



*Loi canadienne sur
la protection
de l'environnement*

Liste des substances d'intérêt prioritaire
Rapport d'évaluation n° 4

Toluène



Gouvernement
du Canada

Government of
Canada

Environnement
Canada

Environment
Canada

Santé
Canada

Health
Canada



**LISTE DES SUBSTANCES D'INTÉRÊT PRIORITAIRE
RAPPORT D'ÉVALUATION N^o 4**

TOLUÈNE

Gouvernement du Canada
Santé et Bien-être social Canada
Environnement Canada

Publié également en anglais
sous le titre *Priority Substances List*
Assessment Report No. 4
Toluene

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Vedette principale au titre:

Toluène

(Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation n° 4)

En tête du titre: Loi canadienne sur la protection
de l'environnement.

Publ. aussi en anglais sous le titre: Toluene.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-97788-2

N° de cat. MAS En40-215/4F

1.Toluène. 2. Toluène — Toxicité — Test.
3.Environment — Surveillance — Canada.
I. Canada. Environnement Canada. II. Canada.
Santé et bien-être social Canada. III. Coll.

TD196.T3P7414 1992 363.73'84 C93-099418-3

	Groupe	Canada
	Communication	Communication
	Canada	Group
	Édition	Publishing

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992

En vente au Canada chez

votre libraire local

ou par la poste auprès du

Groupe Communication Canada Édition

Ottawa, Canada K1A 0S9

No. de cat. MAS En40-215/4F

ISBN 0-662-97788-2



Imprimé sur
du papier recyclé

TABLE DES MATIÈRES

Survol des résultats	v
1.0 Introduction	1
2.0 Résumé des données justificatives critiques	3
2.1 Caractérisation et propriétés physico-chimiques.....	3
2.2 Production et utilisations	3
2.3 Sources et rejets.....	3
2.4 Devenir et concentrations dans l'environnement.....	5
2.4.1 Devenir.....	5
2.4.2 Concentrations	7
2.5 Toxicocinétique et métabolisme.....	9
2.6 Toxicologie chez les mammifères.....	9
2.7 Effets sur les êtres humains.....	11
2.8 Effets sur l'environnement.....	11
3.0 Évaluation de la «toxicité» au sens de la LCPE	14
3.1 Entrée	14
3.2 Exposition.....	14
3.3 Effets	17
3.3.1 Effets sur la santé humaine.....	17
3.3.2 Environnement	18
3.4 Conclusions	18
3.4.1 Alinéa 11(a) — Effets sur l'environnement	19
3.4.2 Alinéa 11(b) — Effets sur l'environnement dont dépend la vie humaine .	19
3.4.3 Alinéa 11(c) — Effets sur la vie ou la santé humaine.....	19
3.4.4 Conclusions générales.....	19
4.0 Recommandations relatives à la recherche	20
5.0 Références	21

Survol des résultats

Au Canada, le toluène a diverses applications qui donnent lieu à son introduction dans l'environnement canadien. Cette introduction se traduit par la présence de quantités mesurables de toluène dans les divers milieux auxquels les humains et d'autres organismes peuvent être exposés.

Sauf dans les cas de déversements ou de rejets occasionnels d'effluents contaminés, les concentrations de toluène dans les eaux de surface sont au moins 40 fois plus faibles que celles qui ont des effets néfastes sur la truite arc-en-ciel, l'espèce aquatique la plus sensible dans les études à long terme. Les concentrations les plus élevées qui ont été mesurées dans des effluents rejetés sans dilution étaient environ 170 fois plus faibles que les concentrations qui induisent des effets néfastes sur le saumon coho, espèce la plus sensible dans les études à court terme. Après un déversement, les concentrations de toluène dans un cours d'eau étaient environ 250 fois plus faibles que celles qui avaient des effets néfastes chez le saumon coho dans les études à court terme.

On considère que les concentrations ayant des effets d'après les essais d'inhalation effectués chez des animaux de laboratoire sont pertinentes dans le cas des mammifères sauvages. La concentration moyenne la plus élevée obtenue d'après l'analyse de l'air des villes est presque 10 000 fois plus faible que la plus faible concentration ayant un effet, signalée dans les essais d'inhalation à long terme portant sur des mammifères.

Comme il persiste peu dans l'atmosphère et qu'il absorbe peu le rayonnement ultraviolet, le toluène n'intervient pas dans l'amincissement de la couche d'ozone ni dans le réchauffement planétaire.

En se basant sur des concentrations de toluène mesurées dans l'air ambiant, dans des stations d'essence libre-service, dans des produits de consommation, dans l'eau potable et dans des aliments (poisson seulement), on a estimé la dose journalière moyenne totale de toluène pour divers groupes d'âge représentant l'ensemble de la population. Ces doses journalières moyennes de toluène sont considérablement plus faibles (d'environ 50 à 670 fois) que la dose journalière admissible calculée d'après des données tirées d'études cliniques effectuées chez des volontaires humains ou d'après les valeurs calculées à partir de résultats d'essais biologiques effectués chez des animaux (d'environ 60 à 780 fois). La dose journalière admissible est la quantité à laquelle on croit qu'une personne peut être exposée pendant toute sa vie sans subir d'effet délétère.

À partir de ces considérations, les ministres de l'Environnement et de Santé et Bien-être social Canada ont conclu que les concentrations actuelles de toluène dans l'environnement ne constituent pas un danger pour l'environnement canadien ni pour l'environnement essentiel pour la vie humaine, ni pour la vie ou la santé humaine. Le toluène n'est donc pas considéré comme étant «toxique» au sens de l'article 11 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE).

1.0 Introduction

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* exige que les ministres d'Environnement Canada et de Santé et Bien-être social Canada préparent et publient une liste de substances d'intérêt prioritaire, à savoir les produits chimiques, les groupes de produits chimiques, les effluents et les déchets qui peuvent se révéler nocives pour l'environnement ou constituer un danger pour la santé des humains. La Loi exige également que les deux ministres évaluent ces substances et déterminent si elles sont «toxiques» au sens de l'article 11 de la Loi, selon lequel :

«[...] est toxique toute substance qui pénètre ou peut pénétrer dans l'environnement en une quantité ou une concentration ou dans des conditions de nature à :

- a) avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement;
- b) mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie humaine;
- c) constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaine».

Les substances jugées «toxiques» en vertu de cet article peuvent être inscrites à l'Annexe I de Loi et faire l'objet éventuellement de règlements, de lignes directrices ou de code de pratique visant à régir un aspect quelconque de leur cycle de vie, de l'étape de la recherche et de la conception jusqu'à la fabrication, l'utilisation, l'entreposage, le transport et l'élimination finale.

Pour évaluer si le toluène est «toxique», au sens de la LCPE, on a déterminé s'il **pénètre** ou peut pénétrer dans l'environnement canadien en une concentration ou en une quantité ou dans des conditions qui pourraient entraîner l'**exposition** des humains ou d'autres éléments du biote à un point tel qu'il pourrait en résulter des **effets** nocifs.

Afin d'évaluer des données autres que celles qui sont considérées essentielles pour déterminer si le toluène est ou non «toxique» au sens de la Loi, on a consulté des évaluations effectuées par des organismes comme le Programme international sur la sécurité des substances chimiques et l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry des États-Unis lorsque ces évaluations étaient disponibles et qu'elles ont été jugées appropriées. Un rapport de fond a été préparé sous contrat entre février et juillet 1989 par le Midwest Research Institute pour identifier des sources de données pertinentes. On a également consulté l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP) au sujet des données pertinentes à considérer en vue de la préparation de la documentation à l'appui et du rapport d'évaluation (PACE, 1987; 1989). Pour trouver la documentation qui n'avait pas été incluse dans les études précédentes, on a fait des recherches dans des bases de données commerciales et gouvernementales, notamment dans les suivantes : HSDB, Enviroline, EMBASE, MEDUNE, TOXLINE, TOXLIT, RTECS, STN CA FILE, CURRENT CONTENTS et NTIS (1980 à 1989). Plus récemment, on a fait des recherches sur CHEMID, RTECS, TOXLINE et TOXLIT (1989 à 1991) pour trouver des données utiles à l'évaluation de la santé humaine et sur BIOSIS et dans les *Chemical Abstracts* (janvier 1986 à septembre 1991) pour trouver des données utiles à l'évaluation environnementale. Bien qu'une grande partie des recherches sur le toluène aient été effectuées à l'extérieur du Canada, on a cherché à utiliser de préférence les données relatives aux sources, aux utilisations, au devenir et aux effets du toluène dans l'environnement canadien.

Les données utiles pour déterminer si le toluène est «toxique» pour la santé humaine obtenues une fois que les sections pertinentes du rapport ont été terminées (soit en juin 1991) n'ont pas été incluses. Les données utiles pour déterminer si le toluène est «toxique» pour l'environnement obtenues après février 1992 n'ont pas non plus été incorporées.

Bien que des articles faisant le point sur la situation aient été consultés lorsque cela a été jugé approprié, toutes les études originales sur lesquelles est basée la détermination du caractère «toxique» au sens de la LCPE ont été évaluées de manière critique par les personnes suivantes à l'emploi des ministères de la Santé nationale et du Bien-être social (effets sur la santé humaine) et de l'Environnement (effets sur l'environnement)

D.S. Caldbick (Environnement Canada)
P.K.L. Chan (Santé et Bien-être social Canada)
R. Chénier (Environnement Canada)
T. Dann (Environnement Canada)
G. Fox (Environnement Canada)
M.E. Meek (Santé et Bien-être social Canada)
W.M.J. Strachan (Environnement Canada)

Dans le présent rapport, on donne un aperçu des résultats qui paraîtront dans la *Gazette du Canada*. En outre, on a inclus dans la deuxième section un résumé complet de l'information technique essentielle à l'évaluation, qui est présentée de manière plus détaillée dans un document à l'appui. La détermination de la nature «toxique» du toluène au sens de la LCPE est présentée dans la troisième section. Les effets des produits de la réaction photochimique du toluène ne sont pas visés par la présente évaluation, mais ils sont traités dans le plan fédéral/provincial de gestion des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV) (CCME, 1990).

Après avoir circulé et avoir été examinée par des pairs de l'extérieur, de l'Agency for Toxic Substances and Disease Control des États-Unis et à la British Industrial Biological Research Association Toxicology International de Grande-Bretagne, l'ébauche des sections portant sur la santé du document à l'appui a été approuvée par le Comité de décision sur les normes et les recommandations du Bureau des dangers des produits chimiques de Santé et Bien-être social Canada. Les sections portant sur les effets environnementaux ont été revues par l'Institut canadien des produits pétroliers et approuvées par le directeur du Programme de la Liste des substances d'intérêt prioritaire d'Environnement Canada. Le rapport d'évaluation final a été passé en revue et approuvé par le Comité de gestion de la LCPE d'Environnement Canada/Santé et Bien-être social Canada.

On peut se procurer des exemplaires de ce rapport d'évaluation et le document à l'appui inédit aux endroits suivants :

Centre d'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada
Pré Tunney
Pièce 104
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0L2

Direction des produits chimiques commerciaux
Environnement Canada
Place Vincent-Massey, 14^e étage
351, boulevard Saint-Joseph
Hull (Québec) Canada
K1A 0H3

2.0 Résumé des données justificatives critiques

2.1 Caractérisation et propriétés physico-chimiques

Le toluène (numéro de registre CAS 108-88-3) est un liquide transparent, incolore et qui dégage une odeur sucrée et piquante. Il s'agit d'un composé aromatique monocyclique dont un hydrogène du cycle benzénique a été remplacé par un groupe méthyle (formule moléculaire $C_6H_5CH_3$). Le toluène est un liquide volatil qui est inflammable, explosif et qui présente une tension de vapeur relativement élevée (3,7 kPa à 25 °C). Le toluène est modérément soluble dans l'eau (535 mg/L à 25 °C) et il est miscible avec la plupart des solvants organiques. Le log du coefficient de partage octanol/eau du toluène est modérément faible (2,69).

