



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

TOXAPHÈNE

Toxaphène est un nom commun qui désigne un mélange complexe de dérivés très peu caractérisés des camphènes et des bornanes chlorés (CCMRE, 1987). Le terme « camphènes polychlorés » (CPC) se rapporte à un mélange de composés et d'isomères dont la structure est semblable et dont plus des deux tiers renferment entre sept et neuf atomes de chlore (CCMRE, 1987). On connaît l'existence d'au moins 202 isomères (Saleh, 1991), bien que le nombre de configurations possibles s'élève à 670 (Jansson et Wideqvist, 1983). Il importe d'examiner le mélange de CPC qui entrent dans la composition du toxaphène de qualité technique, l'information disponible sur les différents isomères étant très limitée.

Mis au point en 1946, le toxaphène est un insecticide à large spectre (ATSDR, 1994). En 1982, en se fondant sur des données indiquant que les CPC ont un effet néfaste sur le milieu naturel et la santé humaine, on a interdit la plupart des emplois du toxaphène homologués en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* et limité l'utilisation de ce produit à la seule lutte contre les ectoparasites du bétail. Aux États-Unis, tous les emplois du toxaphène ont été interdits en 1990 (Saleh, 1991). Environnement Canada a classé le toxaphène parmi les substances de voie I parce qu'il est persistant et bioaccumulable, que son rejet dans l'environnement découle principalement de l'activité humaine et qu'il est jugé toxique aux termes de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (Environnement Canada, 1997a). Bien que les mesures réglementaires aient éliminé bon nombre des sources historiques de CPC, ces produits présentent toujours, pour plusieurs raisons, un danger écologique important. D'abord, étant donné l'utilisation généralisée de CPC hautement persistants (les demi-vies observées dans les sols s'élèvent jusqu'à 14 ans [ATSDR, 1994]) en Amérique du Nord pendant plus de trois décennies, les niveaux actuels de toxaphène sont sans doute en grande partie attribuables à l'emploi historique de ce produit au Canada et aux États-Unis. Ensuite, le transport atmosphérique sur de grandes distances de CPC en provenance d'Asie, d'Afrique et d'Europe de l'Est, où ces composés sont encore produits et utilisés à grande échelle, peut être à l'origine de dépôts considérables et continus dans les écosystèmes du Canada. Enfin, des données indiquent que certains CPC

sont produits involontairement au cours des processus de fabrication qui utilisent la chloration (ATSDR, 1994). Ainsi, bien qu'on ait grandement limité l'utilisation du toxaphène en Amérique du Nord, ce produit présente des propriétés physico-chimiques qui lui permettent d'être transporté sur de grandes distances et de s'accumuler dans les sols, les sédiments et les tissus biologiques.

Les recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (RPQS) relativement à la teneur en toxaphène des sédiments d'eau douce et des sédiments marins ont été établies selon le protocole décrit dans le document du CCME (1995) (tableau 1). Les RPQS se rapportent aux concentrations totales de toxaphène dans les sédiments de surface (couche supérieure de 5 cm) calculées en fonction du poids sec et quantifiées par extraction et analyse au moyen d'une méthode normalisée. On n'a pu fixer des RPQS visant la teneur en toxaphène des sédiments d'eau douce et des sédiments marins ni à l'aide d'une variante de la démarche du National Status and Trends Program ni par la méthode des tests de toxicité des sédiments avec dopage, les données étant insuffisantes. On a donc considéré les recommandations utilisées par d'autres instances gouvernementales dans le but d'en adopter une à court terme. En utilisant l'approche fondée sur la répartition à l'équilibre, le New York State Department of Environmental Conservation a établi un critère de qualité de 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de carbone organique pour une exposition chronique à des sédiments d'eau douce contaminés par du toxaphène; un critère de qualité de 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de carbone organique a aussi été établi pour une exposition chronique à des sédiments marins contaminés par ce produit (NYSDEC, 1994). Ces valeurs sont les plus faibles parmi les recommandations utilisées par d'autres instances

Tableau 1. Recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (RPQS) établies pour le toxaphène (CPC) ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ps).

	Sédiments d'eau douce	Sédiments marins et estuariens
RPQS	0,1*	0,1*

* Valeur provisoire 1 % COT, adoption des critères de qualité pour une exposition chronique à des sédiments, de 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ COT, établis par le New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC, 1994; COT hypothétique de 1%).

gouvernementales. Elles ont été modifiées de façon à être exprimées sous forme de rapport à une masse sèche de sédiment comme les autres RPQS et adoptées comme recommandations provisoires pour la qualité des sédiments. La RPQS pour les sédiments d'eau douce est donc de $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, et celle pour les sédiments marins, de $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (COT hypothétique de 1 %) (tableau 1). Les RPQS constituent des concentrations numériques recommandées pour le maintien de la vie aquatique associée aux matériaux de fond.

