

2m11.2702.1

Université de Montréal

Étude sur la substitution du trichloroéthylène  
dans les secteurs du textile et de l'habillement

par

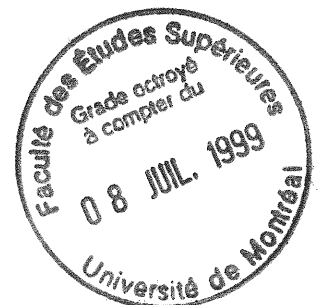
Touseef Mirza

Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu  
Faculté de médecine

Mémoire présenté à la faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de  
Maître ès Sciences (M. Sc.)  
en hygiène du travail et de l'environnement

Mars, 1999

©Touseef Mirza, 1999



WA

5

U58

1999

v.011

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Étude sur la substitution du trichloroéthylène dans  
les secteurs du textile et de l'habillement

présenté par :

Touseef Mirza

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr. Joseph Zayed : Président-rapporteur

Dr. Michel Gérin : Directeur de recherche

Dr. Saroj Chakrabarti : Membre du jury

Mémoire accepté le :

## SOMMAIRE

Le trichloroéthylène (TCE) est un solvant aliphatique chloré utilisé notamment dans l'industrie du textile et de l'habillement pour enlever les taches d'huile et de graisse repérées sur le tissu au moment de l'inspection. Le produit est pulvérisé à l'aide de pistolets à air comprimé en aire ouverte; il peut ainsi se trouver en concentration importante dans l'air du milieu de travail. En 1995, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a évalué le TCE et l'a classé dans la catégorie 2A, soit probablement cancérigène chez l'humain. À cause de son potentiel cancérigène, il serait préférable de le remplacer par une substance ou un procédé moins dangereux au lieu de tolérer son usage, et ce, même à faible concentration.

Nous avons appliqué une démarche systématique de substitution afin de remplacer le TCE dans l'opération décrite ci-dessus. La démarche comprend neuf étapes : identification du problème, création d'un plan d'action, compilation des informations sur le procédé, proposition d'options de rechange techniquement acceptables, documentation des options, comparaison des options, essai sur le terrain et choix, implantation de la solution retenue et évaluation. Cette approche a été implantée dans une entreprise québécoise spécialisée dans la fabrication de tissus à base de laine. Les conclusions tirées de cette expérience ont été ensuite appliquées à une entreprise de l'industrie de l'habillement qui fabrique des pantalons pour hommes.

En premier lieu, le problème à résoudre a été documenté de façon précise en recueillant toute information pertinente sur le procédé de détachage ainsi que sur les procédés qui le précèdent. Une recherche exhaustive a été menée à partir de diverses sources d'information suivie de l'établissement de critères de sélection préliminaire, basés sur la volatilité, l'inflammabilité et la solubilité, afin d'identifier les options techniquement acceptables. Une analyse comparative des aspects de santé, de sécurité, techniques, environnementaux et économiques de ces diverses solutions nous a permis de suggérer l'essai de quatre options : un procédé à la vapeur, un solvant pétrolier à haut point d'ébullition, ainsi que le 1-bromopropane et un solvant composé d'un hydrochlorofluorocarbure (le HCFC-141b), d'un éther de glycol et d'un mélange d'hydrocarbures aliphatiques. Deux solvants étaient acceptables au niveau technique, le solvant bromé et celui à base de HCFC; cependant, ils ont été rejetés comme substitués adéquat au TCE à cause d'incertitudes toxicologiques (cancer et effets sur la reproduction) et de raisons environnementales (déplétion de la couche d'ozone, bannissement futur) respectivement.

Aucun remplacement adéquat n'a été trouvé pour substituer le TCE. Toutefois, de la ventilation locale ainsi que des mesures convenables pour réduire les taches à la source ont été recommandées afin de diminuer au maximum l'utilisation du TCE et l'exposition des travailleurs. De plus, les travailleurs devraient porter des gants et des masques de protection appropriés lors de l'usage du TCE.

Mots clés : hygiène industrielle, solvants, substitution, trichloroéthylène, industrie du textile, industrie de l'habillement, 1-bromopropane.

## TABLES DES MATIÈRES

SOMMAIRE .....	iii
TABLE DES MATIÈRES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	x
REMERCIEMENTS .....	xiii
CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
1.1 Les solvants .....	2
1.1.1 Description des solvants en général .....	2
1.1.2 Dangers des solvants.....	5
1.1.2.1 Problèmes de sécurité .....	5
1.1.2.2 Problèmes de santé .....	5
1.1.2.2.1 Toxicité aiguë .....	6
1.1.2.2.2 Toxicité chronique .....	7
1.1.2.3 Problèmes d'environnement .....	8
1.1.2.3.1 Air .....	8
<i>L'appauvrissement de la couche d'ozone</i> .....	9
<i>Le smog photochimique</i> .....	10
<i>L'effet de serre</i> .....	11
1.1.2.3.2 Eau et sol.....	12
1.2 Historique des solvants chlorés.....	14
1.3 L'industrie du textile .....	19
1.3.1 L'industrie du textile au Canada et Québec .....	19
1.3.2 Procédés et produits chimiques utilisés.....	20

1.4 Le trichloroéthylène .....	23
1.4.1 Généralités.....	23
1.4.2 Les sources et expositions professionnelles .....	24
1.4.3 La toxicocinétique .....	25
1.4.3.1 Absorption .....	25
1.4.3.2 Distribution .....	26
1.4.3.3 Métabolisme.....	26
1.4.3.4 Excrétion.....	27
1.4.4 Les effets sur la santé.....	28
1.4.4.1 Les effets aigus.....	28
1.4.4.2 Les effets chroniques .....	31
1.4.4.3 Cancérogénicité.....	32
1.4.4.4 Les effets sur l'environnement .....	33
1.5 La substitution .....	35
1.5.1 Description de la démarche de substitution en 7 étapes.....	38
1.6 Objectif.....	42
CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE L'ARTICLE.....	43
Manuscript soumis.....	44
Abstract.....	45
Introduction.....	47
Methods .....	51
Results.....	53
Discussion and Conclusions .....	64
Acknowledgments.....	68
References .....	69



CHAPITRE III : ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE .....	83
Étude complémentaire dans le secteur de l'habillement .....	84
CHAPITRE IV : DISCUSSION ET CONCLUSION .....	87
CHAPITRE V : BIBLIOGRAPHIE .....	97
ANNEXE A : Fiches signalétiques du 1-bromopropane, du solvant à base d'hydrochlorofluorocarbure et du solvant pétrolier .....	xiv

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE I :

Tableau 1 :	Exemples de solvants classés par famille .....	3
Tableau 2 :	Solvants chlorés utilisés aux États-Unis en 1988 .....	15
Tableau 3 :	Solvants chlorés et leur toxicité .....	17
Tableau 4 :	Effets toxiques aigus du TCE chez l'humain .....	30

### CHAPITRE II :

Table I :	The Substitution Procedure .....	79
Table II :	Parameters of Sampling and Analytical Methods .....	80
Table III :	Personal Breathing Zone Sampling Results for Textile Inspectors .....	81
Table IV :	Comparison of Options .....	82

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACGIH :	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADN :	acide désoxyribonucléique
AIHA :	American Industrial Hygiene Association
CAS :	Chemical Abstract Service Registry
CEPA :	Canadian Environmental Protection Act
CFC :	chlorofluorocarbure
CFC-113 :	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroéthane
CIRC :	Centre international de recherche sur le cancer
CNS :	central nervous system
COV :	composé organique volatil
CRIQ :	Centre de recherche industrielle du Québec
IARC :	International Agency for Research on Cancer
IH-list :	Industrial Hygiene List
HCFC :	hydrochlorofluorocarbure
HCFC-141b :	1,1-dichloro-1-fluoroéthane
HFC:	hydrofluorocarbures
HS-Canada :	Health and Safety Canada
IRSST :	Institut de recherche en santé et en sécurité au travail du Québec
Kb :	Kauri-butanol

LCPE :	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
min :	minute
MSDS :	Material Safety Data Sheet
ODP :	ozone depletion potential
OEL :	occupational exposure limit
OSHA :	Occupational Safety and Health Administration
OSH-ROM :	Occupational Safety and Health CD-ROM
P2-tech :	Pollution Prevention Technology
P2-tex :	Pollution Prevention in Textiles
PERC :	perchloroéthylène
® :	marque déposée
sec :	seconde
SNAP :	Significative New Alternatives Policy
SNC :	système nerveux central
TCA :	1,1,1-trichloroéthane
TCE :	trichloroéthylène
TLV-STEL :	threshold limit value-short-term exposure limit
TLV-TWA :	threshold limit value-time-weighted average
™ :	marque déposée
USEPA :	United States Environmental Protection Agency
UV :	ultraviolet
VM et P :	varnish makers and painters

**WEEL :** Workplace Environmental Exposure Level

**WHO :** World Health Organization

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué à réalisation de cette recherche.

Je suis profondément reconnaissante au Dr. Michel Gérin pour m'avoir donné cette opportunité de travailler à ce projet, pour sa direction, sa haute compétence et sa collaboration au cours de mon travail.

Je remercie particulièrement Denis Bégin pour ses nombreux conseils judicieux et ses commentaires précieux qui m'ont permis de développer un meilleur sens critique face à l'analyse de mon sujet de travail.

Je tiens à remercier Sébas et Ms. Mwe pour leur appui, leur patience et leur contribution à l'édition et la correction de ce manuscrit ainsi que ma famille et mes amis pour leur soutien moral et encouragements sans cesse renouvelés tout au long de mes études.

Enfin, mes sincères remerciements à l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) pour m'avoir accordé une bourse d'étude pour ma maîtrise à l'Université de Montréal.

# **CHAPITRE I**

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## **1.1 LES SOLVANTS**

### **1.1.1 Description des solvants en général**

Les solvants constituent une famille de substances organiques qui sont liquides à la température de la pièce et relativement non-réactives sous conditions normales. En général, un solvant est utilisé pour dissoudre une autre substance afin de la rendre plus facilement utilisable (1). Les solvants organiques regroupent un large éventail de composés chimiques; cependant ils ont tous trois caractéristiques communes : ce sont des produits considérablement volatils à la température de la pièce, ils sont très lipophiles et ils peuvent causer la dépression du système nerveux central (SNC) lorsqu'une dose appréciable est absorbée à court terme (2). Il est possible de regrouper la majorité des solvants dans une dizaine de grandes familles de substances chimiques (Tableau 1) (3). Ils sont utilisés abondamment dans de nombreuses industries et peuvent causer des problèmes de santé, de sécurité et d'environnement.

Les solvants sont communément utilisés pour extraire, dissoudre ou suspendre des matériaux, tels que les graisses, cires et résines, qui sont insolubles dans l'eau (4). Ainsi, ces substances peuvent être employées dans une multitude de produits ou applications, et ce, dans de nombreuses industries. Par exemple, ils sont présents dans les peintures, les adhésifs, les produits de dégraissage et de nettoyage pour diverses surfaces (surfaces métalliques, pièces électroniques) ainsi que dans les procédés d'imprimerie (5). Par conséquent, un très grand nombre de travailleurs sont exposés



Tableau 1 : Exemples de solvants classés par famille

FAMILLE	EXEMPLES
Hydrocarbures aliphatiques	n-hexane n-heptane naphta VM + P
Hydrocarbures aromatiques	benzène toluène xylène
Hydrocarbures halogénés	tétrachlorure de carbone chloroforme 1,1,1-trichloroéthane dichlorométhane trichloroéthylène perchloroéthylène 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroéthane (CFC-113)
Hydrocarbures cycliques	cyclohexane térébenthine
Alcools	éthanol méthanol isopropanol
Esters	acétate d'éthyle acétate d'isopropyle
Éthers	éther diéthylique éther diisopropylique
Éthers de Glycol	éther monométhylique du propylène glycol éther monométhylique de l'éthylène glycol
Cétones	méthyl éthyl cétone méthyl isobutyl cétone acétone
Hydrocarbures nitrés	nitroéthane nitrométhane

Source : Ayres, P. et al. (1994) (3)

aux solvants. En fait, il est estimé que le nombre de travailleurs québécois exposés à ces substances se situe entre 150,000 et 320,000 (5). Les utilisations canadienne et québécoise de solvants en 1991 étaient évaluées à 747 et 139 kilotonnes respectivement (6). Les solvants sont couramment utilisés sous forme de mélange plutôt que purs, sauf notamment dans le cas des solvants employés pour le dégraissage en phase vapeur.

## **1.1.2 Dangers des solvants**

### **1.1.2.1 Problèmes de sécurité**

En général, les problèmes de sécurité des solvants portent sur leur potentiel d'inflammabilité. Cette propriété est principalement caractérisée par des paramètres physico-chimiques tels que le point d'éclair, la température d'auto-ignition ainsi que les limites inférieures et supérieures d'inflammabilité et d'explosivité d'une substance donnée (7). Les solvants aliphatiques et aromatiques issus de la distillation du pétrole ainsi que les solvants oxygénés (p. ex., cétones et esters) sont des groupes de produits qui présentent un danger d'inflammabilité. Cependant, ce type de problématique ne concerne pas les solvants halogénés, puisqu'ils sont reconnus comme étant des substances ininflammables. Par contre, au contact d'une chaleur intense, les solvants chlorés se décomposent et produisent un gaz extrêmement irritant, le phosgène (7).

### **1.1.2.2 Problèmes de santé**

Les effets aigus des solvants sont mieux connus que leurs effets à long terme. De plus, il y a davantage d'informations sur la toxicité des substances pures que sur celle des mélanges (8).

#### *1.1.2.2.1 Toxicité aiguë*

Les solvants, étant des composés volatils, sont principalement absorbés par le système respiratoire. Une fois inhalés, ces produits provoquent principalement la dépression du SNC (9). Les effets aigus narcotiques des solvants sont connus depuis longtemps, et certains ont déjà été utilisés dans le passé comme anesthésiants, p. ex., le chloroforme, l'éther et le trichloroéthylène (TCE) (10). Les symptômes au niveau du SNC associés à un solvant quelconque lors d'une exposition aiguë sont très semblables : désorientation, euphorie, vertige, confusion avec une progression vers l'inconscience, paralysie, convulsion et mort possible par arrêt respiratoire ou cardiovasculaire. La rapidité du développement de ces effets indique que les effets narcotiques des solvants sont dus au solvant lui-même et non à ses métabolites. Habituellement, lorsque l'on retire un travailleur de l'endroit où a eu lieu l'exposition aux vapeurs de solvants, les effets aigus au niveau du SNC régressent (11).

Des effets aigus peuvent aussi être induits localement par un contact cutané avec des solvants et ainsi provoquer des rougeurs, des irritations et l'assèchement de la peau. La plupart des solvants, en concentration suffisante, irritent également les muqueuses et les yeux (7). L'action narcotique via l'inhalation, l'irritation des muqueuses par exposition aux vapeurs ainsi que le dégraissage de la peau suite au contact avec le liquide sont tous des effets communs qu'apportent les solvants organiques quelle que

soit leur structure moléculaire. La similitude des effets aigus s'explique par la lipophilité, une propriété commune aux solvants (12).

#### *1.1.2.2 Toxicité chronique*

À la suite d'expositions répétées à long terme, les solvants entraînent des effets chroniques au niveau du SNC, tels que la fatigue, les troubles de comportement, la perte de mémoire, les changements au niveau de la personnalité et la perte de motivation. Ces types de dommages peuvent éventuellement devenir permanents (ce qui n'est pas nécessairement le cas pour les effets aigus au niveau du SNC) (13). Des études ont démontré que les effets au niveau du SNC causés par une exposition chronique aux solvants persistent même si l'exposition a cessé (14). Une exposition prolongée peut aussi affecter le système nerveux périphérique et causer des troubles physiologiques, comme des spasmes musculaires, des engourdissements et des tremblements (9). La toxicité à long terme peut aussi se manifester de façon spécifique, c.-à-d. en fonction de la structure moléculaire d'un solvant donné; en voici quelques exemples (12) :

- hématotoxicité du benzène;
- toxicité oculaire du méthanol et de l'acétate de méthyle;
- hépatotoxicité du tétrachlorure de carbone et du chloroforme;
- toxicité testiculaire de certains dérivés de l'éthylène glycol;

- cancérogénicité du benzène, du TCE et du perchloroéthylène (PERC);
- neurotoxicité du n-hexane.

Ces types d'effets résultent généralement de la biotransformation xénobiotique de la molécule du solvant dans l'organisme (3). La sévérité de l'effet toxique est fonction du niveau et de la fréquence de l'exposition ainsi que de la susceptibilité du sujet exposé (p. ex., le sexe, l'âge, la consommation d'alcool, l'état de santé général et autres expositions neurotoxiques) (2). De plus, l'exposition simultanée à d'autres solvants peut causer des interactions entre ces composés dans l'organisme, tels qu'un effet indépendant, supraadditif (potentialisation ou synergie) et infraadditif (antagonisme), qui peuvent augmenter ou diminuer les réponses toxicologiques induites (15).

### 1.1.2.3 Problèmes d'environnement

#### *1.1.2.3.1 Air*

Puisque les solvants sont volatils, ils s'évaporent facilement et se retrouvent dans l'air extérieur où ils peuvent contribuer à des phénomènes atmosphériques néfastes : l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, l'effet de serre et le smog urbain.

- L'appauvrissement de la couche d'ozone

Les concentrations d'ozone stratosphérique sont maintenues par un processus naturel complexe où interviennent des réactions chimiques multiples. L'appauvrissement se produit lorsque l'équilibre entre la production et la destruction d'ozone stratosphérique est rompu et que la quantité détruite est plus importante que la quantité produite (16). La cause principale de ce phénomène est due aux émissions atmosphériques de certains hydrocarbures chlorés et bromés (p. ex., les chlorofluorocarbures (CFC), le 1,1,1-trichloroéthane (TCA), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), les halons, le tétrachlorure de carbone et le bromure de méthyle). Ces substances, extrêmement stables, atteignent la stratosphère et sont dégradées dans cette zone par des radiations ultraviolettes (UV) (17). Les atomes de chlore et de brome sont libérés à ce point et attaquent directement les molécules d'ozone ( $O_3$ ) dans la stratosphère. Il est important de noter que les CFC sont, à eux seuls, responsables pour plus de 80% de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique (16).

L'appauvrissement de la couche d'ozone entraîne un accroissement de la quantité de rayons UV atteignant la surface terrestre. Ceci peut avoir des effets néfastes sur les humains, tels que le cancer de la peau, l'affaiblissement du système immunitaire et l'endommagement des yeux. Les rayonnements excessifs d'UV peuvent aussi attaquer la flore en général et pourraient avoir des conséquences désastreuses, à long terme, sur les récoltes (18).

- Le smog photochimique

Le smog photochimique est causé principalement par la pollution qu'entraîne l'automobile par la combustion de l'essence (17). Les hydrocarbures générés sont d'abord oxydés par l'oxygène atomique et réagissent par la suite avec de l'oxyde d'azote (NO) pour former du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Celui-ci absorbe les rayons du soleil et se décompose pour produire des atomes d'oxygène qui, eux, se combinent avec l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>) pour finalement produire de l'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>), composant principal du smog photochimique (19). De nombreux composés organiques volatils (COV) naturels et artificiels, sont des précurseurs chimiques de l'ozone; les principales sources découlant de l'activité humaine sont les combustibles. De façon globale, les sources naturelles de COV, qui proviennent surtout de la végétation, sont de 5,5 fois plus élevées que celles résultant de l'activité humaine. Cependant, lorsqu'on est à l'échelle locale dans les régions peuplées, les émissions anthropiques de COV ont tendance à prédominer (20). Les oxydes d'azote sont libérés surtout au moment de la combustion de combustibles fossiles. Les COV, pour leur part, en plus d'être rejetés durant la production, le transport, l'entreposage et la combustion des produits pétroliers proviennent également de l'évaporation de plusieurs familles de solvants, notamment les cétones et les hydrocarbures aromatiques (18).



