protection des yeux. - Le contenu de l'un des wagons-citernes s'était écoulé dans un fossé de drainage. Le produit était très acide et l'on était en train de nettoyer de petites flaques.

Les auteurs avaient non seulement recommandé mais exigé que les personnes s'occupant du nettoyage du fossé portent un respirateur recouvrant entièrement le visage. Évidemment, l'hygiéniste industriel chargé du nettoyage par la compagnie de chemin de fer n'était pas d'accord. Il s'ensuivit un long débat sur la question de l'autorité de l'EPA à faire respecter les protocoles de protection de la santé et les protocoles de sécurité au cours d'une opération de nettoyage effectuée par un tiers sous la direction de l'État. Pendant les 24, heures qu'a duré cette vive discussion, une des personnes qui nettoyaient le fossé et qui ne portaient qu'un respirateur recouvrant la moitié du visage, c.-à-d. ne comportant aucune protection pour les yeux, a perdu l'équilibre. Ce faisant, sa pelle est tombée dans la flaque boueuse qui contenait le produit dangereux et il s'est infligé une brûlure chimique à un oeil.

3. Incendie dans une entrepôt de malathion: Sri Lanka

Description des lieux. - Nous étions à deux semaines de Noël, et rien ne troublait le calme qui régnait au bureau, même pas un déversement.

Un appel sur la ligne d'urgence est cependant venu rompre le silence. C'était le bureau AID du Département d'État qui désirait des renseignements sur le malathion, car un incendie venait de se déclarer dans un entrepôt à Colombo, au Sri Lanka, renfermant environ 20 millions de livres (9 x 10⁶ kg) de malathion. Le pesticide se présentait sous forme d'une poudre mouillable dans des boîtes en carton ondulé.

Aide apportée par l'équipe d'intervention environnementale. - On nous a d'abord demandé des renseignements sur les produits de dégradation possibles, sur les effets nocifs pour la santé et sur les différentes méthodes d'élimination de ce pesticide. Un rapport renfermant ces renseignements a été préparé immédiatement. Nous avons également indiqué qu'il était probable que le feu couve au bas des piles de boîtes, celles-ci étant empilées sur 6 mètres de hauteur.

Le bureau AID a examiné les renseignements fournis, puis a décidé qu'il fallait envoyer sur place des membres de l'équipe d'intervention pour inspecter les lieux et

aider le gouvernement du Sri Lanka à déterminer si le feu couvait toujours et s'il y avait encore dégagement de vapeurs et pour choisir les méthodes appropriées d'élimination.

Intervention. - Les deux hommes qui formaient l'équipe se sont envolés en matinée vers Washington, DC, pour une séance d'information, puis en soirée vers le Sri Lanka.

Les incidents mineurs qui se produisent souvent lors des interventions ont commencé presque immédiatement. Le matériel nécessaire à l'échantillonnage, qui était constitué de 12 éléments, devait être transporté dans la soute aux bagages. Il s'agissait de sondes thermométriques, de respirateurs à cartouche filtrante, de vêtements de protection jetables, d'appareils d'échantillonnage et de surveillance de l'air, de tarières manuelles et de produits de référence. Au cours du vol vers le Sri Lanka, ces bagages devaient être transférés quatre fois (New York - Washington - New York - Suisse - Sri Lanka). Or, une seule valise s'est perdue pendant cette étape du voyage.

À son arrivée à l'aéroport le vendredi matin, l'équipe a constaté qu'aucune réservation n'avait été faite et qu'il n'y avait aucune place de libre à bord du vol de 7 h. Ensuite, les lignes aériennes ont décidé à la dernière minute de remplacer le vol New York - Suisse par un vol vers Hambourg avec correspondance pour la Suisse. Cet incident mineur a retardé de cinq heures l'arrivée de l'équipe au Sri Lanka. Lors de la séance d'information, les membres de l'équipe avaient appris qu'il y avait des activités terroristes dans ce pays. À leur arrivée au Sri Lanka, ils ont remarqué que l'aéroport et les bureaux gouvernementaux étaient gardés par l'armée. Cependant, après avoir parlé au représentant local, ils ont appris que le chef d'État du Pakistan était en visite au Sri Lanka et que les soldats faisaient partie de la garde d'honneur.

Malgré ces incidents mineurs, l'interventions s'est très bien déroulée dans l'ensemble. L'équipe a réussi à relever la température à l'intérieur de la pile de boîtes et à mesurer la concentration des vapeurs. La sonde thermométrique a indiqué que le feu couvait encore sous certaines piles, et les concentrations de vapeurs ont révélé qu'il n'y avait pas de danger immédiat pour la santé. L'équipe a également formulé des recommandations sur l'élimination des déchets. Pendant toute la durée du séjour, les Sri-lankais se sont montrés extrêmement coopératifs et cordiaux avec les membres de l'équipe.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur reconnaissance à tous les membres de l'équipe d'intervention environnementale de l'EPA, à l'équipe d'analyse qui était attachée temporairement à l'équipe d'intervention et aux entrepreneurs qui traitent avec l'unité d'intervention environnementale d'urgence de l'EPA des É.-U., pour l'assistance qu'il nous ont si souvent apportée et pour les améliorations constantes qu'ils nous ont proposées dans nos interventions.

Conclusion

Les auteurs espèrent que vous avez apprécié leur tentative de vous faire partager l'expérience acquise au cours de ces interventions. Dans le domaine des interventions relatives aux déchets dangereux, comme dans les autres domaines, rien ne vaut l'expérience de première main.

NORMES DE PERFORMANCE RELATIVES AUX VÊTEMENTS DE PROTECTION CONTRE LES PRODUITS CHIMIQUES, UTILISÉS LORS D'INTERVENTIONS D'URGENCE*

Lieutenant Jeffrey O. Stull Garde côtière des États-Unis Bureau de recherche et de développement Washington, D.C.

Introduction

Qu'ils soient fédéraux, d'état, locaux ou commerciaux, les organismes d'intervention utilisent diverses tenues pour protéger leur personnel lors de déversements de produits chimiques, comme des survêtements, des gants, des bottes et des combinaisons recouvrant tout le corps. Ce sont les combinaisons de protection contre les produits chimiques qui offrent la meilleure protection; elles sont employées lorsque les risques d'exposition aux produits toxiques sont les plus élevés. Même si l'utilisation de ces combinaisons est fort répandue, il existe peu de normes régissant directement ce type de vêtement protecteur. L'American Society for Testing and Materials (ASTM) a introduit de nouvelles méthodes d'essai pour les vêtements de protection. Par exemple, le comité F23 de l'ASTM, qui s'occupe des vêtements de protection, a établi une méthode pour mesurer l'impénétrabilité des matériaux par les produits chimiques. Néanmoins, il n'existe aucune norme détaillée spécifiant les exigences relatives à la performance des vêtements et des matériaux.