Toxicité

Peu de tests de toxicité des sédiments avec dopage ont été effectués pour évaluer les effets sur les organismes dulçaquicoles et marins du toxaphène lié aux sédiments. On a toutefois mené un certain nombre d'études sur le terrain pour évaluer les effets sur les écosystèmes d'eau douce et les écosystèmes marins du toxaphène lié aux sédiments (Environnement Canada, 1998, annexes Ia et Ib). Les résultats d'études réalisées sur des sédiments prélevés sur le terrain et ayant permis de mesurer les concentrations de toxaphène et d'autres produits chimiques ainsi que leurs effets biologiques ont été compilés dans la Biological Effects Database for Sediments (BEDS) (Environnement Canada, 1998). Les effets biologiques néfastes répertoriés pour le toxaphène dans la BEDS comprennent une diminution de l'abondance et de la diversité des invertébrés benthiques et une augmentation de la mortalité. Les mesures de paramètres de toxicité chronique comme la croissance ou l'effort de reproduction étaient rares dans la BEDS. Les concentrations de toxaphène dans les sédiments d'eau douce répertoriées dans la BEDS variaient entre $0,12$ et $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Quant aux concentrations de toxaphène dans les sédiments marins répertoriées dans la BEDS, elles variaient entre $0,051$ et $109 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Les résultats de tests de toxicité des sédiments marins et des sédiments d'eau douce avec dopage indiquent que le toxaphène ne présente pas une forte toxicité aiguë. Les résultats d'études à plus long terme non répertoriées dans la BEDS attribuent cependant au toxaphène divers effets chroniques. On sait que l'exposition au toxaphène entraîne non seulement une diminution de la longévité, mais aussi des effets néfastes sur les systèmes cardio-vasculaire, hépatique, rénal, endocrinien, immunitaire et nerveux (ATSDR, 1994). Des études en laboratoire ont également montré que le toxaphène était génotoxique et cancérigène (Saleh, 1991).

Concentrations

Le peu de données dont on dispose indique que la plupart des concentrations de toxaphène dans les sédiments d'eau douce et les sédiments marins du Canada se situent au-delà des RPQS. Par exemple, on n'a pas décelé de toxaphène dans des sédiments d'eau douce prélevés à 14 endroits le long du bas Fraser, en Colombie-Britannique, entre 1987 et 1992 (Swain et Walton, 1988, 1993). Les seuils de détection atteints dans ces études étaient cependant élevés (30 à $300 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Il y a moins longtemps, des études où les seuils de détection étaient sensiblement moins élevés ($< 1,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) n'ont pas permis de déceler de toxaphène dans des sédiments extraits de six systèmes lacustres de la Colombie-Britannique (R.W. Macdonald, 1998, Institut des sciences de la mer, comm. pers.). Toutefois, les concentrations en sédiments des lacs du nord-ouest de l'Ontario, de l'Ouest canadien et de l'Arctique variaient de $2,6$ à $5,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, de $< 0,2$ à $110 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ et de $0,01$ à $17 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivement (Muir et coll., 1995; Donald et coll., 1998).

Dans les sédiments marins et estuariens, les concentrations de toxaphène se situent ordinairement en deçà des seuils de détection (Environnement Canada, 1998). En 1989, par exemple, Swain et Walton (1990) ont prélevé des échantillons de sédiments à 12 endroits dans la baie de Boundary, en Colombie-Britannique, et ont constaté que les concentrations de toxaphène étaient inférieures au seuil de détection, qui était de $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. La surveillance exercée subséquemment dans cette zone n'a également révélé aucune concentration décelable (supérieure au seuil de $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de toxaphène (Swain et Walton, 1990, 1993).

Autres considérations

Quelle que soit l'origine de la teneur en toxaphène des sédiments, des concentrations élevées de CPC peuvent avoir un effet néfaste sur les organismes aquatiques. On ne peut toutefois pas prédire avec certitude les effets biologiques défavorables qu'aura une exposition au toxaphène en se fondant sur les seules données sur les concentrations. La probabilité qu'une exposition aux CPC en un endroit donné produise des effets biologiques néfastes est liée à la sensibilité de chaque espèce exposée, aux paramètres examinés ainsi qu'à divers facteurs physico-chimiques (p. ex., chloration et K_{oc}), géochimiques (p. ex., COT et granulométrie) et biologiques (p. ex., comportement alimentaire et stade de

développement) qui agissent sur la biodisponibilité du toxaphène (Environnement Canada, 1998).

