



Recommandations canadiennes pour les résidus dans les tissus : protection des espèces fauniques consommant le biote aquatique

TOXAPHÈNE

Toxaphène (CAS 8001-35-2) est le nom commun d'un mélange complexe de camphène chloré et de dérivés de bornane résultant de la chloration du camphène (ATSDR, 1994). Plus des deux tiers de ces isomères contiennent de 7 à 9 atomes de chlore (CCMRE, 1987), le poids moléculaire moyen du mélange s'établissant à $414 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (Eisler et Jacknow, 1985). Dérivé de la chloration du camphène, le toxaphène, aussi appelé camphéchloré, chlorocamphène ou polychlorocamphène (PCC), se présente ordinairement sous la forme d'un solide cireux ambré et dégage une odeur de pin ou de terpène (Brooks, 1974; Budavari et coll., 1989).

Mis au point en 1946, le toxaphène a été employé comme insecticide de contact pour lutter contre l'infestation de diverses cultures dont les céréales, les fruits, les noix, les graines oléagineuses, les légumes et le coton (OMS, 1984; ATSDR, 1994). Il a également été utilisé dans des herbicides et dans la lutte contre les ectoparasites du bétail (OMS, 1984; ATSDR, 1994). Dans les années 1950 et 1960, du toxaphène et des mélanges de toxaphène et de roténone ont été épandus à grande échelle dans les lacs et les cours d'eau afin d'en éliminer les peuplements indésirables de poissons, de lamproies et d'invertébrés, en particulier au Canada et dans le nord des États-Unis (Lockhart et coll., 1992; Miskimmin et Schindler, 1994; Stern et coll., 1996).

L'identification d'entre 177 et 670 composés pouvant être contenus dans le toxaphène a été réalisée au moyen d'analyses chromatographiques (Vetter, 1993). En théorie, 197 bornanes et camphènes renfermant plus de 5 atomes de chlore peuvent être présents en quantités appréciables dans le toxaphène de qualité technique (Hainzl et coll., 1994). En raison de cette diversité, le toxaphène de qualité technique présente une teneur variable en PCC ainsi que des variations attribuables à l'altération ou à la dégradation métabolique.

La valeur estimée du logarithme du coefficient de partage octanol-eau ($\log K_{ow}$) varie d'une étude à l'autre entre 2,92 (USEPA, 1980) et 6,44 (Saleh, 1991). À l'instar d'autres pesticides organochlorés (comme le DDT), le toxaphène tend à s'accumuler dans les tissus les plus riches en lipides (Rogers et Hall, 1987; Muir et coll., 1992b). Des polychlorocamphènes ont été décelés chez des espèces fauniques des niveaux trophiques supérieurs,

dont les poissons (Muir, 1994; Kidd et coll., 1995), les oiseaux (Bush et coll., 1978) et les mammifères (Muir et coll., 1990).

Une contamination des eaux de surface peut continuer de se produire sous l'effet de l'érosion des sols contaminés par le toxaphène, mais le dépôt atmosphérique représente la principale voie de pénétration de ce produit dans le milieu naturel canadien (Seiber et coll., 1979). En dépit de l'annulation de l'homologation des pesticides à teneur en PCC au Canada et aux États-Unis, les concentrations atmosphériques demeurent quasi constantes et pourraient même être en hausse (ATSDR, 1994). Les sources probables comprennent la volatilisation à partir des zones où le toxaphène faisait autrefois l'objet d'une utilisation intense (c.-à-d., le sud des États-Unis) et l'utilisation actuelle du produit dans d'autres pays. Une fois lié aux particules du sol, le toxaphène est très résistant à la lixiviation (Jaquess et coll., 1989), et l'évaporation constitue le principal mécanisme d'élimination du produit à partir de la surface du sol. Ces sources sont importantes en raison de la « distillation globale » (Loganathan et Kannan, 1994), qui détermine le dépôt des PCC par échange gazeux avec les eaux de surface ainsi que des retombées humides et sèches dans les régions tempérées et froides. L'existence de ce phénomène a été mise en évidence par le prélèvement d'échantillons d'air contaminé dans des emplacements situés le long des côtes de Terre-Neuve et dans les Territoires du Nord-Ouest ainsi que par l'observation de taux élevés de contaminants dans les tissus de lottes et de touladis capturés dans des lacs du Yukon, ces emplacements étant très éloignés des lieux d'épandage (Palmer, 1992; Schindler et coll., 1993).