Les conséquences de cette lacune sont multiples. Les utilisateurs qui cherchent le vêtement "approprié" doivent choisir parmi une multitude de produits. Souvent, les petits organismes disposent de ressources limitées pour se procurer des vêtements de protection chimique et doivent se fier à un seul type de combinaison pour répondre à leurs besoins lors des interventions. De plus, les utilisateurs doivent, dans une certaine mesure, être certains que le vêtement choisi aura la résistance prévue ou respectera les spécifications du fabricant. Par ailleurs, on peut difficilement comparer les produits entre eux lorsque chaque fabricant présente de façon différente les spécifications ou les caractéristiques de ses vêtements. Il est même difficile de comparer des données chimiques obtenues avec la même méthode d'essai, parce que les résultats sont présentés de différentes façons. Toutefois, il est plus important de souligner qu'on fabrique peut-être des vêtements de protection qui, en raison d'une fabrication médiocre ou d'un contrôle de la qualité insuffisant, n'offrent pas une protection adéquate.

De toute évidence, il est nécessaire d'établir des normes détaillées sur les vêtements de protection. Citons à titre d'exemple l'accident du 12 août 1983. Une fuite s'était déclarée dans un wagon-citerne rempli de diméthylamine, garé sur une voie industrielle, à Benicia, en Californie. Des pompiers, portant une combinaison de protection contre les produits chimiques sont alors intervenus. Toutefois, peu de temps après le début de l'intervention, ils ont constaté que la visière de leur combinaison devenait opaque. L'une des visières a

^{*} Les opinions exprimées dans le présent article sont celles de l'auteur. Elles ne reflètent pas nécessairement les vues de la Garde côtière des États-Unis, de l'American Society for Testing and Materials, ou de la National Fire Protection Association.

même fini par voler en éclats, exposant ainsi l'utilisateur à des concentrations importantes du produit (1). Or, l'information fournie au service des incendies sur ce type de vêtement protecteur avait amené les pompiers à croire que cette combinaison offrait une protection suffisante contre la diméthylamine. Après avoir enquêté sur l'incident, le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis a recommandé que plusieurs organismes fédéraux travaillent de concert sur cette question afin de promouvoir l'établissement de normes, acceptables par tous les groupes concernés, qui permettraient d'améliorer les produits et d'accroître la confiance des utilisateurs (2).

C'est ainsi que la Garde côtière des États-Unis, en collaboration avec l'Environmental Protection Agency, la Federal Emergency Management Agency, le National Institute for Occupational Safety and Health et l'Occupational Safety and Health Administration, a formé, conformément à la recommandation du NTSB, un groupe de travail dont le rôle consiste à coordonner les travaux de recherche réalisés par les organismes fédéraux des États-Unis dans le domaine des vêtements de protection contre les produits chimiques. Ce groupe est aussi chargé d'examiner l'état des travaux de recherche et de développement par l'industrie réalisés pour le compte du gouvernement des États-Unis et de participer activement aux travaux du comité F23 de l'ASTM sur les vêtements de protection et du sous-comité de la National Fire Protection Association (NFPA), nouvellement mis sur pied en vue d'élaborer des normes sur les combinaisons de protection contre les produits chimiques.

Types de normes et philosophie de l'élaboration des normes

En général, trois types de normes peuvent s'appliquer aux combinaisons de protection chimique: les normes documentaires, les normes de performance et les normes de fabrication. Les normes documentaires demandent aux fabricants de réaliser certains essais et de signaler certains des résultats obtenus aux utilisateurs. Ce type de normes peut également obliger les fabricants à fournir aux utilisateurs de l'information sur leurs produits, par exemple une description complète du matériau entrant dans la fabrication d'un vêtement. Les normes de performance régissent une propriété ou une caractéristique du produit et spécifient un résultat que le fabricant doit obligatoirement respecter. Par exemple, elles peuvent exiger que le matériau de la combinaison chimique possède une certaine résistance au déchirement. On qualifie aussi ces normes "de valeurs limites à respecter", car le produit doit avoir une performance minimale. Les normes les plus strictes portent sur la fabrication. Elles spécifient la manière exacte dont un produit doit être fabriqué. Ces normes sont généralement évitées, car elles limitent la méthode de fabrication et ainsi ne donnent pas aux fabricants la latitude qui leur permettrait d'innover dans ce domaine.

L'ASTM et la NFPA semblent posséder des approches nettement différentes mais compatibles en ce qui concerne l'élaboration de normes régissant les vêtements de protection. L'ASTM se consacre actuellement à l'élaboration de normes qui permettraient de mesurer les propriétés du matériau servant à la confection des vêtements de protection chimique ou qui préciseraient les méthodes d'essai à utiliser pour mesurer les limites d'utilisation des vêtements de protection. Il existe déjà plusieurs normes qui spécifient les méthodes à utiliser pour effectuer ces mesures. De plus, les normes des autres comités de l'ASTM, comme celles du comité D11 sur le caoutchouc, peuvent s'appliquer aux vêtements de protection. Ainsi, le rôle de l'ASTM consistera à fournir des techniques de

contrôle de la qualité qui permettront de normaliser la documentation relative à un produit. À cette fin, le comité F23 de l'ASTM a chargé un groupe de travail d'élaborer une norme documentaire détaillée sur les combinaisons de protection contre les produits chimiques; cette norme obligera les fabricants à fournir certains renseignements sur leurs produits et à soumettre leurs produits à certains essais.

Par ailleurs, la NFPA travaille à l'élaboration de normes de performance qui fixeront des exigences spécifiques pour les combinaisons de protection contre les produits chimiques. Sous l'égide du comité technique de la NFPA sur le matériel de protection destiné aux pompiers, un sous-comité sur les vêtements de protection contre les produits chimiques dangereux élabore actuellement plusieurs normes de ce type. Avec ces normes, les fabricants devront non seulement effectuer certains essais et signaler les résultats obtenus, mais ils devront aussi fabriquer un produit possédant des caractéristiques minimales requises. Pour satisfaire à une norme, le produit devra répondre à toutes les exigences de cette norme. Comme dans le cas des spécifications de l'ASTM, les fabricants qui satisfont à toutes les exigences d'une norme peuvent indiquer sur l'étiquette que leur produit est conforme à cette norme. De nombreuses normes régissent le type d'étiquette de conformité et la présentation des données qui y figurent.

Classification des combinaisons de protection contre les produits chimiques

Il existe plusieurs modes de classification des vêtements de protection contre les produits chimiques. Certains sont basés sur la conception, alors que d'autres se fondent sur la fonction ou l'utilisation du vêtement. L'un des systèmes bien connus de classification est celui qu'a mis au point l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis et qui permet de distinguer les divers types de vêtements d'après le degré de protection qu'ils offrent (3). Quatre niveaux désignés A, B, C et D, établis d'après le degré et le type de toxicité, permettent de choisir le vêtement de protection, le respirateur et les accessoires qui conviennent. Ces différents niveaux et les critères recommandés pour les utiliser sont donnés à la figure 1. Ce système permet de classer les différents vêtements de protection, mais il n'a pas été concu dans le but d'établir des catégories différentes. En effet, certains aspects risquent d'être interprétés de différentes façons. Par exemple, on ne sait pas exactement si la combinaison de niveau A doit envelopper complètement l'utilisateur et le respirateur qu'il porte ou si ce respirateur peut être porté à l'extérieur de la combinaison. En outre, c'est l'utilisateur qui choisira le vêtement d'après sa "durabilité". Or, ces nuances sont essentielles pour l'élaboration de normes régissant les vêtements de protection contre les produits chimiques.