Le toluène est formé à partir du pétrole par déshydrogénation catalytique de fractions renfermant du méthylcyclohexane. Le toluène de qualité industrielle est pur à 98 % et il peut contenir jusqu'à 2 % de xylènes et de benzène (MDF, 1984).

2.2 Production et utilisations

On a effectué une enquête sur les utilisations commerciales du toluène (Corpus Information Services, 1989). D'après les données recueillies au cours de cette enquête, 438 kt de toluène extrait (purifié) ont été produites au Canada en 1989 et 45 kt ont été importées, soit un total de 483 kt. De cette quantité, on a exporté 220 kt de toluène extrait; la consommation domestique totale s'élève donc à 263 kt de toluène extrait. Le toluène est produit dans quatre usines de la région de Sarnia/Corunna en Ontario et dans deux usines à Montréal, au Québec.

La principale utilisation finale du toluène extrait au Canada est la production de benzène par le procédé d'hydrodésalkylation. On a signalé qu'en 1989, environ 180 kt de toluène ont été consommées à cette fin et qu'environ 58 kt ont été utilisées comme solvant (Corpus Information Services, 1989). Le toluène est utilisé comme solvant dans les peintures et les vernis, dans les formulations de pesticides, dans les encres d'impression, dans les adhésifs et les mastics, dans les agents de nettoyage et pour les extractions chimiques (Levelton and Associates Ltd., 1990). Environ 25 kt de toluène extrait ont été utilisées à d'autres fins en 1989, notamment pour la synthèse de produits chimiques autres que le benzène.

En plus des utilisations susmentionnées, notons que le toluène est un constituant naturel du pétrole (Kirk et coll., 1983). Tout le toluène présent dans l'essence au Canada provient du procédé normal de raffinage du pétrole; on n'ajoute pas de toluène extrait au cours du mélange. On estime que 34 000 ML d'essence sont vendus chaque année au Canada (Oilweek, 1988). Si l'on considère que la teneur moyenne en toluène de l'essence est de 8,3 % en poids (Madé, 1991), environ 2 000 kt de toluène sont présentes dans l'essence vendue chaque année au Canada; la plus grande partie de ce toluène est brûlée au cours du fonctionnement normal du moteur. La consommation annuelle totale de toluène au Canada, comprenant le toluène extrait et le toluène présent en tant que constituant de l'essence, est évaluée à 2 263 kt.

2.3 Sources et rejets

Le toluène est un constituant naturel du charbon et du pétrole (Kirk et coll., 1983). Il peut donc s'introduire dans l'environnement lorsqu'il y a infiltration de pétrole et météorisation des strates carbonifères exposées ou pénétrer dans les eaux souterraines à partir des roches pétrolifères. L'ampleur de ces rejets dans l'environnement est inconnue (EPA des É.-U., 1987).

Le toluène est aussi produit par la combustion incomplète de matières combustibles naturelles comme dans le cas des feux de forêt (MRI, 1989).

Tableau 1 – Estimation des rejets de toluène dans l'atmosphère au Canada

Sources	Rejets atmosphériques (kt/an)	Pourcentage des rejets atmosphériques totaux	Références
Procédés industriels			
Production de toluène et d'autres produits chimiques	0,2	0,2	MRI, 1989
Émissions des fours à coke	1,1	1,0	MRI, 1989
Solvants	54,0	51,0	Levelton and Associates Ltd., 1990
<i>[Sous-total]</i>	<i>[55,3]</i>	<i>[52,2]</i>	
Transports			
Véhicules légers	34,0	32,1	Madé, 1991; CCME, 1990; Zafonte et Lyons, 1989; Sigsby et coll., 1987; Black et coll., 1980
Véhicules lourds	1,0	1,0	Madé, 1991; CCME, 1990; Hampton et coll., 1983
Mer/Air/Chemins de fer	0,5	0,5	CCME, 1990; EPA É.-U., 1990
Tout-terrain	4,3	4,0	Madé, 1991; CCME, 1990
Vente d'essence	3,3	3,1	Madé, 1991; CCME, 1990; EPA É.-U., 1990; Scheff et coll., 1989
<i>[Sous-total]</i>	<i>[43,1]</i>	<i>[40,7]</i>	
Autres Sources			
Dépotoirs	0,4	0,3	Wood et Porter, 1986; Wineman et coll., 1985
Feux de forêts	4,4	4,2	MRI, 1989
Autres rejets par inadvertance	2,7	2,6	MRI, 1989
<i>[Sous-total]</i>	<i>[7,5]</i>	<i>[7,1]</i>	
TOTAL	105,9	100,0	

La valeur estimée des rejets atmosphériques de toluène au Canada est résumée dans le Tableau 1. Les rejets atmosphériques de toluène proviennent principalement de son utilisation comme solvant et ils représentent, selon les estimations, 51 % des rejets totaux. On estime que les émissions des véhicules légers représentent 32 % des rejets totaux, l'ensemble des rejets des véhicules représentant environ 38 % du total.

On s'attend à ce que les émissions totales de toluène dans l'atmosphère diminuent dans l'avenir, principalement en raison de la réduction de la quantité de COV rejetée par les véhicules légers et des efforts visant à réduire les émissions de COV à partir de diverses autres sources pour limiter l'ozone au niveau du sol (CCME, 1990). Par exemple, on s'attend à ce qu'en 2005 les émissions de COV totaux provenant des véhicules légers et des solvants diminuent de 53 % et de 14 % respectivement, par rapport aux niveaux de 1985 si toutes les mesures indiquées dans la Phase I du plan de gestion des NO_x-COV sont mises en oeuvre (CCME, 1990). On peut s'attendre à des réductions équivalentes pour les émissions de toluène provenant de ces deux sources.

Le toluène peut pénétrer dans le sol lors de déversements de pétrole et à partir de réservoirs souterrains qui fuient, mais l'importance de ces sources n'est pas connue (Bobra, 1991). Du toluène est également rejeté dans le sol des sites d'élimination des déchets (Barker, 1987; Johnson et coll., 1989; Lesage et coll., 1990).

Le toluène peut pénétrer dans l'eau lors de déversements de produits chimiques et de déversements de produits pétroliers (Gilbert et coll., 1983; Upper Great Lakes Connecting Channels Management Committee, 1988) et lors du rejet d'effluents industriels et municipaux (MEO, 1989; NAQUADAT, 1991). On ne dispose pas d'information sur les quantités totales libérées à partir de telles sources au Canada. Toutefois, des estimations s'appliquant à la situation aux États-Unis montrent que les déversements d'essence et de pétrole représentent environ 90 % de tous les rejets de toluène dans l'eau (Gilbert et coll., 1983).

On estime qu'aux États-Unis, en 1978, 99,8 % de tous les rejets de toluène se faisaient directement dans l'atmosphère, 0,1 % dans l'eau et 0,1 % sur le sol (Gilbert et coll., 1983). En supposant que les proportions sont analogues au Canada et en se basant sur des rejets dans l'atmosphère d'environ 100 kt par année, on estime que les rejets s'élèveraient à 0,1 kt dans le sol et à 0,1 kt dans l'eau (Tableau 1).

2.4 Devenir et concentrations dans l'environnement

2.4.1 *Devenir*

Comme le toluène présente une pression de vapeur relativement élevée et une solubilité modérée dans l'eau, l'atmosphère influe beaucoup sur sa répartition et sur son devenir ultime (SRI, 1980; Mackay et coll., 1992). En se basant sur diverses modélisations, on a prévu qu'environ 99 % du toluène rejeté dans l'environnement devraient être présents dans l'atmosphère (Slooff et Blokzijl, 1988; Nielsen et Howe, 1991; Mackay et coll., 1992). Une fois libéré dans l'atmosphère, que ce soit directement ou par volatilisation à partir d'un autre milieu, le toluène est soumis assez rapidement à une réaction de photo-oxydation. Il réagit avec des radicaux hydroxy pour donner des crésols, du benzaldéhyde et un certain nombre d'autres produits qui sont eux-mêmes dégradés de manière plus poussée (NCR, 1980; Finlayson-Pitts et Pitts, 1986; Atkinson, 1990). On a calculé que la durée de vie troposphérique minimale du toluène était de 4,5 heures (Finlayson-Pitts et Pitts, 1986), mais des demi-vies allant jusqu'à

10 jours ont été calculées sous des latitudes septentrionales en hiver (Syracuse Research Corporation, 1983). Le toluène n'intervient pas dans l'amincissement de la couche d'ozone ni dans le réchauffement planétaire à cause de sa durée de vie relativement courte dans l'atmosphère et parce qu'il n'absorbe pas le rayonnement ultraviolet (NCR, 1980).

Gilbert et coll. (1983) ont calculé une demi-vie de 9 secondes pour la volatilisation du toluène à partir de la surface du sol. On a calculé que pour le premier centimètre de la surface du sol, la demi-vie serait de moins d'une heure dans le cas de la volatilisation à partir d'un sol sec et de moins d'un jour à partir d'un sol humide; pour la couche des 10 premiers cm de sol, les demi-vies étaient de moins de 3 jours dans le cas d'un sol sec et de moins d'un mois dans le cas d'un sol humide (SRI, 1980).

À des profondeurs supérieures à 10 cm, la biodégradation remplaçait la volatilisation en tant que principale cause de l'élimination du toluène (SRI, 1980). Le toluène se biodégrade assez rapidement dans la plupart des sols. Des demi-vies variant de moins de deux jours à 92 jours ont été signalées pour la biodégradation du toluène dans divers systèmes de sol dans différentes conditions expérimentales (Slooff et Blokzijl, 1988; Mackay et coll., 1992).

Comme le toluène est soluble dans l'eau, il peut atteindre les eaux souterraines. De 2 à 13 % du toluène déposé sur un sol sableux étaient élués à travers une colonne de 140 cm de hauteur (Wilson et coll., 1981). La présence de matières organiques (Seip et coll., 1986) et d'argile (Johnson et coll., 1989) peut faire obstacle au mouvement du toluène à travers le sol.

Le toluène disparaît rapidement de la colonne d'eau par volatilisation. Sa demi-vie dans de l'eau stagnante de 1 m de profondeur a été estimée à 5,2 heures; elle serait plus courte dans le cas d'une eau turbulente (Mackay et Leinonen, 1975). Les vitesses de volatilisation ont été calculées dans le cas de lacs (8 jours), de rivières (1 à 2 jours) (SRI, 1980) ainsi que dans le cas de ruisseaux et de rivières (36 minutes à 47 jours) (EPA des É.-U., 1987).

Dans le cas des lacs et des étangs, on a estimé que la biodégradation du toluène présente des demi-vies variant de moins d'une semaine à plusieurs semaines, selon le degré d'acclimatation des organismes (SRI, 1980). La biodégradation peut l'emporter sur la volatilisation pour ce qui est de l'élimination du toluène à partir des eaux de surface par temps chaud (Wakeham et coll., 1985). Dans les écosystèmes marins, on estime que la demi-vie du toluène à des températures de 2 à 10 °C est de six jours, la perte étant principalement due à la volatilisation; à des températures de 18 à 19 °C, la demi-vie du toluène n'était que d'un jour en raison de sa biodégradation rapide (Wakeham et coll., 1985). On ne dispose d'aucune donnée concernant le devenir du toluène sous la glace en hiver.

