

ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOTOXICOLOGIQUE

D'UN LIEU D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE À MAGOG (QUÉBEC)

Raymond Van Coillie, Ph.D., Expert en toxicologie environnementale

Résumé

L'inquiétude publique face aux biphényles polychlorés (BPC) et aux dioxines et furannes chlorés (DF) pouvant provenir du lieu d'enfouissement sanitaire (LES) de Waste Management (WM) à Magog, a entraîné plusieurs analyses du cheminement local de ces deux contaminants. Selon les résultats de ces analyses, les normes et les critères de qualité étaient respectés, sauf pour le critère de la protection de la faune terrestre piscivore (CFTP). L'inquiétude de la population persistant, des évaluations de risque pour la santé humaine et l'environnement ont été faites. La comparaison entre les seuils toxiques minimaux des BPC et DF et leurs teneurs dans les eaux de surface et l'air du LES et autour du LES n'indique aucune toxicité locale pour l'humain et la faune aquatique. De plus, les risques de l'exposition humaine à ces deux contaminants au LES et autour de celui-ci ont été calculés à partir de doses d'exposition à l'air extérieur et à l'air intérieur, à l'eau de puits consommée, à la volatilisation de cette eau (douches et autres activités), à la consommation de produits issus des potagers voisins et à l'ingestion d'eau et de poissons du lac Lovering. Les rapports entre ces différentes doses d'expositions et des doses de référence n'indiquent aucun risque significatif pour des effets autres que cancérogènes chez l'humain. De plus, il n'y a pas de risque cancérogène. En outre, les doses de l'exposition faunique aux BPC et DF autour du LES, estimées pour le vison, choisi comme bio indicateur de la faune terrestre piscivore exposée localement à des eaux de surface dont la qualité dépasse les CFTP, se sont avérées très inférieures à celles de référence ; ceci soutient qu'il n'y a pas de risque écotoxicologique significatif régional pour l'environnement.

Mots clés : lieu d'enfouissement, BPC, dioxines et furannes chlorés.

Abstract

To address public concern over PCBs (polychlorinated biphenyls) and DFs (chlorinated dioxins and furans) and the Magog landfill site of Waste Management (WM), several analysis were conducted to measure the local presence of these two contaminants. The results show that norms and quality criteria are being respected, except for those covering protection of fish-eating land wildlife of the Quebec Water Policy. Despite this, fears persist among the public, which has generated risk assessment studies for human health and the environment. Comparisons of minimum toxicity thresholds for BCPs and DFs with levels recorded at surface water and air of the landfill site and its vicinity show that there is no local toxicity for humans or aquatic animals. As well, the exposure levels for humans to these two contaminants at the landfill site and its vicinity were calculated from exterior air, interior air, drinking water from wells, during the volatilization of water (showers and other activities), the consumption of products from neighbouring vegetable gardens and the ingestion of water and fish from Lovering lake. Ratios between these different exposure levels and reference exposure levels show that there is no significant risk for humans. As well, exposure levels of animal life to BPCs and DFs around the landfill site were estimated for minks, chosen as a representative bioindicator of fish-eating land animals that are locally exposed to these surface waters, whose quality passes water policy criteria for that wildlife. Its exposure levels were shown to be very much below reference levels, and this supports that there is no significant ecotoxic risk for the environment.

Keywords : dumpsite, PCB, chlorinated dioxins and furans.

Introduction

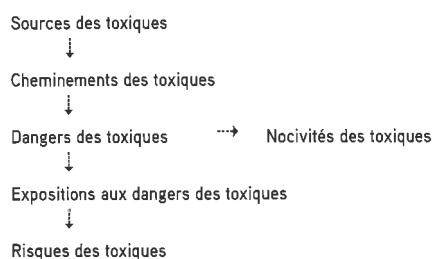
Face à une inquiétude publique à l'égard des effets potentiels sur l'environnement du lieu d'enfouissement sanitaire (LES) Bestan situé à Magog, lequel est une filiale de Waste Management (WM), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP, anciennement MENV, ministère de l'Environnement, et MEF, ministère de l'Environnement et de la Faune) a étudié la contamination des lacs Lovering et Massawippi (MENV, 2000). Selon cette étude, la contamination du lac Lovering « pourrait » provenir de ce LES, car elle révélait la présence de BPC et de DF dans les sédiments d'un ruisseau sans nom au sud se déversant dans le lac Lovering ; une présence analogue a aussi été constatée dans les sédiments du ruisseau Boily au nord se déversant dans la rivière Magog.

En collaboration avec le MENV, WM a adopté un plan de sécurisation environnementale, lequel comporte des relevés pour des études de suivi de la migration des BPC et DF au LES ainsi que des actions pour contrer cette migration (Envir-Eau inc., 2003 a et b et 2004 a et b).

La présente publication s'inscrit dans la continuité des efforts faits pour préciser l'apport et l'effet limités de la contamination de BPC et DF du LES dans l'environnement local. Elle vise à expliciter le risque écotoxicologique des rejets de BPC et DF du LES.