La NFPA étudie actuellement un système de classification basé sur les niveaux de protection de l'EPA. Le niveau le plus élevé, soit le niveau A, prescrit l'utilisation d'une combinaison enveloppant complètement l'utilisateur, principalement dans les cas où l'exposition de la peau au(x) produit(s) est inadmissible. La NFPA propose de classer ce type de vêtement dans la classe "protection contre les vapeurs". Parmi les combinaisons recommandées pour les niveaux B et C, on compte les tenues anti-éclaboussures à une ou à deux pièces. La NFPA propose de classer ce type de vêtement dans la classe "protection contre les liquides". Le but de cette distinction est de permettre de vérifier l'efficacité de la protection de chaque type de vêtement protecteur. Ainsi, on peut baser la classification

Niveau de protection	Matériel	Protection fournie	Doit être utilisé lorsque:	Critère limitant
Ā	RECOMMANDÉ: Appareil respiratoire, à pulmocommande, recouvrant entièrement le visage, ou appareil respiratoire à pulmo-commande à surpression avec respirateur d'urgence. Combinaison recouvrant entièrement l'utilisateur, résistant aux produits chimiques. Gants à porter à l'intérieur de la combinaison, résistant aux produits chimiques. Bottes/chaussures de sécurité, résistant aux produits chimiques. Émetteur-récepteur. OPTIONNEL Unité de refroidissement. Survêtement. Longs sous-vêtements de coton. Casque de protection. Gants et couvre-bottes jetables.	Protection maximale des poumons, de la peau et des yeux.	La substance chimique a été identifiée et le niveau maximal de protection est requis pour la peau, les yeux et les poumons, car: - la teneur mesurée (ou potentielle) on vapeurs, en gaz ou en matières particulaires de l'atmosphère est élevée; ou - les opérations et les travaux sur les lieux comportent un risque élevé d'éclaboussure, d'immersion ou d'exposition qui provoquerait un contact imprévu avec des vapeurs, des gaz ou des matières particulaires dangereux pour la peau ou pouvant être absorbés par la peau intacte. On sait qu'il y a présence ou l'on soupçonne la présence de substances très dangereuses pour la peau; il y a risque de contact cutané. Les opérations doivent se dérouler dans des endroits fermés et mal aérés, jusqu'à ce qu'on ait déterminé que les conditions justifiant une protection de niveau A sont absentes.	. Le matériau de la combinaison doit être compatible avec les substances en cause.
8 (Basé sur les éq	RECOMMANDÉ: Appareil respiratoire autonome, à pulmo-commande, recouvrant entièrement le visage, ou appàreil respiratoire à pulmocommande à surpression avec respirateur d'urgence. Vêtements résistant aux produits chimiques (survêtement avec veste à manches longues; ensemble antiéclaboussures chimiques, à une ou deux pièces, avec capuchon; combinaison jetable à une pièce, résistant aux produits chimiques). Gants à porter à l'intérieur et à l'extérieur de la combinaison, résistant aux produits chimiques. Bottes/chaussures de sécurité, résistant aux produits chimiques. Casque de protection. Émetteur-récepteur. OPTIONNEL Combinaison. Couvre-bottes jetables. Masque. Longs sous-vêtements de coton.	Même niveau de protection pour les poumons qu'en A, mais protection moindre pour la peau. Il s'agit du niveau minimal recommandé pour entrer sur un site, jusqu'à ce que le danger ait été mieux évalué.	Le type de produit et sa concentration dans l'air ambiant ont été identifiés et nécessitent un niveau élevé de protection des poumons, mais une protection cutanée moindre. Ceci s'applique aux atmosphères: - présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé (IDLH) mais où les substances ne constituent pas un grave danger pour la peau; ou - qui ne satisfont pas aux critères d'utilisation des respirateurs à éléments filtrants. L'atmosphère renferme moins de 19,5 % d'oxygène. Les appareils de détection de vapeurs organiques à lecture directe signalent la présence de vapeurs ou de gaz incomplètement identifiés, mais on ne soupconne pas la présence de teneurs élevées en produits chimiques dangereux pour la peau ou pouvant être absorbés par la peau intacte.	N'utiliser que si l'on ne soup- conne pas dans les vapeurs ou les gaz la présence de teneurs élevées en produits chimiques dan- gereux pour la peau ou pouvant être absorbés par la peau intacte. N'utiliser que s'i est très improbable que les travaux en cours produisent des teneurs élevées en vapeurs, en gaz ou en matières particulaires ou provoquent des éclaboussures risquant de touche la peau non protégée.
C	RECOMMANDÉ: Masque filtrant, recouvrant entièrement le visage, avec cartouche. Vêtements résistant aux produits chimiques (combinaison et veste à manches longues; tenue anti-éclaboussures chimiques, à une ou deux pièces, avec capuchon; combinaison en une pièce résistant aux produits chimiques). Gants à porter à l'intérieur et l'extérieur de la combinaison, résistant aux produits chimiques. Bottes/chaussures de sécurité, résistant aux produits chimiques. Casque de protection. Émetteur-récepteur. OPTIONNEL Survêtement. Couvre-bottes jetables. Visière protégeant le visage. Masque d'urgence. Longs sous-vêtements de coton.	Même niveau de protection de la peau qu'en B, mais niveau moindre de protec- tion des poumons.	Les produits dans l'atmosphère, les éclaboussures de liquides ou tout autre contact direct ne présentent aucun danger pour la peau non protégée. On a identifié les produits qui se trouvent dans l'air, on a mesuré leur concentration et l'on dispose d'une cartouche pour les éliminer. Tous les critères permettant l'utilisation de masques filtrants sont respectés.	Les teneurs atmosphériques en produits chimiques ne doivent pas dépasser les valeurs immé- diatement dan- gereuses (IDHL). L'atmosphère doit renfermer au moins 19,5 % d'oxygène.
D	RECOMMANDÉ: . Survêtement Bottes/chaussures de sécurité Lunettes de sécurité ou lunettes de protection contre les éclaboussures chimiques Casque de protection. OPTIONNEL . Gants Masque d'urgence Visière protegeant le visage.	Aucune protection pour les poumons. Protection minimale pour la peau.	Selon les données, l'atmosphère ne renferme aucun produit dangereux. Les travaux ne comportent aucun risque d'éclaboussures, d'immersion ou d'inhalation ou de contact inattendu avec des produits chimiques en concentrations dangereuses.	Il ne faut pas porter l'équipement de protection correspondant à ce niveau dans la zone d'exclusion. L'atmosphère doit contenir au moins 19,5 % d'oxygène.

d'une combinaison sur la conformité aux exigences d'un essai de performance plutôt que sur des caractéristiques de fabrication (définition axée sur l'efficacité de la protection plutôt que sur le mode de fabrication).

Le système de classification proposé par la NFPA prévoit aussi de subdiviser les classes "protection contre les vapeurs" et "protection contre les liquides" selon la durabilité et la fonction du vêtement. Le but ici est de distinguer les combinaisons "jetables" ou à "usage limité" des combinaisons "robustes". Encore une fois, cette distinction serait basée sur une batterie d'essais de résistance ou peut-être sur des exigences de performance différentes. Le résultat final serait une "matrice 2 x 2" dont deux des éléments seraient liés à la performance. En réalité, il est très probable que les différents types de combinaisons de protection contre les produits chimiques soient soumis à un certain nombre d'exigences communes qui constitueraient les exigences de base de chacune des normes régissant les quatre types de tenues protectrices.