Des mesures remontant au début du siècle ont démontré que le niveau d'ozone troposphérique naturel se situait vers 10 ppb. De nos jours, on peut remarquer des concentrations d'ozone 10 fois plus élevées que le niveau naturel dans les villes (17). Le smog peut attaquer le feuillage des arbres et provoquer sa nécrose. Chez l'humain, l'ozone peut entraîner une réduction de la fonction pulmonaire, surtout chez les enfants, les personnes âgées et les gens ayant des troubles pulmonaires chroniques (3).

- L'effet de serre

L'effet de serre apparaît lorsque des gaz absorbent le rayonnement infrarouge émis par la Terre et le renvoient dans l'atmosphère au lieu de le laisser se disperser dans l'espace. C'est, en principe, un phénomène environnemental naturel qui assure le réchauffement adéquat de la terre (18). Les gaz contribuant naturellement à l'effet de serre comprennent la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et l'ozone troposphérique ( $\text{O}_3$ ) (21). Toutefois, depuis la dernière décennie, les activités anthropogéniques excessives ont causé une hausse continue dans la concentration des gaz à effet de serre. Ceci cause un changement climatique qui se traduit par une élévation nette de la température terrestre. Les émissions de  $\text{CO}_2$  représentent, à elles seules, plus de 50% du potentiel de réchauffement de la planète (17).

La modernisation de l'industrie a aussi créé de nouveaux gaz à effet de serre, notamment les fluorocarbures (CFC, HCFC, HFC). Même si leurs émissions atmosphériques sont relativement faibles, les CFC ont un pouvoir de réchauffement plusieurs milliers de fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (18). Les hydrocarbures, surtout ceux ayant un poids moléculaire faible, sont un autre groupe de substances qui contribuent à l'effet de serre (21). L'effet de serre causerait non seulement une hausse de la température, mais provoquerait aussi un changement dans le cycle des précipitations et une élévation du niveau de la mer. Ceux-ci amèneraient en conséquence une certaine déstabilisation des écosystèmes et pourraient subséquemment augmenter les risques pour la santé des humains, tels que l'augmentation des troubles respiratoires (causés par la pollution de l'air) et la prolifération de maladies infectieuses (due à de nouvelles étendues géographiques où il y a présence d'activité parasitaire) (22).

#### *1.1.2.3.2 Eau et Sol*

Les solvants, étant des substances volatiles, sont émis principalement dans l'atmosphère mais plusieurs peuvent se retrouver aussi dans le sol et dans l'eau par érosion ou par lessivage (5). Des études ont démontré que certains solvants halogénés, tels que le dichlorométhane et le tétrachlorure de carbone, sont présents en faibles quantités dans l'eau de consommation de certaines localités. À l'inverse des trihalométhanes, ces solvants ne sont pas des sous-produits du traitement de

désinfection de l'eau par le chlore (23). Ainsi, la présence de tels produits, p. ex., le dichlorométhane et le tétrachlorure de carbone, dans l'eau potable semble provenir uniquement de sources extérieures (l'atmosphère, les déversements industriels et les fuites de réservoir). Ces dernières sources peuvent aussi être la cause de la présence de solvants dans les lacs et les rivières. Les solvants sont nocifs pour ces milieux car en se décomposant ils peuvent épuiser la réserve d'oxygène contenue dans l'eau, dont la présence est essentielle à la vie de la faune aquatique (18). De plus, ils peuvent exercer des effets toxiques sur divers organismes vivant dans ces milieux.

## 1.2 HISTORIQUE DES SOLVANTS CHLORÉS

Les solvants chlorés aliphatiques, tels que le tétrachlorure de carbone, le TCA, le TCE, le PERC, le dichlorométhane et le CFC-113, représentent une famille de solvants communément employés dans l'industrie générale pour de nombreuses applications (Tableau 2) (24). Ces substances sont utilisées en grande quantité à cause de leurs propriétés techniques intéressantes. Premièrement, les solvants chlorés n'entraînent pas de danger de sécurité parce qu'ils sont ininflammables; ils n'ont pas de point d'éclair. Ce sont des produits assez stables en conditions normales qui ont un pouvoir de solubiliser les graisses, les résines, les cires et les polymères. De plus, les solvants chlorés sont des substances volatiles, ce qui se reflète dans leur pression de vapeur élevée (25).

Au fil des années, les recherches ont mis en évidence les dangers de plusieurs solvants chlorés. Des normes plus strictes sont alors établies ou encore une interdiction d'utilisation est imposée. Dans plusieurs cas, la substitution a été utilisée pour remplacer un solvant par un autre moins dangereux. Par exemple, le tétrachlorure de carbone, hépatotoxique, a été substitué par le TCE (11,25). Cependant, vers le début des années 1970, des études animales ont suggéré que le TCE avait un potentiel cancérigène, et ce dernier a été à son tour graduellement remplacé par le TCA dans les quinze années suivantes (24). Au cours des années 1980, le TCA et certains CFCs ont été grandement utilisés dû à leurs avantages techniques et leur faible toxicité pour

**Tableau 2 : Solvants chlorés utilisés aux États-Unis en 1988**  
(en millier de tonnes métriques)

Utilisation	TCE <sup>1</sup>	PERC <sup>2</sup>	METH <sup>3</sup>	TCA <sup>4</sup>	CFC-113 <sup>5</sup>	Total
Dégraissage à vapeur	47.1	18.1	5.8	106.0	17.7	194.7
Nettoyage à sec		120.0			2.0	122.0
Intermédiaire	7.0	80.0		22.5	5.3	114.8
Nettoyage (autres)	14.1	6.7	17.2	48.0	4.2	90.2
Électronique	3.2	1.3	16.9	17.0	40.2	78.6
Aérosols		3.0	20.0	40.8	0.6	64.4
Décapage			50.0			50.0
Adhésifs			5.0	26.0		31.0
Peinture		7.0		17.2		24.2
Mousse flexible			23.2			23.2
Pharmaceutique			14.4			14.4
Textiles	1.0	2.0		7.0	0.5	10.5
Autres		20.0	54.5	13.5	7.5	95.5
<b>Total</b>	<b>72.4</b>	<b>258.1</b>	<b>207.0</b>	<b>298.0</b>	<b>78.0</b>	<b>913</b>

<sup>1</sup> TCE : trichloroéthylène

<sup>2</sup> PERC : perchloroéthylène

<sup>3</sup> METH : dichlorométhane

<sup>4</sup> TCA : 1,1,1-trichloroéthane

<sup>5</sup> CFC-113 : 1,1,2-trifluoro-1,2,2-trichloroéthane

Source : Wolf, K. et al. (1991) (24)

la santé des humains, ceci se reflétant par leurs valeurs d'exposition moyenne pondérée (VEMP) relativement élevées (Tableau 3); la VEMP est 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) à ne pas dépasser dans l'air au niveau de la zone respiratoire du travailleur (26). Cependant, il a été découvert que certains de ces produits entraînaient un danger environnemental : l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique. En 1986, plusieurs pays se sont réunis pour signer le Protocole de Montréal qui avait comme but de régulariser l'utilisation des produits qui avaient un potentiel élevé d'appauvrir la couche d'ozone. En vertu de ceci, le TCA et le CFC-113 ont été bannis en 1996. D'autres produits de remplacement étaient requis à ce point. Dans de nombreux cas, des solvants, tels que le TCE, le dichlorométhane et le PERC ont vu leur utilisation s'accroître dans l'industrie comme produits de substitution. Cependant, ces dernières substances sont toxiques (Tableau 3) et sont notamment soupçonnées d'être cancérogènes (27); conséquemment, la réglementation de ces produits devient de plus en plus sévère. Ainsi, il y a un grand intérêt présentement à trouver des produits de remplacement pour ces derniers solvants chlorés.

En conclusion, nous ne pouvons désormais plus nous permettre de considérer uniquement les effets toxiques des solvants sur la santé des travailleurs lorsque vient le temps de faire l'analyse de la réglementation. Il faut également tenir compte des

**Tableau 3 : Solvants chlorés et leurs toxicités**

SOLVANTS	SYNONYMES	VEMP <sup>1</sup> (ppm)	CIRC <sup>2</sup>
TCA	1,1,1-trichloroéthane (méthyl chloroforme)	350	3 <sup>5</sup>
CFC-113	1,1,2-trichloro-1,2,2- trifluoroéthane	1000	3
TCE	trichloroéthylène (trichloroéthène)	50	2A <sup>3</sup>
METH	chlorure de méthylène (dichlorométhane)	50	2B <sup>4</sup>
PERC	perchloroéthylène (tétrachloroéthylène)	25	2A

<sup>1</sup> VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée (26)

<sup>2</sup> CIRC : Centre international de recherche sur le cancer (27)

<sup>3</sup> 2A : probablement cancérogène pour l'humain

<sup>4</sup> 2B : possiblement cancérogène pour l'humain

<sup>5</sup> 3 : non-classable quant à sa cancérogénicité

dangers environnementaux que les solvants peuvent engendrer, tels que l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'effet de serre et le smog photochimique.



### **1.3 L'INDUSTRIE DU TEXTILE**

L'industrie du textile est l'une des plus vieilles au monde. Par exemple, un morceau de tissu en lin a été retracé jusqu'à 5000 ans avant Jésus-Christ dans les cavernes égyptiennes. Ce n'est pas avant la révolution industrielle, au 18e siècle, que des machines ont été utilisées pour la filature et le tissage des fibres. À partir du 20e siècle, des fibres cellulosiques (p. ex., la rayonne et les acétates) et synthétiques (p. ex., le polyester et le Nylon<sup>TM</sup>) ont été développées (28). Auparavant, seulement les fibres naturelles, tels que la laine, la soie, le lin et le coton, étaient employées pour les tissus. De nos jours, une panoplie de tissus sont disponibles sur le marché grâce à différentes formulations de teintures pour les textiles (p. ex., les acides, les complexes métalliques et l'anthraquinone), de compositions de tissus (p. ex., le polyester, la laine, le coton, le Spandex<sup>TM</sup> et la viscose) et de traitements (p. ex., le Téflon<sup>TM</sup>) (28,29).

#### **1.3.1 L'industrie du textile au Canada et au Québec**

Le secteur du textile au Québec a connu une croissance entre les années 1950 et 1960. Dans les années 1970, approximativement 20% des emplois manufacturiers étaient reliés d'une façon ou d'une autre aux industries de textiles, p. ex., le secteur du vêtement, de l'automobile et des meubles. Mais, par la suite, et ce jusqu'aux années 1980, l'importance de ce secteur a diminué dans la province comme dans l'ensemble du pays. Malgré ceci, l'industrie textile au Québec est restée un secteur de production

important pour l'activité manufacturière de la province à cause de son nombre d'emplois (30).

De nos jours, l'industrie du textile au Canada vise à se développer non seulement dans le prêt-à-porter mais de plus en plus dans une variété de produits tels que les toiles de stade, les vêtements de pompiers, les filtres et les couches jetables (31). De manière générale, entre 1987 et 1994, ce secteur a connu soit une constance ou encore une hausse dans la valeur de livraison, et ce, dépendamment du type d'industrie faisant partie de ce groupe majeur (p. ex., les industries des fibres chimiques et des filés de filaments, les industries de la filature et du tissage de la laine et les industries des tissus larges et à mailles) (31).

En 1994, l'industrie du textile au Canada a augmenté son effectif de 5,1%, une première augmentation en 11 ans (30). En 1994, il y avait approximativement 850 et 280 établissements dans ce secteur au Canada et au Québec respectivement employant environ 47,000 et 13,000 salariés (32).

### **1.3.2 Procédés et produits chimiques utilisés**

Plusieurs étapes et procédés ont lieu avant d'arriver au produit fini. Les fibres sont d'abord nettoyées, cardées et/ou peignées et filées. Par la suite, le fil est utilisé pour fabriquer le tissu, soit par tissage ou par tricotage. Une multitude d'apprêts et de

traitements sont ensuite appliqués sur le tissu pour obtenir un produit fini de qualité, tels que le blanchissement, l'impression, la teinture, la finition mécanique, le pré-retrait et la mise en forme (33).

De nombreux produits chimiques sont couramment utilisés dans cette industrie. L'industrie du textile aux États-Unis a rejeté en 1995 un total de 17,8 millions de livres de produits chimiques dans l'environnement (atmosphère, eau et sol) (33). Plusieurs substances utilisées sont toxiques pour les travailleurs, p. e.x., l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque, le PERC et le TCE.

L'industrie du textile et du vêtement ne fait pas exception à la tendance de vouloir substituer les solvants nocifs pour des produits ou procédés moins dangereux. D'ailleurs, la substitution a été grandement utilisée comme outil de prévention dans ces deux dernières industries pour remplacer le PERC, un solvant reconnu comme cancérigène probable (classification 2A) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) depuis 1995 (27) et qui est employé couramment pour le nettoyage à sec des tissus. Le PERC a été remplacé partiellement par un changement de procédé vers le nettoyage aqueux : une méthode qui utilise une machine à laver, des détergents, des additifs, des agents détachants et une sécheuse spécialisée (34).

Un autre solvant à substituer dans l'industrie du textile est le TCE utilisé comme détachant pour les taches de graisse et d'huile sur les tissus lors de leur inspection par

les travailleurs (28,35). Quand une tache est aperçue sur le tissu lors de son passage sur les tables d'inspection, le travailleur vaporise du TCE à l'aide d'un pistolet à air comprimé. Auparavant, le détachage des tissus se faisait habituellement avec le TCA, mais depuis son bannissement en 1996 (en vertu du Protocole de Montréal), plusieurs entreprises de textile et de l'habillement utilisent le TCE. L'utilisation de ce dernier solvant cause un problème sur le plan de la santé au travail, car il est soupçonné d'être cancérigène. Ainsi, il y a un besoin pour cette industrie d'éliminer l'usage du solvant TCE dans leurs opérations de nettoyage. Aux États-Unis, les manufacturiers du textile ont rejeté en 1995 plus de 250,000 livres de TCE dans l'environnement général par émissions atmosphériques (28).

## **1.4 LE TRICHLOROÉTHYLÈNE**

### **1.4.1 Généralités**

Le TCE est un solvant organique qui fait partie de la famille des hydrocarbures aliphatiques chlorés. C'est un liquide incolore, volatil, d'odeur similaire à celle du chloroforme et généralement perceptible entre 20 et 80 ppm. Il est ininflammable et n'explose pas à la température de la pièce. Il est pratiquement insoluble dans l'eau, soit de l'ordre de 0,10 g dans 100 g d'eau, mais est miscible avec la plupart des solvants organiques (36). Le TCE dissout facilement un grand nombre de substances organiques, notamment les graisses, les huiles et les résines.

Le TCE commercial est rarement présent à l'état pur. Il se trouve mélangé avec de petites quantités de stabilisants (souvent moins de 1% d'un mélange d'amines, d'époxydes ou de dérivés du pyrrol) qui agissent comme antioxydants ou récepteurs d'acides. Le TCE tend à se décomposer lorsqu'il atteint des températures supérieures à 120°C et peut former du phosgène, du monoxyde et du dioxyde de carbone et du tétrachlorure de carbone. Le TCE peut réagir vivement avec les métaux alcalins ou alcalino-terreux et avec les produits fortement alcalins, comme la soude et la potasse. Ce solvant est sans action sur les métaux usuels mais la formation de produits de dégradation acides peut provoquer une corrosion des surfaces métalliques (36,37).

### 1.4.2 Les sources et expositions professionnelles

Toutes les sources du TCE sont de nature anthropogénique. Ce solvant a été introduit sur le marché mondial il y a environ une cinquantaine d'années et n'a cessé d'être employé depuis ce temps. Il a été utilisé comme anesthésiant en chirurgie, mais on a arrêté de s'en servir dès que des alternatives plus sécuritaires et efficaces ont été disponibles. Grâce à ses bonnes propriétés physico-chimiques (inflammabilité, haute pression de vapeur, grande capacité de solubilisation et bonne stabilité), le TCE est un produit qui est présentement utilisé abondamment dans l'industrie générale (128 millions de livres ou 58 000 tonnes métriques aux États-Unis pour l'année 1995) (38). La grande majorité de ceci, soit environ 80%, est utilisée pour le dégraissage des pièces métalliques. À peu près 5% est utilisé comme intermédiaire chimique pour la synthèse des hydrofluorocarbures (HFC), 5% pour des usages divers et 10% pour fins d'exportation (39).

Le TCE est présent comme solvant principal ou comme l'une des composantes faisant partie d'un mélange de solvants dans de nombreux produits industriels et commerciaux : p. ex., les adhésifs, les lubrifiants, les peintures, les vernis, les décapants, les pesticides, les détergents à tapis et les liquides correcteurs de machine à dactylographie (39). L'industrie du textile emploie le TCE pour nettoyer le coton, la

laine et autres types de tissus. Cette industrie utilise aussi ce solvant dans le procédé de teinture sans eau et dans d'autres opérations de finition (39).

### **1.4.3 Toxicocinétique**

#### **1.4.3.1 Absorption**

Le TCE est un solvant volatil dont l'absorption se fait principalement par la voie respiratoire. Des études ont démontré qu'entre 70% et 80% de la vapeur de TCE inhalée est retenue dans l'organisme humain (40). Le TCE a un coefficient de partage sang/gaz qui est comparable à ceux des gaz anesthésiants (c.-à-d., le chloroforme, l'éther diéthylique et le méthoxyfluorène), mais il est plus lipophile que ces derniers. Par conséquent, le taux d'absorption initial du TCE inhalé est très élevé et se stabilise après quelques heures (41). Grâce au caractère lipophile du TCE, l'absorption de ce solvant peut se faire aussi de façon mineure par voie cutanée ainsi que par la voie gastro-intestinale, cette dernière étant peu courante en milieu de travail. De manière générale, les études faites chez les animaux et les humains sur l'absorption du TCE par les voies respiratoire, cutanée et orale démontrent que ce solvant s'absorbe rapidement dans la circulation sanguine, et ce, peu importe la voie d'exposition (39).

#### 1.4.3.2 Distribution

Une fois que le TCE est absorbé, il est rapidement distribué dans la circulation sanguine et va s'accumuler dans les tissus adipeux et dans le foie. Des données chez les animaux de laboratoire indiquent que le TCE est surtout absorbé par les tissus adipeux, les glandes surrénales, les ovaires et les compartiments cellulaires du sang (42). Ce solvant peut facilement traverser la barrière placentaire (43).

#### 1.4.3.3 Métabolisme

Le principal site métabolique du TCE est le foie où la substance est biotransformée par les oxygénases à fonctions mixtes du cytochrome P450, via un dérivé époxydé, en hydrate de choral (39). Ce dernier peut s'oxyder pour former de l'acide trichloroacétique ou encore se réduire pour produire du trichloroéthanol (44). Sur le plan qualitatif, ce métabolisme d'oxydation semble être similaire chez les animaux de laboratoire et chez les humains, malgré les différences importantes observées dans la quantité des divers métabolites formés chez les différentes espèces considérées (45). Une faible quantité du dérivé époxyde est transformée en N-(hydroxyacétyl)-aminoéthanol (40). De plus, il est aussi possible qu'une faible quantité de TCE



réagisse directement avec le glutathion pour produire de la dichlorovinylcystéine. Dans le rein, ce dernier métabolite pourrait libérer, sous l'action d'une  $\beta$ -lyase, un dérivé thiol réactionnel. D'autres métabolites mineurs peuvent être aussi formés. Le TCE inhalé semble être aussi métabolisé, en moindre importance que dans le foie, dans les cellules de Clara des poumons des animaux de laboratoire (45).