Les organismes benthiques sont exposés, par contact superficiel et ingestion de sédiments, aux formes particulières et dissoutes du toxaphène contenu dans les eaux interstitielles et sus-jacentes, ainsi qu'au toxaphène lié aux sédiments. Le toxaphène peut s'accumuler dans les tissus biologiques et s'amplifier dans la chaîne alimentaire, mais dans une moindre mesure que d'autres hydrocarbures chlorés plus persistants (p. ex., le DDT et les BPC). Cette différence est largement attribuable à l'hydrophobie relativement faible et à la forte hydrosolubilité du toxaphène, qui en facilitent la dégradation métabolique.

La biodisponibilité des composés organiques non polaires pour les organismes aquatiques peut varier en fonction des caractéristiques physico-chimiques de ces substances. On a déterminé que les coefficients de partage octanol-eau (K_{oc}) et l'hydrosolubilité constituaient des facteurs importants ayant une incidence sur la biodisponibilité des substances organiques liées aux sédiments. Les K_{oc} approximatifs calculés pour les CPC varient sensiblement d'une étude à l'autre. Par exemple, Sanborn et coll. (1976) ont obtenu pour les CPC un $\log K_{oc}$ de 2,92, tandis que Karickhoff et Long (1995) ont établi pour le même groupe de composés un $\log K_{oc}$ beaucoup plus élevé, soit de 5,56.

Bien que d'autres pesticides organochlorés, comme le DDT, tendent à s'accumuler dans les tissus qui présentent les plus fortes teneurs en lipides (Rogers et Hall, 1987; Muir et coll., 1992; Larsson et coll., 1993), la distribution du toxaphène dans les tissus des poissons semble moins liée à la teneur en lipides (Muir et coll., 1993a, 1993b, 1994a, 1994b). Cette différence peut être en partie attribuable à l'hydrosolubilité relativement élevée du toxaphène par rapport à celle des autres pesticides organochlorés.

L'altération environnementale, la photolyse, la volatilisation et la dégradation sélective de certains composés peuvent modifier sensiblement la composition des CPC contenus dans les sédiments (Bidleman et coll., 1988; Fowler et coll., 1993). L'assimilation sélective, la métabolisation et l'excrétion de certains CPC par les organismes aquatiques et terrestres peuvent également avoir une incidence sur le mélange de CPC présents dans les échantillons de tissus (ATSDR, 1994). Les CPC observés dans les échantillons du milieu peuvent être très différents du toxaphène de qualité technique qui sert

d'étalon d'analyse (Hargrave et coll., 1994). On pourrait atténuer cette source d'incertitude en effectuant des analyses sur chaque isomère, mais seulement quelques-uns des isomères présents dans le toxaphène de qualité technique ont été identifiés.

La complexité de la composition chimique du toxaphène et les difficultés liées à l'analyse de ses éléments constitutifs peuvent expliquer l'actuelle rareté des données sur ce produit. Les domaines qui nécessitent des recherches plus poussées comprennent l'identification et la caractérisation chimique des CPC qui entrent dans la composition du toxaphène de qualité technique du commerce, les propriétés physiques et chimiques des CPC ainsi que l'évolution dans l'environnement, la biodisponibilité et la toxicité du toxaphène lié aux sédiments.

Bien que les RPQS visent à protéger les invertébrés benthiques, elles ne tiennent pas spécialement compte des effets biologiques néfastes que peut avoir sur les niveaux trophiques supérieurs une exposition par voie alimentaire. La bioaccumulation jusqu'à de fortes concentrations ainsi que la bioamplification dans la chaîne alimentaire sont des aspects cruciaux du comportement et de l'évolution du toxaphène dans l'environnement (Kidd et coll., 1995; Muir et coll., 1990; 1994a, 1994b). Dans les Recommandations pour les résidus dans les tissus en vue de protéger les espèces fauniques consommant le biote aquatique au Canada, on examine les effets des substances bioaccumulables, comme le toxaphène, sur les niveaux trophiques supérieurs (Environnement Canada, 1997b). Il faudra donc tenir compte de ces recommandations ainsi que des RPQS dans l'évaluation des effets biologiques néfastes que peut avoir le toxaphène sur d'autres éléments des écosystèmes aquatiques.