Matériels et méthodes

La démarche adoptée à cette fin suit une procédure en six étapes (Van Coillie, 2006) s'articulant comme suit :



Les concentrations de BPC et DF ont été déterminées au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec du MDDEP à Laval au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse à haute résolution. L'évaluation des risques est expliquée dans la partie réservée à leur présentation. -

Résultats et discussions

1. Sources des BPC et DF au LES

Les BPC synthétisés par l'industrie chimique proviennent de multiples usages et sources : lubrifiants, ballasts de lampes fluorescentes, papiers, équipements électroniques et échangeurs de chaleur (Carrier, 1991 et Niimi, 1994). Contrairement aux BPC, les DF ne sont pas synthétisés par l'industrie chimique et n'ont aucun usage industriel ; ils sont issus de fongicides chlorophénols, d'herbicides phénoxyacides, de combustions incomplètes de matière organique (incinérateurs, véhicules de transport au diesel, brûlage de plastique polychlorovinyle, feux de foyer et de forêt, chauffage et incinération de déchets et de BPC éventuels à ciel ouvert et de leurs cendres) (Carrier, 1991; Niimi, 1994 et Environment Canada, 1999). Après avoir suivi divers itinéraires, des BPC et DF se retrouvent dans des eaux usées et leurs boues d'épuration.

WM a accepté les boues d'épuration des stations de traitement des eaux usées de trois municipalités (Ayer's Cliff, Granby et Magog) et d'une usine de textile (C.S. Brooks) à son LES, lesquelles renfermaient des teneurs de BPC et DF (Envir-Eau inc., 2003 a).

Afin de corriger le problème à la source, WM refuse depuis juin 2002 à son LES ces boues contaminées.

2. Cheminevements des BPS et DF au LES

2.a Eaux de lixiviation drainées

Les eaux de lixiviation drainées sont récupérées par un réseau qui les amène au sud du LES dans un bassin de captage de 6 400 m³. Le lixiviat brut est ensuite transféré dans un bassin de traitement par aération avant d'être transporté vers une usine de traitement située hors du LES. De cette façon, le LES respecte pleinement la réglementation pour les lixiviats des déchets solides, son lixiviat traité n'étant plus rejeté depuis juillet 1997 dans l'environnement. Malgré ce fait, les teneurs du lixiviat en BPC et DF ont été analysées par le MENV (2000) et Envir-Eau inc. (2003 a).

2.b Eaux souterraines

Les eaux souterraines ont été échantillonnées à 32 sites au LES, surtout depuis 2000. Leurs teneurs en BPC et DF ont été publiées par Envir-Eau inc. (2003 a et 2004 a et b) et le MENV (2002 et 2003). Elles révèlent que, entre les concentrations des BPC et DF dans les lixiviats bruts du LES et celles prélevées des BPC et DF dans les eaux souterraines du LES, l'atténuation est quasi complète (99,9 % et 98 % en moyenne, respectivement). Le transport des BPC et DF s'avère ainsi globalement peu important dans les eaux souterraines du LES.

Malgré cette atténuation des BPC et DF du LES, la préoccupation de la population persiste quant aux substances retrouvées dans l'eau potable captée dans des puits autour du LES. Les deux puits les plus proches de ce dernier ont fait l'objet d'un suivi depuis 2001 pour évaluer leurs concentrations en BPC et DF (MENV, 2002 et Envir-Eau inc., 2003 a).

2.c Eaux de ruissellement drainées

Un partage des eaux de surface a lieu dans la partie centrale du LES. Deux réseaux de fossés de drainage du ruissellement superficiel sont articulés en fonction de ce partage ; ces fossés contiennent des murets

de pierre, des gabions et des ballots de paille en vue de diminuer l'écoulement des matières en suspension (MES), des corrélations ayant été établies entre les MES et les teneurs de BPC et DF dans les eaux de ces fossés (Envir-Eau inc., 2003 b et 2004 b). Ces fossés cernent non seulement la superficie utilisée du LES pour l'enfouissement de matières résiduelles, mais aussi les superficies fermées et recouvertes de végétation.

Les fossés du secteur nord du LES s'écoulent successivement dans un bassin de sédimentation et dans le drainage d'un ru qui débouche dans le ruisseau Boily ; les fossés du secteur sud du LES convergent aussi vers un bassin de sédimentation qui déverse ses eaux dans un marécage relié à l'étang-aux-Castors, lequel débouche dans un ruisseau sans nom qui rejoint le lac Lovering, environ 3 km plus loin (Envir-Eau inc., 2004 a). L'écoulement dans ces deux réseaux de fossés de drainage est intermittent et (ou) variable en débit.

Depuis 2001, les teneurs de BPC et DF ont été déterminées dans les écoulements variables des fossés par Envir-Eau inc. (2003 a et 2004 a et b) et le MENV (2003). Les résultats obtenus indiquent qu'elles sont beaucoup plus élevées dans les eaux de fossés que dans les eaux souterraines au LES ; ce qui explicite que la migration de ces contaminants se fait surtout par les eaux de ruissellement. Des corrélations élevées entre les concentrations de BPC et DF et celles des MES dans les eaux de fossés au LES confirment que la migration précitée des deux contaminants a lieu via les MES. Les teneurs de ces concentrations dans les fossés du LES sont très variables (Envir-Eau inc., 2004 a), mais diminuent substantiellement dans les deux bassins de sédimentation des fossés de drainage du LES.

