



Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique

1,4-DIOXANE

Le 1,4-dioxane (numéro de registre CAS 123-91-1) est un liquide incolore à température et pression normales (Verschuere, 1983; OMS, 2005; Budavari *et coll.*, 1989). Sa formule chimique est $C_4H_8O_2$ et son poids moléculaire est de 88,1 g/mol (Budavari *et coll.*, 1989).

Utilisations et sources : le 1,4-dioxane a été et continue d'être largement utilisé dans diverses applications relatives aux solvants commerciaux et industriels : la fabrication et le traitement chimique des adhésifs, des agents de nettoyage et des détergents, des cosmétiques, des désodorisants, des fumigants, des émulsions, des pâtes à polir, des graisses, des laques, des résines, des huiles, de la pâte de bois, des vernis, des cires, de la peinture, des colorants, des plastiques, du caoutchouc, de l'acétate de cellulose, des pesticides et d'un catalyseur de polymérisation (NTP, 1978; UE, 2002; HSDB, 2003; ATSDR, 2004; OMS, 2005). Parmi d'autres utilisations du 1,4-dioxane figurent la fabrication de filtres à membrane pour mesurer l'activité optique, des solvants pour les graisses, des agents mouillants et dispersants dans l'industrie textile, et en laboratoire, on l'utilise comme liquide pour le comptage à scintillations, la spectroscopie et la photochimie, comme réactif ou élément en chromatographie, et comme agent déshydratant dans la préparation des coupes histologiques (NTP, 1978; UE, 2002; CalEPA OEHHA, 2003; HSDB, 2003; ATSDR, 2004). Par le passé, on se servait abondamment du 1,4-dioxane pour stabiliser les solvants chlorés, en particulier le 1,1,1-trichloroéthane. Avant 1995, environ 90 % de la production du 1,4-dioxane était utilisée à cette fin (ATSDR, 2004). Le plus souvent, on l'ajoutait à des mélanges de solvants chlorés à une concentration d'environ 3,5 %. Comme l'utilisation du 1,1,1-trichloroéthane a diminué depuis 1995, aux termes du Protocole de Montréal (en raison de son potentiel de destruction de la couche d'ozone), on ne croit pas que l'usage actuel du 1,4-dioxane comme stabilisateur du 1,1,1-trichloroéthane soit important (UE, 2002; HSDB, 2003).

L'Union européenne (2002) fait état de quatre principales catégories de source de 1,4-dioxane : i) production; ii) utilisation dans des procédés de transformation; iii) préparations commerciales; et, iv) formation involontaire. En ce qui concerne la formation involontaire, il est bien connu que le 1,4-dioxane peut se trouver sous forme de sous-produit dans plusieurs

réactions d'éthoxylation (UE, 2002), surtout celles utilisées pour la production de surfactants qui entrent dans la préparation de détergents (p. ex. les sulfates d'éther alcoylique et les surfactants non ioniques). Le 1,4-dioxane peut donc être rejeté dans l'environnement au cours de la fabrication et de l'utilisation de ces surfactants. De plus, il est possible que toute une série d'autres produits formés par réaction d'éthoxylation puissent contenir du 1,4-dioxane comme sous-produit (p. ex. les alkyles, les alkylphénols et les amines grasses éthoxylées, les polyéthylènes glycols et leurs esters, et les esters de sorbitan éthoxylés) (AU, 1997). Ces produits chimiques sont utilisés dans certains aliments, cosmétiques, produits agricoles et vétérinaires, produits thérapeutiques, produits ménagers et dans diverses applications industrielles (UE, 2002). Il n'existe aucune information documentée concernant des sources naturelles ou une présence à l'état naturel de 1,4-dioxane. Par conséquent, il semble que toutes les sources de cette substance soient anthropiques. Toutefois, le 1,4-dioxane est présent à de faibles concentrations dans différents aliments, et on ne sait pas avec certitude si sa présence est la manifestation d'une production naturelle ou le résultat d'une contamination (UE, 2002). Si sa présence dans les aliments est le résultat d'une impureté chimique, on soupçonne les additifs alimentaires éthoxylés, comme les polysorbates, d'en être la source (NICNAS, 1998). En résumé, le 1,4-dioxane peut pénétrer dans l'environnement soit par les effluents d'eaux usées et les flux d'air aux sites où il est produit, transformé et utilisé, et *par* la formation involontaire.