Dans l'eau, le toluène peut se dégrader tant par voie anaérobie que par voie aérobie. Aux États-Unis, la dégradation du toluène présent dans des eaux souterraines se faisait seulement à raison de quelques points de pourcentage par semaine (Wilson et coll., 1983). L'adaptation de la microfaune à l'exposition au toluène accélère considérablement la biodégradation du toluène (Armstrong et coll., 1991).

En se basant sur le coefficient de partage du toluène dans le mélange octanol/eau et d'après sa solubilité en milieu aqueux, on prévoit que les facteurs de bioconcentration pour le toluène dans le biote se situent entre 15 et 70 (SRI, 1980; Veith et coll., 1980; EPA des É.-U., 1987). Une valeur inférieure à 100 signifie généralement qu'un composé n'est pas susceptible d'être soumis à une bioconcentration importante chez des organismes ni à une bioamplification le long (des chaînes alimentaires (EPA des É.-U., 1987).

Des études expérimentales confirment que le toluène n'est pas bioconcentré dans une large mesure chez divers animaux aquatiques. Les facteurs de bioconcentration dans certains tissus de plusieurs animaux aquatiques varient de moins de 1 à environ 140 (Syracuse Research Corporation, 1983; Freitag et coll., 1985). La valeur la plus élevée (140) a été enregistrée dans l'hépatopancreas de l'écrevisse (*Orconectes rusticus*) (Syracuse Research Corporation, 1983). Par contre, on a signalé que des algues accumulaient davantage le toluène. On a enregistré un facteur de bioconcentration de 380 (poids sec) chez *Chlorella fusca* après une exposition à 0,05 mg de toluène/L pendant 24 heures (Geyer et coll., 1984). Miller et coll. (1976) n'ont trouvé aucune indication selon laquelle le toluène s'accumulerait chez les plantes supérieures.

2.4.2 Concentrations

Entre 1983 et 1989, on a mesuré les concentrations de toluène dans l'air ambiant de six zones urbaines et de deux sites ruraux (Dann et coll., 1989). Les concentrations atmosphériques moyennes de toluène dans les zones urbaines variaient de 5,2 à 44,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les maximums calculés sur une période de 24 heures variant de 9,0 à 145,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; les concentrations moyennes de toluène au site rural de Walpole Island en Ontario étaient de 3,5 et 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces concentrations sont analogues à celles que l'on signale dans l'air ambiant aux États-Unis. (Shali et Singh, 1988) et en Europe (Nielsen et Howe, 1991).

D'après des études effectuées aux États-Unis, les concentrations de toluène dans l'air ambiant urbain ont diminué depuis les années 1960, principalement en raison d'une diminution des émissions de composés organiques volatils (parmi lesquels on compte le toluène) provenant de véhicules légers (Syracuse Research Corporation, 1983; Lonneman et coll., 1986). Au Canada, la concentration moyenne de toluène dans l'air au centre-ville de Toronto en août 1971 était de 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pilar et Graydon, 1973), alors que la concentration moyenne de toluène à deux endroits à Toronto était de 15,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dann et coll., 1989) entre novembre 1988 et février 1989. La détermination fut effectuée au moyen de méthodes d'analyse comparables.

Comme le toluène se volatilise à partir de l'essence, les concentrations ambiantes les plus élevées ont été enregistrées dans le voisinage immédiat de stations d'essence. Les concentrations moyennes globales de toluène mesurées dans des stations d'essence libre-service s'élevaient à 535 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver (0 à 6 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et à 202 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été (0 à 14 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Les concentrations moyennes de toluène dans des échantillons d'air prélevés près des pompes à essence s'élevaient à 1 880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver (70 à 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et à 2 550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été (20 à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (PACE, 1987; 1989).

On a analysé par chromatographie en phase gazeuse (les échantillons d'air prélevés à l'intérieur de 18 maisons situées à Montréal, près d'un dépotoir abandonné (Dann et Gonthier, 1986; Gonthier, 1986). La concentration moyenne de toluène dans l'air était de 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (seuil de détection = 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui n'était pas statistiquement différent de la concentration enregistrée dans des maisons témoins, situées ailleurs. La concentration atmosphérique moyenne de toluène dans 10 maisons canadiennes était de 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'après un échantillonnage passif convenant au prélèvement des composés organiques volatils (Otson et Benoit, 1985). Lors d'une étude récente (Chan et coll., 1990), on a prélevé des échantillons d'air à l'intérieur de 12 maisons de la région métropolitaine de Toronto en novembre ou en décembre 1986 et de nouveau, dans six de ces maisons, en février ou mars 1987. Les concentrations moyennes de toluène étaient de 53,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 39,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans des échantillons prélevés respectivement en novembre ou décembre et en février ou mars. Cette étude ne contenait aucune indication

relative aux sources possibles de toluène dans ces maisons. Ces concentrations sont comparables à celles qui ont été mesurées dans de l'air intérieur, dans le cadre d'études de plus grande envergure effectuées aux États-Unis, les valeurs moyennes se situant à l'intérieur de l'intervalle de 8 à 82 µg/m³ (Montgomery et Kalman, 1989; Shah et Heyerdahl, 1988).

Sur plus de 800 échantillons d'eau prélevés à travers le Canada de 1985 à 1988, seuls six échantillons présentaient des concentrations de toluène de plus de 0,5 µg/L. Parmi ces échantillons, on comptait un échantillon d'eau de surface (0,9 µg/L), un échantillon d'eau potable (0,6 µg/L), deux échantillons d'eau souterraine (0,6 et 3,9 µg/L) et deux échantillons d'un effluent non dilué d'une usine de traitement des eaux d'égout (31 et 32 µg/L) (NAQUADAT, 1991).

La concentration de toluène dans les réserves d'eau potable canadiennes s'élevait en moyenne à 2,0 µg/L et elle atteignait 27 µg/L dans 30 usines de traitement de l'eau du Canada d'après une étude effectuée en 1979 (Otson et coll., 1982). Les concentrations de toluène dans les eaux d'alimentation traitées faisant l'objet de cette étude étaient souvent supérieures à celles qui avaient été mesurées dans des sources d'eau brute. On en a conclu que les concentrations de toluène augmentent lors du traitement de l'eau, alors que les concentrations de carbone organique total diminuent ou restent constantes. Le mécanisme de la formation du toluène est inconnu. Dans une autre enquête portant sur l'approvisionnement en eau de neuf municipalités situées le long des Grands Lacs, effectuée entre 1982 et 1983 (Otson, 1987), on a déterminé que les concentrations moyennes de toluène (seuil de détection = 0,1 µg/L) dans les eaux brutes s'élevaient à 0,3 µg/L en été, à 0,1 µg/L en hiver et à 0,5 µg/L au printemps. Les concentrations moyennes de toluène dans les eaux traitées étaient respectivement < 0,1, 0,3 et 0,7 µg/L en été, en hiver et au printemps. Lors d'autres enquêtes portant sur l'approvisionnement en eau potable en Ontario et dans les provinces de l'Atlantique, on a mesuré des concentrations plus faibles, ne s'élevant qu'à quelques µg/L (MEO, 1987; MDE, 1989a-d).

On a signalé la présence de toluène dans des effluents industriels. Les effluents bruts provenant de raffineries de pétrole situées en Ontario présentaient une concentration moyenne de toluène de 0,6 µg/L (MEO, 1989). La concentration quotidienne moyenne pour la raffinerie rejetant le plus de toluène était de 2,1 µg/L (maximum de 17,1 µg/L); la dose journalière moyenne s'élevait à 0,05 kg/jour dans l'effluent.

Les concentrations de toluène le long d'une section industrialisée de 6 km sur la rivière St. Clair près de Sarnia (Ontario), où sont situées plusieurs usines pétrochimiques, présentaient une variation allant sous le seuil de détection (0,1 µg/L) jusqu'à 2,2 µg/L (Comba et Kaiser, 1987). Les concentrations de toluène étaient inférieures au seuil de détection en amont de la section industrialisée et elles redevaient à peu près égales ou inférieures au seuil de détection à environ 1 km en aval de la section industrialisée. On a calculé que la concentration moyenne de toluène s'élevait à 0,4 µg/L aux stations d'échantillonnage situées le long de la section industrialisée de la rivière. À la suite d'un déversement de toluène, de benzène et de xylènes dans la rivière St. Clair, on a mesuré des concentrations de toluène de 22 µg/L (MEO, 1992).

Les concentrations maximales de toluène dans l'eau au Canada ont été enregistrées dans des eaux souterraines situées à proximité de dépotoirs. Les concentrations relevées directement sous six décharges situées en Ontario variaient de moins de 0,2 µg/L à 730 µg/L (Barker, 1987). Dans des échantillons prélevés dans une nappe aquifère peu profonde et contaminée, à une profondeur de 6 m à côté d'un bassin d'élimination des déchets chimiques industriels, on a mesuré des concentrations de toluène supérieures à 3 900 µg/L (Lesage et coll., 1990).

Les données montrent également que les concentrations de toluène dans les eaux souterraines peuvent être élevées à proximité de sources naturelles. Dans une étude portant sur huit puits d'essai situés près de Belleville (Ontarjo), Slaine et Barker (1990) ont signalé des concentrations de toluène allant jusqu'à 295 µg/L. Selon certaines indications, ce toluène provenait de dépôts bitumineux.

On ne possède aucune donnée sur les concentrations de toluène dans les sols et les sédiments au Canada. Compte tenu du devenir du toluène dans l'environnement, on s'attend à ce que sa concentration soit mesurable uniquement dans le cas de déversements (MEO, 1984) ou près des dépotoirs (Johnson et coll., 1989).

On dispose de peu de données sur les concentrations de toluène dans les aliments. On a décelé du toluène, sans toutefois le quantifier, dans des macadamias, des arachides et des noix grillées (Gilbert et coll., 1983), dans du fromage (Meinhart et Schreier, 1986), dans des tomates et dans leurs produits (Cbung et coll., 1983), dans des pommes de terre cuites au four (Coleman et coll., 1981), dans des haricots rouges secs (Buttery et coll., 1975), dans des pois ailés et dans des fèves de soya (del Rosario et coll., 1984), ainsi que dans des oeufs (MacLeod et Cave, 1976). Les données quantitatives sur les concentrations de toluène dans les aliments sont limitées à celles qui portent sur le poisson des régions contaminées des États-Unis, où la concentration maximale décelée dans un échantillon était de 35 µg/g (Gilbert et coll., 1983).

Dans le cadre d'une enquête nationale effectuée aux États-Unis sur la présence de toluène dans les tissus adipeux humains, on a mesuré des concentrations variant de non décelables (seuil de détection = 0,0002 µg/g) à 0,250 µg/g, une légère tendance vers la concentration la plus élevée étant observée aux âges plus avancés. La concentration de toluène varie d'un facteur d'ordre 5 environ selon la région géographique considérée (Stanley, 1986). Pellizzari et coll. (1982) ont signalé la présence de quantités décelables de toluène, sans toutefois les quantifier, dans le lait maternel chez des populations vivant à proximité d'usines de fabrication de produits chimiques ou d'installations industrielles, aux États-Unis.

2.5 Toxicocinétique et métabolisme

Le toluène est rapidement et efficacement absorbé à travers les poumons (environ 50 à 80 %) (Low et coll., 1988) et une grande partie du toluène inhalé peut atteindre le cerveau avant d'être détoxifiée par le foie, siège principal du métabolisme du toluène (Sato, 1988). L'absorption à partir des voies gastro-intestinales est plus lente et moins efficace (Pyykko et coll., 1977). Initialement, le toluène se répartit dans les tissus hautement vascularisés et riches en lipides comme le cerveau, les reins et le foie, mais il s'accumule principalement dans les tissus adipeux (Sato, 1988). Environ 20 % de la dose absorbée est expirée telle quelle par les poumons. Le reste est métabolisé principalement par oxydation en alcool benzylique, lequel est oxydé par la suite en benzaldéhyde et en acide benzoïque. La majeure partie de l'acide benzoïque est conjuguée avec de la glycine pour former de l'acide hippurique avant son excrétion dans l'urine (Ogata et coll., 1970).