#### 1.4.3.4 Excrétion

La proportion non-métabolisée du TCE absorbé, soit de l'ordre de 10%, est éliminée par voie pulmonaire. Quant aux produits métaboliques, ils sont excrétés par voie urinaire, principalement sous forme de trichloroéthanol et d'acide trichloroacétique, représentant 50% du TCE absorbé (40). Les taux d'élimination des divers métabolites majeurs diffèrent grandement entre-eux. La demie-vie d'élimination de l'acide trichloroacétique et du trichloroéthanol est de 50-100 heures et de 12-26 heures respectivement (44).

#### **1.4.4. Les effets sur la santé**

##### **1.4.4.1. Les effets aigus**

L'intoxication aiguë résulte de l'inhalation de concentrations élevées de vapeurs dans un temps court, ou de l'ingestion accidentelle ou volontaire du TCE liquide. Comme presque tout les solvants halogénés, le TCE provoque, à des concentrations élevées, une action dépressive sur le SNC. Entre autres, les symptômes neuropsychologiques suivants se manifestent : maux de tête, obnubilation, confusion mentale, perte de coordination, somnolence, euphorie et vertige peuvent progresser vers des effets plus sévères tels que la perte de connaissance, le coma et la mort (46). Habituellement, les symptômes neuropsychologiques de moindre sévérité, tels que la confusion et le vertige, disparaissent une fois que le sujet est retiré de l'exposition (37).

Une exposition aiguë au TCE engendre aussi des symptômes au niveau du système respiratoire, tel que des troubles ventilatoires (tachypnée et apnée). En fait, le sujet exposé est souvent dyspnéique suite à l'inflammation des voies respiratoires et une bronchopneumonie peut en résulter. Le TCE cause également des troubles digestifs, tels que des nausées, des vomissements, des diarrhées et parfois des iléus transitoires et des hémorragies digestives (40). Une dépression myocardique avec hypotension artérielle, des troubles du rythme cardiaque et de la conduction auriculo-ventriculaire

ainsi que des extrasystoles ventriculaires peuvent également être aperçus. Finalement, des lésions hépatiques, tels que la stéatose et la nécrose, et des lésions rénales sont rares et inconstantes (36).

Des irritations cutanées peuvent être observées après un contact massif et prolongé avec le solvant. De plus, les projections oculaires entraînent des érosions superficielles de la cornée et de la conjonctive (36). Le tableau 4 démontre les effets du TCE en fonction de la durée et la concentration d'exposition.

**Tableau 4 : Effets toxiques aigus du TCE chez l'humain**

<b>Concentration (ppm)</b>	<b>Durée</b>	<b>Effets</b>
100 <sup>1</sup>	aiguë	- seuil olfactif
90-130 <sup>2</sup>	8 hrs	- perturbation de diverses performances mentales (perception, mémoire, temps de réaction, dextérité)
200 <sup>1</sup>	aiguë	- odeur apparente, non-déplaisante - légère irritation aux yeux
400 <sup>1</sup>	3 hrs	- odeur définitive, non-déplaisante - irritation aux yeux - légers étourdissements
1000-1200 <sup>1</sup>	6 min	- odeur prononcée, déplaisante - étourdissements prononcés
300-1000 avec ingestion d'éthanol <sup>2</sup>	2hrs	- potentialisation des altérations visuelles et motrices
2000 <sup>1</sup>	5 min	- odeur très forte, non-tolérable - très irritant pour les yeux et les voies respiratoires - étourdissements - nausées
3000 <sup>2</sup>	aiguë	- coma

<sup>1</sup> Royal Society of Chemistry (1986) (46)<sup>2</sup> Lauwerys (1990) (40)

#### 1.4.4.2 Les effets chroniques

Il est important de remarquer que l'intoxication chronique est conditionnée par le mode d'exposition et à un certain degré par la sensibilité individuelle. Une exposition prolongée au TCE peut engendrer une grande variété de manifestations surtout au niveau neurologique : atteinte des nerfs crâniens (névrite du trijumeau, atteinte du nerf optique et perte de sensation gustative), fatigue, céphalée, vertige, nausée, vomissements, anorexie, transpiration excessive, intolérance à l'alcool, trouble du sommeil et de l'humeur, pertes de mémoire et dépendance (toxicomanie) (40). Bien que les symptômes neuropsychologiques puissent disparaître quelques semaines après la cessation d'une exposition, certains effets sur la santé peuvent persister chez les sujets qui ont été exposés au TCE pour de longues périodes (42).

Comme de nombreux solvants chlorés, le TCE est susceptible de provoquer des dermatoses récidivantes, en particulier de type orthoergique. Des cas d'eczéma ont été aussi signalés mais demeurent exceptionnels (39). L'exposition chronique a été aussi associée avec des lésions au foie et aux reins; cependant, ceci est moins bien documenté chez les humains que chez les animaux (38).

#### 1.4.4.3. Cancérogénicité

L'évaluation du potentiel de cancérogénicité du TCE a fait l'objet de plusieurs études depuis la dernière décennie. Ces études ont particulièrement démontré que l'administration orale répétée de doses élevées (1 g/kg/j) de TCE induit des tumeurs au niveau des poumons et du foie chez la souris. De plus, ce même scénario d'exposition provoque un adénocarcinome tubulaire rénal, des tumeurs testiculaires et possiblement la leucémie chez les rats. Il y a spéculation que ces effets cancérogènes peuvent être confondus avec ceux causés par les stabilisants du TCE, soit l'épichlorhydrine et l'époxybutane, et non par le TCE lui-même (40).

Ces études indiquent que la souris est plus sensible que le rat à la cancérogénicité du TCE. Le métabolisme du TCE chez la souris démontre que l'action cancérogène pourrait résulter en une plus grande production d'acide trichloroacétique chez cette espèce en cas d'exposition intense. Ce métabolite engendrerait une prolifération des peroxyosomes, entraînant la production d'une plus grande quantité de formes activées de l'oxygène, et, conséquemment, des altérations de l'ADN (40).

Le CIRC en 1995 a évalué le potentiel cancérogène du TCE à partir de l'ensemble des données de la littérature (27). Il y a augmentation de l'incidence des tumeurs du foie et des poumons ainsi que des lymphomes chez la souris, amenant une preuve suffisante de la cancérogénicité du TCE chez les animaux de laboratoire. Quant aux études

épidémiologiques, elles indiquent une augmentation de l'incidence de tumeurs hépatobiliaires et de lymphomes non-Hodgkinien, constituant une preuve limitée pour la cancérrogénicité du TCE chez les humains. La conclusion de l'évaluation globale du TCE a été que ce produit est probablement cancérogène pour l'humain, soit 2A d'après la classification du CIRC.

#### **1.4.4 Les effets sur l'environnement**

Le TCE étant une substance volatile, il s'évapore aisément dans l'environnement du milieu de travail et, subséquemment, est retrouvé dans l'air extérieur. Les activités de dégraissage du métal constituaient la principale source des rejets industriels de TCE dans l'atmosphère aux États-Unis. Il est estimé que les rejets annuels de cette substance dans l'environnement canadien correspondent approximativement à la quantité nette de TCE consommée au Canada chaque année; soit de l'ordre de 1,5 kilotonnes en 1989 (45).

Une fois dans l'atmosphère, le TCE est dégradé en réagissant principalement avec des radicaux hydroxyles pour produire du phosgène, du chlorure de dichloroacétyle, du chlorure de formyle et d'autres produits de dégradation. La demi-vie estimée de ce processus est approximativement 7 jours et nous indique que le TCE n'est pas un composant qui persiste dans l'atmosphère. (39). En 1993, la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) a dénoté le TCE comme substance ne

contribuant pas à la détérioration de la couche d'ozone stratosphérique, à la production d'ozone troposphérique ou au réchauffement de la planète (45). Le TCE présent dans l'atmosphère peut se retrouver éventuellement dans l'eau et le sol. La biodégradation et l'hydrolyse du TCE se produit dans l'environnement aquatique, mais à un taux très faible. C'est cependant la volatilisation qui est le processus le plus courant pour le TCE présent dans l'eau de surface. Pour ce qui du TCE qui se trouve sur le sol, il est aussi majoritairement volatilisé dans l'atmosphère mais une certaine quantité peut aussi être percolé dans le sol (39).



## 1.5 LA SUBSTITUTION

Il existe diverses approches préventives pour confronter le problème d'exposition des travailleurs à un contaminant toxique tel que le TCE : l'élimination à la source (substitution), le contrôle à la source (ventilation locale), le contrôle dans le milieu (ventilation générale, entretien et nettoyage), la surveillance environnementale (prélèvement personnel), le contrôle des contacts (protection personnelle), la surveillance biologique d'exposition (analyse de la substance ou de ses métabolites dans un fluide biologique) et le dépistage précoce (examen fonctionnel et questionnaire) (47).

Bien que chacune des activités énumérées ci-dessus apporte un certain contrôle sur l'exposition, la substitution est la stratégie à privilégier avant tout car elle assure l'élimination de la substance dangereuse à la source même par son remplacement avec une substance moins nocive ou par un changement de procédé (48). D'ailleurs, la Loi sur la santé et la sécurité du travail au Québec recommande l'élimination à la source des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs (26). Les autres modes de prévention, tels que la ventilation locale et la protection personnelle, peuvent prévenir (jusqu'à un certain point) les dangers pour la santé des travailleurs, mais puisque le produit chimique est toujours en utilisation, les vapeurs de solvants ne sont pas éliminées et peuvent conséquemment nuire à l'environnement général. Ainsi, l'élimination à la source est le seul moyen de prévention qui permet à la fois de

protéger l'environnement extérieur ainsi que celui du milieu de travail, puisque fondamentalement on cesse entièrement l'utilisation du produit nocif.

Suite à la découverte des impacts environnementaux des solvants et de l'implantation subséquente du Protocole de Montréal, l'industrie en général a dû s'efforcer de trouver des produits de remplacement qui, à la fois, n'endommageraient pas l'environnement et seraient inoffensifs pour la santé des travailleurs. Notamment, plusieurs type d'industries qui exécutaient diverses opérations de dégraissage et nettoyage de pièces métalliques ont dû recourir à des produits ou procédés de remplacement pour substituer certains des solvants chlorés qui avaient été traditionnellement utilisés (49).

Plusieurs études ont été faites sur le concept et l'importance de la substitution des solvants. En évaluant un certain nombre de cas de substitution, Antonsson a observé que la substitution est un procédé très complexe dans lequel on peut voir à la fois des effets bénéfiques et néfastes (50). Des problèmes surviennent surtout à la suite de l'usage de produits chimiques nouvellement introduits sur le marché et dont les propriétés toxiques ne sont pas encore bien documentées. Dans la majorité des cas, l'usage d'un nouveau produit nécessite des changements au niveau de l'équipement, sauf s'il a les mêmes propriétés chimiques et physiques que le produit à remplacer, ce qui n'est pas souvent le cas (51). De plus, les effets de la substitution peuvent être complexes et même parfois inattendus. Les options de rechange peuvent avoir des

effets néfastes qui diffèrent de ceux du produit initial à remplacer. Par exemple, il est difficile de comparer un produit qui cause le cancer du foie avec un substitut qui cause le smog photochimique (50). Malgré les inconvénients que peut poser la substitution, elle représente de manière générale un outil intéressant pour introduire des produits moins dangereux dans le milieu de travail (50,51).

La substitution semble être une excellente stratégie de prévention mais elle est parfois difficile à implanter à cause de sa complexité. Les auteurs s'accordent habituellement pour privilégier les facteurs suivants lorsqu'on envisage d'éliminer une substance dangereuse en milieu de travail : la faisabilité technique, la santé et la sécurité au travail, la protection de l'environnement général, les facteurs économiques ainsi que les facteurs humains et organisationnels (52).

Afin de trouver des solutions de manière systématique, il est utile d'imaginer la démarche de substitution comme une procédure divisée en étapes (48). L'élaboration d'une approche systématique de la substitution a justement fait l'objet de quelques études. Goldschmidt et al. suggèrent une approche méthodologique en 7 étapes pour la substitution, tout en intégrant divers aspects de l'hygiène industrielle et de la toxicologie (53). Sorensen et al. proposent une méthode qui est axée spécifiquement sur le changement de procédé (54). Callahan et al. suggèrent une approche de la substitution qui souligne spécifiquement l'élimination ou la réduction de l'usage des

solvants dans les procédures de nettoyage des pièces métalliques et autres matériaux (55).

### **1.5.1 Description de la démarche de substitution en 7 étapes**

La procédure résumée ci-dessous est une synthèse dérivée de la publication-guide danoise de Filskov et al. (53), de revues effectuées par le Health and Safety Executive britannique (56,57) et d'un article théorique de Goldschmidt (48).

#### **1) Formulation du problème**

La première étape consiste à formuler, de manière précise, le problème à résoudre. Il est nécessaire de visiter l'entreprise à ce stade pour bien décrire le problème et les conditions de travail. En premier lieu, il faut identifier les raisons pour lesquelles on veut éliminer une substance particulière, pourquoi elle est utilisée et quels procédés sont impliqués lors de l'utilisation de la substance. Pour ceci, des informations pertinentes doivent être compilées sur la substance à substituer (p. ex., son usage dans l'entreprise, sa toxicologie et ses effets sur la santé), le milieu de travail (p. ex, le but du procédé dans lequel la substance est utilisée, sa description et celle des autres procédés affiliés) et l'exposition professionnelle à la substance.

## 2) Identification de solutions alternatives

La génération des options de rechange doit être considérée de manière créative, c.-à-d. que toutes les idées concevables doivent être présentées. La série d'options, que ce soit des produits de remplacement ou des procédés de substitution, doit être la plus large possible. Diverses sources d'informations, telles que les travailleurs, les fournisseurs, la documentation et les concurrents utilisant un produit pour le même type d'application peuvent proposer des solutions techniquement viables.

## 3) Évaluation des conséquences des solutions

Le troisième stade consiste à évaluer les conséquences de l'implantation des différentes options qui ont été retenues jusqu'à la dernière étape. Il s'agit de rassembler l'information sur les propriétés pertinentes des substances et des procédés possibles en terme de santé et sécurité au travail, de toxicité, d'environnement, d'efficacité technique, de coûts et de facteurs humains et organisationnels.

## 4) Comparaison et choix

La quatrième étape consiste à comparer les diverses options entre elles dans le but de choisir celles qui feront l'objet de tests en entreprise. Pour ce faire, des critères de sélection sont établis sur les propriétés documentées de la dernière étape. L'ensemble des facteurs doit être considéré afin de faire ressortir les principaux avantages et inconvénients de chacune des solutions retenues. À la fin de cette procédure, un

nombre plus restreint de solutions sera sélectionné pour application lors de la prochaine étape.

#### 5) Essais en usine

Les solutions optimales choisies seront maintenant testées, à petite échelle, en milieu de travail. Cette étape permet de vérifier l'acceptabilité, soit les performances techniques, ainsi que de prendre tous les commentaires du personnel de l'entreprise (la direction, les travailleurs de production, les ingénieurs, les techniciens et le comité santé et sécurité au travail) vis-à-vis l'utilisation des différentes options. Cette étape permet de choisir la solution finale pour le remplacement de la substance à substituer.

#### 6) Implantation

À cette étape, la solution optimale est implantée en entreprise. Il faut s'assurer que les employés concernés soient bien instruits quant aux nouveaux risques qui sont associés à l'usage d'un nouveau produit. De plus, il est nécessaire de former ces travailleurs et de leur apporter les directives et renseignements appropriés face à l'ensemble des changements à effectuer dans leur la méthode de travail. Les commentaires des travailleurs doivent être recueillis afin de s'assurer que le produit de substitution fonctionne bien.

### 7) Évaluation

La dernière étape consiste à évaluer l'implantation du nouveau produit après qu'il ait été introduit pour un certain temps dans l'entreprise et à y apporter les correctifs nécessaires. Il s'agit de vérifier notamment si les critères établis au départ sont respectés, si les effets sur la santé ont diminué, s'il y a présence de nouveaux effets depuis l'introduction du produit et, enfin, si l'entreprise est satisfaite de l'efficacité du nouveau produit. Les employés concernés seront de nouveau consultés avant d'apporter les modifications nécessaires.

## **1.6 OBJECTIF**

Dans l'industrie du textile, le TCE, un produit toxique et probablement cancérigène pour l'humain, est utilisé couramment dans les postes d'inspection pour enlever les taches d'huile et de graisse présentes sur le tissu. Le TCE est pulvérisé à l'aide de pistolets à air comprimé en aire ouverte et conséquemment peut se trouver en concentration importante dans l'air du milieu de travail. Pour des raisons de santé au travail, il serait préférable d'éliminer le TCE pour cette opération.

L'objectif de ce travail est d'examiner la possibilité de remplacement du TCE par une substance ou un procédé moins dangereux. Pour ce faire, une démarche systématique en neuf étapes sera appliquée pour optimiser les chances d'identifier le meilleur substitut pour le TCE. Les renseignements recueillis grâce au cas de l'industrie du textile seront ensuite utilisés pour résoudre la même problématique dans une entreprise de l'habillement se spécialisant dans la confection de pantalons pour hommes.



## **CHAPITRE II**

### **PRÉSENTATION DE L'ARTICLE**

## ARTICLE

# A STUDY ON THE SUBSTITUTION OF TRICHLOROETHYLENE AS A SPOT REMOVER IN THE TEXTILE INDUSTRY

Touseef Mirza,<sup>A</sup> Michel Gérin,<sup>\*A</sup> Denis Bégin,<sup>A</sup> Daniel Drolet<sup>B</sup>

<sup>A</sup> Université de Montréal  
Groupe de recherche en toxicologie humaine (TOXHUM)  
Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu  
C.P. 6128, Centre-ville, Montréal, Québec, Canada H3C 3J7;

<sup>B</sup>Institut de recherche en santé et sécurité du travail du Québec (IRSST)  
505 boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal, Québec, Canada H3A 3C2

\*Author to whom correspondence should be addressed:

Michel Gérin, Ph. D.  
Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu, Université de Montréal  
C.P. Box 6128, Station Centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7.

Telephone number: (514) 343-7817

Fax number: (514) 343-2200

E-mail: gerinm@ere.umontreal.ca

Soumis pour publication à *American Industrial Hygiene Association Journal*

## ABSTRACT

A Study on the Substitution of Trichloroethylene as a Spot Remover in the Textile Industry. MIRZA, T., GÉRIN, M., BÉGIN, D., AND D. DROLET. (199X) *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* XX:XX-XX.

Since the ban on 1,1,1-trichloroethane (TCA), the textile industry has been using trichloroethylene (TCE) as a spot remover to clean off oil and grease stains from fabrics at inspection stations. TCE is a toxic substance and has been classified recently as a probable human carcinogen. The purpose of this study was to use a systematic substitution procedure to replace TCE with a less hazardous option for spot removing in a textile company. After documenting the problem and understanding the processes involved, numerous sources of information were searched to identify the greatest number of plausible solutions. Then criteria were established in order to consider only the options that seemed technically acceptable. Five options were retained: 1-bromopropane, a petroleum-based solvent, a hydrochlorofluorocarbon-based solvent, an appliance that uses hot steam, and the elimination of the oil and grease spots at the source. The latter option, being already partially and gradually implemented by the textile company, was not considered in our study. After being tested in the workplace and evaluated on their technical plausibility and impact on health, safety and environment, the remaining four options were not considered as a

suitable replacement for TCE. Thus, local ventilation with the implementation of further measures for the reduction/elimination of stains at the source were recommended to lower TCE exposure for workers. Workers should also wear proper gloves and masks while working with TCE.

**Key words:** Substitution, solvents, trichloroethylene, textiles, 1-bromopropane, HCFC-141b.

## INTRODUCTION

Trichloroethylene (TCE) and perchloroethylene (PERC) are commonly used in the textile manufacturing industry as cleaning agents to remove oil and grease stains from fabrics.<sup>(1,2)</sup> PERC is used extensively in closed-circuit dry cleaning machines<sup>(3)</sup> where solvent vapors mostly remain inside the vessel, thereby keeping concentrations in the working environment to a minimum. TCE, however, is often used as a spot remover at inspection stations<sup>(2,4)</sup> in open floor spraying areas, i.e., locations not separated by a partition from general factory operations where spray operations are conducted without a spray booth,<sup>(5)</sup> thereby subjecting workers directly to TCE mist and vapor.

