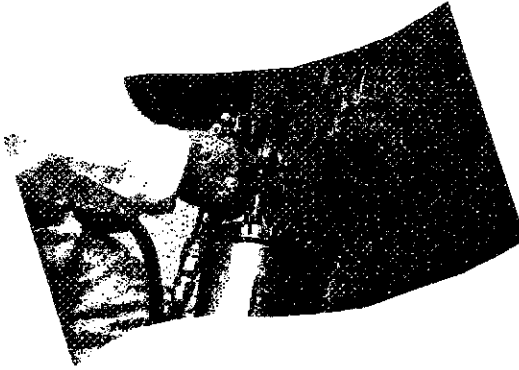


**Les isocyanates  
dans les ateliers  
de peinture automobile :  
évaluation de l'exposition**



**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

Nicole Goyer

Jacques Lesage

Jean-Yves Vincent

Septembre 1989 R-037

**RAPPORT**



**IRSST**  
Institut de recherche  
en santé et en sécurité  
du travail du Québec

## La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

### ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications  
505, boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1 551  
Télécopieur: (514) 288-7636  
Site internet : [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche en santé  
et en sécurité du travail du Québec,

**Les Isocyanates  
dans les ateliers  
de peinture automobile :  
évaluation de l'exposition**

**Nicole Gouger**

Programme soutien analytique, IRSST

**Jacques Lesage**

Programme hygiène et toxicologie, IRSST

**Jean-Yves Vincent**

ASP-Services automobiles

**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

**RAPPORT**

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, septembre 1989.  
3<sup>e</sup> trimestre 1989.

Nicole Goyer, Jacques Lesage  
et Jean-Yves Vincent

# Les isocyanates dans les ateliers de peinture automobile: évaluation de l'exposition

**Problème de santé:**  
L'asthme professionnel.

**Groupe de travailleurs concerné:**  
Les travailleurs du secteur de l'automobile utilisant  
des peintures à base d'isocyanates.

## TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
LISTE DES TABLEAUX .....	2
LISTE DES FIGURES .....	2
REMERCIEMENTS .....	15
1.0 ORIGINE ET CONTEXTE .....	2
2.0 BUT DE L'ÉTUDE .....	3
3.0 MÉTHODOLOGIE .....	3
4.0 RÉSULTATS .....	5
4.1 Cabines munies de système à ventilation verticale .....	5
4.2 Cabines munies de système à ventilation horizontale .....	9
5.0 CONCLUSION .....	15
RÉFÉRENCES CITÉES .....	15

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec  
505, boulevard de Maisonneuve Ouest,  
Montréal (Québec) H3A 3C2  
(514) 288-1551  
Télécopieur: 288-0998  
IRSST MTL

Cette étude a été financée par l'IRSST.  
Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Tous droits réservés IRSST  
dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec  
ISBN 2-2550-20011-X  
ISSN 0820-8395

FIGURE	PAGE
FIGURE 1: Schémas de cabines à peinture .....	4

### LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: Caractéristiques physiques et mécaniques des cabines à ventilation verticale .....	6
TABLEAU 2: Cabines à ventilation verticale <i>Concentrations d'isocyanates (HDI) lors de la première application de peinture</i> .....	8
TABLEAU 3: Cabines à ventilation verticale <i>Concentrations d'isocyanates (HDI) lors de la deuxième application de peinture</i> .....	9
TABLEAU 4: Caractéristiques physiques et mécaniques des cabines à ventilation horizontale .....	11
TABLEAU 5: Cabines à ventilation horizontale <i>Concentrations d'isocyanates (HDI, IPDI) lors de la première application de peinture</i> .....	12
TABLEAU 6: Cabines à ventilation horizontale <i>Concentrations d'isocyanates (HDI, IPDI) lors de la deuxième application de peinture</i> .....	13
TABLEAU 7: Cabines à ventilation horizontale <i>Concentrations d'isocyanates (HDI, IPDI) lors de la troisième application de peinture</i> .....	14

## 1.0 ORIGINE ET CONTEXTE

Depuis une vingtaine d'années, l'utilisation en milieu industriel de polymères à base d'isocyanates comme durcisseurs, n'a cessé de croître. Cette croissance est associée à la grande diversité des types de polymères à base d'isocyanates et au haut standard de qualité que rencontrent ces produits. Parallèlement à cet accroissement, les effets des isocyanates sur la santé de l'humain commencent à se manifester par l'apparition de cas d'intoxication aiguë, d'atteintes fonctionnelles respiratoires aiguë et chronique et d'asthme professionnel. L'asthme professionnel est l'atteinte à la santé causée par les isocyanates la plus fréquente et la mieux documentée<sup>1,2</sup>. Un travailleur déjà sensibilisé peut être victime d'une crise d'asthme lorsqu'il est exposé à des concentrations aussi basses que 0,2 partie par billion (ppb)<sup>3,4</sup>.

Le mécanisme exact du déclenchement de l'asthme aux isocyanates demeure obscur en dépit d'études multiples<sup>2,5</sup>. Considérant que, dans les différents mécanismes proposés, le déclencheur de l'asthme demeure la fonction isocyanate (-NCO), une toxicité équivalente pour les différentes formes d'isocyanates soit le monomère (une seule molécule) et l'oligomère (petit polymère de deux à six molécules) doit donc être envisagée. Le Royaume-Uni a déjà adopté une réglementation en ce sens. Cependant, très peu d'études ont été effectuées pour évaluer la toxicité des oligomères<sup>3</sup>.