Les RPQS pour le toxaphène reflètent l'état des connaissances en ce qui concerne les concentrations, l'évolution dans l'environnement et les effets biologiques du toxaphène lié aux sédiments. Ces valeurs constituent des points de référence que l'on peut utiliser avec d'autres outils scientifiques pour évaluer les risques d'effets biologiques néfastes attribuables au toxaphène contenu dans les sédiments. Ces recommandations peuvent en outre servir d'objectifs provisoires aux fins de l'évaluation des progrès réalisés en vue d'une élimination quasi complète. Compte tenu du contexte décrit ci-dessus, on prévoit que les RPQS pour le toxaphène seront utiles pour évaluer l'importance écotoxicologique de ce produit dans les sédiments.

Références

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1994. Toxicological profile for toxaphene. Préparé par : Research Triangle Institute for U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, ATSDR, Washington, DC.
- Bidleman, T.F., M.T. Zaranski, et M.D. Walla. 1988. Toxaphene: usage, aerial transport and deposition: Toxic contamination in large lakes, vol. 1. Dans Chronic effects of toxic contaminants in large lakes, N.W. Schmidtke, éd. Présenté à : World Conference on Large Lakes, le 19 mai, 1986, Mackinac Island, MI.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1995. Protocole pour l'élaboration de recommandations pour la qualité des sédiments en vue de la protection de la vie aquatique. CCME EPC-98F. Préparé par Environnement Canada, Division des recommandations, Secrétariat technique du CCME, Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux. Ottawa. [Repris dans les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, chapitre 6, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg, MB.]
- CCMRE (Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux. Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux. Ottawa.
- Donald, D.B., G.A. Stern, D.C.G. Muir, B.R. Fowler, B.M. Miskimmin, et R. Baily. 1998. Chlorobornanes in water, sediment and fish from toxaphene treated and untreated lakes in western Canada. Environ. Sci. Technol. 32(10) : 1391–1397.
- Environnement Canada. 1997a. Politique de gestion des substances toxiques – toxaphène : justification scientifique. ISBN 0-662-81786-9. Ottawa.
- . 1997b. Canadian tissue residue guidelines for toxaphene (PCCs) for the protection of wildlife consumers of aquatic biota. Service de la conservation de l'environnement, Direction générale de la science des écosystèmes, Direction de la qualité de l'environnement et de la politique scientifique, Division des recommandations et des normes, Ottawa. Version finale.
- . 1998. Canadian sediment quality guidelines for toxaphene (PCCs): Supporting document. Service de la conservation de l'environnement, Direction générale de la science des écosystèmes, Direction de la qualité de l'environnement et de la politique scientifique, Division des recommandations et des normes, Ottawa. Ébauche.
- Fowler, B., D. Hoover, et M.C. Hamilton. 1993. The quantification of toxaphene in environmental samples. Chemosphere 27(10):1891-1905.
- Hargrave, B., G. Phillips, W. Vass, G. Harding, R. Conover, H. Welch, T. Bidleman, et B. von Bodungen. 1994. Sources and sinks of organochlorines in the Arctic marine food web. Dans Synopsis of research conducted under the 1993/94 Northern Contaminants Program (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord): Études environnementales #72, J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Ministère des affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa.
- Jansson, B., et U. Wideqvist. 1983. Analysis of toxaphene (PCC) and chlordane in biological samples by NCI mass spectrometry. Int. J. Environ. Anal. Chem. 13:309–321.
- Karickhoff, S.W. et J.M. Long. 1995. Internal report on summary of measured, calculated, and recommended log K_{ow} values. Environmental Research Laboratory, Athènes, GA.
- Kidd, K.A., D.W. Schindler, D.C.G. Muir, W.L. Lockhart, et R.H. Hesslein. 1995. High concentrations of toxaphene in fishes from a subarctic lake. Science. 269:240–242.
- Larsson, P., L. Okla, et L. Collvin. 1993. Reproductive status and lipid content as factors in PCB, DDT and HCH contamination of a population of pike (*Esox lucius* L.). Environ. Toxicol. Chem. 12(5):855–861.
- Muir, D.C., C.A. Ford, R.E. Stewart, T.G. Smith, R.F. Addison, M.E. Zinck, et P. Beland. 1990. Organochlorine contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from Canadian waters. Dans Advances in Research on the Beluga Whale, *Delphinapterus Leucas*. T.G. Smith, D.J. St. Aubin, et J.R. Geraci, éd. Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. No. 224.