2.6 Toxicologie chez les mammifères

La toxicité aiguë du toluène inhalé ou ingéré est relativement faible. La DL₅₀ du toluène par voie orale chez le rat se situe entre 2,6 et 7,5 g/kg de poids corporel, selon la souche, l'âge et le sexe. Des expositions répétées à court terme d'espèces animales à des

concentrations modérées ou élevées de toluène provoquent une dépression du système nerveux central et ont des effets néfastes sur le foie, les reins et les poumons. D'après des essais biologiques adéquats et bien documentés portant sur des expositions subchroniques par inhalation, la concentration la plus faible à laquelle on signale des effets est de 100 p.p.m. (375 mg/m³). Une telle concentration a provoqué une diminution du poids corporel (réduction de 7,5 et 12 % du poids final par rapport aux témoins chez les mâles et les femelles, respectivement) dans le cadre d'une étude d'une durée de 14 semaines portant sur la souris et effectuée dans le cadre du National Toxicology Program (NTP) [Huff, 1990].

On a également signalé des effets résultant de l'ingestion de toluène dans le cadre d'études portant sur des expositions subchroniques. Dans l'étude la mieux documentée et la plus complète qui ait été réalisée jusqu'à maintenant (essai biologique du NTP portant sur des rats et des souris ayant récemment fait l'objet d'un rapport), la plus faible dose sans effet observé (DSEO) a été obtenue chez des rats; elle était de 312 mg/kg p.c./jour lorsque l'on se basait sur une augmentation des poids relatifs du foie et des reins des mâles ayant reçu des doses égales ou supérieures à 625 mg/kg/jour (Huff, 1990).

Les études les plus approfondies sur la toxicité chronique ou sur la cancérogénicité du toluène sont les essais biologiques d'exposition par inhalation effectués chez des rats et des souris dans le cadre du NTP (Huff, 1990) et chez des rats par le Chemical Industry Institute of Toxicology (CIIT, 1980). Dans cette dernière étude, on n'a observé aucun effet néfaste; le fait qu'on n'ait pas testé la dose maximale admissible peut avoir fait diminuer la sensibilité de cet essai. Dans la première étude, étendue et bien documentée, la concentration minimale avec effet observé (CMEO) s'élevait à 600 p.p.m. (2 250 mg/m³), lorsqu'on se basait sur l'observation d'effets accrus observés lors de l'examen histopathologique de l'épithélium olfactif de la femelle du rat. Dans aucune de ces deux études n'a-t-on observé de néoplasme dû au composé, et le NTP a conclu que dans les conditions des essais biologiques d'exposition par inhalation de deux ans, il n'y avait pas d'indication d'une activité cancérogène chez les rats mâles et femelles de la souche F344/N ni d'indication d'une activité cancérogène chez les souris B6C3F₁ mâles ou femelles.

Dans le seul essai biologique de cancérogénicité par voie orale qui ait été relevé (Maltoni et coll., 1983; 1985), les auteurs ont conclu que le toluène provoquait une augmentation du nombre total de tumeurs malignes chez les rats, dont certaines étaient relativement rares. Toutefois, en raison des limites de cette étude, on juge ses résultats équivoques.

Selon toutes les indications, le toluène n'est pas mutagène chez les systèmes mammifères ou microbiens et les résultats concernant son pouvoir de promoteur ne sont pas concluants.

Le toluène ne semble pas être tératogène chez les souris, les rats ou les lapins, Si l'on se fie aux données limitées dont on dispose. Il est foetotoxique à des concentrations élevées (1 000 mg/m³), qui ne sont toutefois pas toxiques pour la mère et il provoque une diminution du poids du foetus chez les souris et les rats ainsi qu'un retard de l'ossification avec une certaine augmentation des anomalies mineures du squelette (Ungvary et Tatrai, 1985).

Dans les études effectuées jusqu'à présent, on n'a décelé aucune indication de la cancérogénicité, de la mutagénicité ou de la toxicité oculaire de plusieurs des métabolites du toluène, notamment de l'alcool benzylique, du benzaldéhyde, de l'acide benzoïque et de l'acide hippurique (Huff, 1990; Ikeda, 1987).

À l'exception de certains effets de comportement non confirmés signalés à des concentrations très faibles (Geller et coll., 1979; Horiguchi et Inoue, 1977) et d'effets biochimiques sur le cerveau, dont l'importance n'est pas claire, on a observé des effets neurotoxiques uniquement après une exposition à des concentrations supérieures à celles pour lesquelles on a signalé d'autres effets dans des études portant sur une exposition subchronique. Les données portant sur les effets immunotoxiques du toluène chez les animaux sont limitées et ne sont pas concluantes (par exemple, Aranyi et coll., 1985; Hsieh et coll., 1989).

2.7 Effets sur les êtres humains

Les données dont on dispose sur les effets de l'exposition des humains au toluène proviennent d'études effectuées chez des volontaires et d'études portant sur les effets de son utilisation abusive comme solvant ainsi que d'études épidémiologiques de travailleurs exposés. Dans les cas d'utilisation abusive intentionnelle, les expositions sont extrêmement élevées (jusqu'à 112 500 mg/m³). De plus, les cas signalés d'abus intentionnel et les populations exposées professionnellement sur lesquelles portaient les études épidémiologiques faisaient généralement intervenir des mélanges complexes dont le principal ingrédient était le toluène, ce qui limite la puissance de la plupart des études épidémiologiques. Ces recherches ont donc moins de valeur que les études cliniques effectuées chez des volontaires humains pour ce qui est de l'évaluation de la relation entre l'exposition et la réaction du sujet dans le cas du toluène.

En général, la plupart des études cliniques portent sur des expositions assez courtes (20 minutes à 8 heures) ou sur des expositions répétées (6 à 7 heures par jour pendant des périodes de 3 à 4 jours ou 8 heures deux fois par semaine, pendant une période de 8 semaines) d'un nombre limité de sujets (N = 3 à 43) à des concentrations variant de 37,5 à 3 000 mg/m³. Dans la plupart de ces études, on n'a pas observé d'effets néfastes après une exposition à 375 mg/m³ ou moins, pendant des périodes uniques variant de 20 minutes à 3,5 heures (Gamberale et Hultengren, 1972 dans IPCS 1985; Winneke, 1982 dans IPCS, 1985) ou après des expositions répétées de 3 à 7 heures pendant des périodes allant jusqu'à 3 jours, d'après divers tests des fonctions neurologiques (Echeverria et coll., 1989; Ogata et coll., 1970). Toutefois, on signale une diminution de la fonction neurologique mesurée avec divers tests, une augmentation des symptômes neurologiques et une irritation des voies respiratoires chez 16 volontaires exposés à 375 mg/m³, 6 heures par jour, pendant 4 jours (Andersen et coll., 1983). Ces effets peuvent disparaître lorsque l'exposition cesse, mais ils empirent et persistent si la concentration augmente ou si l'exposition dure. Dans cette étude, on n'a constaté aucun effet néfaste lorsque la concentration était de 150 mg/m³. On a aussi signalé dans plusieurs autres études, moins fiables en raison de limites sur le plan de la conception (Baelum et coll., 1985; von Oettingen et coll., 1942 dans IPCS, 1985), des effets néfastes sur la vigilance visuelle chez 18 à 30 volontaires exposés à 375 mg/m³ pendant 4 heures (Dick et coll., 1984) et sur la fonction neurologique, à la suite d'une exposition unique ou répétée à une dose de toluène inférieure ou égale à 375 mg/m³.

2.8 Effets sur l'environnement

L'information dont on dispose sur la toxicité aiguë et chronique du toluène comprend des données portant sur des espèces appartenant à un certain nombre de niveaux trophiques, des algues jusqu'aux poissons et aux amphibiens, dans l'environnement aquatique. L'information portant sur la toxicité chez les espèces terrestres est limitée aux bactéries, aux invertébrés

et aux plantes. Même si l'on n'a pas trouvé de données relatives aux mammifères sauvages, la toxicité du toluène chez ces organismes peut être évaluée par extrapolation à partir des résultats des études de toxicité effectuées avec des animaux de laboratoire (voir la section 2.6 du présent document, Toxicologie chez les mammifères). On ne dispose d'aucune donnée sur les effets du toluène chez les oiseaux.

Comme le toluène est une substance volatile qui disparaît rapidement d'une solution, il est difficile de maintenir les concentrations à tester assez longtemps pour pouvoir déterminer des profils concentration-effets applicables aux organismes aquatiques. Les données relatives à la toxicité en milieu aquatique dont on a tenu compte dans le présent rapport proviennent principalement d'études dans lesquelles les concentrations de toluène mesurées ont été utilisées pour calculer les seuils de toxicité et dans lesquelles on a effectué des essais en milieu à circulation continue, avec renouvellement périodique, ou dans des contenants clos avec espace libre minimal, ce qui permettait de mieux maintenir les concentrations de toluène. Les données tirées de telles études sont plus significatives que celles qui proviennent d'essais statiques à découvert et de celles dont les seuils sont basés sur des concentrations nominales.

Il existe des études de toxicité aiguë pour plusieurs espèces de divers niveaux trophiques. On signale une $CE_{50-72\text{ h}}$ pour l'algue d'eau douce *Selenastrum capricornutum* de 12,5 mg/L (Galassi et coll., 1988). La croissance des diatomées marines *Skeletonema costatum*, *Amphidinium carterae*, *Cricosphaera carterae* et *Dunaliella tertiolecta* diminuait aux concentrations de toluène supérieures à 10 mg/L; les taux de croissance pour les deux dernières espèces étaient en fait stimulées de 10 à 40 % en présence de concentrations de toluène inférieures à 1 mg/L (Dunstan et coll., 1975).

Chez les invertébrés d'eau douce les plus sensibles, la $CL_{50-48\text{ h}}$ pour la puce d'eau *Daphnia magna* s'élevait à 11,5 mg/L (Bobra et coll., 1983). Chez les invertébrés marins, la $CL_{50-96\text{ h}}$ pour la larve du crabe *Cancer magister* était de 28 mg/L (Caldwell et coll., 1976) et pour la crevette *Palaemonetes pugio*, la $CL_{50-24\text{ h}}$ était de 25,8 mg/L pour les larves et de 17,2 mg/L pour les adultes (Potera, 1975).

Les poissons les plus sensibles étaient les salmonidés, notamment la truite arc-en-ciel adulte *Oncorhynchus mykiss*, dont la $CL_{50-96\text{ h}}$ était de 5,8 mg/L (Galassi et coll., 1988) et le fretin de saumon coho, *Oncorhynchus kisutch*, dont la $CL_{50-96\text{ h}}$ était de 5,5 mg/L (Moles et coll., 1981).

La concentration sans effet observé (CSEO) pour le toluène en ce qui concerne la respiration et l'ammonification microbiennes du sol variait de 100 à 1 300 mg/kg et elle était inférieure à 26 mg/kg (poids sec) dans le cas de la nitrification (Slooff et Blokzijl, 1988). La chlorose et l'inhibition de la croissance des plantes terrestres peuvent être induites à des concentrations de plus de 6 000 mg/m³ d'air, de 500 mg/L d'eau et de 1 000 mg/kg de sol; la croissance peut être stimulée en présence de 5 à 50 µg/L (Miller et coll., 1976; Syracuse Research Corporation, 1983; Slooff et Blokzijl, 1988).