Tableau 1. Recommandation canadienne pour les résidus dans les tissus établie pour le toxaphène* aux fins de la protection des espèces fauniques consommant le biote aquatique (Environnement Canada, 1997).

Composé	Recommandation ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de dose alimentaire en poids frais)
Toxaphène	6,3

* Valeur simple correspondant à une concentration maximale de toxaphène dans le biote aquatique qui, selon les prévisions, n'entraînerait pas d'effets néfastes sur les espèces fauniques consommant le biote aquatique.

Dans les écosystèmes aquatiques, les espèces fauniques se nourrissent principalement d'organismes aquatiques comme les poissons, les crustacés et coquillages, les invertébrés et les plantes. Ces ressources alimentaires constituent la plus importante voie d'exposition des espèces fauniques aquatiques à des substances persistantes comme le toxaphène qui s'accumulent dans les réseaux trophiques. La recommandation canadienne pour les résidus dans les tissus visant la protection des espèces fauniques qui consomment le biote aquatique est présentée au tableau 1. Un résumé des concentrations de toxaphène mesurées dans le biote canadien (c.-à-d., après l'annulation de l'homologation du produit au Canada) est fourni au tableau 2. Les valeurs indiquées correspondent à des taux faibles et élevés types de toxaphène enregistrés au Canada pour différents organismes.

Toxicité

Chez les oiseaux et les mammifères, l'exposition au toxaphène entraînerait des effets néfastes sur les systèmes cardio-vasculaire, hépatique, rénal, endocrinien, immunitaire et nerveux ainsi qu'une diminution de la longévité (ATSDR, 1994). La génotoxicité et la cancérogénicité du produit ont en outre été mises en évidence dans des études de laboratoire (Saleh, 1991).

Toxicité pour les mammifères

Les DL₅₀ aiguës orales du toxaphène de qualité technique varient de seulement 25 mg·kg⁻¹ de poids corporel pour le

chat à non moins de 500 mg·kg⁻¹ de poids corporel pour le lapin (USEPA, 1976). La toxicité aiguë expérimentale varie selon le solvant dans lequel le toxaphène est administré; ainsi, le toxaphène dissous dans l'huile de maïs est cinq fois plus toxique que le toxaphène dissous dans le kérosène (USEPA, 1976). Les effets d'une exposition par voie alimentaire sont également variables, un ralentissement de la croissance et de faibles poids corporels finaux ayant été observés chez des cobayes auxquels on a administré des doses de 2 ou de 5 mg·kg⁻¹ de poids corporel par jour pendant 60 jours (Chandra et Durairaj, 1992) alors qu'aucun effet sur la vitesse de croissance n'a été enregistré chez des rats mâles auxquels on a administré des doses atteignant 45 mg·kg⁻¹ de poids corporel par jour pendant 26 semaines (Chu et coll., 1988). Ces rats ont cependant montré une hypertrophie du foie et une hausse du poids relatif des reins.

Le pouvoir mutagène du toxaphène a été observé chez la bactérie *Salmonella typhimurium* (ATSDR, 1994). Le toxaphène accroît également le nombre d'aberrations chromosomiques dans les cultures de lymphocytes mammaliens (Samosh, 1974) ainsi que la fréquence des échanges de chromatides sœurs dans les cellules lymphoïdes humaines (Sobti et coll., 1983), ce qui semble mettre en évidence une mutagénicité chez les mammifères. La cancérogénicité du toxaphène a été mise en évidence chez des souris ayant reçu des doses de 4,95 et de 9,9 mg·kg⁻¹ de poids corporel par jour pendant non moins de 560 jours (NCI, 1979). Tant les mâles que les femelles ont affiché une incidence accrue de néoplasmes hépatiques et de néoplasmes malins dans l'ensemble de l'organisme.