Un récent rapport, produit par l'organisme américain National Institute of Occupational Safety and Health et portant sur l'exposition au toluène diisocyanate (TDI) rapporte que 5 à 10 % des travailleurs exposés à une forte concentration d'isocyanates développent une sensibilisation de type allergique à ces substances<sup>6</sup>.

Dans le secteur industriel, les isocyanates les plus fréquemment utilisés sont peu nombreux. Mentionnons les principaux: le toluène diisocyanate (TDI) dans la préparation de mousse souple, de mousse semi-rigide et de colles, le diphenylméthane diisocyanate (MDI) dans les peintures, les mousses rigides et le revêtement d'isolation, le 1,6-hexaméthylène diisocyanate (HDI) et le diisocyanate d'isophorone (IPDI) dans les peintures.

Parmi les utilisateurs de produits à base d'isocyanates, on retrouve l'industrie des services automobiles.

Il s'agit, entre autres, des commerces de détail de véhicules automobiles et des ateliers de réparation de carrosserie.

Une enquête effectuée en 1987 par l'Association sectorielle paritaire - Services automobiles concluait que la presque totalité des entreprises effectuant des travaux de peinture utilisent des isocyanates.

Toutes les références sont inscrites à la page 15 du présent document.

Dans le premier groupe, qui correspond aux concessionnaires automobiles, on évalue à environ 10 % la proportion de travailleurs de ces établissements qui sont susceptibles d'être exposés aux isocyanates. La dernière mise-à-jour du fichier, datant de décembre 1987, indique qu'il y avait 19 061 travailleurs dans ces établissements, donc 1 900 travailleurs possiblement exposés<sup>7</sup>.

Dans le groupe des ateliers de réparation de carrosserie, on estime que 90 % des travailleurs sont probablement exposés aux isocyanates. Puisque ce type d'établissement employait 3 991 travailleurs en décembre 1987, on peut conclure que le nombre de travailleurs potentiellement exposés serait d'environ 3 600.

Au total, il y a donc au Québec tout près de 5 500 travailleurs dans le seul secteur des services automobiles qui sont susceptibles d'être exposés aux isocyanates durant les travaux d'application de peinture.

En considérant le taux de prévalence pour le développement de cas d'asthme professionnel de 5 à 10 %<sup>8</sup>, il y aurait donc entre 275 et 550 travailleurs de ce seul secteur qui pourraient être éventuellement atteints d'asthme professionnel relié à l'exposition aux isocyanates.

## 2.0 BUT DE L'ÉTUDE

L'étude menée conjointement par l'IRSST et l'Association sectorielle paritaire - Services automobiles avait pour but de caractériser et de quantifier les niveaux d'exposition aux isocyanates des travailleurs des ateliers de peinture automobile. Parallèlement aux mesures des isocyanates, des mesures de débits de ventilation et de vitesses de déplacement d'air ont été prises dans les chambres à peinture en tenant compte de l'aménagement et du type de système de ventilation en place.

## 3.0 MÉTHODOLOGIE

Au Québec, deux types de cabines à peinture sont rencontrées soit celles munies d'un système de ventilation à aspiration verticale et celles utilisant un système à aspiration horizontale. Elles sont schématisées à la *FIGURE 1*. Les expositions aux isocyanates ont été évaluées en fonction de cette caractéristique de ventilation.

Pour toute cabine à peinture, trois ensembles de paramètres influencent les concentrations de contaminants générés lors de l'application de peinture.

Le premier ensemble est relié aux caractéristiques physiques et mécaniques de la cabine. Les caractéristiques physiques incluent le volume de la pièce, la disposition et la superficie des grilles d'aspiration d'air. Les paramètres

mécaniques sont reliés à l'efficacité de la ventilation c'est-à-dire au taux de changements d'air de la pièce et à la vitesse d'aspiration des grilles, les deux étant influencés par le débit de ventilation. Pour les cabines à ventilation verticale, l'air est admis à travers le plafond, circule verticalement dans la chambre et est extrait par le plancher. Ce type de cabine est équipé de son propre système mécanique de ventilation pour l'admission, l'extraction et le conditionnement de l'air. Dans les cabines munies d'un système à aspiration horizontale, l'air est admis par une des extrémités et circule horizontalement le long du véhicule. L'air vicié est extrait à l'autre extrémité. L'air admis dans ce type de cabine peut provenir de deux sources: soit de l'atelier à l'intérieur duquel la cabine est située ou être pris directement à l'extérieur du bâtiment pour être ensuite traité par une unité de conditionnement indépendante de l'atelier.

Le deuxième ensemble concerne les conditions environnementales de température et d'humidité relative qui peuvent favoriser la transformation des isocyanates en amines.

Le troisième considère le procédé au niveau du type de peinture utilisée, de la pression d'air à l'application et de la séquence des couches appliquées. Toutes les cabines de peinture évaluées utilisaient le type de revêtement à deux éléments c'est-à-dire utilisant un durcisseur à ajouter à une résine de base de type acrylique, alkyde, polyester ou autre, juste avant l'application. Ce procédé à deux éléments donne des revêtements de meilleure qualité ayant un fini semblable et parfois même supérieur au fini d'origine. Il permet également de diminuer considérablement le temps de séchage de la peinture. Les durcisseurs sont à base d'isocyanates et se composent majoritairement d'oligomères et dans une moindre quantité de monomères. Le procédé d'application utilisé est la pulvérisation pneumatique à l'aide d'un pistolet muni d'un godet d'une capacité d'environ un litre et alimenté par une conduite d'air comprimé. L'air comprimé remplit deux fonctions, l'une d'aspiration de la peinture du godet et l'autre de pulvérisation de la peinture en fines gouttelettes. Ces dernières se répartissent dans un faisceau contrôlé par la buse de pulvérisation et ont un diamètre inférieur à 100 µm.