2.d Eaux de surface en aval du LES

Vu que les eaux des fossés du LES et de leurs bassins de sédimentation débou-

chent dans des eaux de surface au nord et au sud du LES, ces dernières ont été échantillonnées depuis 1999 afin d'en analyser leurs teneurs en BPC et DF (MENV, 2000, 2002, 2003 et 2004 a et Envir-Eau inc., 2003 a et 2004 a et b). Les valeurs déterminées lors de ces analyses soutiennent notamment que les teneurs en BPC et DF à l'étang-aux-Castors sont supérieures à celles obtenues à l'embouchure du ruisseau sans nom issu de cet étang ; ce dernier jouerait ainsi un rôle de rétention de ces contaminants. De plus, les concentrations de BPC et DF des eaux de surface sont globalement inférieures à celles des fossés dans les secteurs nord et sud du LES ; cette diminution serait attribuable à un dépôt des deux contaminants dans les bassins de sédimentation des fossés et dans les sédiments des eaux de surface.

Les BPC et DF se dissolvant peu dans les eaux de surface et s'y retrouvant surtout sous forme associée aux MES (Envir-Eau inc., 2004 a et b), le dépôt de ces MES dans les sédiments peut contaminer ces derniers. Les teneurs de ces deux contaminants ont donc été analysées dans les sédiments des eaux de surface des secteurs nord et sud du LES (MENV, 2000, 2002, 2003 et 2004 a et Envir-Eau inc., 2003 a et b).

Leur examen indique que les teneurs de BPC et DF dans les sédiments des eaux de surface diminuent en aval du LES, à ses secteurs nord et sud, et que le dépôt sédimentaire des MES avec BPC et DF a lieu principalement à proximité du site, notamment dans l'étang-aux-Castors dont le rôle de rétention est ainsi confirmé. De plus, les données obtenues ne mettent pas en évidence une migration de ce dépôt de BPC et DF vers l'aval avec les crues du printemps et de l'automne.

2.e Diffusion gazeuse

Bien que les BPC et DF soient peu volatils, il est reconnu qu'ils sont présents dans l'air où ils s'associent avec des particules

en suspension (Tysklynd, 1993 ; Niimi, 1994 et ATSDR, 2000). Il faut donc considérer une diffusion gazeuse des BPC et DF dans l'air des sols du LES et dans les biogaz émis par le LES à partir de la fermentation de ses déchets qui y sont présents. Subséquentement, des analyses de BPC et DF ont été faites dans l'air du LES et autour de celui-ci (MENV, 2002).

2.f Respect des normes et critères de qualité

Les valeurs des concentrations obtenues pour les sections 2.b à 2.e respectent successivement les normes ou critères de qualité suivants :

- eau de résurgence et d'infiltration (MENV, 1998) pour les BPC (12 ng/l) et les DF (0,31 pg/l en TEQ, soit toxique équivalent en 2,3,7,8 tétrachlorodibenzodioxine, qui est le congénère le plus toxique des DF ; $\text{pg/l} = 10^{-15}\text{kg/l} = \text{contenu d'une cuillère à thé dans 4 000 piscines olympiques, selon Environnement Canada, 2000 a}$) ;
- eau de consommation (DSP, 2000 a et MENV, 2001 a) pour les BPC (500 ng/l) et les DF (15 pg/l) ;
- protection de la vie aquatique contre la toxicité chronique (MENV, 2001 a) pour les BPC (2 000 ng/l) et DF (1 000 pg/l) ;
- sédiments (seuils d'effet néfaste) pour les BPC (1 000 000 ng/kg à 1 % de carbone organique total) (Environnement Canada et MENV, 1992) et pour les DF (21,50 ng/kg) (CCME, 2000) ;
- air (MENV, 2001 c) pour les BPC (10 ng m³) et les DF (0,06 ng m³).

Par contre, les critères de qualité aquatique des BPC (0,120 ng/l) et DF (0,0031 pg/l) (MENV, 2001 a) pour la protection de la faune terrestre piscivore (vison, martre, héron et autres) ne sont généralement pas respectés dans les eaux de surface au nord et au sud du LES.

TABLEAU 1
Écotoxicités des BPC et DF

Concentrations toxiques des BPC ⁽¹⁾		
Types de toxicité et groupes considérés	Espèces étudiées, paramètres testés et durées	Concentrations toxiques en ng/l (eaux douces)
Toxicité létale		
Poissons	Truite arc-en-ciel <i>Oncorhynchus mykiss</i> CL ₅₀ ⁽²⁾ 4 jours Méné tête-de-boule <i>Pimephales promelas</i> CMEO l ⁽⁴⁾	(8 à 240) x 10 ³ ⁽³⁾
Invertébré	Puce d'eau <i>Daphnia magna</i> CMEO l 21 jours	2 x 10 ³ ⁽⁵⁾
Toxicité sublétales		
Poissons	Truite mouchetée <i>Salvelinus fontinalis</i> Diminution d'éclosions des œufs de 78 % 21 jours	200 x 10 ³
	Méné tête-de-boule <i>Pimephales promelas</i> Inhibition de la croissance de larves CMEO sl ⁽⁶⁾ 7 jours	2 x 10 ³
Invertébrés	Puce d'eau <i>Daphnia magna</i> Inhibition de la reproduction CMEO sl 21 jours	0,1 x 10 ³ ⁽⁵⁾
	Talitre <i>Gammarus pseudolimnaeus</i> Inhibition de la reproduction CMEO sl 21 jours	0,1 x 10 ³ ⁽⁵⁾
Concentrations de DF ⁽⁷⁾		
Toxicité sublétales		
Poisson	Touladi <i>Salvelinus namaycush</i> Inhibition de croissance de larves	5 à 55 ⁽⁵⁾