Exigences relatives à la résistance aux produits chimiques

L'un des aspects les plus difficiles de l'élaboration de normes relatives aux vêtements de protection chimique est la détermination de la résistance aux produits chimiques. Le comité F23 de l'ASTM a fait des progrès importants en ce qui concerne l'élaboration de méthodes normalisées permettant de mesurer la résistance à la pénétration par les vapeurs (ASTM F739), la résistance à la pénétration par les liquides (ASTM F903) et la résistance à la dégradation (projet de norme ASTM F23.30.03) des matériaux servant à fabriquer les vêtements de protection. Ces phénomènes, qui ont été décrits par d'autres auteurs (4, 5), sont liés aux différents types de réactions chimiques du matériau de protection au contact de diverses substances. La détermination de la résistance à la pénétration par les vapeurs est susceptible d'être exigée dans le cas des vêtements protégeant contre les vapeurs, car ces vêtements doivent empêcher toute intrusion du produit chimique dangereux. Cette méthode peut également mettre en évidence les effets de la dégradation du matériau sous l'action du produit chimique. Par ailleurs, il faudrait déterminer la résistance à la pénétration par les liquides des matériaux utilisés pour la confection des vêtements de protection contre les liquides. Cette distinction est importante, parce que les exigences applicables aux vêtements protégeant contre les liquides permettent la pénétration par les vapeurs. Par conséquent, les utilisateurs ne devraient choisir les vêtements de protection contre les liquides que si l'exposition aux vapeurs du (ou des) produit(s) chimique(s) en cause est admissible et est considérée comme sans danger.

Essai de résistance à la pénétration par les vapeurs. - La mesure de la résistance à la pénétration par les vapeurs (perméation) est actuellement la méthode recommandée pour évaluer la résistance des matériaux aux produits chimiques. La norme ASTM F739 donne la méthode à suivre pour mesurer, à l'aide du dispositif illustré à la figure 2, la résistance à la pénétration, par des gaz et des liquides, des matériaux utilisés pour la confection des vêtements de protection. Cette méthode est la plus complexe des trois et les paramètres mesurés - temps de protection et vitesse de pénétration - sont sujets à des variations dues à l'environnement, au matériel, au matériau et au produit chimique utilisé pour l'essai. C'est pourquoi il n'est pas facile de comparer les résultats obtenus dans différents laboratoires. Un certain nombre d'organismes utilisent tout de même le temps de

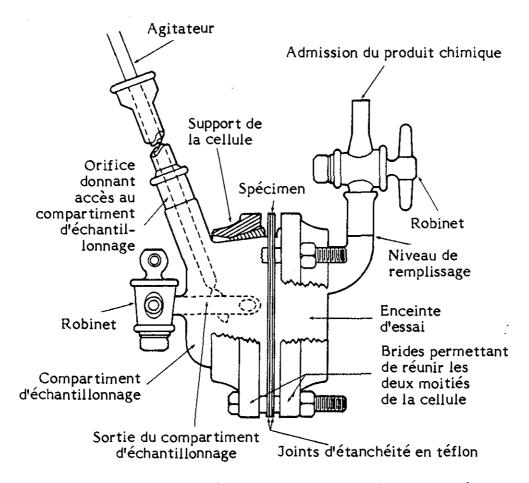


FIGURE 2 CELLULE SERVANT À DÉTERMINER LA RÉSISTANCE À LA PÉNÉTRATION PAR LES VAPEURS

protection pour baser leurs recommandations sur les combinaisons de protection contre les produits chimiques. La méthode présente une autre difficulté inhérente, à savoir l'application des données obtenues avec un matériau à l'état neuf à la combinaison complète dans les conditions d'exposition sur le terrain.

La spécification des paramètres-clés et des méthodes serait aussi utile pour normaliser l'essai de résistance à la pénétration par les vapeurs de l'ASTM. Le point le plus important est le seuil de détection du dispositif utilisé pour déterminer le temps de protection. Pour un matériau, un produit chimique et des conditions d'essai donnés, un seuil de détection élevé donnera un temps de protection relativement plus long que celui mesuré avec une technique d'analyse très sensible. Dans certains cas, l'écart peut être considérable. Le temps de protection contre du sulfure de carbone dans un matériau neuf dépassait 8 heures lorsqu'on procédait par analyse par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme, alors qu'il n'était que de 30 minutes (6) avec le même ensemble matériau-produit évalué avec un détecteur à capture d'électrons. On ne peut toutefois s'attendre à ce que les laboratoires d'essai utilisent tous la même méthode de

détection pour chacun des produits chimiques. Il suffirait, pour résoudre en grande partie ces difficultés, de fixer un seuil de détection pour tous les essais de résistance à la pénétration par les vapeurs.

De même, la configuration de l'appareillage d'essai peut influer sur le temps de protection mesuré. Selon le type de détecteur choisi, les systèmes peuvent être ou bien "ouverts" ou bien "fermés". Dans les systèmes ouverts, on fait habituellement des prélèvements en continu dans le compartiment d'échantillonnage de la cellule de pénétration, tandis que dans les systèmes fermés, on procède par prélèvements instantanés. Dans les systèmes fermés, le produit de pénétration s'accumule dans le compartiment d'échantillonnage de la cellule, jusqu'à ce que sa concentration soit suffisante pour être décelée par l'appareil d'analyse. Les temps de protection mesurés de cette façon sont plus courts que ceux déterminés avec les systèmes ouverts dans lesquels il n'y a pas d'accumulation. Il serait possible que la vitesse de pénétration soit si faible que le produit de pénétration sera décelé dans un système fermé, mais non dans un système analogue en configuration ouverte. Toutefois, en spécifiant le type de système de pénétration, soit ouvert, soit fermé, on réduirait la latitude du laboratoire en ce qui concerne le choix des détecteurs. L'une des solutions consisterait à mesurer la sensibilité du détecteur indépendamment de la configuration du système de pénétration. La mesure d'une vitesse minimale de pénétration pourrait constituer une approche valable.

La durée de l'essai est choisie par le laboratoire, mais elle dépend souvent de la durée d'utilisation prévue du vêtement de protection. Dans le cas des combinaisons de protection contre les produits chimiques, la durée des essais varie de l à 8 heures. Toutefois, les recommandations relatives à l'utilisation sont souvent basées sur le critère prévoyant aucune pénétration des produits pendant une heure. Ce choix se justifie par le fait que, lors des interventions d'urgence, la plupart des utilisateurs portent une combinaison de protection contre les produits chimiques pendant moins d'une heure, en raison de la réserve d'air limitée du respirateur autonome et du stress que le port d'une combinaison pendant une telle période impose à l'organisme (7). Selon certains chercheurs, cette période d'une heure comporte une importante marge de sécurité, parce que, pendant toute la durée de l'essai, le matériau est constamment en contact avec le liquide (ou le gaz) (8). L'ASTM et la NFPA envisagent actuellement une période d'essai minimale de trois heures; la NFPA propose une exigence de résistance à la pénétration par les vapeurs d'une durée d'une heure.