Acute exposure to TCE causes depression of the central nervous system (CNS) and irritation to the skin, eyes and respiratory tract. Chronic exposure to this chemical has been associated with liver damage.<sup>(6)</sup> In order to minimize the potential for complaints of headache, fatigue, irritability and hepatic injury, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) recommends threshold limit values (TLV<sup>®</sup>) of 50 ppm (273 mg/m<sup>3</sup>) for an 8-hour time-weighted average (TWA) and 100 ppm (546 mg/m<sup>3</sup>) for a short-term exposure limit (STEL).<sup>(7)</sup> Even though TCE has been classified in category A5, i.e., not suspected as a human carcinogen, by the ACGIH since 1993,<sup>(7)</sup> it has been thoroughly evaluated for its carcinogenicity in 1995 by the International Agency for Research on Cancer (IARC), and has been classified as 2A, i.e., probably carcinogenic to humans.<sup>(8)</sup> The latter evaluation arises from limited

evidence in epidemiological studies for cancers of the liver and biliary tract and non-Hodgkin's lymphoma together with sufficient evidence of carcinogenicity at several sites in experimental animals.<sup>(8)</sup>

Chlorinated solvents, including TCE, are the targets of increasing efforts of substitution due to their adverse health and environmental effects.<sup>(9)</sup> Substitution of hazardous materials in the workplace is a preventive measure that enables the elimination of hazardous substances at the source by replacing them with less hazardous substances or by changing industrial processes.<sup>(10-13)</sup>

Most authors agree that certain factors, such as technical feasibility and efficiency, occupational health and safety, protection of the environment as well as economical, human and organizational factors, should be considered in substitution approaches.<sup>(11-</sup>

<sup>15)</sup> In order to conform to Danish regulations which recommend substitution for occupational health reasons, Goldschmidt et al.<sup>(13,14)</sup> have proposed a procedure to implement substitution which includes seven steps: identification of the problem, idea generation phase, description and assessment of the alternatives, comparison of the alternatives, decision, execution and evaluation. The substitution procedure is presented as an iterative model, i.e., the steps are performed repeatedly until a satisfactory solution is achieved. Not all cases follow the working process in a strict manner; however, this procedure may serve as a basic plan for most types of substitution case-studies.<sup>(13,14)</sup> Callahan and Green have put forward for solvent

source reduction a similar approach originating from the U.S. Environmental Protection Agency's (USEPA) efforts in pollution prevention. It emphasizes management commitment and team work through the setting of goals, creating a plan, and organizing a work group.<sup>(15)</sup>

The purpose of the present study was to replace TCE as a spot remover with a less hazardous option by employing a systematic substitution procedure. This approach was applied in a Québec woolen textile manufacturing company.

### **Background**

Before TCE was introduced, 1,1,1-trichloroethane (TCA) was largely used as a spot remover in the textile industry. TCA, much less toxic than TCE, is, however, an ozone depleting substance and was banned in 1996.<sup>(16)</sup> Since then, some companies have been using TCE. Due to this chemical's chronic health hazards coupled with worker complaints of eye irritation and dryness of the skin, the interest of the company in this study was to eliminate TCE from the premises by means of substitution.

The textile company considered is composed of several plants where different processes are conducted: yarn formation, fabric formation and textile finishing. The present substitution study focused on the finishing plant which employs approximately 130 workers, of which 15 are fabric inspectors that use TCE on a daily basis. The company produces a variety of fabrics out of wool, polyester, Lycra<sup>®</sup>, viscose, Nylon<sup>®</sup>

and linen. These fibers are present in the textiles in different proportions and combinations. However, 95% of all fabrics have a wool content, ranging from 35% to 100%. TCE is used as a spot remover to clean off oil and grease stains from the fabric. It is pulverized directly on the fabric using suction cup spray guns. There is no local ventilation; the inspectors do not wear gloves or respirators.



## METHODS

### Substitution

A nine-step systematic substitution procedure, which is adapted from the methods proposed by Goldschmidt et al.<sup>(13,14)</sup> and Callahan and Green,<sup>(15)</sup> was used for this study (Table I). For convenience of presentation, some of the more detailed information on steps 3 and 4 is reported in the results section.

### Sampling and Analysis

A small number of personal breathing zone samples were taken to verify the magnitude of worker exposure to TCE, 1-bromopropane, 1-methoxy-2-propanol, 1,1-dichloro-1-fluoroethane (HCFC-141b) and hydrotreated heavy petroleum naphta (CAS # 64742-48-9)\*. Parameters of the sampling and analytical methods are presented in Table II. The measurements lasted from a minimum of 59 to a maximum of 343 minutes and reflect TWA concentration levels during inspection operations for the total time sampled per worker. The number of workers sampled were the following:

- Trichloroethylene: twelve workers were sampled altogether;
- 1-Bromopropane: all 11 final inspection workers used 1-bromopropane for the time of the air sampling, while 4 of them were sampled;

---

\* Chemical Abstracts Service Registry Number, American Chemical Society, Columbus, OH.

- 1-Methoxy-2-propanol: 10 inspectors used the hydrochlorofluorocarbon-based solvent, while 2 of them were sampled;
- 1,1-Dichloro-1-fluoroethane: same workers sampled as for the 1-methoxy-2-propanol;
- Hydrotreated heavy petroleum naphta: same workers sampled as for the 1-methoxy-2-propanol.

The charcoal tube samples have been desorbed with 1 mL of the desorption solvent (Table II) and analyzed using gas chromatography with flame ionisation detection. All results were corrected for desorption efficiencies.

## RESULTS

### Process Information

When the raw material, e.g., wool, arrives at the first plant (yarn formation), it is cleaned, carded, combed, stretched and twisted in order to form a thread. The threads are woven to form a fabric which, then, undergoes numerous finishing processes. When the fabric arrives at the finishing plant, it is washed with detergents, dried, dry cleaned, dyed, dried again and inspected for the first time. Workers at the primary inspection stations mainly verify the quality of the fabric and roughly inspect it to clean out stains with TCE. Subsequently, other finishing processes can be performed (e.g., shearing and decating) and ultimately the fabric arrives at the final inspection area where, again, TCE is used to take off any visible oil and grease spots. After the final inspection, the fabrics are transferred to a storage room.

Several individuals from the plant were interviewed in order to identify the important sources of grease and oil contamination of the textiles. The looms, which weave the fabric from the threads, need constant lubrication; their movement projects oil droplets onto the fabric. Furthermore, all machines implicated in the fabrication of textiles are lubricated with oil or grease to insure proper functioning, thereby also contributing to some extent to stains on the fabric.

The dry cleaning process should, in theory, clean out all stains from the preceding processes, including those generated by the looms. However, occasionally, the textiles are passed through the dry cleaning machine too rapidly, thereby not allowing enough time for the cleaning solvent, PERC, to remove all the stains from the fabric. Once at the primary inspection, the fabric is still wrinkled, therefore some stains may be unnoticeable at this point and consequently are not taken out from the fabric. Afterwards, the fabric undergoes other processes which can contribute, again, to oil and grease stains; all of the stains are finally taken out at the final inspection.

Out of the 15 inspectors that manipulate TCE, 4 are located at the primary inspection and 11 at the final inspection. Even though the primary and final inspection stations are not carried out at the same location in the factory, they have essentially the same workplace environment. The inspectors work at large tables (2 m wide and 3,5 m high), slanted at about 70° to the floor. The fabric moves from the top to bottom of the table with a constant speed of 0,6 m/sec and can be stopped with a crank when the inspector notices a stain on the fabric. The inspector then pulverizes some TCE with the suction cup spray gun. Depending on the density and size of the stain, TCE can be pulverized anywhere between 3-5 sec (minimum) to 10-15 sec (maximum) every time it is used. This spraying operation, in turn, can be executed for up to a maximum of 5 times/min. The size of the spots can vary greatly, from a minute droplet of oil to a spot of 5 cm in diameter. Daily, a worker inspects approximately 40 pieces of fabric; each measures 1.5 m in width and 65 to 90 m in length. Therefore, between 3900 and

5400 m<sup>2</sup> of fabric per worker per day are inspected. Annually, approximately 820 liters of TCE are used; this amounts to approximately 1.1 liters of TCE per inspector per week. The average exposure level measured during sampling ranged between 5 and 118 mg/m<sup>3</sup> (Table III).

### **Identification of Technically Acceptable Solutions**

A search for acceptable solutions was executed by consulting the following sources of information:

- individuals at the textile plant (technician, engineer, chemist and workers);
- members of occupational and/or environmental health organizations (specialists at the USEPA and at Environment Canada);
- booklet entitled “Resource Guide for Garment and Textile Care Professionals”,<sup>(19)</sup>
- solvent manufacturers/suppliers identified in the following documents: The Canadian Textile Manual,<sup>(20)</sup> catalogs of the CRIQ<sup>(21)</sup> and the Ozone-depleting Substances Alternatives and Suppliers List;<sup>(22)</sup>
- manufacturers and solvent suppliers found on the Internet (using key words such as textiles, spot removers and cleaning solvents in search engines, e.g., Yahoo<sup>®</sup> and Altavista,<sup>®</sup> and visiting certain manufacturers’ and solvent suppliers’ Web sites);
- databases in OSH-ROM<sup>®(23)</sup> and in Dialog,<sup>®(24)</sup> i.e., Textile Technology and World Textile;
- specialized discussion groups on the Internet (P2-tech,<sup>(25)</sup> HS-Canada,<sup>(26)</sup> IH-list,<sup>(27)</sup> Safety,<sup>(28)</sup> and P2-tex<sup>(29)</sup>).

Altogether, approximately 150 suppliers and/or manufacturers of solvents across Canada and the U.S. were contacted. The majority of them were solvent suppliers that serviced a variety of industries, not just the textile industry. Approximately 20% of the contacted companies answered, sending us documentation, i.e., material safety data sheet (MSDS) and/or technical information, on 48 plausible replacement options.

Due to the great number of options suggested, criteria were established to consider only those deemed technically acceptable for the application. Acceptable options were either those strongly recommended by professionals or those that seemed technically feasible in terms of volatility (evaporation rate values), solvency (Kauri-Butanol values), and flammability (flash point values).

The replacement product must penetrate the fabric, yet evaporate quickly, as does TCE, because the action of the stain remover should not delay the inspection of the fabric. Evaporation rate values<sup>(30)</sup> ranging between 1 and 10, relative to n-butyl acetate=1, were deemed acceptable. This range of values excludes extremely slow and fast evaporating substances. Furthermore, the replacement product must have good solvency, i.e., be effective in dissolving oil and grease spots; this property is often denoted by the Kauri-Butanol (Kb) value.<sup>(31)</sup> Products having a low Kb value, smaller than 30, were thus discarded. When the flash point of a chemical is higher than the temperature of operation, a fire or explosion cannot occur from its vapors in normal conditions.<sup>(32)</sup> Ideally, a non-flammable product, defined as a substance having a flash

point higher than 38°C, is preferable to use. Since 32°C is about the highest temperature that can be reached in the textile plant during summer, combustible liquids having a flash point of at least 10°C above 32°C were considered as safe to use.

At the end of this step, four acceptable replacement products were identified: 1-bromopropane, a steam gun, a petroleum based solvent (P-solvent), and a mixture based on a hydrochlorofluorocarbon (HCFC-solvent). Another option is to eliminate the source of the problem, i.e., eliminate the oil spots altogether.

All other products suggested were rejected because they did not have the desired technical properties. For instance, all aqueous and d-limonene-based solvents were not volatile enough. Some were too volatile, such as pure HCFC-225, pure HCFC-141b and a hydrofluoroether mixture: they would evaporate almost immediately after being pulverized and would not even penetrate the fabric. Other solvents were flammable: mixtures of heptane/isopropanol and heptane/HCFC-141b. Finally, some products did not have a good solvency, e.g., a hydrofluorocarbon-based solvent. PERC, even though meeting the criteria, was not retained as an option since it had already been tested and rejected by the company as a replacement for TCE because of its longer evaporation rate. Furthermore, as TCE, PERC has been classified as a probable carcinogen by the IARC.<sup>(8)</sup>

## Documentation of Options Retained

### 1-Bromopropane

1-Bromopropane (or n-propyl bromide) is an halogenated solvent presently promoted by manufacturers as a substitute for TCA and as a general degreasing agent. It has characteristics similar to TCE for all three properties examined above.<sup>(33)</sup> The USEPA has not yet approved 1-bromopropane to figure under the Significant New Alternatives Policy (SNAP) program which lists acceptable substitutes for ozone depleting substances. As far as close analogs are concerned, methyl bromide is a strong carcinogen, ethyl bromide is a weak carcinogen and 2-bromopropane is a mutagen. Based on available information, the USEPA considers that 1-bromopropane is not likely to be a strong carcinogen but uncertainties remain, e.g., the formation of propylene oxide, a carcinogenic metabolite. 2-Bromopropane has been shown to produce anemia and reproductive toxicity in workers. Decrease in sperm counts and motility were reported in rats exposed to 1-bromopropane. An industry consortium-sponsored study is in progress to evaluate whether birth defects are associated with this substance. A follow-up two-generation study is allegedly planned to further examine reproductive and developmental effects.<sup>(34)</sup> There is no national occupational exposure limit (OEL) although an 8-hour exposure guideline has been set by a solvent manufacturer at 100 ppm (511 mg/m<sup>3</sup>). This level has been established following a subchronic study in rats.<sup>(33)</sup>



### Steam Gun

The steam gun is an appliance that cleans surfaces with dry hot steam (120°C) at high pressures (from 45 to 65 psi). This product has been used commercially to remove spots from carpets and furniture, but had not yet been tested in the textile industry. From a toxicological and environmental point of view, the steam gun would be an optimal option because only water is used.

### P-Solvent

The P-solvent is a hydrotreated synthetic aliphatic hydrocarbon. This solvent is being used to replace PERC in commercial dry cleaning operations, therefore, it was an option recommended by professionals of the solvent industry for spot removing. Since the solvent is not volatile, it was suggested to use compressed air on the fabric once the P-solvent is sprayed on the textile in order to accelerate its evaporation. Although no detailed toxicological information was found on this product, its MSDS indicates that high vapour concentrations (greater than approximately 1000 ppm) are irritating to the eyes and the respiratory tract and can cause CNS effects. An 8-hour OEL has been recommended by the supplier at 300 ppm (1455 mg/m<sup>3</sup>).<sup>(35)</sup>

### HCFC-Solvent

The HCFC-solvent is composed of 10-40% of each of the following: HCFC-141b, 1-methoxy-2-propanol and hydrotreated heavy petroleum naphta. This product is allegedly in use for this type of application in the textile industry. Its volatility and

solvency resemble those of TCE and although its exact flash point is not available, it is reported to be higher than 61°C. HCFC-141b has an ozone depletion potential (ODP) of 0.11 which is nearly equal to the ODP of TCA (0.12).<sup>(36)</sup> Under the Ozone-depleting Substances Regulations of Environment Canada,<sup>(37)</sup> a product containing HCFC-141b can be used until January 2010 for non-industrial cleaning operations; this is the case for spot removing. However, a 35% reduction of the production and import of all HCFC substances will begin as early as January 2004.<sup>(37)</sup> In the U.S., the production phaseout date for this substance is January 2003.<sup>(38)</sup> Aside from CNS depression at high levels, no other significant acute effects were observed in rats exposed to HCFC-141b. A chronic toxicity study showed an increase of benign testicular tumors in rats in the medium and high-concentration groups. These types of tumors are reported to be common in aging rats and not relevant to humans.<sup>(39)</sup> There is no legal OEL for HCFC-141b but a Workplace Environmental Exposure Level (WEEL) of 500 ppm (2430 mg/m<sup>3</sup>) has been established by the American Industrial Hygiene Association (AIHA).<sup>(40)</sup> Vapors of 1-methoxy-2-propanol (or propylene glycol monomethyl ether) above its TLV value of 100 ppm (375 mg/m<sup>3</sup>)<sup>(41)</sup> are irritating to the eyes, nose and respiratory tract.<sup>(42)</sup> At very high concentrations, i.e., above 1000 ppm, depression of the CNS can occur. There are no reported cases of chronic effects in humans and animal data seems to indicate that no chronic effects are expected.<sup>(42)</sup> The third constituent of the HCFC-solvent is a hydrotreated heavy petroleum naphta which has the same CAS number as that of the P-solvent described above.

### Elimination of Oil Spots at the Source

Two types of looms are used in the textile weaving plant: projectile and rapier looms. There is less oil slinging from the rapier looms than from the projectile looms. Therefore, by changing the projectile looms by rapier ones, the presence of oil and grease spots on fabrics should decrease considerably, thus reducing the amount of spot remover used. Furthermore, identifying and modifying other equipment which contributes to stains should also help decrease the use of spot remover.

### **Comparison of the Options**

Different aspects of the retained options were compared (Table IV). All four products were non-flammable liquids, although the P-solvent and HCFC-solvent were combustible liquids having flash points of 64°C and greater than 61°C respectively; they did not present a fire hazard for this type of application. The cost of the options was of lesser consideration than their impact on health, safety and environment.

Since the P-solvent and steam gun seemed interesting non-hazardous replacement products, they were tested in the textile finishing plant. As for 1-bromopropane, it is still pending SNAP approval and its chronic toxicity data is lacking,<sup>(34)</sup> therefore, it would not be overcautious to wait for results of current and future studies, the SNAP evaluation and an independent OEL recommendation before recommending the use of this solvent as a replacement for TCE. Nevertheless, it was decided to test 1-bromopropane for spot removing to ensure its technical efficiency and to evaluate

worker exposure; this information could be of interest if the solvent is ultimately recommended. The HCFC-solvent is legally acceptable for spot removing in Canada, however, it was eliminated as a possible replacement for TCE because of its ozone-depleting potential: the solvent presents a global environmental and health hazard.<sup>(36)</sup> Nonetheless, according to solvent suppliers, this product is used extensively in the U.S. for this type of application. It was therefore decided to test it in the textile plant in order to document worker exposure and to assess its occupational risk.

Elimination at the source was not retained as a short-term option because it is already being undertaken, to some extent, by the company. Reduction of contamination of the fabric has been done by applying certain measures: projectile looms are being replaced with rapier looms, floors are being cleaned frequently near the looms to decrease oil accumulation and the use of lubricants on the looms and machines is being reduced. Although all these measures are important to minimize the problem, some contamination of the fabric will still remain.

### **Tests in the Workplace**

The steam gun and the P-solvent were discarded as possible replacement options because they did not work well technically; oil and grease stains were not removed efficiently and both the water and the solvent took approximately 5 to 7 times longer to evaporate than TCE. The steam from the steam gun did not have enough pressure to move the oil spots from the fabric. Furthermore, even though compressed air was

applied when the P-solvent was sprayed, the evaporation took a long time and a greasy film was left on the fabric. The HCFC-solvent and 1-bromopropane, on the other hand, were technically acceptable; oil and grease spots were removed successfully (good solvency) and solvents evaporated quickly after application (good volatility), although HCFC-solvent did not dry as fast as TCE.

1-Bromopropane average exposure levels ranged between 43 and 118 mg/m<sup>3</sup> (Table III) with highest level during peak use reaching 155 mg/m<sup>3</sup> (1-hour- individual sample). During this peak period three workers out of the four sampled complained of eye irritation and additionally of dryness of the throat for one of them. Moreover, the majority of inspectors complained of the solvent's odor. As for the HCFC-solvent, average exposure values ranged from 7 to 14 mg/m<sup>3</sup> for the HCFC-141b and quantities were below minimal measurable values for both 1-methoxy-2-propanol and hydrotreated heavy petroleum naphta (Table III). No complaints were expressed by the inspectors.