Devenir : Compte tenu de la constante estimée de la loi d'Henry de $4,88 \times 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{m}^3 \text{ mol}^{-1}$ (Howard 1990), on s'attend à ce que le 1,4-dioxane soit relativement volatile aussi bien à partir des eaux de surface que des sols humides (Park *et coll.*, 1987; Thomas, 1990; UE, 2002). La demi-vie de volatilisation estimée à partir d'un cours d'eau modèle est de cinq jours, tandis que celle estimée à partir d'un lac modèle est de 56 jours (EPA des États-Unis, 2005). D'autres prétendent que les rejets de 1,4-dioxane dans les eaux de surface devraient conduire à un transfert de masse *par* volatilisation de l'eau vers l'air en raison de la valeur de la constante de la loi d'Henry (GDCH, 1991a). Toutefois, les

**Tableau 1. Recommandations canadiennes pour la
qualité des eaux : protection de la vie aquatique –
1,4-dioxane
(mg·L⁻¹)**

	Exposition à long terme	Exposition à court terme
Eau douce	AR	AR
Eau de mer	AR	AR

AR = Aucune recommandation établie

modèles de fugacité de MacKay de niveau I et 2, tels que modélisés par l'ATSDR (2004) et The Sapphire Group, Inc. (2007), montrent respectivement qu'à l'état d'équilibre, 91 % et 92 % du 1,4-dioxane se retrouvera dans l'eau et le reste dans l'air. D'autres prétendent également que la diffusion moléculaire dans l'air sera lente (NICNAS, 1998). En se fondant sur l'estimation de la biodégradation aérobie en milieu aqueux, Howard *et coll.* (1991) ont fourni des données de demi-vie pour le 1,4-dioxane présent dans les eaux de surface qui varient de un à six mois, et de deux à douze mois dans le cas des eaux souterraines. La demi-vie estimée du 1,4-dioxane dans l'eau varie de 67 jours à plus de 9 ans, d'après les taux de photooxydation mesurés et la réaction avec les radicaux hydroxyles présents dans l'eau (NICNAS, 1998). Comme ce composé ne comporte aucun groupe hydrolysable, et qu'en général, les éthers sont résistants à l'hydrolyse, on ne s'attend pas à ce que le 1,4-dioxane s'hydrolyse de manière importante dans l'environnement (NICNAS, 1998).

Le 1,4-dioxane semble être stable et est très soluble dans l'eau (HSDB, 2003). Comme cette substance n'absorbe pas la lumière dans le spectre normal de l'environnement (c.-à-d. >290 nm), on ne s'attend pas à ce qu'il subisse une photolyse directe dans l'eau, bien qu'une photolyse indirecte puisse survenir par réaction avec les radicaux hydroxyles aqueux, près de la surface de l'eau (HSDB, 2003; ATSDR, 2004). Pour cette réaction, on estime la demi-vie à 336 jours à un pH neutre (Anbar et Neta, 1967). Le 1,4-dioxane est également résistant à la biodégradation dans l'eau dans des conditions ambiantes (ATSDR, 2004; EU, 2002; HSDB, 2003). De plus, il ne se biodégrade pas facilement dans les systèmes courants de traitement des eaux usées (ATSDR, 2004). Certaines données tendent à prouver que des cultures microbiennes acclimatées sont capables de dégrader le 1,4-dioxane dans certaines conditions, comme la présence de cosubstrats, l'enrichissement en éléments nutritifs et des températures élevées (Roy *et coll.*, 1994; 1995; Zenker *et coll.*, 1999, 2000; Kelley *et coll.*, 2001; Parales *et coll.*, 1994).