Dans le but d'obtenir un profil le plus complet possible de l'efficacité des cabines à peinture, ces trois ensembles de facteurs ont été mesurés lors des évaluations de concentrations d'isocyanates.

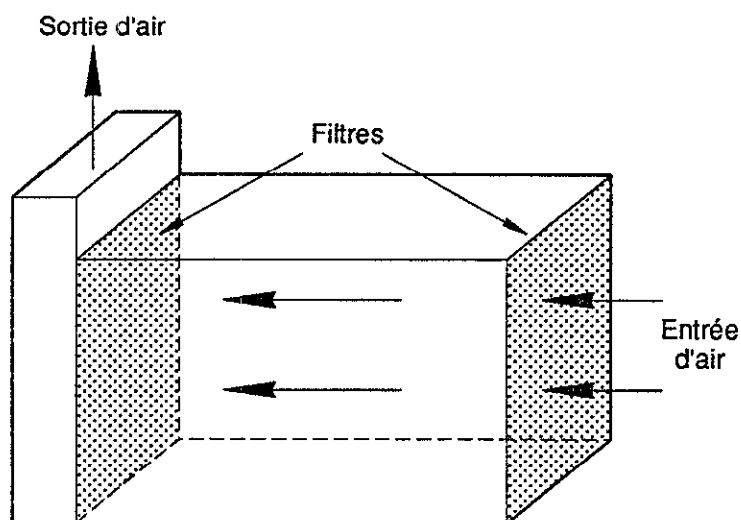
Pour chaque série d'échantillons, cinq prélèvements ont été effectués selon les méthodes IRSST<sup>9</sup>. Quatre l'ont été à des postes fixes et le cinquième dans la zone respiratoire du peintre, pendant la durée de l'application. Les quatre postes fixes étaient répartis en différents points de la cabine à peinture et situés à des hauteurs variables afin d'étudier la dispersion du nuage d'isocyanates à travers l'espace. L'échantillon prélevé en zone

respiratoire du peintre a permis d'évaluer l'exposition du travailleur si celui-ci ne portait pas d'équipement de protection respiratoire adéquate. Ce dernier résultat a été comparé aux normes et références disponibles concernant les concentrations maximales admissibles d'exposition. Celles-ci seront discutées à la section des résultats.

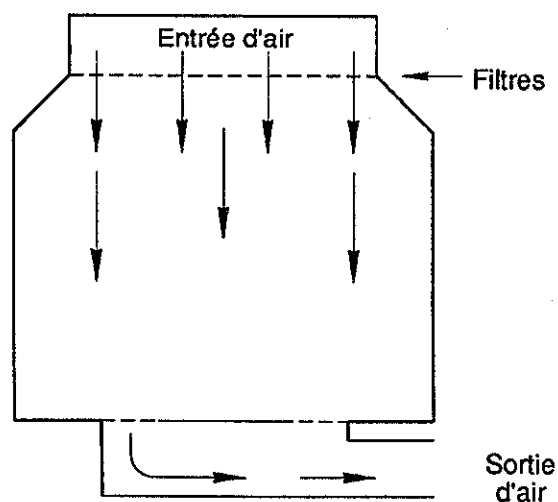
Les mesures de vitesses d'air ont été prises à l'aide d'un anémomètre, aux grilles d'aspiration du système afin

d'en calculer le débit, ainsi qu'autour du véhicule à peindre. Les normes et la réglementation en matière de ventilation dans les ateliers de peinture ont principalement pour but d'éviter l'accumulation de vapeurs inflammables. À cet effet, on recommande des vitesses moyennes de déplacement d'air de l'ordre de 0,5 m/sec ou 100 pi/min, évaluées sur la section transversale, perpendiculaire au déplacement de l'air de la cabine<sup>9</sup>.

**FIGURE 1: SHÉMA DE CABINES À PEINTURE**



**PRINCIPE DE LA VENTILATION HORIZONTALE**



**PRINCIPE DE LA VENTILATION VERTICALE**

## 4.0 RÉSULTATS

Les résultats sont présentés séparément en fonction du type de ventilation des cabines à peinture. Ils incluent les trois ensembles de facteurs qui influencent la génération d'isocyanates soit les caractéristiques des cabines, les conditions environnementales et les caractéristiques du procédé. Les résultats sont interprétés en fonction de la nature des isocyanates présents, du risque d'exposition que représentent les concentrations mesurées en ambiance générale et de la dose d'exposition effectivement mesurée en zone respiratoire du peintre.

### 4.1 Cabines munies de système à ventilation verticale

#### *CARACTÉRISTIQUES DES CABINES*

Trois chambres de ce type, A, B et C, ont été évaluées. L'air filtré est aspiré du plafond vers les grilles du plancher, qui sont simples et situées dans le centre ou doubles placées parallèlement de chaque côté du véhicule. Les caractéristiques physiques et mécaniques de ces chambres sont données au *TABLEAU 1*.

Dans les trois cas, les conditions de température étaient similaires, soit de 24,5 °C à 28 °C. Les taux d'humidité ont varié de 18 à 34 %.

La peinture appliquée était un vernis «clear coat» à base d'hexaméthylène de diisocyanate (HDI). La même peinture a été utilisée dans les ateliers A et B et contenait en masse 0,2 % de monomère et 35 % de biuret. La peinture C contenait entre 7 et 10 % de HDI et entre 10 et 30 % de diisocyanate d'isophorone (IPDI). La fraction en monomères libres varie de 0,1 à 1,0 %.