1. CNRC, 1979

2. CL₅₀ = concentration létale du contaminant dans l'eau pour 50 % des individus testés

3. Intervalle de résultats obtenus pour différents BPC

4. CEMEO l = concentration minimale d'effet observé létal

5. Niimi, 1994

6. CMEO sl = concentration minimale d'effet observé sublétales

7. 2,3,7,8 TCDD = 2,3,7,8 tétrachlorodibenzo-p-dioxine, lequel congénère est le plus toxique des congénères des DF ⁽⁵⁾

3. Toxicités environnementales des BPC et DF

En vue de comparer les teneurs de BPC et DF constatées au LES avec les seuils toxiques environnementaux de ces deux contaminants, on a recensé les concentrations toxiques environnementales déterminées à l'aide de bioessais pour ces deux organochlorés. Les concentrations ainsi obtenues sont présentées au tableau 1. La comparaison des concentrations toxiques des BPC et DF pour les organismes aquatiques avec celles de ces contaminants pour l'humain indique que les teneurs toxiques de ces deux contaminants s'avèrent moins néfastes pour la population humaine que pour la communauté aquatique, comme l'indiquent les valeurs des tableaux 1 et 2.

4. Dangers écotoxicologiques des BPC et DF au LES

Un danger écotoxicologique à court terme est présent lorsque la concentration chimique d'un contaminant dans l'environnement dépasse son seuil toxique (Ramade, 1992 et Van Coillie, 2006). Ceci n'est pas constaté pour les BPC et DF du LES.

Cependant, un danger écotoxicologique à long terme doit aussi être envisagé lorsqu'un contaminant est bioaccumulé et a une longue vie. C'est le cas pour les BPC et DF (ATSDR, 2000). De fait, leur bioaccumulation a été démontrée chez les organismes aquatiques où elle augmente avec la chaîne alimentaire selon le processus de bioamplification (Niimi, 1994) et chez les humains exposés pendant de longues périodes à des sources très excessives de BPC et DF (Pirkle *et al*, 1989 et Carrier, 1991). De plus, leurs demi-vies dépassent 50 jours pour les BPC et DF chez les poissons (Niimi, 1994), 100 jours pour les BPC chez les humains (Carrier, 1991) et enfin 365 jours pour les DF chez les humains (Pirkle *et al*, 1989 et Carrier, 1991). Compte tenu de leurs longues durées de vie combinées à leurs bioaccumulations élevées, ces deux contaminants développent un danger écotoxicologique à long terme augmentant avec l'exposition à ceux-ci.

5. Expositions aux BPC et DF du LES

En premier lieu, il faut répondre aux questions suivantes : où, qui, comment, quand, à quelle durée et à quelle fréquence est-on exposé aux BPC et DF du LES ? Les principales sources d'exposition sont les suivantes : l'air et l'eau de puits pour des employés de Bestan (8 heures/jour pendant ≤ 230 jours/an) ; les mêmes variables pour des habitants voisins du LES (exposition continue) ; des potagers avoisinants exposés à l'air et arrosés avec une eau de puits pour ces habitants (exposition estivale) ; des eaux de surface pour les organismes aquatiques et la faune terrestre autour du LES (exposition continue) ; l'eau du lac Lovering pour des habitants locaux (exposition sporadique), des poissons et des visons (exposition continue) ; la consommation de poissons par des habitants (exposition sporadique) ; l'air, l'eau de surface et la végétation broutée par des chevreuils autour du LES (exposition continue) et, par conséquent, la consommation de cet animal (exposition sporadique).

En second lieu, des calculs doivent être faits pour les différents scénarios d'exposition. Ces calculs servent à estimer des doses d'exposition en ng de BPC ou fg de DF/kg de poids corporel (p.c)/jour. Dans le cas des doses d'exposition des contaminants à partir de la consommation des poissons du lac Lovering, il faut préalablement préciser les teneurs des contaminants dans ces poissons. Le MENV (2000) a déterminé ces dernières qui sont présentées ci-après en ng/kg pour les BPC, en ng TEQ/kg pour les DF et en ng/kg pour le mercure : Touladi *Salvelinus namaycush*, BPC (205 à 275 x 10³), DF (3,470 à 5,300), mercure (1 500 à 2 000 x 10³) ; Achigan à petite bouche *Micropterus dolomieu*, BPC (8,3 à 9,3 x 10³), DF (0,090), mercure (450 à 1 180 x 10³) ; Barbotte brune *Ictalurus natalis*, BPC (3,4 à 8 x 10³), DF non analysés, mercure (40 à 160 x 10³) ; Perchaude *Perca flavescens*, BPC (3,0 à 5,4 x 10³), DF non détectés, mercure (120 à 410 x 10³) ; Meunier noir *Catostomus commersoni* au lac Lovering nord, BPC (39 x 10³), DF (0,120), mercure (80 x 10³) ; Meunier noir *Catostomus commersoni* au lac Lovering sud, BPC (45 x 10³), DF (0,412), mercure (60 x 10³).