Dans des études à long terme, la $CE_{50-8\text{ jours}}$ pour la croissance de *Selenastrum capricornutum* était de 9,4 mg/L (Herman et coll., 1990). Black et coll. (1982) ont déterminé la toxicité du toluène aux premiers stades de développement de la truite arc-en-ciel, de la grenouille *Rana pipiens* et de la salamandre *Ambystoma gracile*. Des oeufs de chaque espèce ont été exposés continuellement au toluène dans les 30 minutes suivant la fécondation (embryons) jusqu'à 4 jours après l'éclosion (larves), soit des expositions continues de 27 jours pour la truite, de 9 jours pour la grenouille et de 9,5 jours pour la salamandre. La CL_{50}

(exposition continue) était de 0,02 mg/L pour la truite, de 0,39 mg/L pour la grenouille et de 0,85 mg/L pour la salamandre. Lors d'un essai consistant à exposer pendant 32 jours des embryons-larves têtes-de-boule, la concentration minimale avec effet observé (CMEO) pour la prise de poids était de 6 mg/L (Devlin et coll., 1982). Moles et coll. (1981) ont étudié la croissance du fretin de saumon coho exposé pendant 40 jours au toluène dans de l'eau fraîche. La croissance quotidienne, déterminée d'après le poids et la longueur, diminuait de manière linéaire au fur et à mesure que la concentration de toluène augmentait; la CMEO était de 2,8 mg/L et la CSEO était de 1,4 mg/L. Ward et coll. (1981) ont exposé des embryons et des larves de *Cyprinodon variegatus* à partir de la fécondation jusqu'à 28 jours après l'éclosion. Pour ce qui est du succès de l'éclosion et de la survie, la CMEO était de 7,7 mg/L et la CSEO était de 3,2 mg/L.

Lors d'un test de 28 jours portant sur des vers de terre (*Eisenia foetida*), on a constaté que le toluène influait sur la mortalité, la production et l'aspect des cocons; l'aspect des cocons était le paramètre le plus sensible, la CSEO se situant entre 15 et 50 mg/kg de sol (poids sec) (Slooff et Blokzijl, 1988). La CL₅₀ se situait entre 150 et 280 mg/kg.

3.0 Évaluation de la «toxicité» au sens de la LCPE

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction du présent rapport, l'évaluation suivante porte sur les sources de toluène dans l'environnement (c'est-à-dire les voies d'introduction), l'exposition des humains et des autres éléments du biote ainsi que sur les effets nuisibles potentiels.

3.1 Entrée

Au Canada, le toluène s'introduit dans l'environnement surtout lors de son rejet dans l'atmosphère; environ 106 kt de toluène sont rejetées chaque année dans l'atmosphère. Les sources principales de toluène sont les solvants (54 kt émises chaque année) et les véhicules légers (34 kt par année) qui représentent ensemble plus de 80 % des rejets atmosphériques. Le toluène est libéré dans le sol lors de déversements, dans les eaux de lixiviation des décharges contaminées et dans l'eau lors de déversements et du rejet d'effluents contaminés. Au Canada, on a mesuré la teneur en toluène de l'atmosphère, de certains échantillons d'eau potable, d'eau superficielle, d'eau souterraine, d'effluents industriels et d'eau de lixiviation provenant de dépotoirs.

3.2 Exposition

Le toluène ne persiste pas dans l'eau ni dans le sol, car il se biodégrade et se volatilise rapidement dans l'atmosphère. Il ne persiste pas dans l'atmosphère parce qu'il subit une photo-oxydation rapide.

Les concentrations moyennes de toluène atmosphérique dans les villes variaient de 5,2 à 44,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les maximums calculés sur une période de 24 heures pour des échantillons individuels variant de 9,0 à 145,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations moyennes de toluène à proximité de pompes à essence libre-service variaient de 20 à 20 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; les concentrations moyennes aux pompes s'élevaient à 1 880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver et à 2 550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été.

Sur plus de 800 échantillons d'eau prélevés à travers le Canada, on a relevé des concentrations de toluène supérieures à 0,5 $\mu\text{g}/\text{L}$ dans seulement six échantillons, notamment dans un échantillon d'eau de surface (0,9 $\mu\text{g}/\text{L}$). La concentration de toluène la plus élevée qui ait été mesurée dans d'autres études portant sur les eaux de surface ambiantes s'élevait à 0,5 $\mu\text{g}/\text{L}$. Les concentrations ambiantes de toluène dans les eaux de surface peuvent donc être considérées comme étant inférieures à 0,5 $\mu\text{g}/\text{L}$. Des concentrations de 22 $\mu\text{g}/\text{L}$ ont été enregistrées à la suite d'un déversement, alors que la concentration la plus élevée dans un effluent était de 32 $\mu\text{g}/\text{L}$.

On ne s'attend pas à ce que le toluène s'accumule beaucoup chez les organismes terrestres ou aquatiques et rien n'indique qu'il se produit une importante bioconcentration chez certains organismes ou une bioamplification dans la chaîne alimentaire.

Tableau 2 ^{3/4} Dose journalière de toluène absorbée par les Canadiens à partir de diverses sources

Substrat/milieu ^a	Dose estimée en microgrammes par kilogramme de poids corporel par jour				
	0 - 0,5 a ^b	0,5 - 4 a ^c	5 - 11 a ^d	12 - 19 a ^e	20 - 70 a ^f
Air (urbain)	1,7 - 14,7	2,0 - 17,0	2,4 - 20,4	2,1 - 17,5	1,5 - 12,6
(rural)	1,2 - 1,7	1,3 - 1,9	1,6 - 2,3	1,4 - 2,0	1,0 - 1,4
Eau	0,03	0,1	0,08	0,04	0,04
Aliment (poisson)	0,04	0,1	0,2	0,1	0,1
Produits de consommation	0	0	0	0,2 - 1,2	0,1 - 0,9
Station d'essence libre-service (été)	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6
(hiver)	0,5	0,6	0,7	0,6	0,4
Apport total estimé	1,8 - 15,5	2,1 - 18,0	2,6 - 21,6	2,3 - 19,6	1,6 - 14,2
Cigarette					
(fumée principale)	0	0	0	45,2	57,1
(fumée secondaire) ^g	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04

^a Les concentrations moyennes dans l'air s'élèvent à 5,2-44,2 µg/m³ et à 3,5-5,0 µg/m³ respectivement, dans des sites urbains et ruraux (Dano et coll., 1989); la concentration moyenne dans l'eau potable est de 2,0 µg/L (Otson et coll., 1982) et dans le poisson, elle est de 1 µg/g (Gilbert et coll., 1983). On suppose que les produits de consommation contiennent 5 % de toluène, que l'exposition dure de 5 à 30 min, une fois par semaine et que le toluène est absorbé à travers une main à raison de 20 mg/h (Gilbert et coll., 1983). Pour les stations d'essence libre-service, les concentrations atmosphériques moyennes s'élèvent respectivement à 2,55 mg/m³ (PACE, 1987) et à 1,88 mg/m³ (PACE, 1989) en été et en hiver. On suppose également qu'un conducteur moyen passe 10 minutes par semaine à la station d'essence. On estime que chaque cigarette contient 160 pg de toluène et que la fumée secondaire en contient 960 µg/cigarette (USDHHS, 1986); on suppose que les adultes âgés entre 20 et 70 ans fument 25 cigarettes par jour et que les personnes âgées de 12 à 19 ans fument 15 cigarettes par jour.

^b Sujet pesant 6 kg, respirant 2 m³ d'air, buvant 0,1 L d'eau (modifié à partir de DHM, 1988) et consommant 0,25 g de poisson par jour (SBSC, 1977).

^c Sujet pesant 13 kg, respirant 5 m³ d'air, buvant 0,8 L d'eau (modifié à partir de DHM, 1988) et consommant 1,52 g de poisson par jour (SBSC, 1977).

^d Sujet pesant 26 kg, respirant 12 m³ d'air, buvant 1,1 L d'eau (modifié à partir de DHM, 1988) et consommant 4,81 g de poisson par jour (SBSC, 1977).

^e Sujet pesant 53 kg, respirant 21 m³ d'air, buvant 1,1 L d'eau (modifié à partir de DHM, 1988) et consommant 5,06 g de poisson par jour (SBSC, 1977).

^f Sujet pesant 70 kg, respirant 20 m³ d'air, buvant 1,5 L d'eau (d'après DHM, 1988) et consommant 6,59 g de poisson par jour (SBSC, 1977).

^g On suppose que le volume moyen d'une maison est de 340 m³, qu'un individu fume 2 cigarettes à l'heure pendant une période de 5 heures et avec une efficacité de prélèvement de 0,11 pour la fumée de tabac, basée sur une formule où la dose = taux de respiration/heure x durée x concentration x efficacité de prélèvement (Rickert et LABSTAT INC., 1988).

Comme les humains sont exposés au toluène dans tous les milieux, on a évalué l'apport total en se basant sur plusieurs milieux. Dans le Tableau 2, on a indiqué la dose journalière moyenne (exprimée en fonction du poids corporel) de toluène estimée à partir de diverses sources pour différents groupes d'âge de la population canadienne ainsi que les considérations sur lesquelles sont basées ces estimations. Pour la population en général, la voie d'exposition la plus importante est l'inhalation à partir de l'air, avec des doses que l'on estime varier de 1,0 à 20,4 µg/kg pc/jour. On estime que les doses de toluène provenant du poisson et de l'eau potable sont considérablement moins élevées : elles se situent entre 0,04 et 0,2 µg/kg pc/jour et entre 0,03 et 0,1 µg/kg pc/jour, respectivement. Il faut toutefois noter que, particulièrement dans le cas de la nourriture, on dispose de très peu de données. L'apport estimé de toluène dans les stations d'essence libre-service est inférieur à l'apport de toluène provenant de l'air ambiant : il varie de 0,4 à 0,9 µg/kg pc/jour. Selon les estimations, l'apport de toluène provenant des produits de consommation est analogue à celui qui a été estimé à partir de mesures relevées dans des stations d'essence libre-service, soit de 0 à 1,2 µg/kg pc/jour. La fumée de cigarette est de loin la source la plus importante d'exposition au toluène pour les fumeurs. Selon les estimations, les apports de toluène provenant de la fumée principale varient de 45,2 à 57,1 µg/kg pc/jour pour les individus de 12 ans et plus. D'après les données dont on dispose et tel qu'il est indiqué dans le Tableau 2, on a estimé que l'apport quotidien total de toluène pour les différents groupes d'âge varie de 1,8 à 21,6 µg/kg pc/jour. Pour les fumeurs, l'apport quotidien total est beaucoup plus élevé, et il va jusqu'à 71,3 µg/kg pc/jour chez les adultes. Ces apports estimés, que l'on suppose typiques pour ce qui est de la majeure partie de la population en général, sont basés sur des valeurs moyennes mesurées dans l'ensemble de l'environnement. Les concentrations élevées que présentent, par exemple, les eaux souterraines qui se trouvent sous les dépotoirs ou qui ont reçu des déversements d'essence et de pétrole n'ont pas été jugées pertinentes pour l'estimation de l'exposition de la population en général.

3.3 Effets

3.3.1 Effets sur la santé humaine

Les données épidémiologiques dont on dispose ne permettent pas d'évaluer la cancérogénicité ou la clastogénicité du toluène chez les humains. Le toluène ne s'est pas révélé cancérogène après avoir été inhalé par des rats et des souris dans le cadre d'une étude bien vdirigée (Huff, 1990) et par des rats, dans le cadre d'un essai biologique moins sensible (CIIT, 1980). Dans la seule étude de cancérogenèse par voie orale, les auteurs ont conclu que le toluène provoquait une augmentation du nombre de tumeurs malignes totales chez les rats (Maltoni et coll., 1983; 1985). En raison des limites de l'étude, ces résultats ont toutefois été jugés équivoques. Selon la plupart des indications, le toluène n'est pas génotoxique chez les mammifères ni chez les systèmes microbiens. Il a donc été classifié dans le groupe IV-C (probablement non cancérogène pour les humains) du schéma de classification destiné à l'élaboration des «Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada» (DHM, 1989).