Ces peintures sont obtenues d'un mélange de liant, de durcisseur contenant l'isocyanate et parfois d'une faible quantité de diluant. La proportion en volume de durcisseur est de 30 %.

Deux applications de peinture ont été faites à 310 kPa (45 psi) sauf pour l'atelier C où la deuxième a été à 413 kPa (60 psi).

#### *CARACTÉRISATION DES ISOCYANATES PRÉSENTS*

Les concentrations d'isocyanates obtenues dans les cabines équipées de système à aspiration verticale sont présentées aux *TABLEAUX 2 et 3*.

L'analyse des résultats montre que lorsqu'ils sont décelés, les isocyanates se présentent essentiellement sous deux formes soit monomères gazeux et oligomères aérosols, la forme monomères aérosols étant absente. Ils montrent également la prédominance en concentration de la fraction oligomères par rapport à celle des monomères et celle des aérosols par rapport aux gaz. La technique de pulvérisation et la forte proportion d'oligomères dans le durcisseur expliquent ce fait.

#### *IMPORTANCE DU RISQUE D'EXPOSITION*

L'importance de ce risque est évaluée à partir des concentrations d'isocyanates retrouvées dans l'environnement de travail des cabines à peinture.

Pour une des trois cabines, soit A, aucun isocyanate n'a été décelé dans l'air ambiant. Cette cabine a des caractéristiques semblables à celles de la cabine B au niveau des conditions environnementales et du procédé bien qu'on observe des différences significatives dans les concentrations d'isocyanates. La différence réside dans les paramètres de ventilation soit la disposition et la superficie des grilles et le débit de ventilation qui influence directement le nombre de changements d'air par minute et la vitesse d'entraînement et de capture des polluants. Les vitesses d'air autour des véhicules étaient très variables et souvent à la limite de précision de l'anémomètre utilisé. Les concentrations d'isocyanates dans des cabines à ventilation verticale sont donc dépendantes directement de la configuration ou de la puissance de la ventilation ou des deux. Le nombre très restreint de cabines évaluées et la difficulté de mesurer précisément les vitesses d'air ne permettent pas de fixer un nombre minimal efficace de changements d'air par minute ni une vitesse optimale de déplacement d'air. La seule affirmation qui se dégage est qu'à 4,7 changements par minute avec des grilles latérales occupant 27 % de la surface de plancher, aucun isocyanate n'est décelé dans l'air ambiant.

**TABEAU 1: CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES CABINES À VENTILATION VERTICALE**

ATELIER	VOLUME m <sup>3</sup>	LOCALISATION DES GRILLES	% SURFACE DE GRILLES PAR RAPPORT AU PLANCHER	DÉBIT D'ASPIRATION L/S	NOMBRE DE CHANGEMENTS D'AIR/MIN	VITESSE MOYENNE D'ASPIRATION M/S	TEMPÉRATURE ° C	HUMIDITÉ RELATIVE %
A	68	2 grilles latérales de 0,7 m X 5,12 m, distancées de 1 m et situées à 0,7 m des murs	27	5 314	4,7	0,7	24,5	24
B	76	2 grilles centrales de 0,08 m X 3,65 m, distancées de 0,2 m et situées à 1,9 m des murs	2	2 560	2,0	4,2	28	18
C	159	1 grille centrale de 0,61 m X 4,26 m, située à 2 m des murs	7	4 342	1,6	1,7	26	34

1. Ce pourcentage est obtenu à partir du rapport suivant:

$$\frac{\text{superficie totale des grilles}}{\text{superficie totale du plancher incluant les grilles}} \times 100$$

**TABLEAU 2: CABINES À VENTILATION VERTICALE - CONCENTRATION D'ISOCYANATES (HDI) LORS DE LA PREMIÈRE APPLICATION DE PEINTURE**

CABINE	POLLUANT HDI	CONCENTRATIONS AUX POSTES D'ÉCHANTILLONNAGE-AIR AMBIANT (mg/m <sup>3</sup> )				CONCENTRATIONS EN ZONE RESPIRATOIRE (mg/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4	
A	Monomère gazeux	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Monomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B	Monomère gazeux	0,013	0,011	0,005	0,005	0,006
	Monomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	2,53	2,15	0,72	0,91	0,94
C	Monomère gazeux	-	0,036	0,045	0,026	0,022
	Monomère aérosol	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	-	2,73	3,24	2,12	1,33

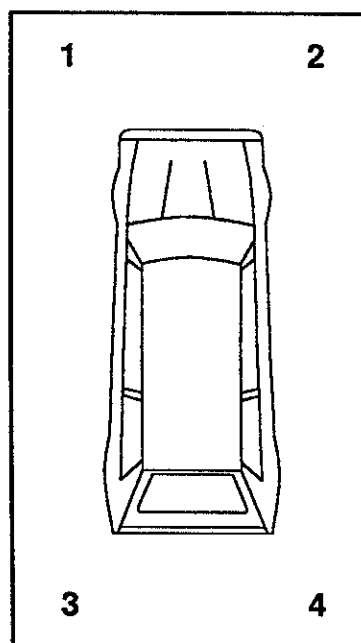
N.D. = Non décelé

<0,002 mg/m<sup>3</sup> pour monomère

<0,016 mg/m<sup>3</sup> pour oligomère

**Localisation des postes d'échantillonnage:**

- 1 - 12 cm du sol
- 2 - 60 à 80 cm du sol
- 3 - 110 à 120 cm du sol
- 4 - 140 à 150 cm du sol