Les valeurs précitées montrent que les normes de protection pour la consommation des poissons par l'humain (2 000 x 10³ ng/kg pour les BPC et 15 ng en TEQ/kg pour les DF selon SBESC, 1986) sont totalement respectées au lac Lovering ; par contre, ces normes ne sont pas respectées pour le mercure (500 x 10³ ng/kg selon SBESC, 1986) chez des poissons piscivores du lac Lovering (touladi et achigan à petite bouche). Les teneurs de BPC et DF dans les poissons du lac Lovering respectent les critères de protection pour la consommation des poissons par la faune terrestre piscivore (160 x 10³ ng/kg pour les BPC et 15 ng en TEQ/kg pour les DF selon USEPA, 1995), sauf pour les touladis. Les teneurs de mercure chez les touladis et les achigans

à petite bouche excèdent le critère précité de protection (500 x 10³ ng/kg selon USEPA, 1995).

Pour protéger la population contre les effets d'une contamination trop élevée en mercure chez les poissons piscivores du lac Lovering et plusieurs autres lacs de l'Estrie, la DSP de l'Estrie (2000 a et b) a recommandé dans un avis public que la consommation de ces poissons soit limitée à deux repas de 230 grammes en moyenne, par mois, pour les adultes. Cette limite est respectée en Estrie, selon une enquête de la DSP régionale (2000 a et b) sur la consommation de poissons issus de la pêche sportive pratiquée

Enviro-accès
Une nouvelle image
Le même dynamisme



www.enviroaccess.ca


Enviro-accès

TABLEAU 2

Toxicités des BPC et DF pour l'humain⁽¹⁾

Teneurs toxiques des BPC		
Types de toxicités	Paramètres estimés	Teneurs toxiques
Toxicité létale	DL ₅₀ ⁽²⁾	3 000 000 x 10 ³ ng/kg p.c. ⁽³⁾
	CL ₅₀ dans l'eau ⁽⁴⁾	140 000 000 x 10 ³ ng/l
	CL ₅₀ dans l'air ⁽⁵⁾	8 077 000 x 10 ³ ng/m ³
Toxicité sublétales	LOAEL ⁽⁶⁾	7 000 x 10 ³ ng/kg p.c.
	CMEO sl dans l'eau ⁽⁷⁾	326 667 x 10 ³ ng/l
	CMEO sl dans l'air ⁽⁸⁾	18 846 x 10 ³ ng/m ³
Teneurs toxiques des DF		
Toxicité létale	DL ₅₀ ⁽²⁾	100 x 10 ³ ng/kg p.c. ⁽³⁾
	CL ₅₀ dans l'eau ⁽⁴⁾	4 666 x 10 ³ ng/l
	CL ₅₀ dans l'air ⁽⁵⁾	2 69 x 10 ³ ng/m ³
Toxicité sublétales	LOAEL ⁽⁶⁾	200 ng/kg p.c.
	CMEO sl dans l'eau ⁽⁷⁾	9 333 ng/l
	CMEO sl dans l'air ⁽⁸⁾	538 ng/m ³

1. Carrier, 1991.

2. DL₅₀ = dose létale du contaminant dans le poids corporel humain pour 50 % des individus exposés.

3. Les doses toxiques du contaminant sont exprimées en ng/kg de poids corporel humain.

4. CL₅₀ dans l'eau : concentration létale du contaminant pour 50 % des individus exposés ; elle est estimée à partir de la DL₅₀ en considérant qu'un humain de 70 kg consomme 1,58 l d'eau en moyenne par jour (MEF, 1996 a et b).5. CL₅₀ dans l'air = concentration létale du contaminant pour 50 % des individus exposés ; elle est calculée à partir de la DL₅₀ en considérant qu'un humain respire 15,8 m³ d'air en moyenne par jour (MEF, 1996 a et b).

6. LOAEL = « Lowest observed adverse effect level » (Carrier, 1991).

7. CMEO sl dans l'eau = concentration minimale d'effet observé sublétales ; elle est estimée à partir de la LOAEL en considérant un poids corporel de 70 kg et une consommation quotidienne de 1,58 l d'eau (MEF, 1996 a et b).

8. CMEO sl dans l'air = concentration minimale d'effet observé sublétales ; elle est évaluée à partir de la LOAEL en considérant un poids corporel de 70 kg et une respiration de 26 m³/jour (MEF, 1996 a et b).

9. 2,3,7,8, TCDD : voir la note 7 dans la légende du tableau 1.

par 320 pêcheurs dans quatre lacs ciblés. Il est aussi recommandé que les femmes enceintes ou qui allaitent s'abstiennent totalement à cause des effets tératogéniques du mercure. La même recommandation s'applique aux enfants dont le système nerveux est plus vulnérable au mercure que celui des adultes. En protégeant ainsi la population contre le mercure contenu dans les poissons des lacs de l'Estrie, la DSP de cette région (2000 a et b) protège aussi les individus contre les BPC et DF, également présents dans ces poissons. Il faut souligner ici que le LES ne représente pas une source significative de mercure dans l'environnement local ; en effet, la concentration de mercure dans l'effluent du bassin sud de sédimentation du LES est de 6,5 ng/l, soit une valeur supérieure à celle de 5,5 ng/l présente dans le ruisseau Alger, tributaire naturel du lac Lovering (MENV, 2004 a).