Bioaccumulation : Le logarithme du coefficient de partage octanol-eau (log K_{oc}) dont on dispose pour le 1,4-dioxane varie de -0,49 (GDCH, 1991b) à -0,27 (Howard, 1990), ce qui signifie que son affinité pour les lipides est faible et que le potentiel de concentration dans les organismes aquatiques est également faible. Les résultats d'une étude expérimentale de bioconcentration portant sur le 1,4-dioxane ont montré des valeurs de facteurs de bioconcentration (FBC) très faibles (de 0,2 à 0,7) (Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology and Information Center, 1992). Donc, il est improbable que la bioconcentration, la bioaccumulation et la bioamplification soient des processus importants pour le 1,4-dioxane présent dans les systèmes aquatiques (HSDB, 2003; ATSDR, 2004).

Limites de détection des méthodes : L'OMS (2005) indique que le 1,4-dioxane peut être analysé par différentes techniques analytiques dont les limites de détection sont aussi faibles que 1,0x10⁻⁴ mg L⁻¹. La méthode d'analyse utilisée par la Direction des services de laboratoire, du ministère de l'Environnement de l'Ontario est la technique de chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire /spectrométrie de masse quadripolaire couplée à une technique de purge/piégeage. La limite de détection de cette méthode est de 5,0x10⁻⁴ mg L⁻¹ (R. Salemi, 2008, communication personnelle). Toutefois, cette méthode n'est pas approuvée par l'Association canadienne des laboratoires d'analyse environnementale (ACLAE).

Concentrations ambiantes : Des échantillons d'eaux souterraines, recueillis entre 1983 et 1986 près de divers sites d'enfouissement au Canada, contenaient moins de 0,001 mg L⁻¹ de 1,4-dioxane (GDCH, 1991a). La concentration maximale de 1,4-dioxane détectée dans des eaux souterraines était de 0,500 mg L⁻¹, et provenait d'un échantillon prélevé au-dessous d'un site d'enfouissement situé au Canada (GDCH, 1991a). Le Bureau national de la surveillance de la qualité de l'eau d'Environnement Canada a fourni des données sur les concentrations de 1,4-dioxane mesurées dans les eaux de surface dans l'est du Canada (C. Lochner 2008, communication personnelle). Tous les échantillons prélevés dans les eaux de surface (dont 29 au Nouveau-Brunswick, 41 à Terre-Neuve et 31 en Nouvelle-Écosse) présentaient des concentrations inférieures à la limite de détection, qui est de 0,5 mg L⁻¹. Aucune autre donnée sur les concentrations ambiantes de 1,4-dioxane dans les eaux de surface au Canada n'était disponible.

Facteurs modifiant la toxicité : Aucune information concernant l'effet des paramètres de la qualité de l'eau sur la toxicité du 1,4-dioxane pour les organismes aquatiques n'a pu être trouvée.

Toxicité : D'après les données disponibles, il semble les vertébrés soient généralement plus résistants aux expositions à court terme et à long terme, comparativement aux invertébrés.

En eau douce, les concentrations associées à une toxicité avec effets graves dans le cas d'une exposition à court terme (des CL₅₀ sur 24 à 96 h) pour les poissons allaient de 4,269 mg L⁻¹ pour le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*) (Brooke, 1987) à 13,000 mg L⁻¹ pour la tête-de-boule (*Pimephales promelas*) (GDCH, 1991b). Dans le cas des invertébrés, seules deux concentrations avec effets graves sont extraites des études publiées, une CL₅₀ après 96 h de 2,274 mg L⁻¹ pour la puce d'eau *Gammarus pseudolimnaeus* (Brooke, 1987) et une CL₅₀ après 24 heures de 4,700 mg L⁻¹ pour la puce d'eau *Daphnia magna* (Bringmann et Kuhn, 1977). La concentration la plus faible avec effets aigus pour les invertébrés correspondait à une CE₅₀ après 48 heures pour l'immobilisation de 163 mg L⁻¹ pour la puce d'eau *Ceriodaphnia dubia* (GDCH, 1991b).