**TABLEAU 3: CABINES À VENTILATION VERTICALE - CONCENTRATION D'ISOCYANATES (HDI) LORS DE LA DEUXIÈME APPLICATION DE PEINTURE**

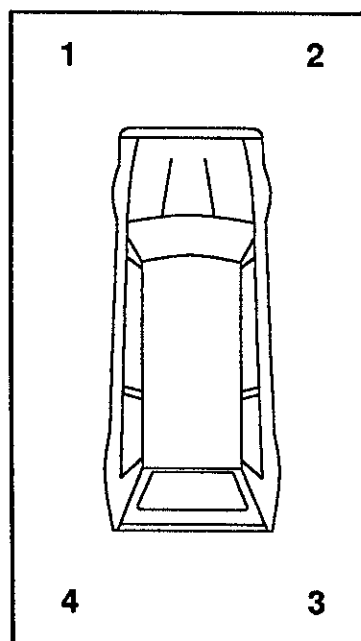
CABINE	POLLUANT HDI	CONCENTRATIONS AUX POSTES D'ÉCHANTILLONNAGE-AIR AMBIANT (mg/m <sup>3</sup> )				CONCENTRATIONS EN ZONE RESPIRATOIRE (mg/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4	
A	Monomère gazeux	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Monomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B	Monomère gazeux	0,015	0,013	0,006	0,004	0,007
	Monomère aérosol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	3,75	2,85	1,21	0,54	1,36
C	Monomère gazeux	-	0,057	0,049	0,033	0,031
	Monomère aérosol	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	-	4,05	2,62	2,25	1,68

N.D. = Non décelé

<0,002 mg/m<sup>3</sup> pour monomère  
<0,016 mg/m<sup>3</sup> pour oligomère

**Localisation des postes d'échantillonnage:**

- 1 - 12 cm du sol
- 2 - 60 à 80 cm du sol
- 3 - 110 à 120 cm du sol
- 4 - 140 à 150 cm du sol



Outre le nombre de changements d'air par minute (ou la vitesse de déplacement de l'air) les concentrations d'isocyanates dans l'air ambiant semblent être influencées par la séquence des applications de peinture, des valeurs plus élevées étant obtenues lors de la deuxième application. Il est donc possible que les isocyanates n'aient pas été éliminés complètement entre les applications.

Dans ce type de cabine, les isocyanates suivent un gradient vertical de concentrations, les plus élevées se retrouvant près des grilles d'aspiration. La localisation horizontale des postes d'échantillonnage, avant, arrière, gauche ou droite a peu d'influence.

Les concentrations d'isocyanates mesurées dans deux de ces cabines sont élevées et mettent en évidence le potentiel élevé d'exposition aux isocyanates dans les cas où la ventilation est insuffisante. À ces concentrations, l'utilisation de masques à cartouches filtrantes n'est pas recommandée comme moyen de protection personnelle.

#### *ÉVALUATION DES DOSES D'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS*

Les prélèvements faits en zone respiratoire des peintres mesurent la concentration moyenne de polluant à laquelle le travailleur est exposé pendant la durée d'application de la peinture, s'il ne porte pas d'équipement de protection respiratoire adéquat. Dans cette étude, les peintres portaient un équipement de protection de type cartouches filtrantes.

Au Québec, il n'existe pas de normes d'exposition à l'hexaméthylène de diisocyanate. L'Ontario et le Royaume-Uni ont adopté une valeur de  $0,035 \text{ mg/m}^3$  en HDI monomère comme norme de concentration moyenne c'est-à-dire pour une période de huit heures et de  $0,14 \text{ mg/m}^3$  pour celle de concentration maximale c'est-à-dire pour quinze minutes. Le Royaume-Uni a également réglementé la fonction isocyanate sans égard au produit en cause. On obtient ainsi pour les oligomères du HDI des limites de  $0,04$  et  $0,14 \text{ mg/m}^3$  exprimés en monomères, respectivement pour huit heures et dix minutes d'exposition. Si l'on compare les résultats obtenus en zone respiratoire du peintre à ces normes, on note que les concentrations en monomères gazeux sont toutes inférieures à la norme la plus sévère soit celle pour une période d'exposition de huit heures. Par contre, pour les oligomères, lorsqu'ils sont présents, les concentrations sont toujours supérieures à celles fixées, par un facteur allant de sept à douze fois pour la valeur de concentration maximale.

## 4.2 Cabines munies de système à ventilation horizontale

### *CARACTÉRISTIQUES DES CABINES*

Cinq ateliers de peinture munis de système de ventilation à aspiration horizontale D, E, F, G et H ont été évalués. Pour quatre d'entre eux, l'air de la pièce est aspiré à travers des filtres retenus par des grilles et occupant une partie du mur opposé à l'entrée d'air filtré. Pour le cinquième, appelé H, l'aspiration se fait à travers deux branches d'un même conduit fixé également au mur opposé à l'entrée. Les caractéristiques physiques et mécaniques de ces ateliers sont données au *TABLEAU 4*. Y sont également indiquées les données environnementales de température et d'humidité relative.

Lors de nos interventions, les ateliers D et E appliquaient du vernis («clear coat») alors que les ateliers F, G et H utilisaient de l'émail acrylique. Le vernis utilisé à l'atelier D était à base de diisocyanate d'isophorone, IPDI; celui de l'atelier E contenait de l'hexaméthylène diisocyanate, HDI. Dans les deux cas, le mélange contenait 30 % en volume de durcisseur. L'émail acrylique utilisé dans les trois autres ateliers, contenait 5 % en volume de durcisseur à base de HDI. Lorsque l'on tient compte de la concentration d'isocyanates dans le durcisseur, on obtient une proportion d'isocyanates en volume d'environ 9 % dans le vernis et 4 % dans l'émail acrylique.