Tableau 2. Concentrations de toxaphène dans le biote canadien.

Classe	Tissu	Année	Concentration de toxaphène* (µg·kg ⁻¹ pf)	Référence	
Invertébrés :	Dulcicoles	Organisme entier	1993; 1992	0,0022 à 18,9	Hargrave et coll., 1994; Schindler et coll., 1993
	Marins	Organisme entier	1993	2 à 3884	Hargrave et coll., 1994
Poissons :	Dulcicoles	Musculaire	1993-1994	3,21 à 1993	Muir et coll., 1994
	Dulcicoles	Hépatique	1991; 1990-1992	54 à 2805	Palmer, 1992; Kidd et coll., 1993
	Marins	Musculaire	1984; 1981	14 à 1000	Muir et coll., 1987; Musial et Uthe, 1983
	Marins	Hépatique	1991; 1979	23 à 1100	Bright et coll., 1995; Musial et Uthe, 1983
Mammifères :		Adipeux	1988; 1986-1987	130 à 14 700	Muir et coll., 1992a; 1990
Oiseaux :		Œuf	1981	<100 à 1450	Weseloh et coll., 1989

* Plages de valeurs recensées dans la documentation.

Toxicité pour les oiseaux

Les données disponibles sur la toxicité aiguë semblent indiquer que les oiseaux sont au moins aussi sensibles aux effets du toxaphène que les mammifères. Les DL_{50} varient entre $19,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel pour la gélinotte à queue fine (*Tympanuchus phasianellus*) et $581 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour l'alouette cornue (*Eremophila alpestris*). Une exposition prolongée à des doses de $0,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour a entraîné une inhibition de la croissance chez le colin de Virginie (*Colinus virginianus*) (Hurst et coll., 1974). Le même effet a été observé chez le faisane de chasse (*Phasianus colchicus*), le canard noir (*Anas rubripes*) et le poulet Leghorn blanc (*Gallus domesticus*) à des doses d'à peine 2,2, 2,83 et $5,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour, respectivement (Genelly et Rudd, 1956a; Bush et coll., 1977; Mehrle et coll., 1979).

Chez les oiseaux, le toxaphène inhiberait également la reproduction. Genelly et Rudd (1956b) ont montré que des oiseaux exposés par voie alimentaire à des doses de $2,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour pendant 8 semaines affichaient une diminution de la ponte et du taux d'éclosion par rapport aux individus ayant reçu des doses plus faibles ou des doses témoins. Le taux de survie des oiseaux nouvellement éclos et le succès de reproduction global étaient réduits à toutes les concentrations expérimentales ($1,3, 2,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour).

Élaboration des recommandations pour les résidus dans les tissus

La recommandation canadienne pour les résidus dans les tissus visant la protection des espèces fauniques qui consomment le biote aquatique a été élaborée selon le protocole du CCME (CCME, 1998).

Concentration de référence pour les mammifères

Pour les mammifères, la DMENO la plus faible est de $1,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour (hypertrophie du foie chez les rats femelles, 182 jours) (Chu et coll., 1988). Dans la même étude, la DSENO s'établit à $0,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour. La DJA a été calculée comme suit :

$$DJA = (DMENO \cdot DSENO)^{0,5} \div FI$$

où FI représente le facteur d'incertitude. La toxicité mesurée par Chu et coll. (1988) est considérée subchronique, car l'exposition a duré 182 jours. Bien qu'il existe des données sur la toxicité du toxaphène pour d'autres espèces de mammifères de laboratoire, aucune information n'a été trouvée sur la toxicité du produit pour deux des prédateurs aquatiques les plus sensibles, le vison et la loutre. On a choisi un facteur d'incertitude de 10 afin de tenir compte des différences de sensibilité au toxaphène qui existent entre les espèces et du fait qu'il a fallu évaluer des effets chroniques par extrapolation à partir de résultats subchroniques. À l'aide des données fournies par Chu et coll. (1988) et d'un facteur d'incertitude de 10, on a calculé pour les mammifères une DJA de $0,083 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ou $83 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de poids corporel par jour.