Les calculs des différentes expositions qui ont pu être explicitées pour les BPC et DF du LES et autour de celui-ci ont été effectués à partir des concentrations les plus élevées de ces deux contaminants ; ceci est demandé dans toute analyse de risque toxicologique et écotoxicologique lorsqu'il y a peu de valeurs pour les concentrations de contaminants (MEF, 1996 a et b ; CEAEQ, 1998 et MSSS, 2002). Ces concentrations les plus hautes sont présentées au tableau 3.

Les doses d'exposition ont été calculées à l'aide d'équations de transferts de concentrations entre milieux, de paramètres d'exposition et de modèles conçus à cette fin par Carrier (1991), Sample *et al* (1994 et 1997), MEF (1996 a et b) et MSSS (2002) ; ces trois outils ne sont pas décrits afin d'éviter d'alourdir considérablement le texte. Les doses d'exposition estimées au moyen de ces trois outils ont été majorées par des doses d'exposition de bruit de fond, tel que recommandé par le MSSS (2002). Ces dernières ont également été calculées avec ces trois outils. Les doses majorées sont présentées au tableau 4.

TABLEAU 3

Concentrations maximales utilisées pour le calcul des expositions

Lieux	BPC	DF en TEQ
A) Lieux exposés		
Air du LES	1,200 ng/m ³	3,1 fg/m ³
Air au voisinage du LES	0,300 ng/m ³	12 fg/m ³
Eaux souterraines de puits au voisinage du LES	0,250 ng/l substitut de 1 fg/l	nd ; valeur proche de la limite de détection
Eaux de surface autour du LES	2,100 ng/l	650 fg/l
Eau du lac Lovering	0,450 ng/l	20 fg/l
Touladis du lac Lovering	275 ng/kg x 10 ³	5,3 fg/kg x 10 ⁶
B) Lieux témoins		
Air au 81, rue Lachance	0,44 ng/m ³	12 fg/m ³
Eau souterraine de puits au 81, rue Lachance	0,092 ng/l substitut de 1 fg/l	nd ; valeur proche de la limite de détection
Eau de surface à la branche ouest du ruisseau Boily	0,160 ng/l	1 fg/l

TABLEAU 4

Valeurs estimées pour les expositions aux BPC et DF au LES et autour du LES ¹

Voies d'exposition et classes d'âge	Doses d'exposition aux BPC en ng / kg p.c. / j ⁽¹⁾	Doses d'exposition aux DF en TEQ en fg / kg p.c. / j ⁽¹⁾
A) Employés hors du bureau du LES (> 19 ans)		
A.1 Ingestion	0 ⁽²⁾	0 ⁽²⁾
A.2 Inhalation	0,077	0,725
A.3 Absorption cutanée à partir de l'air extérieur	0,001	0,015
A.4 Inhalation combinée avec l'absorption cutanée	0,078	0,746
B) Employés au bureau du LES (> 19 ans)		
B.1 Ingestion	0 ⁽²⁾	0 ⁽²⁾
B.2 Inhalation d'air intérieur à partir de l'air extérieur, d'air intérieur provenant de la volatilisation de l'eau issue d'un puits et d'air intérieur émanant de la volatilisation de l'eau de douche issue d'un puits (cette dernière portion ne représente que 1 % x 10 ⁻⁶ pour les BPC et DF)	0,079	0,582
B.3 Absorption cutanée à partir de l'air intérieur et de l'eau issue d'un puits	0,002	0,014
B.4 Inhalation combinée avec l'absorption cutanée	0,081	0,602
C. Voisins du LES		
C.1 Ingestion de produits des potagers exposés à l'air extérieur et arrosés avec une eau issue de puits et ingestion de cette eau		
< 0,5 an	0,088	1,205
0,5 à 4 ans	0,044	0,579
> 4 à 11 ans	0,031	0,420
> 11 à 19 ans	0,021	0,286
> 19 ans	0,022	0,277
C.2 Inhalation d'air extérieur, d'air intérieur à partir de l'air extérieur, d'air provenant de la volatilisation d'eau issue de puits et d'air intérieur émanant de la volatilisation d'eau de douche issue de puits (cette dernière portion ne représente que 0,005 % à 0,011 % pour les BPC et 0,004 à 0,009 % x 10⁻³ pour les DF)		
< 0,5 an	0,417	13,066
0,5 à 4 ans	0,427	13,422
> 4 à 11 ans	0,333	10,496
> 11 à 19 ans	0,228	6,300
> 19 ans	0,169	5,318
C.3 Absorption cutanée à partir de l'air extérieur, de l'air intérieur issu de l'air extérieur et de l'eau issue de puits (incluant celle de la douche)		
< 0,5 an	0,006	0,398
0,5 à 4 ans	0,009	0,328
> 4 à 11 ans	0,008	0,276
> 11 à 19 ans	0,006	0,222
> 19 ans	0,006	0,208
C.4 Inhalation combinée avec l'absorption cutanée		
< 0,5 an	0,423	13,635
0,5 à 4 ans	0,436	13,891
> 4 à 11 ans	0,341	10,890
> 11 à 19 ans	0,234	6,617
> 19 ans	0,175	5,615
C.5 Ingestion de lait maternel chez les nourrissons (< 0,5 an)	0,783	7,742
D. Consommateurs d'eau au lac Lovering		
< 0,5 an	0,044	1,526
0,5 à 4 ans	0,027	0,926
> 4 à 11 ans	0,017	0,629
> 11 à 19 ans	0,012	0,434
> 19 ans	0,013	0,470
E. Consommation de poissons du lac Lovering (> 19 ans)	3,75	72,28
F. Chevreuil (<i>Odocoileus hemianus</i>) ingérant la végétation et l'eau et respirant l'air au LES et autour de celui-ci	46,489	175
G. Consommation locale de chevreuil	0,015	0,116
H. Vison (<i>Mustela vison</i>) ingérant des poissons et de l'eau en aval du LES	6 029	116 x 10³

1) Doses d'exposition exprimées en ng (10-9 g) de BPC/kg de poids corporel/jour et en fg (10-15 g)/kg de poids corporel/jour. Elles ont été calculées à l'aide d'équations présentées à cette fin par Sample *et al* (1994 et 1997), le MEF (1996 a et b) et le MSSS (2002).