Dans le cas du vernis à base de IPDI, deux couches ont été appliquées à 310 kPa (45 psi). Pour celui contenant du HDI, trois couches ont été données également à 310 kPa.

Pour l'émail acrylique, le nombre d'applications a été de trois, trois et deux à 380, 413 et 206 kPa (55, 60, 30 psi) de pression respectivement pour les ateliers F, G et H. Il est important de noter qu'à l'atelier F, la ventilation est arrêtée pendant les applications.

### *CARACTÉRISATION DES ISOCYANATES PRÉSENTS*

Les concentrations d'isocyanates mesurées lors des applications de peinture et de vernis dans les cinq ateliers sont rapportées aux *TABLEAUX 5, 6 et 7*. Les résultats sont présentés en fonction de la localisation du poste d'échantillonnage dans la chambre puisque théoriquement ce paramètre devrait influencer les résultats avec ce type de ventilation.

Les isocyanates décelés dans les cabines de peinture à aspiration horizontale se présentent sous trois formes: monomères gazeux, monomères aérosols et oligomères aérosols.

Lorsque le durcisseur est à base de HDI, la fraction oligomère aérosol est fortement prédominante. Dans le cas du durcisseur à base de IPDI, la fraction aérosol est également beaucoup plus élevée que la fraction gazeuse mais elle est formée en proportions égales de monomères et d'oligomères. Ceci s'explique par la composition du durcisseur et les propriétés physiques de l'IPDI.

#### *IMPORTANCE DU RISQUE D'EXPOSITION*

Des isocyanates ont été décelés dans toutes les cabines équipées de système à aspiration horizontale.

Pour ce type de cabine, les concentrations sont également influencées par les débits de ventilation c'est-à-dire par le nombre de changements d'air par minute ou par la vitesse de déplacement de l'air dans la cabine ou les deux. Les vitesses de déplacement d'air, telles que données au *TABLEAU 4*, sont très variables et de l'ordre de 0,2 mètre par seconde soit à la limite de précision de l'instrument de mesure.

Ainsi, les concentrations les plus élevées sont obtenues dans les ateliers où le nombre de changements est le plus bas et même nul dans le cas de l'atelier F. Les concentrations mesurées à l'atelier D, où le taux de changements est le plus élevé, soit 1,8, sont effectivement beaucoup plus faibles que celles mesurées dans les autres ateliers. Outre la ventilation, la nature de l'isocyanate en cause pourrait expliquer cette différence puisque l'IPDI est moins volatil que le HDI.

Aucune relation ne peut être établie quant à l'influence du nombre de couches appliquées sur les quantités d'isocyanates générés. Ainsi, les isocyanates gazeux augmentent en fonction des applications aux ateliers E et F, alors qu'ils diminuent à l'atelier G. Les isocyanates aérosols augmentent ou diminuent selon les ateliers. Ces comportements distincts pourraient s'expliquer par la variation dans la quantité de peinture vaporisée à chacune des couches et du temps d'attente entre les applications, permettant à la ventilation d'éliminer complètement ou non les isocyanates générés par l'application précédente ou libérés lors du séchage. En supposant une élimination complète des isocyanates entre chaque couche, on devrait observer une diminution des concentrations puisque la quantité de peinture diminue pour les deuxième et troisième applications.

Dans ce type de cabine à peinture, les isocyanates présentent un gradient horizontal de concentrations.

Sauf à l'atelier F, les concentrations d'isocyanates sont plus élevées à l'avant de la chambre à peinture où sont situées les grilles d'aspiration. Les postes d'échantillonnage sont alors situés dans le sens du déplacement d'air. Les différences observées entre le côté gauche et le côté droit peuvent s'expliquer par les différences de hauteur des systèmes d'échantillonnage. À l'atelier F, puisque la ventilation est arrêtée pendant les applications, on ne perçoit pas le déplacement des isocyanates vers les grilles d'aspiration mais plutôt une dispersion non uniforme et influencée par les déplacements du peintre à l'intérieur de la chambre.

Les résultats obtenus montrent que dans le cas d'une cabine à aspiration horizontale, il y a toujours présence d'isocyanates en concentrations importantes. De plus, le peintre se trouve dans le déplacement du nuage de peinture d'où un risque important d'exposition.

#### *ÉVALUATION DES DOSES D'EXPOSITION*

Si l'on utilise la valeur de référence de 0,14 mg/m<sup>3</sup> comme valeur maximale d'exposition au HDI monomère pour 15 minutes, seul l'atelier E l'atteint. Par contre, pour le HDI oligomère, la valeur de 0,14 mg/m<sup>3</sup> exprimée en monomères pour une période de 10 minutes est dépassée dans tous les ateliers. Les concentrations atteignent jusqu'à plus de 60 fois cette valeur.

Pour le diisocyanate d'isophorone monomère, il existe au Québec une norme d'exposition sur huit heures de 0,09 mg/m<sup>3</sup>. La concentration mesurée en zone respiratoire a été de 0,133 mg/m<sup>3</sup> en monomères pour une période de 13 minutes. Pour les oligomères, en utilisant la valeur fixée par le Royaume-Uni pour la fonction isocyanate, on obtient une concentration maximale admissible exprimée en monomères de IPDI de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour huit heures et 0,18 mg/m<sup>3</sup> pour 10 minutes. La concentration mesurée en zone respiratoire a été de 1,99 mg/m<sup>3</sup>.