Pour les composés classifiés dans le groupe IV-C, on a obtenu une dose journalière admissible (DJA) basée sur une dose sans effet nocif observé (DSENO) ou sur la dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) chez les humains ou chez des animaux, divisée par un facteur d'incertitude. Pour le toluène, une dose journalière admissible ou une concentration quotidienne admissible pour la plus importante voie d'exposition (c'est-à-dire l'inhalation) peut être déterminée à partir des résultats obtenus chez les humains et chez les animaux (même si les données relatives aux concentrations de toluène dans les aliments sont limitées, d'après l'information dont on dispose sur les concentrations dans le poisson et dans l'eau potable, ainsi que sur les propriétés physico-chimiques, on estime que l'apport de toluène provenant des aliments et de l'eau potable est négligeable comparativement à l'apport par inhalation). Ainsi, on a calculé de la manière suivante une DJA basée sur des études d'inhalation chez des espèces animales

$$DJA = \frac{(375 \text{ mg/m}^3) \times (6,5/24) \times (5/7) \times 0,043 \text{ m}^3/\text{jour}}{100 \times 0,025 \text{ kg}}$$

$$= 1,25 \text{ mg/kg/jour (1 250 } \mu\text{g/kg/jour)}$$

où

- 375 mg/m³ représente la DSENO la plus faible ou la DMENO obtenues lors des essais biologiques de qualité adéquate réalisés jusqu'à présent chez des espèces animales (DMENO pour une réduction du poids du corps chez la souris; Huff, 1990);
- 6,5/24 et 5/7 représentent la conversion d'une exposition de 6,5 heures/jour, 5 jours/semaine en une exposition continue;
- 0,043 m³/jour représente le volume d'air que l'on suppose que les souris inhalent (Altman et Dittmer, 1972);
- 0,025 kg représente le poids corporel supposé des souris (NIOSH, 1985);
- 100 représente le facteur d'incertitude (x 10 pour la variation intraspécifique; x 10 pour la variation interspécifique; aucun facteur n'a été introduit pour une DMENO plutôt que pour une DSEO puisque l'effet observé était une diminution de la prise de poids sans autre signe de toxicité; un facteur supplémentaire de 10 est habituellement introduit dans les études portant

sur des expositions subchroniques; toutefois, la DSEO dans les études portant sur des expositions chroniques est supérieure à la PFDEO employée ici).

D'après les résultats de l'étude clinique effectuée par Andersen et coll. (1983), la concentration journalière admissible (CJA) se calcule de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{CJA} &= \frac{(150 \text{ mg/m}^3) \times (6/24)}{10} \\ &= 3,75 \text{ mg/m}^3 \text{ (3 750 } \mu\text{g/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

où

- 150 mg/m³ représente la plus faible DSEO basée sur une diminution de la fonction neurologique mesurée d'après divers tests, une augmentation des symptômes neurologiques et une irritation des voies respiratoires observées lors d'une étude clinique adéquate réalisée chez des volontaires humains;
- 6/24 représente la conversion d'une exposition de 6 heures par jour en une exposition continue;
- 10 représente le facteur d'incertitude (x 10 pour la variation intraspécifique).

Une DJA calculée à partir de la CJA par incorporation du volume moyen d'inhalation et du poids corporel humain (c'est-à-dire 20 m³ et 70 kg; DHM, 1988) s'élèverait à 1,07 mg/kg pc/jour (1 070 µg/kg pc/jour).

3.3.2 Environnement

D'après des essais à long terme, l'organisme le plus sensible du biote aquatique serait la truite arc-en-ciel aux premiers stades de vie. On a signalé que la CL₅₀ était de 0,02 mg/L pour une exposition continue de 27 jours des stades embryo-larvaires. Le fretin de saumon coho était l'organisme aquatique le plus sensible lors des tests de toxicité aiguë, la CL₅₀-96 heures étant de 5,5 mg/L. La CSEO-40 jours pour la croissance du fretin de saumon coho était de 1,4 mg/L et la CMEO était de 2,8 mg/L.

Les concentrations ayant des effets qui ont été mentionnées dans les études d'inhalation effectuées chez des animaux de laboratoire sont considérées comme applicables aux mammifères sauvages. La plus faible concentration avec effet était de 375 mg/m³ chez la souris dans des conditions d'exposition subchronique ou chronique au toluène par inhalation.

3.4 Conclusions

Au Canada, le toluène est utilisé pour diverses applications qui le font pénétrer dans l'environnement canadien. Ces rejets se traduisent par des concentrations mesurables ou prévisibles du toluène dans divers milieux auxquels les humains et d'autres organismes peuvent être exposés.

3.4.1 Alinéa 11a) — Effets sur l'environnement

Sauf dans les cas de déversement ou de rejet occasionnel d'effluent contaminé, les concentrations de toluène dans les eaux de surface du Canada sont inférieures ou égales à 0,5 µg/L. Cette concentration est au moins 40 fois plus faible que la CL₅₀-27 jours (0,02 mg/L) pour les premiers stades de vie de la truite arc-en-ciel, espèce aquatique la plus sensible d'après des études à long terme. La concentration la plus élevée qui ait été signalée dans le cas du rejet d'un effluent non dilué est de 32 µg/L. Cette valeur est environ 170 fois plus faible que la CL₅₀-96 heures (5,5 mg/L) pour le fretin de saumon coho, espèce aquatique la plus sensible d'après des études de toxicité aiguë. La concentration de toluène dans un cours d'eau à la suite d'un déversement chimique s'élevait à 22 µg/L. Cette valeur est environ 250 fois plus faible que la CL₅₀-96 heures pour le saumon coho.

La concentration atmosphérique moyenne la plus élevée mesurée dans des villes (44 µg/m³) est presque 10 000 fois plus faible que la plus faible dose avec effet signalée pour des mammifères dans le cadre d'études d'inhalation à long terme (375 mg/m³).

Ainsi, d'après les données dont on dispose, le toluène n'est pas considéré comme étant «toxique» au sens de l'alinéa 11a) de la LCPE.

3.4.2 Alinéa 11b) - Effets sur l'environnement dont dépend la vie humaine

En raison de sa faible persistance dans l'atmosphère et du fait qu'il n'absorbe pas le rayonnement ultraviolet, le toluène n'intervient pas dans l'amincissement de la couche d'ozone ni dans le réchauffement planétaire.

Ainsi, d'après les données dont on dispose, le toluène n'est pas considéré comme étant «toxique» au sens de l'alinéa 11b) de la LCPE.

3.4.3 Alinéa 11c) - Effets sur la vie ou la santé humaine

Les doses journalières moyennes totales de toluène estimées pour divers groupes d'âge de la population canadienne varient de 1,6 à 21,6 µg/kg pc/jour, mais il faut noter que les données dont on dispose au sujet des concentrations de toluène dans les aliments sont extrêmement limitées. Ces apports quotidiens moyens de toluène sont considérablement moins élevés (d'environ 50 à 670 fois) que les doses journalières admissibles calculées d'après des essais biologiques effectués chez des espèces animales (d'environ 60 à 780 fois) et que les valeurs calculées d'après des études cliniques effectuées chez des volontaires humains.

Ainsi, d'après les données dont on dispose, le toluène n'est pas considéré comme étant «toxique» au sens de l'alinéa 11c) de la LCPE.

3.4.4 Conclusions générales

Ainsi, d'après les données dont on dispose, le toluène n'est pas considéré comme étant «toxique» au sens des alinéas 11a), b) et c) de la LCPE.

4.0 Recommandations relatives à la recherche

1. Pour une évaluation plus complète de l'exposition de la population canadienne au toluène, il faudrait obtenir d'autres données sur les concentrations de toluène près de sources ponctuelles canadiennes comme les producteurs de coke et les usines de fabrication d'automobiles ainsi que dans les aliments. Ces recherches sont toutefois considérées comme étant de faible priorité.
2. Il serait souhaitable d'obtenir d'autres données sur les interactions du toluène avec d'autres substances et sur les mécanismes et les effets de la neurotoxicité induite par le toluène. Ces recherches sont considérées comme étant de faible priorité.
3. Il existe peu de données sur la présence du toluène en tant que contaminant naturel des eaux souterraines. Il serait souhaitable d'obtenir davantage d'information sur la fréquence et l'ampleur d'une telle contamination naturelle. Ces recherches sont considérées comme étant de faible priorité.
4. Il est possible que les concentrations de toluène sous la glace pendant l'hiver puissent être suffisamment élevées pour influencer le biote en hiver et au printemps, mais on manque de données pertinentes. Il serait donc utile d'obtenir de l'information relative aux concentrations de toluène et à son devenir sous la glace ainsi que ses effets potentiels sur le biote aquatique. Ces recherches sont considérées comme étant de faible priorité.
5. Il serait souhaitable d'obtenir des données supplémentaires sur les effets de l'exposition chronique au toluène sur la croissance, la survie et la reproduction des espèces sensibles de poisson d'eau douce pour mieux évaluer les dommages potentiels qui pourraient résulter de l'exposition continue à de faibles concentrations de toluène. Ces recherches sont considérées comme étant de faible priorité.

5.0 Références

- Altman, P.D. et D.S. Dittmer, éd., *Biology Data Book*, 2^e édition, Vol. 1-3, Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda, M.D., 1972.
- Andersen, I., G.R. Lundqvist, L. Molhave, O.F. Pedersen, D.F. Procter, M. Vaeth et D.P. Wyon, «Human response to controlled Levels of Toluene in six-hour exposures», *Scand. J. Work Environ. Health*, n° 9, 1983, p. 405-418.
- Aranyi, C., W.J. O'Shea, R.L. Sherwood, J.A. Graham et F.J. Miller, «Effects of toluene inhalation on pulmonary host defenses of mice», *Toxicol. Lett.*, n° 25, 1985, p. 103-110.
- Armstrong, A.Q., R.E. Hodson, H.M. Hwang et D.L. Lewis, «Environmental factors affecting toluene degradation in ground water at a hazardous waste site», *Environ.. Toxicol. Chem.*, n° 10, 1991, p. 147-158.
- Atkinson, R., «Gas-phase tropospheric chemistry of organic compounds : A review», *Atmos. Environ.*, n° 24A, 1990, p. 1-41.
- Baelum, J., I. Andersen, G.R. Lundqvist, L. Molhave, D.F. Pedersen, M. Vaeth et D.P. Wyon, «Response of solvent-exposed printers and unexposed controls to six-hour toluene exposure», *Scand. J. Work Environ. Health*, n° 11, 1985, p. 271-280.
- Barker, J.F., «Volatile aromatic and chlorinated organic contaminants in groundwater at six Ontario landfills», *Water Pollut. Res. J. Can.*, n° 22, 1987, p. 33-48.
- Black, F.M., L.E. High et J.M. Lang, «Composition of automobile evaporative and tailpipe hydrocarbon emissions», *J Air Pollut. Control Assoc.*, n° 30, 1980, p. 1216-1221.
- Black, J.A., W.J. Birge, W.E. McDonnell, A.G. Westerman, B.A. Ramey et D.M. Bruser, *The aquatic toxicity of organic compounds to embryo-larval stages of fish and amphibians*, Rapport n° 133, University of Kentucky, Water Resources Institute, Lexington, Kentucky, 1982, 60 p.
- Bobra, A.M., communication personnelle, Environnement Canada, Direction des produits chimiques commerciaux, Ottawa, 1991.
- Bobra, A.M., W.Y. Shiu et D. Mackay, «A predictive correlation for the acute toxicity of hydrocarbons and chlorinated hydrocarbons to the water flea», *Chemosphere*, n° 12, 1983, p. 1121-1129.
- Buttery, R.G., R.M. Seifert et L.C. Ling, «Characterization of some volatile constituents of dry red beans», *J. Agric. Food Chem.*, n° 23, 1975, p. 516-519.
- Caldwell, R.S., E.M. Calderone et M.H. Mallon, «Effects of a seawater fraction of Cook Inlet crude oil and its major aromatic components on larval stages of the Dungeness crab, *Cancer magister dana*», dans *Fate and effects of petroleum hydrocarbon in marine organisms and ecosystems*, New York, Pergamon Press, 1976, p. 210-220.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'Environnement), «Plan de gestion pour les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV) phase I», Conseil canadien des ministres de l'Environnement, CCME-EPC/TRE-3 1F, 1990.