Les concentrations avec effets associées à une exposition à long terme (exposition ≥ 7 j pour les poissons et les invertébrés; exposition ≥ 24 h pour les plantes aquatiques et les algues variaient d'une CSEO après 32 j de 145 mg/L pour la tête-de-boule (*Pimephales promelas*) au stade embryolarvaire (GDCH, 1991b) à une CMEO après 28 j de 6 933 mg L⁻¹ pour le medaka (*Oryzias latipes*) (Johnson *et coll.*, 1993). Pour les invertébrés, dans l'ensemble des données, on ne rapporte que deux études sur les effets à long terme du 1,4-dioxane, les deux portant sur la daphnie *Ceriodaphnia dubia*. On y trouve une CSEO et une CMEO après sept jours de 635 et de 1 250 mg L⁻¹, respectivement (Dow, 1995).

Dans l'ensemble des données, on ne rapporte que deux études sur les effets du 1,4-dioxane sur les plantes aquatiques. On a rapporté un seuil de toxicité (ST) après 8 j de 575 et de 5 600 mg L⁻¹ pour la cyanobactérie *Microcystis aeruginosa* et l'algue verte *Scenedesmus quadricauda*, respectivement (Bringmann et Kuhn, 1977).

Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux : Aucune recommandation canadienne pour la qualité des eaux en vue de protéger la vie aquatique (RCQE-PVA) contre les effets d'une exposition à court et

à long termes en milieu dulcicole n'a pu être élaborée pour le 1,4-dioxane puisque les exigences minimales en matière de données n'ont pas été satisfaites (CCME, 2007). L'ensemble de données minimal pour une recommandation de type B2 ne comportait pas d'étude de toxicité à long terme sur un salmonidé. Quant à l'ensemble de données minimal pour une RCQE-PVA de type A ou B1, il ne présentait pas non plus une telle étude sur un salmonidé. Il ne comportait pas non plus d'étude sur un invertébré aquatique ou semi-aquatique. Il y avait suffisamment de données pour élaborer une recommandation de type A pour une exposition à court terme (RCQE-PVA) du CCME. Toutefois, le groupe de travail sur la qualité de l'eau (CCME) a décidé que les recommandations à court terme ne seraient pas élaborées sans la présence d'une recommandation à long terme. En effet, comme les recommandations pour la qualité des eaux à court terme n'offrent pas une protection intégrale (voir le paragraphe suivant), il y a une certaine réserve à publier des recommandations à court terme sans qu'elles ne soient accompagnées par des recommandations à long terme offrant une protection complète.

Recommandation pour la qualité des eaux douces à l'égard d'une exposition à court terme : Les recommandations pour une exposition à court terme sont fondées sur les données des effets graves (tels que la létalité) observés pendant des périodes d'exposition définies à court terme (24-96 h). Ces recommandations, fondées sur une estimation des effets graves sur l'écosystème aquatique, ont pour objectif de donner des indications sur les impacts de situations graves mais passagères (par exemple, déversements dans des milieux aquatiques récepteurs, rejets peu fréquents de substances non persistantes ou de courte durée de vie). Les recommandations à court terme ne fournissent pas de directives sur les niveaux de protection contre une substance dans les milieux aquatiques puisqu'elles ne protègent pas contre les effets néfastes.

Recommandation pour la qualité des eaux à long terme : Les recommandations pour l'exposition à long terme définissent, pour l'écosystème aquatique, des valeurs de référence qui visent à protéger toutes les formes de vie aquatique pour des périodes d'exposition indéterminées (exposition ≥ 7 j pour les poissons et les invertébrés, exposition ≥ 24 h pour les plantes aquatiques et les algues).