### **Final Choice**

Ultimately, no suitable replacement for TCE was found. Although both 1-bromopropane and the HCFC-solvent were effective, they cannot be recommended as substitutes for TCE. Therefore, it is recommended to continue using TCE as the spot remover with local ventilation to decrease exposure to levels much below the OEL, as is recommended in the case of carcinogenic substances.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The ban on TCA has pushed the textile industry to choose TCE, another non-flammable solvent, as a spot remover at inspection stations. This study was initiated by a textile company, a typical North American one in terms of processing of woolen textiles, interested in eliminating TCE because of its occupational health hazard. Even though there is some disagreement on the human carcinogenicity of TCE, its most recent evaluation by the IARC concludes that TCE is a probable human carcinogen. Furthermore, the widespread concern of governments on TCE's health and environmental effects<sup>(6,44)</sup> justifies the effort to try to find a substitute for this substance. Indeed in the case of carcinogens, various organizations<sup>(43,45)</sup> stress the need of attaining the lowest possible levels; this is best achieved in theory by substitution.

Beyond finding a substitute for TCE in the application of spot removing, another goal of this study was to test a procedure for implementing substitution based on recent studies by several authors.<sup>(13-15)</sup> The conceptual-based substitution procedure (Table I) is not absolute; rather, it should be used as a guide which allows to take into account important elements in a systematic and logical manner. Even though a single case study is insufficient for validation, certain observations could profit other hygienists implementing such a procedure.

In order to resolve a problem, its scope must be well understood. The interview session with plant personnel was particularly useful because it enabled us to recognize that grease and oil contamination of textiles is caused by many factors.

Although numerous sources were searched to find substitutes, solvent manufacturers/suppliers yielded the greatest number of options while discussions with health and safety professionals in the textile industry combined with discussion groups on the Internet provided the most technically viable solutions.

The implementation of new processes or substances is generally associated with new hazards. Nonetheless, if steps 5 and 6 from the substitution procedure are properly executed, it is possible to select a solution that has the lowest risk potential.

Exposure levels measured for all spot removing substances (Table III) were low compared to their respective OELs. However, because these results were obtained following one-day sampling periods, these values may not be representative of average conditions. Nevertheless, occasional complaints of eye irritation suggest that concentrations of TCE may reach higher levels in the working environment, further justifying our substitution efforts. Since there were complaints of odor, eye irritation and dryness of the throat during the one-day trial of 1-bromopropane, it may be that the manufacturer's recommended 8-hour OEL of  $503 \text{ mg/m}^3$ , based on animal toxicity data, is inadequate to protect against these effects. This incidental observation should

however be confirmed by studies in which exposure level profiles and symptoms would be individually matched on a large group of workers.

Sampling results for the constituents of the HCFC-solvent were also much below the recommended limits, both 1-methoxy-2-propanol and the hydrotreated heavy petroleum naphta being below measurable limits. Workers reported no irritating effects. These low concentration values indicate, from an industrial hygiene point of view, that the use of the HCFC-solvent does not present an occupational hazard; hence, this solution is rejected solely because of its high ODP value. Even if it is legally acceptable in Canada for textile spot removing, the use of HCFC-141b is not recommended since it would negate the environmental benefits that the phase-out of TCA was designed to achieve in the first place. If the HCFC-solvent was chosen as the substitute, a worker exposure problem would have been solved by creating a global environmental problem which, in turn, could have repercussions on the rate of skin cancer incidence.

The consequences of using recently commercialized products is not easily ascertained; this is the case for 1-bromopropane. It is difficult to identify hazardous environmental and/or health effects for such new products when they have not yet been studied thoroughly. The precautionary principle, a framework for environmental policy, stipulates that products and processes should not be considered "innocent until proven guilty" thereby necessitating the results of scientific research before proclaiming their



acceptability.<sup>(46)</sup> Thus, if 1-bromopropane is eventually SNAP-approved and chronic studies show that there is no or low long-term toxicity, only then should the solvent be regarded as a suitable replacement for TCE.

The best replacement for TCE is, obviously, one that presents no problems at any level but, after searching all available sources, no such solution was found. At this point, one must compare and evaluate all technically acceptable options, including the initial product (TCE), and select the one that presents the lowest environmental, health and safety hazards. But since none of the substitutes seemed adequate, the continuous use of TCE with the introduction of local ventilation, combined with reduction/elimination of stains at the source, were regarded as the most plausible measures to remedy the exposure problem. The reduction/elimination at the source could be achieved by conducting a thorough study at the company to properly identify the main sources of stains and by evaluating and improving the efficiency of the dry cleaning process. These measures were outside the scope of our substitution study.

In conclusion, a systematic evaluation of possible replacements to the use of TCE as a spot remover in the textile industry did not allow to identify a solution which would be acceptable both from an occupational health and safety and environmental standpoint. Continued use of TCE with adequate ventilation and reducing the presence of spots at the source are recommended. Workers should also wear proper gloves and masks while working with TCE.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank all participants from the textile company and especially Mr. Yves Roy for his technical assistance. The authors wish to acknowledge the assistance and support of Mrs. Michèle Lalonde of Préventex, the Québec Prevention Association for the Textile Industry. This study was funded by the Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) (grant no.97 - 001).

## REFERENCES

1. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** *Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry*, (EPA-625/R-96/004). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency/Office of Research and Development, 1996. pp.1-202.
2. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** *Profile of the Textile Industry*, (EPA-310/R-97/09). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency/Enforcement and Compliance Assurance, 1997. pp.1-80.
3. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** *Training Curriculum for Alternative Clothes Cleaning*, (EPA-744/R-97/004a). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency/Office of Pollution Prevention and Toxics, 1997. pp.1-54.
- 4 **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** *Cleaner Technologies Substitutes Assessment for Professional Fabricare Processes*, (EPA-744/B-98/001). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency/Office of Pollution Prevention and Toxics, 1998. pp.1.1-8.26.

5. **Scarborough, D.R.:** Spray Finishing and Powder Coating. In *Fire Protection Handbook, 16th ed.* Quincy, MA: National Fire Protection Association (NFPA), 1986. pp.10.47-10.55.
  
6. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR):** *Toxicological Profile for Trichloroethylene.* Atlanta, GA: ATSDR/U.S. Department of Health and Human Services, 1997. pp.1-96.
  
7. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH):** *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices: Trichloroethylene, Supplement.* Cincinnati, OH: ACGIH, 1996, p.1-6.
  
8. **International Agency for Research on Cancer (IARC):** *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Dry cleaning, Some Chlorinated Solvents and Other Industrial Chemicals,* vol. 63. Lyon: IARC/World Health Organization, 1995. pp.75-222.
  
9. **Institute for Research and Technical Assistance (IRTA):** Alternatives to Chlorinated Solvents in Cleaning Applications: Final Report. Santa Monica, CA: IRTA, 1994. pp1-67.

10. **Antonsson, A.:** Substitution of Dangerous Chemicals - The Solution to Problems with Chemical Health Hazards in the Work Environment?. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56:394-397 (1995).
11. **Sorensen, F. and S. Peterson:** A process-based method for substitution of hazardous chemicals and its application to metal degreasing. *Hazard. Waste & Hazard. Mater.* 8:69-84 (1991).
12. **Gérin, M., D. Bégin, J. Goupil, R. Garneau, and S. Sacks:** Substitution des solvants: bases théoriques, analyse de substitution et grands axes des solutions. [Solvent Substitution: Theoretical Basis, Substitution Analysis and Major Solutions.] *Arch. mal. prof.* 57:519-527 (1996). [In French]
13. **Goldschmidt, G.:** An Analytical Approach to Reducing Workplace Health Hazards Through Substitution. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54:38-43 (1993).
14. **Goldschmidt, G., Filskov P., Höglund, L., Johansen, T., Pedersen, C.L., Wibroe, L. and M. Hansen:** *Substitutes for Hazardous Chemicals in the Workplace.* Boca Raton: CRC Press, 1996.
15. **Callahan, M. S. and B. Green:** *Hazardous solvent source reduction.* New York: McGraw-Hill, 1995.

16. **United Nations Environment Program (UNEP):** *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*, (A/AC.237/1), 3rd ed. Nairobi: UNEP, 1993. pp.1-170.
  
17. **Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST):** *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*, [Sampling Guide for Air Contaminants in the Workplace], 6th ed. Montréal: IRSST, 1994. pp.1-163. [In French].
  
18. **Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST):** *Analyse du trichloroéthylène dans l'air*, [Analysis of Trichloroethylene in the Air], *Méthode analytique*, [Analytical Method], no. 1, Montréal: IRSST, 1996. pp. 75-3.1-75.3.10. [In French]
  
19. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** *Resource Guide for Garment and Textile Care Professionals*, (EA-744/K-96/004). Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency/Office of Pollution Prevention and Toxics, 1997. pp.1-15.
  
20. **Cowell, L.:** *Canadian Textile Manual*. Ste-Anne-de-Bellevue, Québec: Canadian Textile Journal, 1996.

21. **Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ): Répertoire des produits disponibles au Québec**, [Repertoire of Products Available in Québec], 20th ed., vol. 1-4. Sainte-Foy, Québec: CRIQ, 1997. [In French].
  
22. **Environment Canada: Ozone-Depleting Substances Alternatives and Suppliers List**. Ottawa: Environment Canada/Ozone Protection Programs, 1994. pp.1-57.
  
23. **Occupational Safety & Health CD-ROM (OSH-ROM):** NIOSHTIC (National Institute for Occupational Safety and Health-U.S.), HSEline (Health & Safety Executive-U.K.) and CISDOC (International Labour Organization-Geneva), [CD-ROM]. SilverPlatter Information Inc., Norwood, MA, 1997.
  
24. **The Dialog Corporation: Dialog Home Page**, [Database On-Line]. World Wide Web: <http://www.dialog.com> (visited in October 1997).
  
25. **National Pollution Prevention Roundtable: Listservers and Archives: P2-tech (Pollution Prevention Technology)**, [Listserver On-line].  
World Wide Web: [http://www.p2.org/nppr\\_ls.html](http://www.p2.org/nppr_ls.html) (visited in October 1997).

26. **Canadian Center for Occupational Health and Safety (CCOHS):** HS-Canada (Health and Safety Canada), [Listserver On-line].

World Wide Web: <http://www.ccohs.ca/hscanada/hsdetail.html> (visited in October 1997).

27. **American Industrial Hygiene Association (AIHA):** IH-list (Industrial Hygiene List), [On-line].

World Wide Web: <http://www.dcn.davis.ca.us/~ebartosh/CAC/ih-list-FAQ.htm> (visited in October 1997).

28. **University of Vermont: Safety,** [Listserver On-line].

World Wide Web: <http://siri.uvm.edu/mail/safewel/index.html> (visited in October 1997).

29. **The Textile Alliance for Pollution Prevention and Industrial Networking (TAPP-IN):** P2-tex (Pollution Prevention in Textiles), [Listserver On-line]. click on P2-tex conferencing icon on the World Wide Web site: <http://sage.rti.org/texnet> (visited in October 1997).

30. **American Society for Testing and Materials (ASTM):** *Standard Test Methods for Evaporation Rates of Volatile Liquids by Shell Thin-Film Evaporometer*, (Method D3539-87). West Conshohocken, PA: ASTM, 1992.



31. **American Society for Testing and Materials (ASTM):** *Standard Test Method for Kauri-Butanol Value of Hydrocarbon Solvents*, (Method D1133-97). West Conshohocken, PA: ASTM, 1997.
  
32. **Bodurtha, F.:** Controlling Industrial Explosions. *Plant Eng.* 18:86-88 (1994).
  
33. **Shubkin, R.L. and E.W. Liimatta:** An environmentally acceptable solvent based on normal-propyl bromide. In *Eighth Annual International Workshop on Solvent Substitution*. Scottsdale, AZ: December 2-5, 1997. Lake Bluff, IL: Exchange/Monitor Publications & Forums, 1997.
  
34. **Cohen, J.:** N-Propyl Bromide from the Regulator's Perspective. In *Ninth Annual International Workshop on Solvent Substitution*. Scottsdale, AZ: December 1-4, 1998, Exchange/Monitor Publications and Forums, Lake Bluff, IL: USEPA, 1998.
  
35. **Imperial Oil:** Material Safety Data Sheet: DF-2000. Toronto: Imperial Oil Limited, 1995.

36. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** Listing of Substitutes for Ozone-Depleting Substances (Final Rule), Federal Register, Vol. 61, No. 201, pp. 54029-54041, 1996, [Document On-Line].

World Wide Web: <http://www.epa.gov/spdpublic/title6/snap/612nprm.html>

(visited in December 1998).

37. "Ozone-Depleting Substances Regulations (1998)," *Canada Gazette Part II* vol. 133 (6 January 1999) pp.101-138.

38. **U.S. Environmental Protection Agency (USEPA):** Protection of Stratospheric Ozone: Listing of Substitutes for Ozone-Depleting Substances (Proposed Rule), Federal Register, Vol. 58, No.90, p.28094, 1993, [Document On-Line]. World Wide Web: <http://www.epa.gov/spdpublic/title6/snap/612nprm.html>

(visited in December 1998).

39. **Dekant, W.:** Toxicology of Chlorofluorocarbon Replacements. *Environ. Health Perspect.* 104:75-83 (1996).

40. **American Industrial Hygiene Association (AIHA):** *Workplace Environmental Exposure Level Guide (WEEL): 1,1-dichloro-1-fluoroethane.* Fairfax, VA: AIHA, 1992.

41. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH):** *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices: Propylene Glycol Monomethyl Ether*, 6th ed., vol. II. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991. pp.1310-1313.
  
42. **U.S. National Library of Medicine:** Hazardous Substances Data Bank (HSDB), Propylene glycol monomethyl ether, CCINFO Disk no. A2(98-4), [CD-ROM]. Canadian Center for Occupational Health and Safety (CCOHS), Hamilton, ON, 1998.
  
43. **Government of Quebec:** Règlement sur le règlement modifiant la qualité du milieu du travail (RQMT), [Regulation respecting the modified regulation on the quality of the Work Environment], no. 38, (L.R.Q., C.S-2.1). Québec: Québec Official Gazette, 1994. pp. 5103-5209 [In French].
  
44. **Environment Canada:** *Priority Substances List, Assessment Report: Trichloroethylene*, (En40-215/27F). Ottawa: Environment Canada/Canadian Environmental Protection Act, 1993. pp.1-55.
  
45. **American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH):** *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*, 6th ed., vol. I. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991. pp.v.a-v.e.

46. **Cap, P. A.:** The Chlorine Controversy. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 68:455-458 (1996).

**TABLE I. The Substitution Procedure**

STEP	METHODS
1 - Defining the problem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- visit of the plant</li> <li>- discussion with plant personnel about the origin and nature of the problem</li> </ul>
2 - Creating a plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- creation of a substitution committee made up of researchers and plant personnel</li> <li>- setting of priorities of each of the parties involved in the substitution study</li> </ul>
3 - Compilation of process information	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gathering of information on the following aspects:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- process in which the solvent is being used (and other processes, if needed)</li> <li>- magnitude of workers' exposure to the solvent (could imply air sampling)</li> <li>- legislation, cost, MSDS, occupational reports, quantity used, environmental impact and toxicity of solvent</li> <li>- any other relevant data for the understanding of the substitution case</li> </ul> </li> </ul>
4 - Identification of technically acceptable solutions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- consultation of different sources:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- resource persons (chemists, engineers, workers, members of professional and industrial organizations, specialists of solvent manufacturers/suppliers)</li> <li>- bibliographical databases<sup>A</sup></li> <li>- database providers<sup>B</sup></li> <li>- web sites on the Internet (governmental<sup>C</sup>, search engines<sup>D</sup>, web sites of solvent manufacturers)</li> <li>- discussion groups on the Internet (in occupational/environmental health and safety<sup>E</sup> and in pollution prevention)</li> </ul> </li> </ul>
5 - Documentation of the options	<ul style="list-style-type: none"> <li>- documentation on the options covering:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- technical feasibility and efficiency</li> <li>- toxicity to humans and impact on the environment</li> <li>- cost of implementation and use</li> <li>- training and education of workers</li> </ul> </li> <li>- documentation acquired by two sources:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- bibliographical and factual databanks</li> <li>- MSDS, technical data sheets</li> </ul> </li> </ul>
6 - Comparison of the options	<ul style="list-style-type: none"> <li>- includes solvent to be replaced</li> <li>- displaying the information collected in the previous step in a table</li> <li>- choosing the option(s) which seem the most advantageous to be tested in the plant</li> </ul>
7 - Tests in the workplace and final choice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- testing the solutions on a small-scale level</li> <li>- evaluation of worker exposure to new product</li> <li>- noting comments of plant personnel on the use of the new product</li> <li>- choosing the final option</li> </ul>
8 - Implementation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- addressing modifications that need to be done with the use of the new option:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- technical level (new equipment to be purchased)</li> <li>- occupational level (changes to be done on the industrial hygiene program)</li> <li>- environmental level (elimination and/or management of hazardous waste)</li> <li>- organizational level (training and education programs for workers)</li> </ul> </li> </ul>
9 - Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gathering of comments from plant personnel</li> <li>- assessing if the option is truly a good replacement product</li> <li>- bringing any corrective measures if needed</li> </ul>

<sup>A</sup>Toxline<sup>®</sup>, Poltox<sup>®</sup>, OSH-ROM<sup>®</sup>, Current Contents<sup>®</sup> and Medline<sup>®</sup>

<sup>B</sup>Dialog<sup>®</sup>

<sup>C</sup>USEPA, OSHA and CCOHS

<sup>D</sup>Yahoo<sup>®</sup> and AltaVista<sup>®</sup>

<sup>E</sup>HS-Canada, P2-tech

**TABLE II. Parameters of Sampling and Analytical Methods**

	Flow rate (L/min)	Desorption solvent	Recommended volume (L)	Working range (mg/m <sup>3</sup> )	Limit of detection (µg)
Trichloroethylene <sup>A</sup>	0.2	CS <sub>2</sub>	10	5-585	58
1-Bromopropane <sup>B</sup>	0.2	CS <sub>2</sub>	5	25-1000	135
1,1-Dichloro-1-fluoroethane <sup>B</sup>	0.1	CS <sub>2</sub>	3	10-515	31
1-Methoxy-2-propanol <sup>B</sup>	0.1	Methylene chloride: methanol (95:5)	10	7-737	73
Hydrotreated heavy naphta <sup>B</sup>	0.2	CS <sub>2</sub>	5	24-950	120

<sup>A</sup>IRSST<sup>(17,18)</sup><sup>B</sup>Unpublished analytical method developed by the IRSST, Montréal, Québec.

Note: All samples were taken with charcoal tubes (100/50mg).