2) L'ingestion d'eau est limitée à des eaux embouteillées.

3) L'exposition a été estimée pour une consommation de touladis en adoptant les données et recommandations émises par la DSP de l'Estrie (DSP, 2000 a et b) à ce sujet.

Pour évaluer les valeurs estimées d'exposition présentées au tableau 4, on les compare à des valeurs d'exposition de référence calculées pour toute une durée de vie. Ces valeurs de référence sont précisées ci-après.

BPC pour l'humain	=	6 ng/kg p.c/j pour l'ingestion (MEF, 1996 a) 0,9 ng/kg p.c/j pour l'inhalation (MEF, 1996 a) 1 000 ng/kg/j en général (DSP, 2000 a)
DF pour l'humain (en TEQ)	=	1 200 fg/kg/j pour l'ingestion (MEF, 1996 a) 149 fg/kg/j pour l'inhalation (MEF, 1996 a) = 175 fg/kg p.c/j en général (Carrier, 1991) 1 000 fg/kg p.c/j en général (DSP, 2000 a)
BPC pour le vison	=	90 000 ng/kg p.c/j en général (CEAEQ, 2006)
DF pour le vison (en TEQ)	=	410 x 10 ³ fg/kg p.c/j en général (CEAEQ, 2006)

6. Risques toxicologiques et écotoxicologiques des BPC et DF au LES

Pour estimer ces risques, on utilise généralement en premier lieu la méthode du quotient Q, laquelle divise l'exposition à un contaminant par l'exposition de référence à ce contaminant (MEF, 1996 a et b, MSSS, 2002 et CEAEQ, 1998). Lorsque les quotients Q sont inférieurs à 1,0, on considère que les risques estimés ne sont pas significatifs (MEF, 1996 a et b, MSSS, 2002 et CEAEQ, 1998).

Tous les quotients Q étant nettement inférieurs à la valeur 1 pour les BPC et DF concernés, des risques toxicologiques autres que cancérogènes et écotoxicologiques significatifs ne sont pas présents au LES et autour de celui-ci.

En second lieu, des indices de risque cancérogène (IR) pour les humains sont calculés en multipliant les doses moyennes ingérées ou inhalées entre 0 et 70 ans par des coefficients de cancérogénicité (MEF, 1996 a et MSSS, 2002). Ces derniers sont 1/41 mg/kg p.c/j et 1/145 000 mg/kg p.c/j

pour l'inhalation des BPC et DF (TEQ) respectivement et 1/1,08 mg/kg p.c/j et 1/3 820 mg/kg p.c/j pour l'ingestion respective des BPC et DF (TEQ) (MEF, 1996 b). Les IR par ingestion s'étendent de 0,00003 à 0,0094 pour les BPC et de 0,00001 à

0,0005 pour les DF et les IR par inhalation sont compris entre 0,0041 et 0,8733 pour les BPC et entre 0,0002 et 0,097 pour les DF. Ces IR sont inférieurs à la valeur 1, ce qui révèle qu'il n'y a pas de risque toxicologique cancérogène significatif au LES et autour de celui-ci.

Conclusion

Les normes et critères de qualité pour l'eau potable, les eaux souterraines, les eaux de surface, les sédiments et l'air sont globalement respectés pour les BPC et DF au LES et autour de celui-ci, tant pour la protection des humains que pour celle des poissons. Toutefois, les critères particulièrement bas pour la protection de la faune terrestre piscivore sont dépassés pour les BPC et DF dans les eaux de surface en aval du LES.

Les normes et critères de qualité pour la consommation d'eau et de poissons du lac Lovering en aval du LES sont également respectés pour les BPC et DF.

Les seuils toxiques des BPC et DF sont très largement supérieurs aux teneurs de

ces contaminants dans les eaux de surface en aval du LES, dans l'air au LES et autour de celui-ci. Des dangers écotoxicologiques à court terme ne sont pas présents pour les BPC au LES et autour de celui-ci. Malgré ceci, il faut tenir compte de leur bioaccumulation et de leur persistance à long terme, ce qui entraîne une évaluation de leur danger à long terme augmentant avec l'exposition à ceux-ci.

Les expositions aux BPC et DF du LES et autour de celui-ci via l'air intérieur et l'air extérieur, les eaux souterraines de puits, les potagers voisins exposés à l'air et arrosés avec une eau de puits, les eaux de surface, l'eau et les poissons du lac Lovering consommés par les humains ou les visons (bio indicateur faunique) et la végétation broutée par les chevreuils s'avèrent très inférieures aux valeurs d'exposition de référence pour ces deux contaminants, tant chez les humains locaux que chez la faune terrestre piscivore et non piscivore.