- Muir, D.C., R. Wagemann, B.T. Hargrave, D.J. Thomas, D.B. Peakall, et R.J. Norstrom. 1992. Arctic marine ecosystem contamination. Sci. Total Environ. 122:75–134.
- Muir, D., B. Grift, D. Metner, B. Billeck, L. Lockhart, B. Rosenberg, S. Mohammed, R. Wagemann, et R. Hunt. 1993a. Contaminant trends in freshwater biota, pp. 167-173. Dans Synopsis of research conducted under the 1992/93 Northern Contaminants Program (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) : Études environnementales #70, J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Ministère des affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa.
- Muir, D., L. Lockhart, D. Metner, B. Billeck, P. Wilkinson, R. Danell, T. Kenny, B. Grift, C. Ford, et B. Rosenberg. 1993b. Food chain accumulation and biological effects of organochlorines in fish from Lake Laberge and other Yukon lakes, pp. 180-188. Dans Synopsis of research conducted under the 1992/93 Northern Contaminants Program (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) : Études environnementales #70, J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Ministère des affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa.
- Muir, D., B. Grift, D. Metner, B. Billeck, L. Lockhart, B. Rosenberg, S. Mohammed, et R. Hunt. 1994a. Contaminant trends in freshwater and marine fish. Dans Synopsis of research conducted under the 1993/94 Northern Contaminants Program (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) : Études environnementales #72, J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Ministère des affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa.
- Muir, D., L. Lockhart, D. Metner, B. Billeck, P. Wilkinson, R. Danell, T. Kenny, B. Grift, C. Ford, et B. Rosenberg. 1994b. Food chain accumulation and biological effects of organochlorines in fish from Lake Laberge and other Yukon lakes. Dans Synopsis of research conducted under the 1993/94 Northern Contaminants Program (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord) : Études environnementales #72, J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Ministère des affaires indiennes et du Nord canadien, Ottawa.
- Muir, D.C.G., N.P. Grift, W.L. Lockhart, P. Wilkinson, B.N. Billeck, et G.J. Brunskill. 1995. Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. Sci. Total Environ. 160/161:447–457.
- NYSDEC (New York State Department of Environmental Conservation). 1994. Technical guidance for screening contaminated sites. Préparé par la Division of Fish and Wildlife et la Division of Marine Resources. 22 novembre 1993. New York.
- Rogers, I.H. et K.J. Hall. 1987. Chlorophenols and chlorinated hydrocarbons in starry flounder (*Platichthys stellatus*) and contaminants in estuarine sediments near a large municipal outfall. Water Pollut. Res. J. Can. 22:197–210.
- Saleh, M.A. 1991. Toxaphene: Chemistry, biochemistry, toxicity, and environmental fate. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 118:1–85.
- Sanborn, J.R., R.L. Metcalf, W.N. Bruce, et P.-Y. Lu. 1976. The fate of chlordane and toxaphene in a terrestrial-aquatic model system. Environ. Entomol. 5:533–538.
- Swain, L.G., et D.G. Walton. 1988. Report on the 1987 Benthos and Sediment Monitoring Program. Commission de port du Fraser et ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique,

Programme de surveillance de l'estuaire du Fraser, New-Westminster, CB.

———. 1990. Report on the 1989 Boundary Bay Monitoring Program. Commission de port du Fraser et ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Programme de surveillance de l'estuaire du Fraser, New-Westminster, CB.

———. 1993. Chemistry and toxicity of sediments from sloughs and routine monitoring sites in the Fraser River estuary. Commission de port du Fraser et ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Programme de surveillance de l'estuaire du Fraser, New-Westminster, CB.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique — toxaphène, mis à jour*, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez contacter :

Environnement Canada
Bureau national des recommandations et des normes
351, boul. St-Joseph
Hull (Québec) K1A 0H3
Téléphone : (819) 953-1550
Télécopieur : (819) 953-0461
Courrier électronique : ceqg-rcqe@ec.gc.ca
Adresse Internet : <http://www.ec.gc.ca>

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce document, veuillez contacter :

Documents du CCME
a/s de Publications officielles du Manitoba
200, rue Vaughan
Winnipeg (Manitoba) R3C 1T5
Téléphone : (204) 945-4664
Télécopieur : (204) 945-7172
Courrier électronique : spccme@chc.gov.mb.ca

© Conseil canadien des ministres de l'environnement 1999
Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8

Also available in English.