**TABLE III. Personal Breathing Zone Sampling Results for Textile Inspectors**

Substance	No. of subjects	Sampling duration (minutes)	Exposure levels (mg/m <sup>3</sup> )	8-hour OEL <sup>C</sup> (mg/m <sup>3</sup> )
Trichloroethylene	12	59-343	5-118	273 <sup>D</sup>
1-Bromopropane	4	243-282	43-118	511 <sup>E</sup>
1,1-Dichloro-1-fluoroethane	2	158-179	7-14	2430 <sup>F</sup>
1-Methoxy-2-propanol	2	158-179	n.d. <sup>A</sup>	375 <sup>G</sup>
Hydrotreated heavy naphta	2	158-179	n.d. <sup>B</sup>	1455 <sup>H</sup>

<sup>A</sup>non-detected: limit of detection = 1,9 mg/m<sup>3</sup>

<sup>B</sup>non-detected: limit of detection = 10 mg/m<sup>3</sup>

<sup>C</sup>Occupational Exposure Limit

<sup>D</sup>RQMT<sup>(43)</sup>

<sup>E</sup>Shubkin<sup>(33)</sup>

<sup>F</sup>AIHA<sup>(40)</sup>

<sup>G</sup>ACGIH<sup>(41)</sup>

<sup>H</sup>Imperial Oil<sup>®(35)</sup>

**TABLE IV. Comparison of Options**

	<b>Trichloroethylene</b>	<b>1-Bromopropane</b>	<b>Steam Gun</b>	<b>P-solvent</b>	<b>HCFC-solvent</b>
<b>Technical</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- good solvency</li> <li>- good volatility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- good solvency</li> <li>- good volatility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- good for carpet cleaning</li> <li>- not tested in textile spot cleaning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- good solvency</li> <li>- low volatility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- good solvency</li> <li>- good volatility</li> </ul>
<b>Health</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNS depressant</li> <li>- eye, skin and respiratory tract irritation</li> <li>- OEL: 50 ppm</li> <li>- long term toxicity: liver damage</li> <li>- suspected carcinogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNS depressant</li> <li>- eye and skin irritant</li> <li>- non-mutagenic</li> <li>- company-recommended exposure limit: 100ppm</li> <li>- no long term toxicity studies available</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non-hazardous (steam at 100%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eye, skin and respiratory tract irritant at high concentrations</li> <li>- low chronic toxicity</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- possible eye, skin and respiratory tract irritant</li> <li>- CNS depressant</li> <li>- does not seem to show any chronic toxicity</li> </ul>
<b>Safety</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- no flash point (non-flammable)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- no flash point (non-flammable)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- steam at 120° and 45-65 psi; may cause burns</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- combustible (flash point of 64°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- combustible (flash point &gt; 61°C)</li> </ul>
<b>Environment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxic for the environment according to CEPA<sup>A</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ozone depletion potential (0,006-0,027)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ozone depletion potential (0.11)</li> </ul>
<b>Restriction on use</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- not legislated in Canada</li> <li>- presently under study in the US (SNAP)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- for this application, the product will be banned in 2010 (in Canada)</li> </ul>
<b>Cost</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6\$/gallon U.S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40\$/gallon U.S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 600\$ - 800\$ U.S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6\$/gallon U.S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 24\$/gallon U.S.</li> </ul>
<b>Training</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- identical working method</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- change of process: need training</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- similar working method</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identical working method</li> </ul>

<sup>A</sup>Canadian Environmental Protection Act <sup>(44)</sup>



## **CHAPITRE III**

### **PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE DANS LE SECTEUR DE L'HABILLEMENT**

La procédure de substitution que nous avons suivie à l'usine de textile a été appliquée en parallèle à une usine de confection de vêtement. Cette entreprise fabrique des pantalons d'hommes et emploie environ 100 travailleurs à l'usine de finition. Les pantalons sont composés d'une variété de tissus, c.-à-d., le coton, la laine, le polyester, la rayonne et le Fortrel<sup>TM</sup>.

Le TCE est utilisé par deux inspecteurs pour la même application que celle de la compagnie de textile, soit comme détachant pour les tissus. Le solvant est pulvérisé à l'aide de pistolets à jet actionnés électriquement. Ici, comme à l'usine de textile, les inspecteurs ne portent pas d'équipement de protection personnelle, tels que des gants ou des masques.

Une fois les pantalons confectionnés, ils sont pressés et inspectés. Soixante-quinze pour cent du temps des inspecteurs est alloué à l'examen du tissu et le reste du temps est consacré au raccommodage des vêtements. Approximativement 2 à 4 litres de TCE sont utilisés par inspecteur par semaine. Chacun des travailleurs inspecte en moyenne 100 pantalons par jour. Les taches d'huile et de graisse proviennent majoritairement d'huile éclaboussée par les machines à coudre et du lubrifiant utilisé dans les presse-pantalons.

L'inspection des vêtements se fait sur une table horizontale, qui ressemble à une "jeanette", sous laquelle un tuyau d'aspiration est directement installé. Ce système

d'aspiration sert principalement à tenir le pantalon en place lors de la pulvérisation du détachant et à accélérer l'évaporation du solvant. Les vapeurs entraînées dans le conduit sont ensuite relâchées à l'intérieur de l'usine, à environ 12 pieds au-dessus des inspecteurs.

L'échantillonnage du TCE a été fait afin d'apprécier l'exposition à cette substance chez les deux inspecteurs. En tout, 4 tubes de charbon actif par travailleur ont été utilisés. La méthode d'échantillonnage et d'analyse pour le TCE est la même que celle décrite dans la section "methods" de l'article du chapitre II. La moyenne pondérée de TCE sur le temps total d'échantillonnage par travailleur se situait entre 253 et 389 mg/m<sup>3</sup> pour des durées variant de 183 à 187 minutes. Ces niveaux relativement élevés justifient d'autant plus le remplacement du TCE par une autre option moins dangereuse.

Les étapes 1 à 3 de la démarche de substitution ont été d'abord appliquées pour ce cas. L'application de la troisième étape nous a indiqué que la problématique de taches d'huile est essentiellement la même que dans le cas du textile. Ainsi, les étapes suivantes, soit de 4 à 7, ont été uniquement appliquées dans le cas du textile puisque la solution de rechange retenue serait, en théorie, également applicable dans le cas de l'entreprise du vêtement. Cependant, puisqu'aucune option ne semblait convenable pour remplacer le TCE, la ventilation locale a été recommandée aux stations

d'inspection pour diminuer l'exposition, comme nous l'avons fait pour le cas de textile.

Malgré la présence de l'aspiration à la source dans l'usine de vêtement, elle n'est pas adéquate pour bien maîtriser la concentration du TCE dans le milieu de travail. Donc, une aspiration plus puissante et le rejet des vapeurs à l'extérieur du bâtiment sont recommandés afin de diminuer l'exposition au TCE. Encore mieux, la table d'inspection pourrait être mise en dessous d'une hotte pour réduire davantage l'exposition (58).

## **CHAPITRE IV**

### **DISCUSSION ET CONCLUSION**

Grâce à son pouvoir dissolvant, sa volatilité et son ininflammabilité, le solvant aliphatique chloré TCE est utilisé abondamment dans l'industrie pour diverses opérations de dégraissage (47). Entre autres, on a recours à lui comme détachant dans l'industrie du textile et de l'habillement où on le pulvérise afin d'enlever les taches d'huile et de graisse se trouvant sur les tissus (33). Lors de cette opération, les vapeurs de TCE sont libérées dans le milieu de travail et cela peut résulter en une exposition importante des travailleurs. À cause de sa toxicité, c'est un narcotique et un cancérogène probable (27,39), il est impératif de maîtriser son exposition, voire même de l'éliminer, dans le milieu de travail.

L'exposition aux substances toxiques peut être limitée en employant plusieurs modes de prévention, telles l'isolation, la ventilation locale et générale et la protection individuelle. Toutefois, la substitution est l'approche préventive à privilégier car elle permet l'élimination à la source même du danger. De plus, cette mesure permet de sauvegarder à la fois le milieu de travail et l'environnement général (5). D'ailleurs, l'élimination à la source est recommandée explicitement par l'article deux de la Loi québécoise sur la santé et la sécurité du travail (26).

Nous avons mené une étude de cas de substitution pour tenter de remplacer le TCE par une substance moins dangereuse ou par un changement de procédé. Les compagnies ayant servi à notre étude sont une entreprise québécoise manufacturière de tissus à base de laine ainsi qu'une compagnie montréalaise se spécialisant dans la

confection de pantalons pour hommes. Nous avons appliqué une démarche méthodologique en neuf étapes visant à systématiser le processus d'analyse et d'implantation. Cette démarche est inspirée des travaux de Goldschmidt et al. et de ceux de Callahan et Green (48,53,55). Cette discussion porte principalement sur le cas de l'entreprise du textile.

Au début de la démarche, il s'agit non seulement de recueillir les informations pertinentes sur le procédé de détachage, mais aussi de s'attarder sur l'identification de la source même du problème, l'origine des taches d'huile et de graisse et d'examiner la possibilité d'éliminer celles-ci en premier lieu. En procédant ainsi, l'utilisation d'un détachant, TCE ou autre, ne serait plus requise car l'origine des salissures aurait été éliminée. En analysant cette possibilité, nous avons réalisé que l'élimination complète des taches est fort improbable car les taches peuvent provenir d'une multitude de machines qui sont lubrifiées. Malgré ceci, un effort continu pour réduire les taches est fortement recommandé afin de diminuer la quantité de détachant utilisé : remplacer les métiers à tisser à projectile par ceux à rapière, mettre le minimum de lubrifiant dans les machines, faire une étude approfondie pour trouver les autres sources importantes de taches et les rectifier, vérifier l'efficacité du procédé de nettoyage à sec et nettoyer les planchers afin d'empêcher les tissus accidentellement traînés de se salir.

Une bonne connaissance des sources d'information disponibles et de leur exploitation est essentielle pour repérer des produits de remplacement intéressants. Le contact

avec des personnes ressources en santé et sécurité du travail dans les associations industrielles et professionnelles est particulièrement important dû au fait que ces individus travaillent directement avec l'industrie concernée. De plus, les groupes de discussion via Internet portant sur l'hygiène au travail sont aussi des sources très utiles puisque l'Internet est un médium où une multitude de professionnels et intervenants partagent leurs expériences, idées et connaissances. Ces dernières sources ont été les plus fructueuses parce qu'elles ont fourni les informations les plus pertinentes sur les produits de rechange, tels que les substituts déjà utilisés par d'autres compagnies, des renseignements généraux sur la problématique et les coordonnées d'autres individus détenant des informations valables.

L'établissement de critères de sélection préliminaires a permis de cibler les options techniquement acceptables. Les alternatives qui ne répondaient pas aux critères ont été rejetées. En fait, seulement 4 produits ont été retenus sur les 48 suggérés : un procédé à la vapeur, un solvant pétrolier à haut point d'ébullition (solvant-P), un solvant bromé (1-bromopropane) et un mélange composé d'un hydrochlorofluorocarbure, d'un éther de glycol et d'un mélange d'hydrocarbures aliphatiques (solvant-HCFC).

Une analyse comparative de ces diverses solutions a permis d'évaluer les conséquences de l'implantation de chacune des options. Une attention particulière a été accordée aux aspects de santé, d'efficacité technique et d'environnement des



options considérées. Du point de vue de santé au travail, le solvant-P et le procédé à la vapeur étaient les plus intéressants. Par contre, même à ce stade, ces derniers semblaient douteux quant à leur acceptabilité technique. La situation inverse se présentait pour les deux autres solvants, soit le 1-bromopropane et le solvant-HCFC. Puisqu'ils avaient des propriétés physico-chimiques semblables au TCE en termes de volatilité, solubilité et inflammabilité, ces deux derniers solvants se présentaient comme de bons détachants. Malheureusement, dû au danger environnemental que représente le HCFC-141b contenu dans le solvant-HCFC et le manque des données toxicologiques du 1-bromopropane, ces options ne pouvaient être recommandées comme des remplacements adéquats au TCE.

L'essai des quatre options a confirmé l'acceptabilité technique de deux solvants : le 1-bromopropane et le solvant-HCFC. Les résultats d'échantillonnage de ces dernières substances démontraient que les valeurs mesurées étaient considérablement plus faibles que leurs valeurs d'exposition admissibles respectives. Le solvant-HCFC est acceptable du point de vue santé au travail, mais dû à son effet néfaste sur la couche d'ozone et à cause de son banissement futur, il a été rejeté. Puisque le programme SNAP ne s'est pas encore prononcé sur le 1-bromopropane et parce qu'il y a encore des données chroniques manquantes, on ne peut se prononcer sur son acceptabilité en ce moment, et ce, même si nous avons des résultats d'échantillonnage favorables par rapport à la valeur limite d'exposition recommandée par le manufacturier. Le

1-bromopropane pourrait être une solution intéressante dans le futur lorsque les informations toxicologiques et réglementaires manquantes seront disponibles.

Le meilleur remplaçant au TCE est évidemment celui qui ne présente aucun problème sur les aspects de la santé, de la sécurité, de l'environnement et de la réglementation. Cependant, on s'aperçoit qu'aucun des quatre produits retenus ne satisfaisait totalement cette exigence. Ainsi, ce qui importe à ce point, c'est d'évaluer les options, incluant aussi le produit à remplacer initialement (TCE), et choisir la plus avantageuse. Dans notre cas, aucune des nouvelles options ne semblait acceptable. C'est pourquoi nous recommandons pour le moment de conserver le TCE, mais à l'aide de la ventilation locale et des mesures pour réduire la présence de taches, l'exposition des travailleurs au TCE diminuera.

Les niveaux de TCE mesurés dans l'entreprise du vêtement étaient plus élevés que ceux de l'entreprise du textile. Ceci peut être attribuable au fait que les inspecteurs de l'entreprise du vêtement utilisent des pistolets qui expulsent le solvant en jet plutôt que sous forme atomisée; une plus grande quantité de solvant est ainsi utilisée. De plus, l'évacuation du TCE juste au-dessus des inspecteurs peut également contribuer aux niveaux élevés de TCE.

Les étapes 4 à 7 de la démarche de substitution ont été appliquées uniquement pour l'entreprise du textile. Notre intention initiale était d'implanter l'option de rechange

retenue dans les deux entreprises faisant l'objet de cette étude. Les démarches appliquées aux entreprises du textile et du vêtement peuvent être menées en parallèle puisque fondamentalement, la problématique des taches sur le tissu est la même dans les deux cas; comme aucun substitut n'a été trouvé, les moyens de prévention recommandés pour maîtriser l'exposition sont également les mêmes dans les deux cas. L'aspiration à la source, qui est déjà installée dans l'usine de vêtement, devrait être plus puissante pour diminuer les niveaux de TCE dans le milieu de travail. De plus, avec la ventilation dans sa forme actuelle, les vapeurs demeurent à l'intérieur de l'usine, alors qu'elles devraient être expulsées à l'extérieur. Un système similaire d'aspiration à la source, c.-à-d., intégré directement dans les tables d'inspection, peut aussi être implanté dans l'entreprise de textile.

Comme l'avait souligné Goldschmidt (48), chacune des étapes de la démarche de la substitution est importante à considérer pour optimiser les chances d'obtenir le meilleur substitut. L'approche systématique présentée est un modèle conceptuel, et non absolu, qui sert de guide pour entamer la problématique de substitution de manière logique tout en faisant ressortir les aspects importants à considérer. Si la substitution n'est pas entreprise de manière méthodique, des informations pertinentes et/ou des options de rechange pourraient être ignorées.

Plusieurs approches de prévention peuvent être utilisées pour maîtriser l'exposition aux contaminants toxiques déjà utilisés. Les préventions secondaire et tertiaire

comprennent le dépistage, la reconnaissance, le traitement et la surveillance de la santé. Quant à la prévention primaire, elle s'intéresse à l'environnement du travailleur de façon à réduire le niveau d'exposition. Parmi les activités de prévention primaire, celles qui s'intéressent à la source sont à privilégier (p. ex., la substitution) à celles qui portent plutôt sur l'intervention au niveau du milieu de travail (p. ex., la ventilation locale et générale et la protection individuelle) (5). Comme c'est le cas dans la présente étude, il se peut qu'aucun remplacement adéquat n'existe pour une application donnée. Ainsi, une mesure de prévention immédiatement en dessous de celle de la substitution dans l'échelle des approches préventives doit être recommandée : soit la ventilation locale dans notre cas.

Même si aucune solution n'est trouvée dans le cas étudié, la démarche présentée est utile : elle a permis de conclure qu'aucune option acceptable n'est disponible sur le marché en ce moment. Il se peut que nous soyons passés à côté de solutions, mais notre démarche minimise cette possibilité. Si une option avait été disponible, on l'aurait vraisemblablement retrouvée en appliquant cette démarche. D'ailleurs, de nombreux cas de substitution ont démontré dans le passé que la démarche peut mener à repérer des produits de remplacement adéquats (5,53). Les substituts adéquats sont ceux qui représentent des produits de remplacement moins dangereux, en termes de santé, de sécurité et d'environnement, que le produit initial à remplacer. Par exemple, Gérin et al. ont voulu substituer un adhésif à base de dichlorométhane, une substance cancérigène, utilisé pour le collage de la mousse de polyuréthane. Après l'application

de la démarche de substitution, ils ont recommandé l'usage d'une colle polychloroprène à base d'eau, une excellente solution au point de vue santé, sécurité, environnement et technique (59). Par ailleurs, une banque d'exemples comprenant 162 études de cas de substitution érigée par le "Danish Occupational Health Services" fait la preuve que la substitution de produits toxiques par des produits moins dangereux est une approche de prévention fructueuse (53).

Les fabricants et formulateurs de produits chimiques reconnaissent le besoin qu'ont les industries d'utiliser des produits moins nocifs pour la santé et l'environnement, et s'efforcent de trouver des solutions à cet égard. En ce qui concerne les substituts de solvants, quelques grandes tendances se dessinent : l'eau et les produits aqueux, l'action mécanique (p. ex., la projection, l'abrasion et les ultrasons), plusieurs produits d'origine naturelle (p. ex., l'huile végétale et ses dérivés, les terpènes et le bioxyde de carbone) et certaines molécules peu utilisées auparavant (p. ex., le d-limonène, les N-méthylpyrrolidone et le 1-bromopropane). Toutefois, il faut être prudent à l'égard des nouveaux produits chimiques introduits sur le marché, tels que le 1-bromopropane, car leurs effets toxiques et environnementaux ne sont pas bien documentés et ceci peut avoir de sérieuses répercussions à long terme pour les travailleurs et/ou l'environnement. Il est important d'avoir des organismes, tels que le SNAP, qui se prononcent sur la toxicité et la valeur limite d'exposition des nouveaux produits.

Bien que la substitution devrait être une des méthodes de prévention à favoriser lorsqu'on veut contrôler l'utilisation d'un produit toxique, elle ne saurait toujours répondre à l'ensemble des problèmes dans le milieu de travail; cependant, en le combinant avec les autres stratégies de prévention, p. ex., réduction à la source, ventilation locale et générale, entretien, nettoyage, équipement de protection individuelle, surveillance environnementale, surveillance biologique d'exposition et dépistage précoce, il est possible d'assurer un meilleur contrôle sur la santé des travailleurs ainsi que sur la prévention de la pollution de l'environnement.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **Gerr, F., et R. Letz** (1992) : Organic Chemicals. Solvents. In *Environmental and Occupational Medicine, 2<sup>nd</sup> edition*. Brown and Company, Boston, MA, pp.843-856.
  
2. **Rose, F.** (1991) : Health Risks and Organic Solvents. *Occup. Health Rev.* 51:20-23.
  
3. **Ayres, P., Taylor, D., et M. Olson** (1994) : Solvents. In *Principles and Methods of Toxicology, 3<sup>rd</sup> edition*. Raven Press, New York, N.Y., pp. 361-388.
  
4. **Cohr, K.H.** (1985) : Definition and Practical Limitation of the Concept of Organic Solvents. In *Chronic Effects of Organic Solvents in the Central Nervous System and Diagnostic Criteria*. World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Geneva, pp.43-55.
  
5. **Gérin, M. et D. Bégin** (1995) : Substitution des solvants en milieu de travail; élaboration d'un outil pour l'intervention. Université de Montréal, Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST), Montréal.