Essai de résistance à la pénétration par les liquides. - La norme ASTM F903 spécifie la méthode à suivre pour mesurer la résistance des matériaux aux produits chimiques liquides. Cette méthode consiste à exposer le matériau au liquide sous une pression de 2 lb/po^2 (13,8 kPa) et à déterminer le moment où le liquide traverse l'échantillon. Dans l'appareil utilisé pour l'essai de pénétration, l'échantillon de vêtement sépare le compartiment renfermant le liquide dangereux du compartiment d'observation. L'appareil est représenté schématiquement à la figure 3. La méthode de l'ASTM sert à déterminer quels sont les matériaux et les procédés de fabrication qui limitent la durée d'exposition aux liquides dangereux. Cette méthode ne s'applique pas à la détermination de la résistance à la pénétration par des vapeurs. Les échantillons qui répondent aux exigences de l'essai de résistance à la pénétration par les liquides peuvent laisser passer des quantités importantes de vapeurs chimiques.

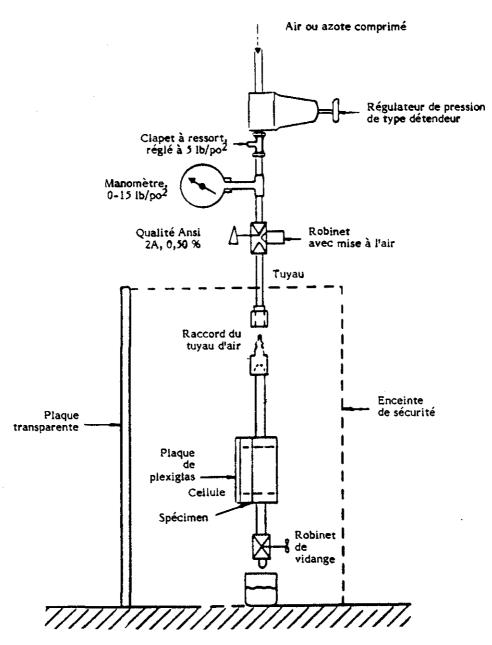


FIGURE 3 APPAREILLAGE SERVANT À DÉTERMINER LA RÉSISTANCE À LA PÉNÉTRATION PAR LES LIQUIDES

Sélection des produits chimiques. - Pour évaluer entièrement la résistance d'une combinaison de protection, il faudrait faire l'essai de tous les matériaux utilisés pour la confection de cette combinaison avec tous les produits chimiques susceptibles d'être rencontrés lors d'une intervention. Pour la Garde côtière, il s'agit là de plus de 1100 produits qui sont confinés dans son système d'information sur les interventions en

cas de déversement de produits dangereux (9). Un certain nombre de ces produits peuvent toutefois être éliminés en raison de leur état et de leur toxicité. Il est presque impossible de vérifier toutes les combinaisons possibles matériau-produit. Pour qu'une norme soit utile, il faut adopter une méthode permettant de sélectionner les produits chimiques d'intérêt prioritaire.

L'ASTM et la NFPA élaborent actuellement des essais normalisés qui viseront à déterminer la résistance chimique des matériaux utilisés pour la confection des vêtements de protection. La norme ASTM F1001 renferme une liste de 15 substances (tableau 1) qui représente une vaste gamme de familles de produits et de dangers. La NFPA envisage d'utiliser la liste de l'ASTM en y ajoutant l'ammoniac et le chlore. Si on avait à notre disposition les résultats des essais de pénétration par les vapeurs ou de pénétration par les liquides réalisés avec un minimum de produits chimiques, on pourrait comparer la résistance globale de différents matériaux à ces produits. Toutefois, il reste qu'on doit déterminer les limites de la résistance chimique d'une combinaison de protection en effectuant des essais avec les produits d'intérêt prioritaire pour chaque organisme d'intervention.

TABLEAU I PRODUITS CHIMIQUES SERVANT À L'ÉVALUATION DES MATÉRIAUX ENTRANT DANS LA FABRICATION DE VÊTEMENTS DE PROTECTION*

Produit chimique	Catégorie
Acétone	Cétone
Acétonitrile	Nitrile
Sulfure de carbone	Composé organique sulfuré
Dichlorométhane	Hydrocarbure chloré
Diéthylamine	Amine
Diméthylformamide	Amide
Acétate d'éthyle	Ester
Hexane	Hydrocarbure aliphatique
Méthanol	Alcool
Nitrobenzène	Composé organique azoté
Hydroxyde de sodium (50 %)	Base inorganique
Acide sulfurique (93,1 %)	Acide inorganique
Tétrachloroéthylène	Hydrocarbure chloré (oléfine)
Tétrahydrofuranne	Éther hétérocyclique
Toluène	Hydrocarbure aromatique

^{*} Ces produits chimiques sont recommandés dans la norme ASTM F1001, Standard Guide for Test Chemicals to Evaluate Protective Clothing Materials.

Sélection des matériaux entrant dans la confection des combinaisons de protection. - Dans le passé, on ne vérifiait généralement que le matériau principal des combinaisons de protection chimique. De cette façon, les recommandations relatives à l'utilisation étaient basées uniquement sur le matériau principal et ne tenaient pas compte des autres matériaux. Or, les visières, les masques de protection, les gants, les bottes et les coutures

sont également susceptibles d'être exposés aux produits chimiques lors d'un accident. Le déversement de diméthylamine à Benicia illustre ce point. Les autres matériaux importants qui entrent dans la confection de la combinaison ou qui sont utilisés avec celle-ci doivent être évalués de la même façon que le matériau principal. Les recommandations relatives à l'utilisation doivent donc être basées sur la résistance chimique de tous les matériaux importants, le facteur limitatif étant la résistance du matériau le moins résistant. Si le respirateur est porté à l'extérieur du vêtement de protection ou si l'on utilise des tuyaux d'alimentation en air, les matériaux qui en composent l'extérieur doivent être soumis aux mêmes essais que les matériaux de la combinaison.

Exigences proposées relativement aux normes documentaires et aux normes de performance. Les normes documentaires relatives à la résistance chimique devraient prévoir, selon les besoins, des essais de pénétration par les vapeurs ou de pénétration par les liquides avec un nombre limité de produits chimiques représentatifs. Les normes devraient aussi donner une description de ces essais. Par exemple, on pourrait recommander d'utiliser la norme ASTM F739 pour mesurer la résistance à la pénétration par les vapeurs, en spécifiant un seuil de détection de 1 ppm et une durée d'essai de trois heures pour chaque combinaison matériau-produit. Chaque matériau important utilisé dans la confection du vêtement, à savoir au moins celui du vêtement même et celui de la visière (masque protecteur), des gants et des bottes, devrait être soumis à ces essais. Cette exigence documentaire vise principalement à permettre aux utilisateurs de comparer des produits en utilisant le même type d'informations. Les utilisateurs pourraient évaluer également la capacité d'une combinaison de protection à résister à des mélanges de produits et à des produits non identifiés.

Les exigences relatives à la performance des combinaisons de protection chimique devraient être particulières à chaque produit chimique. Si des normes sont utilisées pour assurer la qualité de l'équipement utilisé lors des déversements accidentels, les exigences relatives à la résistance chimique doivent être établies en fonction des besoins particuliers des organismes d'intervention. Par ailleurs, il faut laisser aux utilisateurs et aux fabricants le soin de décider pour quels produits chimiques la combinaison doit satisfaire aux exigences de performance. C'est pourquoi on recommande de fixer une exigence d'efficacité du genre "aucune pénétration par les vapeurs" (dans le cas des combinaisons de protection contre les vapeurs) ou "pénétration par les liquides décelables après une heure" (dans le cas des combinaisons de protection contre les liquides). Tout comme la norme documentaire, la norme de performance doit définir la méthode d'essai et ses paramètres (p. ex. le seuil de détection). Ainsi, les fabricants pourront décider de façon logique quels produits chimiques ils vont utiliser pour les essais, en se basant sur l'efficacité prévue et sur les exigences de l'utilisateur. De plus, les fabricants seront incités à vérifier leurs produits avec le plus grand nombre possible de produits chimiques, avant de les mettre en marché. En suivant cette approche, on obtiendra en fin de compte une liste de produits chimiques établie à l'aide d'essais normalisés, correspondant à chaque type de combinaison.