- Chan, C.C., L. Valner, J.W. Martin et D.T. Williams, «Determination of organic contaminants in residential indoor air using and adsorption-thermal desorption technique», *J. Air Waste Manage. Assoc.*, n° 40, 1990, p. 62-67.
- Chung, T.Y., F. Hayase et H. Kato, «Volatile components of ripe tomatoes and their juices, purees and pastes», *Agric. Biol. Chem.*, n° 47, 1983, p. 343-351.
- CIIT (Chemical Industry Institute of Toxicology), *Final Report. A Twenty-Four Month Inhalation Toxicology Study in Fischer-344 Rats Exposed to Atmospheric Toluene*, CIIT Docket No. 2200, CIIT/IBT Labs, Inc., Research Triangle Park, NC. 1980, 61 p.
- Coleman, E.C., C.T. Ho et S.S. Chang, «Isolation and identification of volatile compounds from baked potatoes», *J. Agric. Food Chem.*, n° 29, 1981, p. 42-48.
- Comba, M.E. et K.L.E. Kaiser, «Benzene and toluene levels in the upper St. Clair River», *Water Pollut. Res. J. Can.*, n° 22, 1987, p. 468-473.
- Corpus Information Services, «Toluene», *CPI Product Profiles*, Don Mills (Ontario), 1989.
- Dann, T. et C. Gonthier, «Measurement of volatile organics at an abandoned waste disposal site, Montréal, Quebec, Canada», *Prepr. Pap. Natl. Meet. Div. Environ.. Chem., Am. Chem. Soc.*, n° 26, 1986, p. 390-393.
- Dann, T., D. Wang et A. Etlinger, *Volatile organic compounds in Canadian ambient air: a new emphasis*, Division de la mesure de la pollution, Conservation et protection, Environnement Canada, 1989, PMD 89-26.
- del Rosario, R., B.O. de Lumen, T. Habu, R.A. Flath, T.R. Mon et R. Teranishi, «Comparison of headspace volatiles from winged beans and soybeans», *J. Agric. Food Chem.* n° 32, 1984, p. 1011-1015.
- Devlin, E.W., J.D. Brammer et R.L. Puyear, «Acute toxicity of toluene to three age groups of fathead minnows (*Pimephales promelas*)», *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n° 29, 1982, p. 12-17.
- Dick, R.B., J.V. Setzer, R. Wait, M.B. Hayden, B.J. Taylor, B. Tolos et V. Putz-Anderson, «Effects of acute exposure of toluene and methyl ethyl ketone on psychomotor performance», *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, n° 54, 1984, p. 91-109.
- MDE (Environnement Canada), *Toluene: Environmental and Technical Information for Problem Spills*, Service de protection de l'environnement, Environnement Canada, Hull (Québec), n° de cat. En48-10/9-1984E, Publications du Gouvernement du Canada, 1984, 104 p.
- MDE (Environnement Canada), *Atlantic Region Federal-Provincial Toxic Chemical Survey of Municipal Drinking Water Sources, Data Summary Report, Province of Nova Scotia, 1985-1988*, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Direction de la qualité des eaux, Région de l'Atlantique, IWD-AR-WQB-89-154, 1989a.

- MDE (Environnement Canada), *Atlantic Region Federal-Provincial Toxic Chemical Survey of Municipal Drinking Water Sources, Data Summary Report, Province of New Brunswick, 1985-1988*, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Direction de la qualité des eaux, Région de l'Atlantique, IWD-AR-WQB-89-155, 1989b.
- MDE (Environnement Canada), *Atlantic Region Federal-Provincial Toxic Chemical Survey of Municipal Drinking Water Sources, Data Summary Report, Province of Prince Edward Island, 1985-1988*, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Direction de la qualité des eaux, Région de l'Atlantique, IWD-AR-WQB-89-156, 1989c.
- MDE (Environnement Canada), *Atlantic Region Federal-Provincial Toxic Chemical Survey of Municipal Drinking Water Sources, Data Summary Report, Province of Newfoundland, 1985-1988*, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Direction de la qualité des eaux, région de l'Atlantique, IWD-AR-WQB-89-157, 1989d.
- Dunstan, W.M., L.P. Atkinson et J. Natoli, «Stimulation and inhibition of phytoplankton growth by low molecular weight hydrocarbons», *Mar. Biol.*, n° 31, 1975, p. 305-310.
- Echeverria, D., L. Fine, G. Glangolf, A. Schork et C. Sampaio, «Acute neurobehavioural effects of toluene», *Br. J. Ind. Med.*, n° 46, 1989, p. 483-495.
- DHM (Direction de l'hygiène du milieu), *Reference Values for Canadian Populations*, ébauche, Bureau des dangers des produits chimiques, 1988.
- DHM (Direction de l'hygiène du milieu), «Calcul des concentrations maximales acceptables et des objectifs de qualité esthétiques pour les substances chimiques dans l'eau potable», dans *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, 1989 : document à l'appui*, Santé et Bien-être social Canada, Bureau des dangers des produits chimiques, 1989.
- Finlayson-Pitts, B.J.F. et J.N. Jr. Pitts, *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*, New York, John Wiley, 1986, 1 098 p.
- Freitag, D., L. Ballhorn, H. Geyer et F. Korte, «Environmental hazard profile of organic chemicals. An experimental method for the assessment of the behaviour of organic chemicals in the ecosphere by means of simple laboratory tests with carbon-14-labelled chemicals», *Chemosphere*, n° 14, 1985, p. 1589-1616.
- Galassi, S., M. Mingazzini, L. Vigano, D. Cesareo et M.L. Tosato, «Approaches to modelling toxic responses of aquatic organisms to aromatic hydrocarbons», *Ecotoxicol. Environ. Saf.* n° 16, 1988, p. 158-169.
- Gamberale, F. et M. Hultengren, «Toluene exposure. II. Psychophysiological functions», *Work Environ. Health*, n° 9(3), 1972, p. 131-I 39.
- Geller, I., R.J. Hartmann, S.R. Randle et E.M. Gause, «Effects of acetone and toluene vapours on multiple schedule performance of rats», *Pharmacol. Biochem. Behav.*, n° 11, 1979, p. 395-399.
- Geyer, H., G. Politzki et D. Freitag, «Prediction of ecotoxicological behaviour of chemicals: relationships between n-octanol/water partition coefficients and bioaccumulation of organic chemicals by alga *Chlorella*», *Chemosphere*, n° 13, 1984, p. 269-284.

- Gilbert, D., C. Woodruff, A. Preston, R. Thomas et M. Wood, «Exposure and risk assessment for toluene», PB85-221505, National Technical Information Service, Springfield, VA, 1983, 182 p.
- Gonthier, C., *Étude de la qualité de l'air à l'intérieur des résidences construites sur le terrain de l'ancien dépôt de la ville de LaSalle, Rapport final*, Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, Montréal (Québec), 1986.
- Hampton, C.V., W.R. Plerson, D. Schuetzie et T.M. Harvey, «Hydrocarbon gases emitted from vehicles on the road. 2. Determination of emission rates from diesel and spark-ignition vehicles», *Environ. Sci. Technol.*, n° 17, 1983, p. 699-708.
- Herman, D.C., W.E. Inniss et C.I. Mayfield, «Impact of volatile aromatic hydrocarbons, alone and in combination, on growth of the freshwater alga *Selenastrum capricornutum*», *Aquat. Toxicol.*, n° 18(2), 1990, p. 87-100.
- Horiguchi, S. et K. Inoue, «Effects of toluene on the wheel-turning activity and peripheral blood findings in mice – An approach to the maximum allowable concentration of toluene», *J. Toxicol. Sci.*, n° 2, 1977, p. 363-372.
- Hsieh, G.C., R.P. Sharma et R.D.R. Parker, «Immunotoxicological evaluation of toluene exposure via drinking water», *Environ. Res.*, n° 49, 1989, p. 93-103.
- Huff, J., *NTP (Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Toluene (CAS No. 108-88-3) in F33/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies). Draft Report*, NTP TR371, NIH Publication No. 90-2826, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC, 1990, 253 p.
- SBSC (Santé et Bien-être social Canada), *Rapport sur les habitudes alimentaires : un rapport de Nutrition Canada*, Bureau des sciences de la nutrition, Direction générale de la protection de la santé, 1977, 248 p.
- Ikeda, K., «Visual toxicity of toluene — An experimental study», *Acta Soc. Ophthalmol. Jpn.*, n° 91, 1987, p. 903-910. (Résumé en anglais)
- IPCS (International Programme on Chemical Safety), *Environmental Health Criteria 52. Toluene*, IPCS, Organisation mondiale de la santé, Genève (Suisse), 1985, 146 p.
- Johnson, R.L., J.A. Cherry et J.F. Pankow, «Diffusive contaminant transport in natural clay: a field example and implications for clay-lined waste disposal sites», *Environ. Sci. Technol.*, n° 23, 1989, p. 340-349.
- Kirk, R.E., D.F. Othmer, M. Grayson et D. Eckroth, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, New York, John Wiley, 1983.
- Lesage, S., J.K. Ritch et E.J. Treciokas, «Characterization of groundwater contaminants at Elmira, Ontario, by thermal desorption, solvent extraction GC-MS and HPLC», *Water Pollut. Res. J. Can.*, n° 25, 1990, p. 275-292.