6. **Camford** (1991) : Study on the Identification of Solvent Users and their VOC Emissions on Canada. Camford Information Services Inc., Don Mills, Toronto.
7. **Mergler, D et S. Simoneau** (1986) : Les solvants en milieu de travail. Comité conjoint UQAM-CSN-FTQ, Service aux collectivités de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), Montréal.
8. **Farr, M.** (1990) : A Question of Exposure: Organic Solvents in the Workplace. *Saf. Health* 142:60-62.
9. **Swedish National Board of Occupational Safety and Health** (1994) : Organic Solvents. Swedish National Board of Occupational Safety and Health, Solna, Sweden.
10. **Axelson, O. et C. Hogstedt** (1994) : The Health Effects of Solvents. In *Occupational Medicine, 3<sup>rd</sup> edition*. Mosby-Year Book, St-Louis, MO, pp.764-778.
11. **Andrews, L.S., et R. Snyder** (1996) : Toxic Effects of Solvents and Vapors. In *Cassarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, 5<sup>th</sup> édition*. Ed. Pergamon Press, New York, N.Y., pp.737-762.
12. **Ikeda, M.** (1992) : Public Health Problems of Organic Solvents. *Toxicol. Lett.* 64/65: 191-201.



13. **National Occupational Health and Safety Commission** (1990) : Industrial Organic Solvents. Australian Government Publishing Service, Canberra.
14. **Edling, C., et K. Ekberg** (1990) : Long Term Follow Up of Workers Exposed to Solvents. *Br. J. Ind. Med.* 47: 75-82.
15. **Tardif, R., et J. Brodeur** (1993) : Influence des expositions à des contaminants multiples en milieu de travail sur les paramètres de surveillance biologique de l'exposition, (Rapport R-069). Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST), Montréal.
16. **Environnement Canada** (1993) : L'abc de l'amincissement de la couche d'ozone, (MAS En1-21/2-1993F), [Document En Ligne]. Environnement Canada, Ottawa. Adresse URL : <http://www.ec.gc.ca/ozone/primer/promerfr.htm>  
(Page consultée le 15 septembre 1998).
17. **Graedel, T.E. et P.J. Crutzen** (1989) : The changing atmosphere. *Sci. Amer.* 58-68, September 1989.
18. **Environnement Canada** (1994) : L'état de l'environnement au Canada (EN21-54/1991/F). Environnement Canada, Gouvernement du Canada, Ottawa.

19. **Bisson, M.** (1986) : Introduction à la pollution atmosphérique. Les publications du Québec, Québec.

20. **Gouvernement du Canada** (1997): Plan 2 du plan fédéral de gestion du smog, [Document En Ligne]. Gouvernement du Canada, Environnement Canada, Ottawa.

Adresse URL : [http://www.ec.gc.ca/phase2/Smog\\_F.pdf](http://www.ec.gc.ca/phase2/Smog_F.pdf)

(Page consultée le 10 septembre 1998).

21. **USEPA** (1998) : Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions & Sinks: 1990-1996, (EPA-236-R-98-006), [Document En Ligne]. United States Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation, Washington, D.C.

Adresse URL : <http://www.epa.gov/globalwarming/inventory/1998-inv.html#toc>

(Page consultée le 9 septembre 1998).

22. **USEPA** (1997) : Climate Change and Public Health, (EPA-236-F-97-005), [Document En Ligne]. United States Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation, Washington, D.C.

Adresse URL: <http://www.epa.gov/globalwarming/reports/pubs/misc-pdf/medfacts.pdf>

(Page consultée le 20 septembre 1998).

23. **Menzer, R.E.** (1991) : Water and Soil Pollutants. In *Cassarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, 4<sup>th</sup> édition*. Ed. Pergamon Press, New York, N.Y., pp. 872-902.
- 24 **Wolf, K., Yazdani, A. et P. Yates** (1991) : Chlorinated Solvents: Will the Alternatives be Safer?. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 41:1055-1061.
25. **Archer, W.L.** (1996) : Industrial Solvents Handbook. Marcel Dekker Inc., New York, N.Y.
26. **Gouvernement du Québec** (1994) : Règlement modifiant le règlement sur la qualité du milieu de travail, (R.R.Q., c. S-2.1, r.15), 126 (37) : 5453-5491. Gazette officielle du Québec, Québec.
27. **IARC** (1995) : Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Dry Cleaning, Some Chlorinated and Other Industrial Chemicals, vol. 63. World Health Organization (WHO), Centre international de recherche sur le cancer, Lyon, pp.75-222.
28. **USEPA** (1997) : Profile of the Textile Industry, (EPA 310-R-97-009). United States Environmental Protection Agency, Enforcement and Compliance Assurance, Washington, D.C., pp.1-80.

29. **Vigo, L.T.** (1994) : Textile Processing and Properties; Preparation, Dyeing, Finishing and Performance, Textile Science and Technology, vol. 11. Elsevier, New Orleans, LA.
30. **CSST** (1987) : Textiles au Québec, monographie sectorielle. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Québec.
31. **Statistique Canada** (1997) : Industries textiles de première transformation, 1994, (34-250-XPB, 1997). Statistique Canada, Division de l'industrie, section de l'enquête annuelle des manufactures, Ottawa.
32. **Statistique Canada** (1996) : Industries Manufacturières du Canada: niveaux national et provincial, 1994, (31-203-XPB, 1996). Statistique Canada/Division de l'industrie, Section des services d'information et de classification, Ottawa.
33. **USEPA** (1996) : Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, (EPA-625-R-96-004). United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C. pp.1-202.

34. **USEPA** (1997) : Training Curriculum for Alternative Clothes Cleaning, (EPA 744-R-97-004a). United States Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington, D.C., pp.1-54.
  
35. **USEPA** (1998) : Cleaner Technologies Substitutes Assessment for Professional Fabricare Processes, (EPA 744-B-98-001). United States Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, Washington, D.C., pp.1.1-8.26.
  
36. **INRS** (1992) : Trichloroéthylène, Fiche Toxicologique, no.22. Institut national en recherche et sécurité, Paris, pp.22.1-22.6.
  
37. **Health and Safety Executive** (1985) : Trichloroethylene: Health and Safety Precautions. Health and Safety Executive, London.
  
38. **HSIA** : Trichloroethylene. White Paper, [En Ligne]. Halogenated Solvents Insustry Alliance. Adresse URL : <http://hsia.org/trichloro.htm>  
(Page consultée le 31 mai 1998).
  
39. **ATSDR** (1997) : Toxicological Profile for Trichloroethylene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Departement of Health and Human Services, Atlanta, GA.

40. **Lauwerys, R.** (1990) : Les hydrocarbures halogénés. In *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*, 3<sup>e</sup> édition. Masson, Paris, pp.287-319.
41. **Fernander J.G., Humbert B.E., Droz P.O., et J.R. Caperos** (1977) : Trichloroethylene Exposure. Simulation of Uptake, Excretion and Metabolism Using a Mathematical Model. *Br. J. Ind. Med.* 34:43-55.
42. **ATSDR** (1990) : Trichloroethylene Toxicity, Case Studies in Environmental Medicine. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Clin. Toxicol.* 4:479-504.
43. **WHO** (1985) : Trichloroethylene, Environmental Health: Criteria 50. World Health Organization, International Labour Organization, Geneva.
44. **ACGIH** (1991) : Documentation on Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 6th ed., vol. III. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, pp.175-185.
45. **Environnement Canada** (1993) : Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation : Trichloroéthylène, (En40-215/27/F). Environnement Canada, Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE), Ottawa, pp.1-55.

46. **Royal Society of Chemistry, Commission of the European Countries** (1986) : Trichloroethylene. In: *Organo-chlorine Solvents*. British Library Cataloging in Publication Data, Brussels, pp.93-130.
47. **Gérin, M.** (1993) : Prévention et surveillance biologique de l'exposition. La place de la surveillance biologique de l'exposition dans la démarche de prévention des effets toxiques en milieu de travail. In: *Surveillance biologique de l'exposition des travailleurs*, Montréal: 25-56, mars 1993, pp 1-8. Université de Montréal, Département de médecine du travail et d'hygiène du milieu.
48. **Goldschmidt, G.** (1993) : An Analytical Approach to Reducing Workplace Health Hazards Through Substitution. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54:38-43.
49. **USEPA** (1994) : Guide to Cleaner Technologies: Alternatives to Chlorinated Solvents for Cleaning and Degreasing (EPA/625/R-93/016). United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
50. **Antonsson, A.** (1995) : Substitution of Dangerous Chemicals-The Solution to Problems with Chemical Health Hazards in the Work Environment?. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56:394-397.

51. **Wolf, K. et P. Morrisson** (1984) : Substitution Analysis: A Case Study of Solvents. *J. Hazard. Mater.* 10:189-204.
52. **Gérin, M. et D. Bégin** (1996) : Substitution des solvants: bases théoriques, analyse de substitution et grands axes des solutions. *Arch. mal. prof.* 57:519-527.
53. **Goldschmidt, G., Filskov P., Höglund, L., Johansen, T., Pedersen, C.L., Wibroe, L. et M. Hansen** (1996) : Substitutes for hazardous chemicals in the workplace. CRC Press, Boca Raton.
54. **Sorensen, F. et S. Peterson** (1991) : A Process-Based Method for Substitution of Hazardous Chemicals and its Application to Metal Degreasing. *Hazard. Waste & Hazard. Mater.* 8:69-84.
55. **Callahan, M.S. et B. Green** (1995) : Hazardous Solvent Source Reduction. McGraw-Hill, New York, N.Y.
56. **Health and Safety Executive** (1994) : 7 Steps to Successful Substitution of Hazardous Substances. Health and Safety Executive (HSE) Books, Sudbury, pp.1-18.
57. **Russell, J.** (1992) : Substitution Under COSHH (Control of Substances Hazardous to Health). *Ind. Relat. Rev. Rep.* 517:5-7.



58. **NIOSH** : Hazard Controls, Control of Spotting Chemical Hazards in Commercial Drycleaning, [Document En Ligne]. National Institute of Occupational Safety and Health. Adresse URL : <http://www.cdc.gov/niosh/hc20.html>

(Page consultée le 7 mars 1998).

59. **Gérin, M., Huneault, C., Villemure, L., Binette, L., Mirza, T. et D. Bégin** : Substitution des solvants, l'exemple du collage de la mousse polyuréthane. In 20<sup>e</sup> Congrès de l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST), Montréal : 13-15 mai 1998, pp. 96-101.

**ANNEXE A :**

**Fiches signalétiques du 1-bromopropane, du solvant à base  
d'hydrochlorofluorocarbure et du solvant pétrolier**

FABRITEC INTERNATIONAL  
 200 INDUSTRIAL RD.  
 COLD SPRING, KY. 41076  
 EMERGENCY CONTACT: HAROLD E. MAINS (606) 781-8200  
 CHEMTREC ASSISTANCE: (800) 424-9300 (U.S.A. & CANADA)

MSDS NO.: 6748  
 DATE: Jan. 1998  
 PAGE: 1 of 2

## 1. PRODUCT NAME &amp; HAZARD SUMMARY

**VOL- VOLATILE SPOTTER**

PRIMARY USE: SPOT REMOVAL

NFPA HAZARD	RATING	SARA TITLE III, SECTION 313	CANADA (WHMIS)
HEALTH	2 MODERATE	APPLICABLE ( )	B: FLAMMABLE, COMBUSTIBLE
FIRE	1 SLIGHT	NOT APPLICABLE (X)	D2: CAUSING OTHER TOXIC EFFECTS
REACTIVITY	0 MINIMAL		

2. HAZARDOUS COMPONENTS	%	OSHA (PPM)	ACGIH (PPM)	LD 50 (MG/KG)
HYDROTREATED HEAVY NAPHTHA C.A.S. #64742-48-9	10-40	PEL 400	TWA STEL 400 N.A.V.	N.A.V.
DICHLOROFLUOROETHANE C.A.S. #1717-00-6	10-40	500	500 N.A.V.	N.A.V.
1-METHOXY-PROPANOL C.A.S. #107-98-2	10-40	100	100 N.A.V.	N.A.V.

INGREDIENTS NOT IDENTIFIED ARE NON-HAZARDOUS.

## 3. PHYSICAL &amp; CHEMICAL DATA

APPEARANCE: CLEAR, WATER WHITE LIQUID	EVAPORATION RATE (n-BuOAC = 1): 3.0 (ESTIMATE)
ODOR: ETHER-LIKE	VAPOR DENSITY: (AIR = 1): N.A.V.
BOILING PT.: 90-350°F (32-176°C)	VAPOR PRESSURE (MM): 140mm (68°F)
FREEZING PT.: <20°C	SOLUBILITY IN WATER: 20%
pH: NOT APPLICABLE	SPECIFIC GRAVITY (WATER = 1): 0.898
% VOLATILE: 100%	CO-EFFICIENT OF WATER/OIL DISTRIBUTION: N.A.V.
ODOR THRESHOLD (PPM): N.A.V.	

## 4. FIRE &amp; EXPLOSION HAZARDS

FLASH POINT: >141°F (61°C)  
 FLAMMABLE LIMITS IN AIR, % BY VOLUME: Not determined  
 FIRE FIGHTING MEDIA (1990 EMERGENCY RESPONSE GUIDEBOOK, DOT P 5800.5): Dry chemical, CO<sub>2</sub>, water spray or alcohol foam.  
 SPECIAL FIRE-FIGHTING PROCEDURES: Wear self-contained breathing apparatus  
 UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION: NONE  
 HAZARDOUS COMBUSTION PRODUCTS: Hydrogen Chloride gas, Hydrogen Fluoride, Oxides of carbon.  
 CONDITIONS OF FLAMMABILITY: N.A.V.  
 AUTO IGNITION TEMP. (°C): N.A.V.  
 EXPLOSION DATA: - SENSITIVITY TO MECHANICAL IMPACT: N.A.P.  
 SENSITIVITY TO STATIC DISCHARGE: N.A.V.

## 5. REACTIVITY HAZARD DATA

STABILITY (CONDITIONS TO AVOID): Stable  
 INCOMPATIBILITY (MATERIALS TO AVOID): Strong oxidizers, caustic material, and acids. Avoid contact with Aluminum.  
 HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS: Extreme thermal decomposition may release Hydrogen Chloride gas, hydrogen fluoride gas.  
 HAZARDOUS POLYMERIZATION (CONDITIONS TO AVOID): Will not occur

## 6. HEALTH HAZARD DATA

PRIMARY ROUTES OF ENTRY: INHALATION   X   SKIN   X   INGESTION \_\_\_\_\_

WARNING! MAY CAUSE EYE AND SKIN IRRITATION. MAY BE HARMFUL IF SWALLOWED.

SIGNS & SYMPTOMS OF EXPOSURE: (ACUTE & CHRONIC)

EYES: Liquid and vapors may cause irritation.  
 SKIN: May cause irritation & defatting of skin, which can lead to irritation, dermatitis.  
 INGESTION: of a large dose may cause abdominal pain, nausea & vomiting. May produce central nervous system depression with drowsiness, headache, dizziness, loss of coordination.

**6. HEALTH HAZARD DATA - CONTD.**

**INHALATION:** May cause irritation of throat, dizziness, headache, nausea & vomiting. May cause central nervous system depression.

**IRRITANCY OF PRODUCT:** N.A.V.

**SENSITIZATION TO PRODUCT:** N.A.V.

**CARCINOGENICITY, REPRODUCTIVE TOXICITY, TERATOGENICITY, MUTAGENICITY:** N.A.V.

**TOXICOLOGICALLY SYNERGISTIC PRODUCTS:** N.A.V.

**EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES:**

**EYES:** Remove contact lenses, if worn. Flush with water for at least 15 min. Call a physician.

**SKIN:** Remove contaminated clothing, wash affected area with soap & water. If any symptoms of contact appear, get medical help.

**INHALATION:** Remove to fresh air. If breathing has stopped, perform artificial respiration. Keep person warm & at rest. Get medical attention immediately.

**INGESTION:** Treat symptomatically & supportively. Get medical attention immediately. If vomiting occurs, keep head lower than hips to prevent aspiration into lungs.

**7. SPILL AND LEAK PROCEDURES**

**LARGE SPILLS:** Contain and transfer to drums for use or disposal

**SMALL SPILLS:** Absorb onto rags. Clean rags in cleaning unit.

**WASTE DISPOSAL METHOD:** May be considered a hazardous waste, dispose of according to all applicable regulations. Incineration in permitted facilities or disposal in permitted land fill are preferred disposal methods.

**HANDLING PROCEDURES & EQUIPMENT:** Avoid direct contact, wear respirator if vapors are present.

**STORAGE REQUIREMENTS:** Keep away from high heat areas.

**8. SPECIAL PROTECTION, PREVENTATIVE MEASURES**

**ENGINEERING CONTROLS/VENTILATION:** Local exhaust system sufficient to maintain exposure below TWA values

**RESPIRATOR:** THE FOLLOWING RESPIRATORS ARE RECOMMENDED & RANKED IN ORDER FROM MIN. TO MAX. PROTECTION:

CHEMICAL CARTRIDGE RESPIRATOR WITH AN ORGANIC VAPOR CARTRIDGE WITH A FULL FACE PIECE.

GAS MASK WITH ORGANIC VAPOR CANISTER WITH A FULL FACE PIECE.

TYPE "C" SUPPLIED-AIR RESPIRATOR WITH FULL FACE PIECE.

SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS WITH A FULL FACE PIECE OPERATED IN PRESSURE-DEMAND.

**PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT:** Wear goggles when handling product, petroleum solvent resistant gloves.

**9. TRANSPORTATION DATA**

**DOT HAZARD CLASSIFICATION 49 CFR172.101:** Combustible liquid, not regulated.

**DOT LABEL:** None

**U.N., IATA:** Not regulated

**ABBREVIATIONS:**

OSHA = Occupational Safety & Health Administration

TWA = Time Weighted Average for 8 hours

Mg/M<sup>3</sup> = Milligrams per cubic meter of air

NFPA = National Fire Protection Agency

(C) = Ceiling, limit for exposure

DOT = Department of Transportation

mg/kg = Milligrams per kilogram (1,000 grams)

WHMIS = Workplace Hazardous Materials Information System - Canada

ACGIH = American Conference of Government Industrial Hygienists

R.Q. = amount of spill that must be reported to EPA

SARA Title III, Sec. 313 = Superfund Amendments and Reauthorization Act

C.A.S. = Chemical Abstract Service number

LD 50 = Lethal Dose for 50% test animals

PEL = Permissible Exposure Level

STEL = Short Term Exposure Level (15 min)

ppm = part(s) per million

SKN = Skin effects

IATA = International Air Transport Association

N.A.V. = Not Available

N.Ap. = Not Applicable

U.N. = United Nations

WE CANNOT ANTICIPATE ALL CONDITIONS UNDER WHICH THIS INFORMATION AND OUR PRODUCTS, OR THE PRODUCTS OF OTHER MANUFACTURERS IN COMBINATION WITH OUR PRODUCTS, MAY BE USED. WE ACCEPT NO RESPONSIBILITY FOR RESULTS OBTAINED BY THE APPLICATION OF THIS INFORMATION OR THE SAFETY AND SUITABILITY OF OUR PRODUCTS, EITHER ALONE OR IN COMBINATION WITH OTHER PRODUCTS. WE SELL THE PRODUCTS WITHOUT WARRANTY, AND BUYERS AND USERS ASSUME ALL RESPONSIBILITY AND LIABILITY FOR LOSS OR DAMAGE ARISING FROM THE HANDLING AND USE OF OUR PRODUCTS, WHETHER ALONE OR IN COMBINATION WITH OTHER PRODUCTS.

Date Prepared: December 19, 1997  
 Supersedes: April 4, 1995  
 MSDS Number: 13334

## 1. PRODUCT INFORMATION

Product Identifier: DF-2000 SOLVENT

Application and Use:  
 Solvent, diluent, chemical feedstock, or fuel.

Product Description:  
 Synthetic aliphatic hydrocarbon, hydrotreated

CAS number: 64742-48-9

## REGULATORY CLASSIFICATION

WHMIS Information:  
 Class B, Division 3: Combustible Liquids

TDG Information (Rail/Road):  
 Not Regulated in Canada.

Canadian Environmental Protection Act (CEPA):  
 All components of this product are either on the Domestic Substances List (DSL) or exempt.  
 National Pollutant Release Inventory (NPRI):  
 This product does not contain NPRI reportable substances.