D'autres exigences relatives à la résistance aux produits chimiques s'appliquent aux autres éléments des combinaisons de protection non constitués de matériaux en feuille, qui se prêtent aisément aux essais susmentionnés. Il s'agit des coutures, des fermetures, des joints d'étanchéité et des clapets d'évacuation de l'air vicié. On peut vérifier la résistance

des coutures à l'infiltration par les vapeurs et à la pénétration par les liquides avec les méthodes normalisées susmentionnées. Toutefois, il faut utiliser des joints d'étanchéité spéciaux avec la cellule servant aux essais de résistance à la pénétration par les vapeurs, pour éviter qu'il y ait des fuites le long du profil non uniforme de la couture de la combinaison. On doit fabriquer des échantillons et des cellules de taille appropriée pour effectuer les essais de pénétration par les liquides sur la fermeture de la combinaison. Les matériaux servant de joints d'étanchéité peuvent être vérifiés comme s'il s'agissait de matériaux en feuille. Comme avec les autres matériaux, la performance de ces éléments doit être prise en compte lorsqu'il s'agit d'établir les limites de résistance des combinaisons protectrices contre les produits chimiques. Les coutures devraient présenter une résistance aux produits chimiques au moins égale à celle du matériau principal.

Jusqu'à présent, tous les essais proposés s'appliquaient à des matériaux neufs. Or, les utilisateurs doivent savoir comment se comporteront des matériaux qui ont été utilisés en conditions réelles. L'une des façons d'obtenir des indications sur l'effet du port de la combinaison sur la résistance du matériau aux produits chimiques consiste à le manipuler physiquement avant de le soumettre aux essais. Au début, on recommandait de froisser le matériau avant de mesurer sa résistance à la pénétration par les vapeurs ou à la pénétration par les liquides. Plus récemment, on a eu l'idée de faire appel à des dispositifs de pliage qui produisent un effet mécanique reproductible, comme l'appareil Gelbow mentionné dans la norme fédérale des États-Unis 101C, 2017. On pouvait alors comparer la résistance aux produits chimiques du matériau ayant subi des pliages répétés à celle d'échantillons neufs. Une baisse radicale de la résistance indiquerait que le matériau cédera fort probablement sur le terrain. D'ailleurs, des essais sommaires de cette nature ont déjà été réalisés avec un certain nombre de matériaux et l'isocyanate de méthyle. Dans un cas, la résistance à la pénétration par les vapeurs d'un échantillon, qui était de 8 heures à l'état neuf, est tombée à 10 minutes avec des échantillons froissés (10).

Exigences relatives aux propriétés physiques

L'ASTM et la NFPA n'en sont qu'aux premiers stades des travaux visant à déterminer les propriétés physiques utiles pour les utilisateurs. Il existe plusieurs méthodes normalisées permettant de mesurer les propriétés physiques des matériaux (ASTM, NFPA et normes fédérales des États-Unis), et la plupart s'appliquent à des types particuliers de matériaux (textiles, élastomères, plastiques et tissus revêtus) et non à des matériaux destinés à des applications spécifiques. Vu le grand nombre de méthodes existantes, il est difficile de lier les résultats d'essai aux conditions prévues sur le terrain. Par exemple, pour mesurer la résistance à la traction (résistance à la rupture), on détermine la force qu'il faut appliquer pour rompre le matériau, et cette force peut ou non correspondre à un phénomène équivalent sur le terrain. On doit donc choisir les méthodes d'essais utilisées pour déterminer les propriétés physiques de façon à simuler les conditions d'usure prévues par les utilisateurs.

L'ASTM et la NFPA tentent actuellement de classer des propriétés physiques des matériaux dans les catégories suivantes: résistance mécanique, intégrité et durabilité. Un ensemble d'essais recommandés est donné au tableau 2. Les différents matériaux dont se composent les combinaisons de protection chimique ont certaines propriétés qui sont liées à leur fonction respective dans le vêtement (par exemple, la transmission lumineuse dans

TABLEAU 2 ESSAIS RECOMMANDÉS POUR DÉTERMINER LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MATÉRIAUX ENTRANT DANS LA FABRICATION DES COMBINAISONS DE PROTECTION CONTRE LES PRODUITS CHIMIQUES

Propriété physique	Méthode d'essai
Matériau de la combinaison	
Résistance à l'abrasion Résistance à l'éclatement* Résistance aux coupures Inflammabilité Résistance à la fatigue en flexion Résistance hydrostatique Résistance à la perforation Rigidité (en fonction de la température) Résistance à la déchirure Résistance à la traction*	ASTM D3386 ASTM D3786 ASTM F23.20.01 (projet) ASTM D568 Norme fédérale 101C, 2017 ASTM D751 ASTM F23.20.02 (projet) ASTM D1043 ASTM D751 ASTM D751 ASTM D751
Matériau de la visière	
Distorsion Résistance aux chocs Transmission lumineuse et netteté Résistance aux rayures	ASTM D881 ASTM D3029 ASTM D1003 ASTM F <i>5</i> 48

^{*} Ces essais peuvent également s'appliquer à la détermination de la résistance des coutures et des fermetures de la combinaison.

le cas des visières). Pour les utilisateurs, l'aptitude des combinaisons à résister aux dommages sur le terrain (déchirures, coupures, perforations et abrasion) est très importante. On peut évaluer l'intégrité des matériaux en mesurant leur résistance à la traction ou leur résistance à l'éclatement, ainsi que leur résistance hydrostatique. On devrait appliquer ces mêmes essais aux coutures et aux fermetures qui doivent être aussi résistantes que le matériau constituant le vêtement. On peut évaluer le vieillissement des matériaux en mesurant leur résistance à la lumière UV, à l'ozone et à la dégradation thermique. On peut mesurer d'autres propriétés, comme la souplesse, à différentes températures pour déterminer la performance du matériau à basse température et à température élevée. Les propriétés ignifuges sont également importantes pour les utilisateurs.