À partir de la DJA pour les mammifères ainsi que des poids corporels (pc) et des taux journaliers d'ingestion d'aliments (IA) des espèces fauniques les plus sensibles, on a calculé la CR de toxaphène au moyen de l'équation suivante :

$$CR = DJA \cdot (pc \div IA)$$

Parmi les espèces fauniques, ce sont celles dont le rapport IA:pc est le plus élevé qui risquent de subir le plus gravement les effets néfastes d'une exposition éventuelle au toxaphène. On s'est donc fondé sur ces espèces pour calculer les concentrations de référence du toxaphène. On a obtenu pour les mammifères une CR de $348 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de dose alimentaire en poids frais à partir d'une DJA de $83 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour ainsi que d'un poids et d'un taux d'ingestion d'aliments hypothétiques de 0,60 kg et de 0,143 kg par jour en poids frais, respectivement, pour la femelle du vison (*Mustela vison*) (CCME, 1998).

Concentration de référence pour les oiseaux

Pour les espèces aviennes, la DMENO la plus faible de l'ensemble de données toxicologiques se chiffrait à $0,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour (poids du foie du poulet à griller) (Bush et coll., 1978). La DSENO mesurée dans cette étude s'établit par ailleurs à $0,015 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour. Cette valeur est considérée subchronique, car la période d'exposition était de 56 jours. À partir d'un facteur d'incertitude de 10 et des données enregistrées par Bush et coll. (1978), on a calculé une DJA pour les oiseaux de $0,0059 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour, ce qui équivaut à $5,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour.

On a obtenu pour les oiseaux une CR de $6,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de dose alimentaire en poids frais à partir d'une DJA de $5,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de poids corporel par jour ainsi que d'un poids corporel et d'un taux d'ingestion d'aliments hypothétiques de 0,032 kg et de 0,03 kg par jour en poids frais pour le pérel océanite (*Oceanites oceanicus*) (CCME, 1998).

Recommandation pour les résidus de toxaphène

La plus faible des concentrations de référence établies pour les mammifères et les oiseaux ($6,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de dose alimentaire en poids frais) a été adoptée comme recommandation canadienne pour les résidus de toxaphène dans les tissus visant la protection des espèces fauniques dulçaquicoles, marines et estuariennes qui consomment le biote aquatique.