## EMERGENCY TELEPHONE NUMBER MANUFACTURER/SUPPLIER

Health/Transportation  
 24 Hour Service (519) 339-2145

Imperial Oil  
 Chemicals Division  
 111 St. Clair Avenue West  
 Toronto, Ontario, M5W 1K3

## 2. REGULATED COMPONENTS

The following component data is defined in accordance with sub-paragraph 13(a)(i) to (iv) or paragraph 14(a) of the Hazardous Products Act.

NAME	% (v/v)	CAS
Heavy naphtha - Hydrotreated	100	64742-48-9

## 3. TYPICAL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical State: Liquid  
 Spec. Gravity: 0.772 at 15.5 deg C  
 Vap. Pres.: 0.133 kPa at 20 deg C Approximate  
 Solubility in Water: < 0.01% at 25 deg C  
 Boiling Point: 191 to 205 deg C  
 Freezing/Melting Point: < -60 deg C  
 Viscosity: 2.08 cSt at 25 deg C Approximate  
 Vapour Density (air=1): 5.9  
 Evaporation Rate: < 0.1  
 Molecular Wt: 160  
 Odour: Faint petroleum odor  
 Appearance: Clear colorless liquid

## 4. HEALTH HAZARD INFORMATION

### NATURE OF HAZARD

### INHALATION:

High vapour/aerosol concentrations (greater than approximately 1000 ppm) are irritating to the eyes and the respiratory tract, and may cause headaches, dizziness, anesthesia, drowsiness, unconsciousness, and other central nervous system effects, including death.

### EYE CONTACT:

Slightly irritating, but will not injure eye tissue.

### SKIN CONTACT:

Low toxicity.  
 Frequent or prolonged contact may irritate the skin and cause a skin rash (dermatitis).  
 Skin contact may aggravate an existing dermatitis condition.

### INGESTION:

Small amounts of liquid aspirated into the respiratory system during ingestion or from vomiting may cause mild to severe pulmonary injury and possibly death.  
 Minimal toxicity.

### SPECIAL HEALTH PRECAUTIONS:

Health studies have shown that many petroleum hydrocarbons pose potential human health risks which may vary from person to person. As a precaution, exposure to liquids, vapors, mists or fumes should be minimized.

### OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMIT

### MANUFACTURER RECOMMENDS:

300 ppm based on composition.

Local regulated limits may vary.

## 5. FIRST AID MEASURES

### INHALATION:

In emergency situations use proper respiratory protection to immediately remove the affected victim from exposure. Administer artificial respiration if breathing has stopped. Keep at rest. Call for prompt medical attention.

### EYE CONTACT:

Flush eyes with large amounts of water until irritation subsides. If irritation persists, get medical attention.

### SKIN CONTACT:

Flush with large amounts of water. Use soap if available.  
 Remove severely contaminated clothing (including shoes) and launder before reuse.

### INGESTION:

If swallowed, DO NOT induce vomiting. Keep at rest. Get prompt medical attention.

## 6. PREVENTIVE AND CORRECTIVE MEASURES

### PERSONAL PROTECTION:

The selection of personal protective equipment varies depending upon conditions of use.  
 Where prolonged and/or repeated skin and eye contact is likely to occur, wear safety glasses with side shields, long sleeves, and chemical resistant gloves.  
 Where eye contact is unlikely, but may occur as a result of short and/or periodic exposures, wear safety glasses with side shields.  
 Where concentrations in air may exceed the occupational exposure limits given in Section 4 and where engineering, work practices or other means of exposure reduction are not adequate, approved respirators may be necessary to prevent overexposure by inhalation.

### ENGINEERING CONTROLS:

The use of mechanical dilution ventilation is recommended to maintain airborne concentrations below the recommended occupational exposure limits, whenever this material is used in a confined space, is heated above normal temperatures (up to 38 deg C) or is agitated.

### ELECTROSTATIC ACCUMULATION HAZARD:

Yes, use proper ground procedure.  
 Additional information regarding safe handling of products with static accumulation potential can be ordered by contacting the American Petroleum Institute (API) for API Recommended Practice 2003, entitled "Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lighting, and Stray Currents" (American Petroleum Institute, 1220 L Street Northwest, Washington, DC 20005), or the National Fire Protection Association (NFPA) for NFPA 77 entitled "Static Electricity" (National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101).

### HANDLING, STORAGE AND SHIPPING:

Keep container closed. Handle and open containers with care.  
 Store in a cool, well ventilated place away from incompatible materials.  
 DO NOT handle or store near an open flame, heat, or other sources of ignition. Protect material from direct sunlight.  
 Material will accumulate static charges which may cause an electrical spark (ignition source). Use proper grounding procedures.  
 DO NOT pressurize, cut, heat, or weld containers.

Please turn over

Empty product containers may contain product residue. DO NOT reuse containers without commercial cleaning or reconditioning.

#### SPILL CONTROL AND DISPOSAL:

Consult an expert on the disposal of recovered material. Ensure disposal in compliance with government requirements and ensure conformity to local disposal regulations. Notify the appropriate authorities immediately. Take all additional action necessary to prevent and remedy the adverse effects of the spill.

#### LAND SPILL:

Eliminate source of ignition. Keep public away. Prevent additional discharge of material, if possible to do so without hazard. Prevent spills from entering sewers, watercourses or low areas. Contain spilled liquid with sand or earth. Do not use combustible materials such as sawdust. Recover by pumping (use an explosion proof motor or hand pump), or by using a suitable absorbent.

#### WATER SPILL:

Eliminate sources of ignition. Warn occupants and shipping in surrounding and downwind areas of fire and explosion hazard and request all to stay clear. Remove from surface by skimming or with suitable absorbents. If allowed by local authorities and environmental agencies, sinking and/or suitable dispersants may be used in unconfined waters.

## 7. FIRE AND EXPLOSION HAZARD

Flashpoint and Method: 64 deg C TCC Typical  
Autoignition Temperature: 338 deg C Approximate  
Flammable Limits: 1.3 to 8.8 % by volume Approximate

#### GENERAL HAZARDS:

Combustible Liquid; may form combustible mixtures at or above the flash point.

#### FIRE FIGHTING:

Use water spray to cool fire exposed surfaces and to protect personnel. Shut off fuel to fire. Use foam, dry chemical or water spray to extinguish fire. Avoid spraying water directly into storage containers due to danger of boilover. A self-contained breathing apparatus (SCBA) is recommended for indoor fires and any significant outdoor fires. For small outdoor fires, which may easily be extinguished with a portable fire extinguisher, use of an SCBA is optional. This liquid is volatile and gives off invisible vapors. Either the liquid or vapor may settle in low areas or travel some distance along the ground or surface to ignition sources where they may ignite or explode.

#### HAZARDOUS COMBUSTION PRODUCTS:

No unusual

## 8. REACTIVITY DATA

#### GENERAL:

This product is stable and hazardous polymerization will not occur.

#### INCOMPATIBLE MATERIALS AND CONDITIONS TO AVOID:

Strong oxidizing agents.

#### HAZARDOUS DECOMPOSITION:

None

## 9. NOTES

No comments at this time.

#### REVISION SUMMARY:

Since April 4, 1995 this MSDS has been revised in Section(s):  
1, 10

## 10. PREPARATION

DATE PREPARED: DEC 19, 1997

SUPERSEDES: APR 4, 1995

Prepared By: Solvents

(416) 968-4415

CAUTION: The information contained herein relates only to this product or material and may not be valid when used in combination with any other product or material or in any process. If the product is not to be used for a purpose or under conditions which are normal or reasonably foreseeable, this information can not be relied upon as complete or applicable. For greater certainty, uses other than those described in "Application and Use" of section 1 must be reviewed with the supplier. The information contained herein is based on information available at the indicated date of preparation.

**MATERIAL SAFETY DATA SHEET**  
**TRIAGEN AEROSOL**  
**Industrial Metal Cleaner**

ECOLINK, INC.,  
 1481 Rock Mountain Blvd.  
 Stone Mountain, GA 30083  
 800/886-8240 or 770/621-8240 (8-5 EST)

**EMERGENCY NUMBERS:**  
 800/877-3339 (8-5 EST)  
 800/535-5053 (24 HOURS)

Rev. 10/15/97

**SECTION I. PRODUCT IDENTIFICATION**

**Product name:** TRIAGEN Industrial Metal Cleaner  
**SYNONYM:** ALKYL BROMIDE  
**Formula:** SEE SECTION II

**SECTION II. CHEMICAL OR HAZARDOUS COMPONENTS**

Chemical name	CAS No.	Approx. wt.	Exposure
n - PROPYL BROMIDE	106 - 94 - 5	95%	ACGIH-TLV - Not Established OSHA -PEL - Not Established MREL - 100 PPM 8 hr. TWA (Manufacturer's Recommended Exposure Limit)
1,2 - BUTYLENE OXIDE	106 - 88 - 7	<5 %	ACGIH-TLV-TWA- Not Established OSHA-PEL-TWA- Not Established
DIMETHOXYMETHANE	109-87-5	<1%	Y (Hazardous) 1000 ppm (OSHA PEL TWA) 1000 ppm (ACGIH TLV TWA)
t - BUTANOL	75650	<1%	Y (Hazardous) 100 ppm (OSHA PEL TWA) 100 ppm (ACGIH TLV TWA)

1,2-Butylene Oxide and t-Butanol are subject to the reporting requirements of Section 313.  
 NO CERCLA (superfund): Not Applicable  
 ALL MATERIALS IN PRODUCT ARE TSCA LISTED.  
 DOT regulated: NO DOT haz class: ORM-D DOT Shipping Name: CONSUMER COMMODITY  
 DOT number: NOT LISTED

**SECTION III. PHYSICAL DATA**

BOILING POINT :160°F. @ 760 mmHg	SPECIFIC GRAVITY (H2O=1): 1.33
VAPOR PRESSURE (mm Hg.): 139 mm Hg @ 77°F	MELTING POINT: Not Applicable
VAPOR DENSITY (AIR=1): 4.25	EVAPORATION RATE: Not Established (N-BUTYL ACETATE = 1)
SOLUBILITY IN WATER: NEGLIGIBLE	
APPEARANCE & ODOR: CLEAR, COLORLESS LIQUID WITH CHARACTERISTIC ODOR.	

**SECTION IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA**

**FLASH POINT (METHOD)**  
 BULK LIQUID (TCC): NONE  
 AEROSOL: (USA FLAME EXTENSION): NON-FLAMMABLE  
 (A "NON-FLAMMABLE" DESIGNATION INDICATES THAT THE CONTENTS WILL NOT IGNITE AND/OR WILL EXTINGUISH A FLAME SPRAYED ON OR NEAR AN IGNITION SOURCE AND THE FLAME CANNOT "FLASH BACK" TO THE AEROSOL CONTAINER.)

continued on page two

**SECTION IV. FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA**  
(Continued)

**FLAMMABLE LIMITS:** LEL: ~ 4.6 UEL: ~ 7.8

**EXTINGUISHING MEDIA:** NONE REQUIRED

**SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES:** KEEP FIRE EXPOSED CONTAINERS COOL WITH WATER. FIRE FIGHTERS SHOULD WEAR SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS WITH A FULL FACEPIECE OPERATED IN THE POSITIVE PRESSURE DEMAND MODE WITH APPROPRIATE GEAR AND CHEMICAL RESISTANT PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT.

**UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:** MATERIAL FORMS A FLAMMABLE MIXTURE WITH AIR IN A NARROW FLAMMABILITY RANGE (~ 4.6% -7.8% BY VOLUME). CONTAINERS EXPOSED TO FLAME OR HIGH HEAT MAY EXPLODE COOL CONTAINERS EXPOSED TO FIRE WITH WATER. IN FIRE, TOXIC GASES MAY BE RELEASED.

**SECTION V. REACTIVITY DATA**

**STABILITY:** STABLE

**CONDITIONS TO AVOID:** SOURCES OF IGNITION SUCH AS SPARKS, HOT SPOTS, WELDING, FLAMES AND CIGARETTES. IGNITION/FLASH MAY RESULT IF CONCENTRATION OF PRODUCT IS IN THE FLAMMABLE RANGE (SEE SECTION IV FOR LEL AND UEL VALUES).

**INCOMPATIBILITY (MATERIALS TO AVOID):** NOT COMPATIBLE WITH CERTAIN PLASTICS & RUBBER. TEST ALL NON-METALLICS PRIOR TO USE.

**HAZARDOUS DECOMPOSITION:** MAY FORM HYDROGEN BROMIDE, BROMINE, AND OXIDES OF CARBON.

**HAZARDOUS POLYMERIZATION:** WILL NOT OCCUR.

**SECTION VI. HEALTH HAZARD DATA**

**PRIMARY ROUTES OF EXPOSURE:** ORAL, INHALATION, AND SKIN

**INGESTION:** SWALLOWING LARGE AMOUNTS MAY BE HARMFUL, BY CAUSING GASTROINTESTINAL IRRITATION.

**INHALATION:** BREATHING LARGE AMOUNTS MAY BE HARMFUL, BY CAUSING NOSE, THROAT, RESPIRATORY TRACT IRRITATION, AND EFFECTING THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM CAUSING DROWSINESS, DIZZINESS AND/OR POSSIBLE UNCONSCIOUSNESS.

**EYES:** IRRITANT. LIQUID CONTACT WILL IRRITATE EYES AND MAY CAUSE STINGING, TEARING AND REDNESS.

**SKIN CONTACT:** MAY CAUSE MILD IRRITATION OR REDNESS AND BURNING.

**FIRST AID:**

**INGESTION:** SEEK MEDICAL ATTENTION IMMEDIATELY. IF INDIVIDUAL IS DROWSY OR UNCONSCIOUS, DO NOT GIVE ANYTHING BY MOUTH; PLACE INDIVIDUAL ON LEFT SIDE WITH HEAD DOWN. CONTACT MEDICAL FACILITY OR POISON CONTROL CENTER FOR ADVICE ABOUT WHETHER TO INDUCE VOMITING.

**INHALATION:** REMOVE TO FRESH AIR, IF BREATHING IS DIFFICULT GIVE OXYGEN; IF BREATHING HAS STOPPED, PERFORM ARTIFICIAL RESPIRATION. KEEP PERSON WARM AND QUIET. SEEK MEDICAL ATTENTION.

**EYES:** IRRIGATE IMMEDIATELY WITH WATER FOR AT LEAST 15 MINUTES. GET MEDICAL ATTENTION IF IRRITATION PERSISTS.

**SKIN:** WASH WITH SOAP AND WATER. THOROUGHLY CLEAN CONTAMINATED CLOTHING AND SHOES BEFORE REUSE. IF SYMPTOMS PERSIST, SEEK MEDICAL ATTENTION.

**CARCINOGEN:** NTP-Not Listed IARC MONOGRAPHS-NONE OSHA REGS-Not Regulated

(The minor ingredient, 1,2-butylene oxide is classified by IARC as a Group 3 material which exhibits limited evidence of carcinogenicity in experimental animals and no human data.)

continued on page three



**SECTION VII. PRECAUTIONS FOR SAFE HANDLING & USE**

**HMIS INFORMATION:**

HEALTH -2 / FLAMMABILITY -1 REACTIVITY -0 PERSONAL PROTECTION -B

HMIS DEFINITION: 0 - MINIMAL 1 - SLIGHT 2 - MODERATE 3 - SERIOUS 4 - EXTREME

"/" IN THE HEALTH CATEGORY DENOTES MATERIAL DOES NOT TARGET ANY MAJOR ORGANS.  
"/" IN THE HEALTH CATEGORY DENOTES MATERIAL MAY TARGET CERTAIN MAJOR ORGANS.

**EYE PROTECTION:** SAFETY GLASSES AND SPLASH PROTECTION REQUIRED.

**PROTECTIVE GLOVES:** BUTYL RUBBER GLOVES

**RESPIRATORY PROTECTION:** NOT REQUIRED UNDER CONDITIONS OF NORMAL USE. IF VAPOR/MIST IS RESENT USE NIOSH CERTIFIED ORGANIC VAPOR MASK.

**VENTILATION:** LOCAL EXHAUSTHOOD OR FAN MAY BE USED; ADEQUATE VENTILATION IS EXTREMELY IMPORTANT.

**OTHER PROTECTIVE CLOTHING:** NONE REQUIRED UNDER NORMAL USE.

**WORK PRACTICES:** PROPER VENTILATION IS REQUIRED, AVOID BREATHING CONCENTRATED VAPORS/FUMES. TREAT THIS CHEMICAL WITH RESPECT AND FOLLOW ALL MSDS INSTRUCTIONS.

**SECTION VIII. CONTROL MEASURES**

**SMALL SPILL:** ABSORB LIQUID ON VERMICULITE, FLOOR ABSORBENT, OR OTHER ABSORBENT MATERIAL AND TRANSFER TO HOOD.

**LARGE SPILL:** VENTILATE CONTAMINATED AREA. ELIMINATE ALL IGNITION SOURCES, (FLARES, FLAMES INCLUDING PILOT LIGHTS, ELECTRICAL SPARKS). PERSONS NOT WEARING PROTECTIVE EQUIPMENT SHOULD BE EXCLUDED FROM AREA OF SPILL UNTIL CLEAN UP HAS BEEN COMPLETED. STOP SPILL AT SOURCE. PREVENT FROM ENTERING DRAINS, SEWERS, STREAMS, ETC. IF RUNOFF OCCURS, NOTIFY AUTHORITIES AS REQUIRED. PUMP OR VACUUM TRANSFER SPILLED PRODUCT TO CLEAN CONTAINERS FOR RECOVERY. TRANSFER CONTAMINATED ABSORBENT, SOIL AND OTHER MATERIALS TO CONTAINERS FOR DISPOSAL.

**WASTE DISPOSAL METHOD:** TRIAGEN MAY BE DISPOSED OF AS AN INDUSTRIAL WASTE IN A MANNER ACCEPTABLE TO GOOD WASTE MANAGEMENT PRACTICES AND IN COMPLIANCE WITH APPLICABLE LOCAL, STATE, AND FEDERAL REGULATIONS.

**PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING & STORING:** MATERIAL SHOULD BE STORED IN A COOL DRY AREA. AEROSOL CONTAINERS MAY EXPLODE WHEN EXPOSED TO TEMPERATURES AT OR ABOVE 120°F. SINCE EMPTY CONTAINERS RETAIN PRODUCT RESIDUES, ALL HAZARD PRECAUTIONS GIVEN IN THE DATA SHEET MUST BE OBSERVED. ALL METAL PAILS OR DRUMS SHOULD BE GROUNDED AND/OR BONDED WHEN MATERIAL IS TRANSFERRED. ANY USE OF THIS PRODUCT IN ELEVATED TEMPERATURE PROCESSES SHOULD BE THOROUGHLY EVALUATED TO ESTABLISH AND MAINTAIN SAFE OPERATING CONDITIONS. SUDDEN RELEASE OF HOT ORGANIC CHEMICAL VAPORS OR MISTS FROM PROCESS EQUIPMENT OPERATING AT ELEVATED TEMPERATURE MAY RESULT IN IGNITION.

**OTHER PRECAUTIONS:** KEEP THIS AND ALL CHEMICALS OUT OF THE REACH OF CHILDREN.

**PART NUMBER**

**PART # 658 - 12 x 10 oz. Aerosol Cans**

**DISCLAIMER:** ECOLINK, INC. BELIEVES THAT THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS ACCURATE. HOWEVER, ECOLINK MAKES NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED REGARDING THE ACCURACY OF THIS DATA OR THE RESULTS TO BE OBTAINED FROM THE USE THEREOF. ECOLINK, INC. ASSUMES NO RESPONSIBILITY FOR INJURY FROM THE USE OF THE PRODUCT DESCRIBED HEREIN.

END OF MSDS