- Levelton, B.H. and Associates Ltd., *Reduction of VOC emissions from solvents by product substitution, process changes or add-on controls*, Rapport préparé par Environnement Canada, Direction des programmes industriels, 1990.
- Lonneman, W.A., R.L. Seila et S.A. Meeks, «Non-methane organic composition in the Lincoln Tunnel», *Environ. Sci. Technol.*, n° 20, 1986, p. 790-796.
- Low, L.K., J.R. Meeks et C.R. Mackerer, «Health effects of the alkylbenzenes. I. Toluene», *Toxicol. Ind. Health*, n° 4, 1988, p. 49-75.
- Mackay, D. et P.J. Leinonen, «Rate of evaporation of low-solubility contaminants from water bodies to atmosphere», *Environ. Sci. Technol.*, n° 9, 1975, p. 1178-1180.
- Mackay, D., W.Y. Shiu et K.C. Ma, *Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals*, Volume 1, Boca Raton, Lewis Publishers, 1992, 697 p.
- MacLeod, A.J. et S.J. Cave, «Variations in the volatile flavour components of eggs», *J. Sci. Food. Agric.*, n° 27, 1976, p. 799-806.
- Madé, B., communication personnelle, Environnement Canada, Direction des programmes industriels, Ottawa, 1991.
- Maltoni, C., B. Conti et G. Cotti, «Benzene: A multipotential carcinogen. Results of long-term bioassays performed at the Bologna Institute of Oncology», *Am. J. Ind. Med.*, n° 4, 1983, p. 589-630.
- Maltoni, C., B. Conti, G. Cotti et F. Belpoggi, «Experimental studies on benzene carcinogenicity at the Bologna Institute of Oncology: current results and ongoing research», *Arn. Ind. Med.*, n° 7, 1985, p. 415-446.
- Meinhart, E. et P. Schreier, «Study of flavour compounds from Parmigiano Reggiano cheese», *Milchwissenschaft*, n° 41, 1986, p. 689-691.
- Miller, T.A., D.H. Rosenblatt, J.C. Dacre, J.G. Pearson, R.K. Kulkarni, J.L. Welch, D.R. Cogley et G. Woodard, *Problem Definition Studies on Potential Environmental Pollutants. IV. Physical, Chemical, Toxicological, and Biological Properties of Benzene; Toluene; Xylenes; and Para-Chlorophenyl Methyl Sulfide, Sulfoxide, and Sulfone*, AD-A040 435, Springfield, VA, National Technical Information Service, 1976, 95 p.
- Moles, A., S. Bates, S.D. Rice et S. Korn, «Reduced growth of coho salmon fry exposed to two petroleum components, toluene and naphthalene, in fresh water», *Trans. Amer. Fish. Soc.*, n° 110, 1981, p. 430-436.
- Montgomery, D.D. et D.A. Kalman, «Indoor/outdoor air quality: reference pollutant concentrations in complaint-free residences», *Appl. Ind. Hyg.*, n° 4, 1989, p. 17-20.
- MRI (Midwest Research Institute), *Critical literature review and summary on the potential environmental impacts and human health effects of toluene at levels occurring in the Canadian environment*, contrat n° 2050, rapport préparé pour le compte de Santé et Bien-être social Canada, Direction générale de l'hygiène du milieu, 1989.

NAQUADAT, *Banque nationale de données sur la qualité des eaux*, Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, 1991.

Nielsen, I.R. et P. Howe, *Environmental hazard assessment: Toluene*, Toxic Substances Division, Directorate for Air, Climate and Toxic Substances, Department of the Environment, Royaume-Uni, 1991.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. 1983-84 Cumulative supplement to the 1981-82 edition*, U.S. Department of Health and Human Services, 1985.

NRC (National Research Council), *The Alkyl Benzenes*, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board of Toxicology and Environmental Health Hazards, Assembly of Life Sciences, Washington, D.C., National Academy Press, 1980.

Ogata, M., K. Tomokuni et Y. Takatsuka, «Urinary excretion of hippuric acid and m- or p-methylhippuric acid in the urine of persons exposed to vapours of toluene and m- or p-xylene as a test of exposure», *Br. J. Ind. Med.*, n° 27, 1970, p. 43-50.

Oilweek, «Canadian motor gasoline sale» (tableau), *Oilweek*, 22 février 1988, p. 16.

MEO (Ministère de l'Environnement de l'Ontario), *Drinking Water Surveillance Program. Overview annual report 1987*, 1987.

MEO (Ministère de l'Environnement de l'Ontario), *Preliminary report for the first six months of monitoring in the petroleum refining sector (December 1, 1988 to May 31, 1989)*, Ministère de l'Environnement de l'Ontario, décembre 1989.

MEO (Ministère de l'Environnement de l'Ontario), Rapport non publié, Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Sarnia (Ontario), 1992.

Otson, R., «Purgeable organics in Great Lakes raw and treated water», *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, n° 31, 1987, p. 41-53.

Otson, R. et F.M. Benoit, «Surveys of selected organics in residential air», dans Walkinshaw, D.S., éd., *Indoor Air Quality in Cold Climates, An Air Pollution Control Association Speciality Conference*, 1985, p. 224-236.

Otson, R., D.T. Williams et P.D. Bothwell, «Volatile organic compounds in water at thirty Canadian potable water treatment facilities», *J. Assoc. Of. Anal. Chem.*, n° 65, 1982, p. 1370-1374.

PACE (Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment), *A Study of Exposure to Motor Gasoline Hydrocarbon Vapours at Service Stations (Phase II — Summer Study)*, PACE Report No. 87-5, Ottawa (Ontario), 1987

PACE (Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment), *A Study of Exposure to Motor Gasoline Hydrocarbon Vapours at Service Stations (Phase III - Winter Study)*, PACE Report No. 89-3, Ottawa (Ontario), 1989.

Pellizzari, E.D., T.D. Hartwell, B.S.H. Harris III, R.D. Waddell, D.A. Whitaker et M.D. Erickson, «Purgeable organic compounds in mother's milk», *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n° 28, 1982, p. 322-328.

- Pilar, S. et W.F. Graydon, «Berizene and toluene distribution in Toronto atmosphere», *Environ. Sci. Technol.*, n° 7, 1973, p. 628-631.
- Potera, G.T., *The effects of benzene, toluene, and ethyl benzene on several important members of the estuarine ecosystem*, thèse de doctorat, Université Lehigh, Bethlehem, PA, 1975, 117 p.
- Pyykko, K., H. Tahti et Vapaatalo, «Toluene concentrations in various tissues of rats after inhalation and oral administration», *Arch. Toxicol.*, n° 38, 1977, p. 169-176.
- Rickert, W.S. et LABSTAT Inc., «Some considerations when estimating exposure to environmental tobacco smoke (ETS) with particular reference to the home environment», *Can. J. Public Health*, n° 79, 1988, p. 533-539.
- Sato, A., *Toxicokinetics of benzene, toluene and xylenes*, IARC Sci. Publ. France, vol. 85, ch. 3, 1988, p. 47-64.
- Scheff, P.A., R.A. Wadden, B.A. Bates et P.F. Aronian, 1989, «Source fingerprints for receptor modelling of volatile organics», *J. Air Pollut. Control Assoc.*, n° 39, 1989, p. 469-478.
- Seip, H.M., J. Alstad, G.E. Carlberg, K. Martinsen et R. Skaane, «Measurement of mobility of organic compounds in soils», *Sci. Total. Environ.*, n° 50, 1986, p. 87-101.
- Shah, J.J. et H.B. Singh, «Distribution of volatile organic chemicals in outdoor and indoor air. A national VOCs data base», *Environ. Sci. Technol.*, n° 22, 1988, p. 1381-1388.
- Shah, J.J. et E.K. Heyerdahl, *National Ambient Volatile Organic Compounds (VOCs) Data Base Update, Documentation*, PB88-195631. National Technical Information Service, Springfield, VA, 1988, 131 p.
- Sigsby, J.E., Jr., S. Tejada, W. Ray, J.M. Lang et J.W. Duncan, «Volatile organic compound emissions from 46 in-use passenger cars», *Environ. Sci. Technol.*, n° 21, 1987, p. 466-475.
- Slaine, D.D. et J.F. Barker, «The detection of naturally occurring BTX during a hydrogeologic investigation», *Ground Water Monit. Rev.*, printemps 1990, p. 89-94.
- Slooff, W. et P.J. Blokzijl (éd.), *Integrated Criteria Document Toluene*, RIVM Research for Man and Environment, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Pays-Bas, rapport n° 758473010, 1988.
- SRI, *Health Effects of Chemicals Series: Toluene*, R.L. Joiner, SRI International, Menlo Park, CA, 1980.
- Stanley, J.S., *Broad Scan Analysis of Human Adipose Tissue: Volume II : Volatile Organic Compounds. Final Report*, préparé par le Midwest Research Institute for Office of Pesticide and Toxic Substances, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1986.
- Syracuse Research Corporation, *Health Assessment Document for Toluene. Final Report*, PB84-100056, National Technical Information Service, Springfield, VA, 1983, 427 p.
- Ungvary, G. et E. Tatral, «On the embryotoxic effects of benzene and its alkyl derivatives in mice, rats and rabbits», *Arch. Toxicol. Suppl.*, 8° suppl., 1985, p. 425-430.

Upper Great Lakes Connecting Channels Management Committee, *Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Volume 2, Final Report*, préparé conjointement par Environnement Canada, le ministère de l'Environnement de l'Ontario, l'Environmental Protection Agency des États Unis, le Michigan Department of Natural Resources, 1988.

USDHHS (U.S. Department of Health and Human Services), *The Health Consequences of Involuntary Smoking: a Report of the Surgeon General*, Public Health Service, Centers for Diseases Control, Office on Smoking and Health, Rockville, MD, 1986.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), *Occurrence of Synthetic Organic Chemicals in Drinking Water, Food, and Air*, PB89-192520, Office of Drinking Water, Washington, D.C., 1987, 175 p.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), *Air Emissions Species Manual, Volatile Organic Compound Species Profiles*, Volume I, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, EPA-450/2-90-001a, 1990.

Veith, G.D., K.J. Macek, S.R. Petrocelli et J. Carroll, «An evaluation of using partition coefficients and water solubility to estimate bioconcentration factors for organic chemicals in fish», dans *Aquatic Toxicity*, J.G. Eaton, P.R. Parish et A.C. Hendricks (éd.), American Society for Testing and Materials, ASTM STP, n° 707, 1980, p. 116-129.

von Oettingen, W.F., P.A. Neal, D.D. Donahue, J.L. Svirbely, H.D. Baernstein, A.R. Monaco, P.J. Valaer et J.L. Mitchell, «The toxicity and potential dangers of toluene with special reference to its maximal permissible concentration», U.S. Public Health Service, 1942, 50 p. (*Public Health Bulletin No. 279*)

Wakeham, S.G., E.A. Canuel, P.H. Doering, J.E. Hobbie, J.V.K. Helfrich et R.G.R. Lough, «The biogeochemistry of toluene in coastal seawater: radiotracer experiments in controlled ecosystems», *Biogeochemistry*, n° 1, 1985, p. 307-328.

Ward, G.S., P.R. Parrish et R.A. Rigby, «Early life stage toxicity tests with a saltwater fish: Effects of eight chemicals on survival, growth and development of sheepshead minnows (*Cyprinodon variegatus*)», *J. Toxicol. Environ. Health*, n° 8, 1981, p. 225-240.

Wilson, J.T., C.G. Enfield, W.J. Dunlap, R.L. Cosby, D.A. Foster et L.B. Baskin, «Transport and fate of selected organic pollutants in a sandy soil», *J. Environ. Qual.*, n° 10, 1981, p. 501-506.

Wilson, J.T., J.F. MacNabb, B.H. Wilson et M.J. Noonan, «Biotransformation of selected organic pollutants in ground water», *Dev. Ind. Microbiol.*, n° 24, 1983, p. 225-233.

Wineman, M.M., D.A. Kalman et T.V. Larson, *Selected trace gas atmospheric emission estimates from two municipal landfills with passive gas collection systems*, document présenté à la réunion annuelle de 1985 PNWIS-APCA, tenue du 13 au 15 novembre 1985 à Calgary (Alberta).

Winneke, G., «Acute behavioral effects of exposure to some organic solvents: psychophysiological aspects», *Occup. Neurol. Acta Neurol. Scand.*, n° 66 (Suppl. 92), 1982, p. 117-129.

Wood, J.A. et M.L. Porter, *Hazardous Pollutants in Class II Landfills*, document présenté à la 79^e réunion annuelle de l'Association du contrôle de la pollution de l'air, du 22 au 27 juin 1986, Minneapolis, MN.

Zafonte, L et J.M. Lyons, *Benzene/aromatics measurements and exhaust emissions from gasoline vehicles*, document présenté à la 82^e réunion annuelle de l'*Air and Waste Management Association*, tenue du 25 au 30 juin 1989 à Anaheim, CA.