**TABEAU 4: CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES CABINES À VENTILATION HORIZONTALE**

CABINE	VOLUME m <sup>3</sup>	% SURFACE DES GRILLES PAR RAPPORT AU MUR <sup>1</sup>	DÉBIT D'ASPIRATION L/S	NOMBRE DE CHANGEMENTS D'AIR/MINUTE	VITESSE MOYENNE D'ASPIRATION M/S	TEMPÉRATURE ° C	HUMIDITÉ RELATIVE %
D	123	31	3 746	1,8	0,64	20,5	49
E	85	32	780	0,5	0,18	20	44
F	82	24	2 356	1,7 ou 0,0 <sup>2</sup>	0,76	19	58
G	92	27	1 507	1,0	0,39	15,5	49
H	82	2	623	0,5	3,35	15	66

1. Ce pourcentage est obtenu à partir du rapport suivant:

$$\frac{\text{superficie totale des grilles}}{\text{superficie totale du mur incluant les grilles}} \times 100$$

Dans le cas de l'atelier H, l'entrée des branches du conduit est perpendiculaire au mur.  
Sa superficie a été ajoutée à celle du mur.

2. La ventilation est arrêtée pendant les applications de peinture.

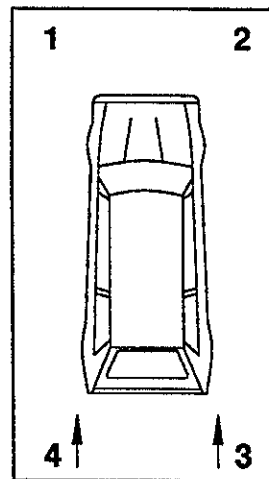
**TABLEAU 5: CABINES À VENTILATION HORIZONTALE - CONCENTRATION D'ISOCYANATES LORS DE LA PREMIÈRE APPLICATION DE PEINTURE**

CABINE	POLLUANT	CONCENTRATIONS AUX POSTES D'ÉCHANTILLONNAGE (mg/m <sup>3</sup> )				CONCENTRATIONS EN ZONE RESPIRATOIRE (mg/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4	
D	Monomère gazeux (IPDI)	0,002	-	N.D.	-	0,003
	Monomère aérosol (IPDI)	0,089	-	N.D.	-	0,130
	Oligomère aérosol (IPDI)	0,091	-	N.D.	-	1,99
E	Monomère gazeux (HDI)	0,279	0,277	0,249	0,157	0,142
	Monomère aérosol (HDI)	0,123	0,152	0,103	-	-
	Oligomère aérosol (HDI)	11,16	11,10	9,76	5,79	4,58
F	Monomère gazeux (HDI)	0,030	-	0,037	0,040	0,033
	Monomère aérosol (HDI)	N.D.	-	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol (HDI)	9,59	-	2,82	12,62	6,43
G	Monomère gazeux (HDI)	0,101	0,108	0,064	0,058	0,025
	Monomère aérosol (HDI)	0,043	0,057	0,031	0,043	N.D.
	Oligomère aérosol (HDI)	2,08	3,14	1,50	1,14	0,55
H	Monomère gazeux (HDI)	0,020	-	0,018	-	0,014
	Monomère aérosol (HDI)	N.D.	-	N.D.	-	N.D.
	Oligomère aérosol (HDI)	4,61	-	3,76	-	3,16

N.D. = Non décelé <0,002 mg/m<sup>3</sup> pour monomère  
<0,016 mg/m<sup>3</sup> pour oligomère

**Localisation des postes d'échantillonnage:**

- 1 - 1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 2 - 0,1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 3 - 1 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air
- 4 - 1,4 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air



**TABLEAU 6: CABINES À VENTILATION HORIZONTALE - CONCENTRATION D'ISOCYANATES (HDI) LORS DE LA DEUXIÈME APPLICATION DE PEINTURE**

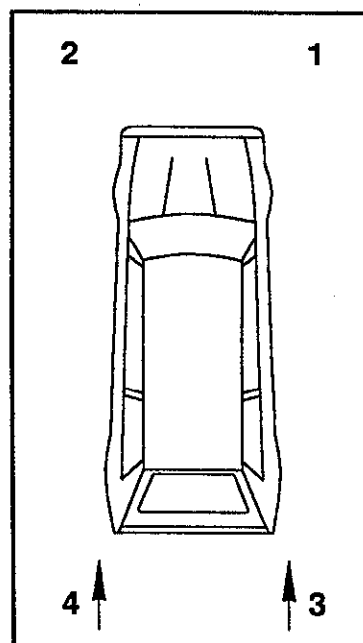
CABINE	POLLUANT HDI	CONCENTRATIONS AUX POSTES D'ÉCHANTILLONNAGE (mg/m <sup>3</sup> )				CONCENTRATIONS EN ZONE RESPIRATOIRE (mg/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4	
E	Monomère gazeux	0,270	0,266	0,247	0,164	0,182
	Monomère aérosol	0,057	0,064	0,050	0,043	0,062
	Oligomère aérosol	5,11	5,00	5,52	5,11	5,85
F	Monomère gazeux	0,044	-	0,055	0,048	0,041
	Monomère aérosol	N.D.	-	N.D.	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	9,12	-	7,67	7,47	8,31
G	Monomère gazeux	0,089	0,089	0,052	0,035	0,021
	Monomère aérosol	0,046	0,033	0,024	0,019	N.D.
	Oligomère aérosol	1,89	3,00	1,12	0,77	0,38