Bibliographie

- Anbar, M., and Neta, P. 1967. A compilation of specific bimolecular rate constants for the reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals with inorganic and organic compounds in aqueous solution. *Int J Appl Radiat Isot* 18: 493-523. Cité dans : ATSDR, 2004.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2004. Toxicological Profile for 1,4-Dioxane, Ébauche pour fins de commentaires publics. Septembre 2004.
- Aus (Australia). 1997. Australian SIDS Initial Assessment Report (OECD) (draft 1997). Cité dans : EU, 2002.
- Bringmann, G., and Kuhn, R. 1977. The effects of water pollutants on *Daphnia magna* (Befunde der Schädigung Wassergefährdender Stoffe Gegen *Daphnia magna*). *Z. Wasser-Abwasser-Forsch.* 10(5): 161-166(ENG TRANSL). Cité dans : ECOTOX, 2007.
- Brooke, L. 1987. Report of the Flow-Through and Static Acute Test Comparisons with Fathead Minnows and Acute Tests with an Amphipod and a Cladoceran. Center for Lake Superior Environ.Stud., Univ. of Wisconsin-Superior, Superior, WI : 24 p. Cité dans : ECOTOX, 2007.
- Budavari, S., O'Neil, M.J., Smith, A., and Heckelman, P.E. (Eds.). 1989. The Merck Index, 11th Edition. Merck and Co., Inc., Rahway, NJ, p. 954. Cité dans : U.S. EPA, 1995.
- CalEPA OEHHA (California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment). 2003. Chronic Toxicity Summary. 1,4-Dioxane. http://www.oehha.org/air/chronic_rels/pdf/123911.pdf
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2007. Protocole d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux en vue de protéger la vie aquatique (27 avril 2007 – Ébauche pour examen public). Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux, Winnipeg (Manitoba), CCME
- Dow. 1995. Toxicity and environmental references for 1,4-dioxane. Communication personnelle. Cité dans : NICNAS, 1998.
- ECOTOX. 2007. 1,4-Dioxane. U.S. EPA Environmental Protection Agency, ECOTOXicology database. Available at: <http://cfpub.epa.gov/ecotox/>. [1^{er} mars 2007].
- EU (European Union). 2002. European Union risk assessment report: CAS No. 123-91-1; EINECS No. 204-661-8; 1,4-Dioxane. Luxembourg: European Communities, Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau. http://ecb.jrc.it/Documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/dioxanereport038.pdf
- GDCH (German Chemical Society). 1991a. 1,4-Dioxane. German Chemical Society - Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance. BUA Report No. 80. Stuttgart, Germany, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, p 96. Cité dans : NICNAS, 1998.
- GDCH. 1991b. 1,4-Dioxane. German Chemical Society - Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance. BUA Report No. 80. Stuttgart, Germany, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, p 18. Affiché à l'adresse : http://www.hirzel.de/bua-report/PDF/Summary_Report80.pdf [17 avril 2007].
- Howard, P.H. 1990. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, pp. 216-221. Cité dans : U.S. EPA, 1995.
- Howard P.H., Boethling R.S., Jarvis W.F., Meylan W.M., Michalenko E.M. 1991. *Handbook of Environmental Degradation Rates*. Lewis Publishers, Ann Arbor, MI.
- HSDB (Hazardous Substances Databank). 2003. 1,4-Dioxane. Affiché à l'adresse : <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~IMRxtA:1>.
- Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology and Information Center. 1992. Biodegradation and bioaccumulation data of existing chemicals based on CSCL Japan. Dir. Chemicals Inspection and testing Institute Japan. Cité dans : EU, 2002.
- Johnson, R., Tietge, J., Stokes, G., and Lothenbach, D. 1993. The Medaka Carcinogenesis Model. In: Tech.Rep.9306, Compendium of the FY1988 & FY1989 Res.Rev.for the Res.Methods Branch, U.S. Army Biomedical Res.& Dev.Lab., Ft.Detrick, Frederick, MD :147-172 (U.S.NTIS AD-A272667). Cité dans : ECOTOX, 2007.
- Kelley, S.L., Aitchison, E.W., Deshpande, M., Schnoor, J.L., and Alvarez, P.J.J. 2001. Biodegradation of 1,4-dioxane in planted and unplanted soil: Effect of bioaugmentation with *amycolata* sp. CB1190. *Water Res* 35: 3791-3800.