Pour chacune des propriétés pertinentes, il faudrait trouver une seule méthode qui puisse s'appliquer aux différents types de matériaux utilisés dans la confection des combinaisons de protection chimique. Le choix d'une méthode unique favoriserait la normalisation des essais utilisés par les fabricants et par les fournisseurs pour déterminer les propriétés physiques des matériaux. Cela permettrait également aux utilisateurs de comparer les caractéristiques des matériaux constituant divers produits analogues. Néanmoins, il est

difficile de choisir une seule méthode pour chacune des propriétés physiques. Les méthodes choisies doivent permettre non seulement d'évaluer différents types de matériaux (plastique ou tissu revêtu, par exemple), mais aussi de distinguer les qualités de chaque matériau. Par exemple, certains matériaux utilisés pour la confection de vêtements de protection deviennent rigides et cassants à basse température, mais ils satisfont aux exigences de l'essai de flexion à une température de - 25 °C (ASTM D2136). Dans ce cas, la méthode ne donne pas de résultats qui correspondent au phénomène observé et ne permet pas de prévoir la performance du matériau par temps froid. Toutefois, deux méthodes (ASTM D1043 et la norme fédérale 191A,5202) mettent en évidence des différences importantes de performance par temps froid; leurs résultats correspondent donc à la performance des matériaux sur le terrain (11). Ce n'est qu'en comparant les résultats d'essais effectués avec un certain nombre de matériaux différents représentatifs que l'on peut choisir les méthodes qui conviennent. En procédant de cette manière, on peut déceler les problèmes que posent certaines méthodes et apporter les modifications qui s'imposent pour mesurer les paramètres appropriés.

Dans le cas des propriétés physiques, le type d'exigences, c.-à-d. exigences de performance ou exigences documentaires, dépend de la mesure dans laquelle la caractéristique considérée influe sur la performance du matériau sur le terrain et de la variabilité de cette caractéristique chez les différents matériaux. Les normes militaires, qui régissent des vêtements apparentés, renferment la plupart des spécifications sur les propriétés physiques des matériaux. Dans de nombreux cas, on se sait pas sur quoi au juste sont basées ces exigences. En ce qui a trait aux propriétés physiques des matériaux, une exigence de performance minimale ne devrait être établie que lorsque la caractéristique étudiée est étroitement liée au phénomène physique que la méthode cherche à mesurer. Quoi qu'il en soit, la plupart des exigences relatives aux propriétés physiques des matériaux sont arbitraires. L'un des avantages de leur utilisation est d'encourager l'amélioration de la résistance, de la durabilité et des autres caractéristiques des matériaux.

Essais fonctionnels des éléments de la combinaison

La plupart des combinaisons de protection contre les vapeurs sont munies de clapets qui permettent d'évacuer l'air expiré lorsque le respirateur autonome est porté à l'intérieur de la combinaison. Ces clapets sont fabriqués avec des matériaux qui possèdent une résistance médiocre aux produits chimiques et leur rendement est incertain. Les fabricants utilisent des clapets possédant une pression d'ouverture variant de 0,1 à 3,0 pouces d'eau (1,9 à 8,7 mm de Hg) dans les combinaisons de protection chimique enveloppant entièrement l'utilisateur, pour maintenir une faible pression positive à l'intérieur. On suppose que cette pression positive empêche la pénétration dans la combinaison de vapeurs dangereuses par des coutures ou des fermetures de mauvaise qualité ou à travers le matériau usé. Peu d'essais ont été réalisés pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement de ces clapets. On ne sait pas, par exemple, si les différents types de clapets sont véritablement à sens unique et empêchent la création d'une pression négative à l'intérieur de la combinaison et le refoulement des produits, ni comment les différentes pressions de fonctionnement influent sur leur efficacité. Pour comprendre le fonctionnement de ces éléments, il est nécessaire d'établir des techniques normalisées. La Garde côtière parraine actuellement une étude sur les différences d'efficacité des clapets; cette étude comporte l'utilisation d'un appareil d'essai à deux compartiments équipé d'un appareil simulant la respiration (12). L'un des compartiments représente l'environnement extérieur qui renferme un produit chimique, et l'autre compartiment, l'environnement intérieur de la combinaison. Ces essais serviront de base pour comparer et améliorer les clapets des combinaisons de protection.

D'autres essais fonctionnels peuvent être effectués sur les fermetures et les accessoires des combinaisons. Comme les coutures, les fermetures doivent offrir la même protection que le matériau de la combinaison. Comme nous l'avons mentionné plus haut, on peut vérifier l'efficacité de protection des fermetures en déterminant leur résistance chimique et leur intégrité physique. Il faut toutefois actionner ces fermetures à plusieurs reprises, car l'usure peut modifier leur efficacité. De nombreux fabricants emploient des rabats anti-éclaboussures sur les clapets et sur les fermetures. Ces rabats sont constitués de pattes ou de poches renversées qui empêchent les éléments sensibles de la combinaison d'être éclaboussés directement. Il s'agit ici d'un domaine où l'établissement d'exigences de fabrication relatives aux rabats anti-éclaboussures destinés à protéger ces éléments serait justifié.

Essais sur la combinaison complète

Seules quelques méthodes permettent d'évaluer le vêtement de protection complet. Ces méthodes peuvent être classées dans les catégories suivantes: essai sous pression (gonflement), essai de détection de fuites et essai fonctionnel avec sujet à l'intérieur. Dans chaque catégorie, les méthodes varient; certaines sont plus quantitatives que d'autres. Pour les essais sous pression et les essais de détection de fuites, seuls des projets de normes ont été proposés. Ces méthodes s'appliquent uniquement aux vêtements de protection contre les vapeurs. Il n'existe pas pour le moment d'essais permettant d'évaluer la capacité des vêtements de protection contre les liquides à empêcher la pénétration des liquides. Parmi les méthodes possibles, on compte l'utilisation d'enceintes équipées d'ajutages pour vaporiser un liquide (de l'eau) sur une combinaison complète portée par un mannequin. On pourrait déterminer s'il y a eu pénétration en ajoutant au liquide un colorant qui colorera des vêtements spéciaux portés par le mannequin à l'intérieur ou encore en fixant des détecteurs d'humidité dans le mannequin.

Essai sous pression. - Les méthodes les plus couramment utilisées pour évaluer l'intégrité des combinaisons de protection chimique consistent à gonfler ces dernières, puis à déterminer s'il y a présence de fuites. Les essais sous pression permettent de mesurer l'étanchéité des matériaux de la combinaison, de la visière, des coutures et des fermetures. Au cours de l'essai, la combinaison est gonflée jusqu'à l'obtention d'une pression spécifiée. On mesure la pression en fonction du temps ou on applique sur la surface extérieure une solution savonneuse qui, en présence de fuites, formera des bulles. Pendant l'essai, les clapets doivent être fermés (ou bouchés), et l'intérieur de la combinaison doit être relié à un manomètre. Certains fabricants précisent la pression à laquelle la combinaison doit être gonflée. La méthode proposée par l'ASTM (F23.50.01) spécifie une pression maximale de 0,75 kPa (3 pouces d'eau), une pression d'essai de 0,5 kPa (2 pouces d'eau) et une chute de pression admissible (20 p. 100) sur une période de trois minutes. Elle précise également qu'il faut utiliser une solution de savon pour localiser les fuites si la combinaison ne satisfait pas aux exigences de l'essai. La méthode est illustrée à la figure 4 et semble très sensible aux petites fuites. Selon les résultats des

essais effectués avec des combinaisons représentatives, les combinaisons qui ne satisfont pas aux exigences de l'essai sous pression de l'ASTM offriraient une protection élevée selon l'essai de détection de fuites décrit ci-après (13). Les essais sous pression conviennent bien comme exigence de performance pour le contrôle de la qualité effectué par les fabricants.