N.D. = Non décelé

<0,002 mg/m<sup>3</sup> pour monomère  
<0,016 mg/m<sup>3</sup> pour oligomère

**Localisation des postes d'échantillonnage:**

- 1 - 1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 2 - 0,1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 3 - 1 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air
- 4 - 1,4 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air



**TABLEAU 7: CABINES À VENTILATION HORIZONTALE - CONCENTRATION D'ISOCYANATES (HDI) LORS DE LA TROISIÈME APPLICATION DE PEINTURE**

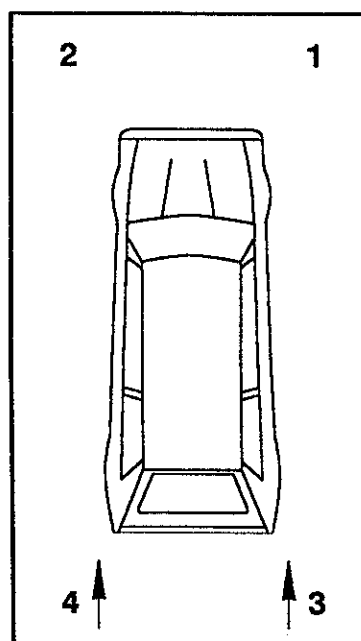
CABINE	POLLUANT HDI	CONCENTRATIONS AUX POSTES D'ÉCHANTILLONNAGE (mg/m <sup>3</sup> )				CONCENTRATIONS EN ZONE RESPIRATOIRE (mg/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4	
E	Monomère gazeux	0,284	-	0,250	0,183	0,199
	Monomère aérosol	0,091	-	0,106	0,046	0,058
	Oligomère aérosol	7,22	-	7,90	5,20	6,30
F	Monomère gazeux	0,065	-	-	0,076	0,073
	Monomère aérosol	N.D.	-	-	N.D.	N.D.
	Oligomère aérosol	6,50	-	-	6,05	8,98

N.D. = Non décelé

<0,002 mg/m<sup>3</sup> pour monomère  
<0,016 mg/m<sup>3</sup> pour oligomère

**Localisation des postes d'échantillonnage:**

- 1 - 1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 2 - 0,1 m du sol, près d'une grille d'évacuation
- 3 - 1 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air
- 4 - 1,4 m du sol, près d'une grille d'entrée d'air



## 5.0 CONCLUSION

La réalisation de cette étude a permis de mettre en évidence les problèmes d'exposition aux isocyanates pour les travailleurs des différents types d'ateliers de peinture. Des expositions importantes ont été observées principalement dans les ateliers de peinture à ventilation horizontale. Les causes techniques identifiées sont le principe même de la ventilation horizontale et l'inefficacité du système d'aspiration. Pour les ateliers de peinture équipés d'un système d'aspiration verticale, l'exposition des travailleurs aux isocyanates est beaucoup moins importante. Pour ces ateliers, il se dégage une relation évidente non quantifiée entre le nombre de changements d'air et la concentration d'isocyanates dans l'environnement. La disposition et la superficie des grilles d'aspiration constituent également des éléments importants reliés à l'élimination du polluant.

### LES SOLUTIONS

Cette meilleure connaissance des profils d'exposition des travailleurs aux isocyanates permet d'envisager certaines solutions pratiques dans le but de protéger efficacement le travailleur face au risque que représentent les expositions actuelles.

Le développement d'une chambre à peinture présentant les caractéristiques physiques et techniques adéquates pour l'élimination complète des polluants lors de l'application de peinture constitue la solution principale.

Il est proposé également le développement d'un équipement de protection individuelle permettant de protéger le travailleur de façon pratique et efficace. Cette protection devra être utilisée même dans les environnements évalués comme ne présentant aucun risque.

Les résultats obtenus dans cette étude ouvrent également des perspectives intéressantes en matière de recherche. Compte tenu des concentrations élevées d'oligomères, il semble important d'envisager des études cliniques et toxicologiques pour connaître la toxicité réelle de ces substances.

## Références citées

1. J. PEPYS, C.A.C. PICKERING, D.J. TERRY, *Clin. Allergy*, 2, 225, 1972.
2. P. SHERWOOD BURGE, *Eur. J. Respir. Dis.*, 63, suppl. 123, 91, 1982.
3. J.S. FURGUSON, M. SCHAPER and Y. ALARIE, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 89, 332, 1987.
4. R. PATTERSON et al. *Int. Archs Allergy Appl. Immun.*, 84, 93, 1987.
5. J. CHARLES, A. BERNSTEIN, B. JONES, *Thorax*, 31, 127, 1976.
6. NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH: *Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Diisocyanates*, NIOSH 78-215 Rockville, MD., 1978.
7. ASSOCIATION SECTORIELLE PARITAIRE - SERVICES AUTOMOBILES, *Document interne*, 1987.
8. IRSST, *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*, Direction des Laboratoires, 1988.
9. CONSEIL NATIONAL DE LA RECHERCHE DU CANADA, *Code national de la prévention des incendies*, Canada, 1985.

## REMERCIEMENTS

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans la collaboration de plusieurs personnes. Nos remerciements s'adressent particulièrement aux propriétaires d'ateliers de peinture automobile et aux peintres pour leur patiente collaboration.

À l'IRSST nous tenons à remercier Mesdames France Desjardins, technicienne au programme Hygiène et Toxicologie et France Lafontaine, secrétaire du programme Soutien analytique.

Les auteurs remercient également les directions de l'IRSST et de l'Association sectorielle paritaire - Services automobiles pour l'appui donné à ce projet.