- Lochner, C. 2008. Water Quality Monitoring and Surveillance, Water Science and Technology, Environment Canada. 1,4-Dioxane in Canadian Fresh Waters. Communication personnelle.
- OMOE (Ontario Ministry of the Environment). 1991. Interim Water Quality Guideline for 1,4-Dioxane. Ontario Ministry of the Environment Water Resources Branch.
- NICNAS (National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme). 1998. 1,4-Dioxane. Priority Existing Chemical No. 7. Full Public Report. ISBN 0 642 47104 5. Canberra, Australia. Pp111.
- NTP (National Toxicology Program). 1978. TR-80. Bioassay of 1,4-Dioxane for Possible Carcinogenicity (CAS No. 123-91-1). National Cancer Institute, Technical Report Series No. 80. NCI-CG-TR-80. http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr080.pdf
- OMOE. 1992. Ontario's Water Quality Objective Development Process. Ontario Ministry of the Environment.
- Park, J.H., Hussam, A., Couason, P., Fritz, D., and Carr, P.W. 1987. Experimental reexamination of selected partition coefficients from Rohrschneider's data set. *Anal Chem* 59: 1970-1976.
- Parales, R.E., Adamus, J.E., White, N., and May H.D. 1994. Degradation of 1,4-dioxane by an actinomycete in pure culture. *Appl Environ Microbiol* 60: 4527-4530. Cité dans : ATSDR, 2004.
- Roy, D., Anagnostu, G., and Chaphalkar, P. 1994. Biodegradation of dioxane and diglyme in industrial waste. *J Environ Sci Health Part A A29*: 129-147. Cité dans : ATSDR, 2004.
- Roy, D., Anagnostu, G., and Chaphalkar, P. 1995. Analysis of respirometric data to obtain kinetic coefficients for biodegradation of 1,4-dioxane. *J Environ Sci Health, Part A* 30: 1775-1790. Cité dans : ATSDR, 2004.
- Salemi, R. 2008. Laboratory Services Branch. Ontario Ministry of the Environment. Method Detection Limit of 1,4-Dioxane in Aquatic Samples. Communication personnelle.
- The Sapphire Group, Inc. 2007. Voluntary Children's Chemical Evaluation Program (VCCEP) – Tiers 1, 2 and 3 Pilot Submission for 1,4-Dioxane. 13 mars 2007.
- Thomas, R.G. 1990. Volatilization from water. In: Lyman, W.J., Reehl, W.F., et al., dir. Handbook of chemical property estimation methods: Environmental behavior of organic compounds. Washington, DC: American Chemical Society, 1-34. Cited In: ATSDR, 2004.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. 1,4-Dioxane Fact Sheet: Support Document (CAS No. 123-9-1). OPPT Chemical Fact Sheets. U.S. Environmental Protection Agency, Pollution Prevention and Toxics, EPA 749-F-95-010a. Verschueren, K. 1983. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals 2nd Edition. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Verschueren, K. 1983. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals 2nd Edition. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- WHO (World Health Organization). 2005. 1,4-Dioxane in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization.

Zenker, M.J., Borden, R.C., and Barlaz, M.A. 1999. Investigation of the intrinsic biodegradation of alkyl and cyclic ethers. In: Alleman BC & Leeson A, eds. *The Fifth International In Situ and On-site Bioremediation Symposium*, held April 19-22, 1999, in San Diego, Calif. Columbus: Battelle Press, 165-170. Cited In: ATSDR, 2004.

Zenker, M.J., Borden, R.C., and Barlaz, M.A. 2000. Mineralization of 1,4-dioxane in the presence of a structural analog. *Biodegradation* 11: 239-246.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2008. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique – 1,4-dioxane*. Dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999*, Le Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez communiquer avec :

Ministère de l'Environnement de l'Ontario
Direction de l'élaboration des normes
40, av. St. Clair Ouest
Toronto, ON M4V 1M2
Téléphone : 416-327-5519
Courriel : Tim.Fletcher@ontario.ca
Adresse Internet : <http://www.ene.gov.on.ca>

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce document :

www.ccme.ca

Also available in English.

© Conseil canadien des ministres de l'environnement 2008
Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8