Essai de détection de fuites. - L'essai de détection de fuites permet de mesurer l'intégrité d'une combinaison complète de protection chimique en présence d'un gaz ou d'un aérosol dans des conditions qui simulent les conditions réelles d'utilisation. Au cours de cet essai, on expose à un gaz un sujet revêtu de la combinaison et muni d'un respirateur autonome dans une enceinte isolée et on mesure la concentration de ce gaz à l'intérieur et à l'extérieur de la combinaison. Dans la méthode proposée par l'ASTM (F23.50.02), on utilise de l'ammoniac en concentration variant de 1000 à 2000 ppm et un tube de détection colorimétrique. Le sujet effectue également une série d'exercices pour vérifier la combinaison dans des conditions dynamiques. Cet essai a été conçu surtout pour être fait sur le terrain; il serait difficile, à cause de sa nature qualitative, de l'appliquer au contrôle de la qualité en cours de fabrication.

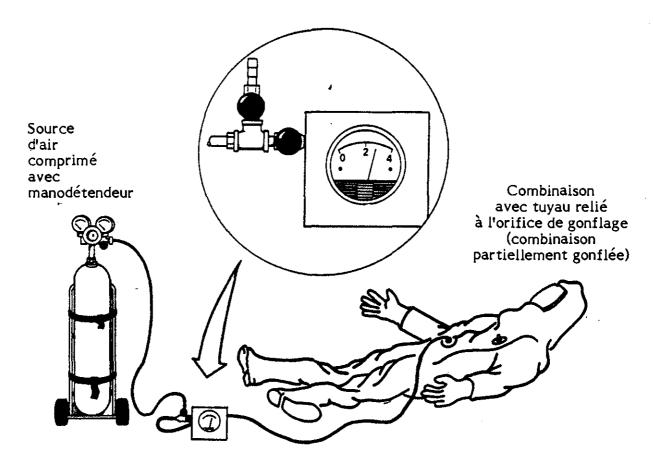


FIGURE 4 APPAREILLAGE RECOMMANDÉ POUR L'ESSAI SOUS PRESSION ET DISPOSITION CARACTÉRISTIQUE DU MATÉRIEL

On peut aussi employer d'autres gaz ou d'autres aérosols (en concentrations non toxiques) et utiliser des méthodes appropriées. Selon la méthode de dosage, l'essai peut être qualitatif, semi-quantitatif ou quantitatif. Lorsque la méthode de dosage est précise et qu'elle peut être utilisée sur une grande plage de teneurs, on peut se servir des résultats de manière semi-qualitative en calculant un "facteur de protection" à partir du rapport entre la teneur à l'extérieur et la teneur à l'intérieur. Un facteur de protection élevé correspond à une intégrité élevée. La mesure des facteurs de protection est pratique courante pour l'évaluation de l'intégrité des respirateurs. Pendant ces essais, on peut aussi suivre la pression à l'intérieur de la combinaison pour déterminer si elle devient négative, ce qui se traduirait par la pénétration de l'agent utilisé.

Essai fonctionnel avec sujet revêtu d'une combinaison. - On fait souvent appel à ce genre d'essai pour déterminer quelles sont les activités possibles pour l'utilisateur qui porte une combinaison de protection chimique et un respirateur. On peut demander au sujet de faire divers types d'exercices ou d'exécuter différentes tâches qui simulent les activités qu'on prévoit effectuer avec la combinaison de protection chimique. Les résultats de ce genre d'essai sont généralement subjectifs et concernent la fabrication, le confort et la taille du vêtement. La mesure de certains paramètres physiologiques (par exemple, température centrale, température cutanée, rythme cardiaque, pression artérielle) au cours de cet essai permet d'évaluer le stress physique imposé par le port de la combinaison, après comparaison avec les mêmes paramètres mesurés dans les mêmes conditions mais sans la combinaison. Une étude de ce genre a déjà mis en évidence des différences physiologiques importantes chez des sujets portant des combinaisons différentes (14). Ces essais étant subjectifs et non reproductibles, ils ne conviennent pas pour des normes de performance. Néanmoins, ils sont idéals pour déterminer dans quelle mesure les utilisateurs supportent la combinaison ou pour faire des évaluations visant à comparer différents produits.

Conclusions

Une fois que ces normes auront été élaborées, les utilisateurs des vêtements de protection sauront, à partir de l'étiquette, si ces vêtements satisfont aux exigences minimales de l'ASTM ou de la NFPA. La norme documentaire de l'ASTM permettra à l'utilisateur de comparer les combinaisons de protection contre les produits chimiques à partir du même type d'information. La norme de performance minimale de la NFPA donnera à l'utilisateur une certaine confiance en l'assurant que le produit a subi des essais spécifiques et qu'il répond à certaines exigences minimales de performance. Collectivement, ces normes devraient inciter les fabricants à améliorer leurs produits et servir de cadre pour encourager la concurrence sur le marché.

Bibliographie

- 1. Howard, H.A. "Protective Equipment Fails," Fire Command, mars 1984, pp. 40-43.
- 2. United States National Transportation Safety Board Recommendation I-84-5, émise le 23 avril 1984, Washington, D.C.
- 3. Standard Operating Safety Guides, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., novembre 1984.

- 4. Stull, J.O., "Considerations for the Development of a Hazardous Chemical Personnel Protection System," *Proceedings of the Technical Seminar on Chemical Spills*, Toronto (Ontario) Canada, 5-7 février 1985, pp. 293-322.
- 5. Schwope, A.D., "ASTM Standards for Chemical Protective Clothing", travail présenté au 73rd Annual Meeting of the International Fabrics Association, Nouvelle-Orléans, octobre 1985.
- 6. Internal U.S. Coast Guard R&D Center Report, Groton, CT, novembre 1985.
- 7. Stull, J.O., "Early Development of a Hazardous Chemical Protective Ensemble", Technical Report CG-D-24-86, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., octobre 1986.
- 8. Schwope, A. D. et al., Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing, 3e édition, American Conference of Governmental Industrial Hygenists, Cincinnati, OH, janvier 1987.
- 9. Chemical Hazard Response Information System (CHRIS), Coast Guard Commandant's Instruction M16465.12A, Gouvernment Printing Office, Washington, D.C., novembre 1984 (Stock No. 050-012-00215-1).
- 10. Berardinelli, Stephen P. et Ernest S. Moyer, "Methyl Isocyanate Liquid and Vapor Permeation through Selected Respirator Diaphragms and Chemical Protective Clothing", travail présenté à la 1986 American Industrial Hygiene Conference, Houston, TX, mai 1986.
- 11. Costas, Peter P. et A.D. Schwope, "Low Temperature Characteristics of Protective Clothing Materials", Draft Report of U.S. EPA Contract 68-03-3293, octobre 1986.
- 12. Swearengen, P. M. et J.O. Stull, "Evaluating the Performance of One-Way Vent Valves Used in the Construction of Totally-Encapsulating Chemical Protective Suits", travail présenté au 2nd International Symposium on the Performance of Protective Clothing, Tampa, Floride, janvier 1987.
- 13. Johnson, J.S., P.M. Swearengen C. Sackett et J.O. Stull, "Laboratory Performance Testing of Totally-Encapsulating Chemical Protective Suits", travail présenté au 2nd International Symposium on the Performance of Protective Clothing, Tampa, Floride, janvier 1987.
- 14. Veghte, J.H., "Physiologic Field Evaluation of Hazardous Materials Protective Ensembles", travail présenté au 2nd International Symposium on the Performance of Protective Clothing, Tampa, Floride, janvier 1987.

1

130