Références

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1994. Toxicological profile for toxaphene. (Update). Préparé par Research Triangle Institute, 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. I, dans *Chronic effects of toxic contaminants in large lakes*, N.W. Schmidtke, éd.
- Bright, D.A., W.T. Dushenko, S.L. Grundy et K.J. Reimer. 1995. Effects of local and distant contaminant sources: Polychlorinated biphenyls and other organochlorines in bottom-dwelling animals from an Arctic estuary. *Sci. Total Environ.* 160/161:265–283.
- Brooks, G.T. 1974. Chlorinated Insecticides: Vol. I: Technology and applications. CRC Press, Cleveland, OH. (Cité dans Suntio et al. 1988.)
- Budavari, S., M.J. O'Neil, A. Smith et P.E. Heckelman. 1989. The Merck Index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. Merck and Company, Inc., Rahway, NJ.
- Bush, P.B., J.T. Kiker, R.K. Page, N.H. Booth et O.J. Fletcher. 1977. Effects of graded levels of toxaphene on poultry residue accumulation, egg production, shell quality, and hatchability in white leghorns. *J. Agric. Food Chem.* 25:928–932.
- Bush, P.B., M. Tanner, J.T. Kiker, R.K. Page, N.H. Booth et O.J. Fletcher. 1978. Tissue residue studies on toxaphene in broiler chickens. *J. Agric. Food Chem.* 26:126–130.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1998. Protocole d'élaboration de recommandations pour les résidus dans les tissus en vue de protéger les espèces fauniques consommant le biote aquatique au Canada. Groupe de travail du CCME sur les recommandations pour la qualité des eaux. [Repris dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 8, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]
- CCMRE (Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparées par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux.
- Chandra, J. et G. Durairaj. 1992. Toxicity of toxaphene on histopathology of vital organs in guinea pig, *Cavia procollus*. *J. Environ. Biol.* 13:315–322.
- Chu L., V. Secours, D.C. Villeneuve, V.E. Valli, A. Nakamura, D. Colin et D.J. Clegg. 1988. Reproduction study of toxaphene in the rat. *J. Environ. Sci. Health B23*:101–126.
- Environnement Canada. 1997. Canadian tissue residue guidelines for toxaphene for the protection of wildlife consumers of aquatic biota. Décembre 1997. Environnement Canada, Division des recommandations et des normes, Ottawa. Inédit.
- Eisler, R. et J. Jacknow. 1985. Toxaphene hazards to fish, wildlife, and invertebrates: A synoptic review. Biological Report 85. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Laurel, MD.
- Genelly, R.E. et R.L. Rudd. 1956a. Chronic toxicity of DDT, toxaphene, and dieldrin to ring-necked pheasants. *Calif. Fish Game* 42:5–14.
- . 1956b. Effects of DDT, toxaphene, and dieldrin on pheasant reproduction. *Auk* 72:529–539.
- Hainzl, D., J. Burhenne et H. Parlar. 1994. Theoretical consideration of the structural variety in the toxaphene mixture taking into account recent experimental results. *Chemosphere*. 28:242–252.
- 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 n° 72. J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Affaires indiennes et du Nord Canada, Programme des Affaires du Nord, Ottawa.
- Hurst, J.G., W.S. Newcomer et J.A. Morrison. 1974. Some effects of DDT, toxaphene and polychlorinated biphenyl on thyroid function in bobwhite quail. *Poult. Sci.* 53:125–133.
- Jaquess, A.B., W. Winterlin et D. Peterson. 1989. Feasibility of toxaphene transport through sandy soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 42:417–423.
- Kidd, K.A., J.E. Eamer et D.C. Muir. 1993. Spatial variability of chlorinated bornanes (toxaphene) in fishes from Yukon lakes. *Chemosphere* 27:1975–1986.
- 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.
- Lockhart, W.L., R. Wagemann, B. Tracey, D. Sutherland et D.J. Thomas. 1992. Presence and implications of chemical contaminants in the fresh-waters of the Canadian Arctic. *Sci. Total Environ.* 122:165–243.
- Loganathan, B.G. et K. Kannan. 1994. Global organochlorine contamination trends: An overview. *Ambio* 23:187–191.
- Mehrle, P.M., M.T. Finley, J.L. Ludke, F.L. Mayer et T.E. Kaiser. 1979. Bone development in black ducks as affected by dietary toxaphene. *Pestic. Biochem. Physiol.* 10:168–173.
- Miskimmin, B.M. et D.W. Schindler. 1994. Long-term invertebrate community response to toxaphene treatment in two lakes: 50-yr records reconstructed from lake sediments. *J. can. Sci. Halieutiques Aquatiques*. 51:923–932.
- Muir, D.C., R. Wagemann, W.L. Lockhart, N.P. Grift, B. Billeck et D. Metner. 1987. Heavy metal and organic contaminants in Arctic marine fish. Études environnementales No. 42. Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa. (Cité dans Muir et coll., 1992b.)
- 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. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., n° 224. Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa.
- Muir, D.C., C.A. Ford, R.J. Norstrom et M. Simon. 1992a. Geographical variation in organochlorine contaminants in selected Canadian Arctic marine biota, dans *Proceedings of the Conference of Comité Arctique International on the Global Significance of the Transport and Accumulation of Polychlorinated Hydrocarbons in the Arctic*, F. Roots et R. Scheerer, éd. Plenum Publ. New York. Sous presse. (Cité dans Muir et coll., 1992b.)
- Muir, D.C., R. Wagemann, B.T. Hargrave, D.J. Thomas, D.B. Peakall et R.J. Norstrom. 1992b. Arctic marine ecosystem contamination. *Sci. Total Environ.* 122:75-134.
- Muir, D., L. Lockhart, D. Metner, B. Billeck, P. Wilkinson, R. Danell, T. Kenny, B. Grift, C. Ford et B. Rosenberg. 1994. 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 n° 72. J.L. Murray et R.G. Shearer, éd., Affaires indiennes et du Nord Canada, Programme des Affaires du Nord, Ottawa.
- Musial, C.J. et J.F. Uthe. 1983. Widespread occurrence of the pesticide toxaphene in Canadian east coast marine fish. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 14:117.
- National Cancer Institute (NCI). 1979. Bioassay of toxaphene for possible carcinogenesis. NCI Carcinogenesis Technical Report Series No. 37. (Cité dans Reuber 1979.)
- OMS (Organisation mondiale de la santé). 1984. Camphechlor. *Environmental Health Criteria* 45:1-66. OMS, Genève.
- Palmer, M. 1992. Levels of contaminants in fish from Yukon lakes, dans *Synopsis of Research Conducted Under the 1991/92 Northern Contaminants Program*. (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord). Études environnementales n° 68. J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Affaires indiennes et du Nord Canada, Programme des Affaires du Nord, Ottawa.
- Pollock, G.A. et W.W. Kilgore. 1978. Toxaphene. *Residue Rev.* 69:87-140.
- 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.
- Reuber, M.D. 1979. Carcinogenicity of toxaphene: A review. *J. Toxicol. Environ. Health* 5:729-748.
- Saleh, M.A. 1991. Toxaphene: Chemistry, biochemistry, toxicity, and environmental fate. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 118:1-85.
- Samosh, L.V. 1974. Chromosome aberrations and character of satellite associations after accidental exposure of the human body to polychlorocamphene. *Cyto. Genet. (Angl.)* 8:24-27. (Cité dans ATSDR 1994.)
- Schindler, D.W., K.A. Kidd, D.C. Muir et R.H. Hesslein. 1993. The biomagnification of organochlorines through the food web of Lake Laberge and other Yukon lakes, dans *Synopsis of Research Conducted Under the 1992/93 Northern Contaminants Program*. (Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord). Études environnementales n° 70. J.L. Murray et R.G. Shearer, éd. Affaires indiennes et du Nord Canada, Programme des Affaires du Nord, Ottawa.
- Seiber, J.N., S.C. Madden, M.M. McChesney et W.L. Winterlin. 1979. Toxaphene dissipation from treated cotton field environments: Component residual behavior on leaves and in air, soil, sediments determined by capillary gas chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 27:284. (Cité dans Bidleman et coll., 1988).
- Sobti, R.C., A. Krishan et J. Davies. 1983. Cytokinetic and cytogenetic effect of agricultural chemicals on human lymphoid cells in vitro. II. Organochlorine pesticides. *Arch. Toxicol.* 52:221-231.
- Stern, G.A., M.D. Loewen, B.M. Miskimmin, D.C.G. Muir et J.B. Westmore. 1996. Characterization of two major toxaphene components in treated lake sediment. *Environ. Sci. Technol.* 30:2251-2258.
- Suntio, L.R., W.Y. Shiu, D. Mackay, J.N. Seiber et D. Glotfelty. 1988. Critical review of Henry's law constants for pesticides. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 103:1-59.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1976. Criteria document for toxaphene. Fed. Register 440/9-76-014. (Cité dans Pollock et Kilgore 1978.)
- . 1980. Ambient water quality criteria for toxaphene. USEPA, Washington, DC.
- Vetter, W. 1993. Toxaphene. Theoretical aspects of the distribution of chlorinated bornanes including symmetrical aspects. *Chemosphere* 26:1079-1085.
- Weseloh, D.V., T.W. Custer et B.M. Braune. 1989. Organochlorine contaminants in eggs of common terns from the Canadian Great Lakes, 1981. *Environ. Pollut.* 59:141-160.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1999. Recommandations canadiennes pour les résidus dans les tissus : protection des espèces fauniques consommant le biote aquatique — toxaphène, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez contacter :

Environnement Canada
Division 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.