Subséquentement, les quotients de risques toxicologiques autres que cancérogènes et écotoxicologiques des BPC et DF du LES et autour de celui-ci sont beaucoup plus faibles que la valeur 1 et indiquent ainsi que ces risques ne sont pas significatifs. Les risques cancérogènes de ces deux contaminants locaux sont également non significatifs.

Bref, les risques des BPC et DF du LES Bestan pour la santé humaine et l'environnement ne s'avèrent pas significatifs.

L'auteur exprime sa gratitude aux docteurs **François Gagné**, d'Environnement Canada, et **Pierre Pichet**, de l'Université du Québec à Montréal, pour leurs évaluations utiles avant la version finale de cet article.

Références bibliographiques

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2000). Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs). ATSDR, US Department of Health, Atlanta, 765 p.

Carrier, G. (1991). Réponse de l'organisme humain aux BPC, dioxines et furannes et analyse des risques toxiques. Édition Le Passeur, Québec, 484 p.

CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec) (1998). Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique. CEAEQ, MENV, Sainte-Foy, Québec, 139 p.

CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec) (2006). Valeurs de référence intérimaires pour les récepteurs terrestres. CEAEQ, MENV, Sainte-Foy, Québec, 6 p.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement) (2000). Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. CCME, Winnipeg, multipagination.

CNRC (Conseil national de recherches du Canada) (1979). Polychlorobiphényles : critères biologiques pour évaluer leurs effets sur l'état de l'environnement. CNRC, Comité associé sur les critères scientifiques pour l'état de l'environnement, Ottawa, Publication CNRC 16078, 208 p.

DSP (Direction de la santé publique) (2000 a). Contamination de l'eau et des poissons des lacs Lovering et Massawippi et de leurs principaux tributaires : rapport d'analyse toxicologique. DSP, Régie régionale de la santé de l'Estrie, Sherbrooke, Québec, 18 p.

DSP (Direction de la santé publique) (2000 b). Avis de santé publique sur la contamination de l'eau et de poissons provenant des lacs Lovering et Massawippi. DSP, Régie régionale de la santé de l'Estrie, Sherbrooke, Québec, 2 p.

DSP (Direction de la santé publique) (2002). Étude de la contamination des lacs Lovering et Massawippi. DSP, Régie régionale de la santé de l'Estrie, Sherbrooke, Québec, 8 p. et une annexe.

Envir-Eau inc. (2003 a). Plan de sécurisation environnementale : programme de suivi environnemental : programme de suivi environnemental accru, résultats de 2001-2002, lieu d'enfouissement Bestan à Magog (Québec). Envir-Eau inc., Montréal, Québec, 68 p. et deux annexes.

Envir-Eau inc. (2003 b). Plan de sécurisation environnementale : programme de suivi environnemental : programme de suivi environnemental accru, étude des MES au printemps 2003, lieu d'enfouissement Bestan, Magog (Québec). Envir-Eau inc., Montréal, Québec, 27 p. et cinq annexes.

Envir-Eau inc. (2004 a). Plan de sécurisation environnementale : programme de suivi environnemental accru, présentation et interprétation des données de 2003, lieu d'enfouissement Bestan à Magog (Québec). Envir-Eau inc., Montréal, Québec, 36 p. et trois annexes.

Envir-Eau inc. (2004 b). Plan de sécurisation environnementale du LES Bestan: revue et bilan des contaminants dans l'environnement au lac Lovering. Envir-Eau inc., Montréal, Québec, 34 p.

ASA Chef de file
dans l'aménagement de lieux
d'enfouissement

GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

GESTION DES BIOGAZ

EXPLOITATION

Au fil des années, l'historique de notre groupe s'est enrichi d'une multitude de réalisations remarquables. Pour obtenir une liste sommaire de nos principales réalisations et pour des renseignements supplémentaires, veuillez visiter notre site Internet.

www.asimard.com
Téléphone : 418.845.8885

Environment Canada (1999). Dioxins and furans and HCB inventory of releases. Environment Canada, Canadian Environmental Protection Act, Ottawa, Ontario, multipagination.

Environnement Canada (2000). Contaminants du Saint-Laurent. Environnement Canada, Saint-Laurent, Vision 2000, Sainte-Foy, Québec, 2 p.

Environnement Canada et MENVIQ (ministère de l'Environnement du Québec) (1992). Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Montréal, Québec, EM 40-418, 28 p.

MEF (ministère de l'Environnement et de la Faune) (1996 a). Lignes directrices pour la réalisation des analyses des risques

toxicologiques. MEF, Direction des laboratoires, Sainte-Foy, Québec, 88 p.

MEF (ministère de l'Environnement et de la Faune) (1996 b). Guide technique pour la réalisation des analyses préliminaires des risques toxicologiques. MEF, Direction des laboratoires, Sainte-Foy, Québec, 771 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (1998). Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. MENV, Publications du Québec, Québec, 124 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (2000). Étude des causes de la contamination des poissons des lacs Lovering et Massawippi par des substances toxiques. MENV, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, Québec, 32 p. et neuf annexes.

MENV (ministère de l'Environnement) (2001 a). Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. MENV, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, Québec, 430 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (2001 b). Critères provisoires pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. MENV, Direction des politiques du secteur agricole, Québec, Québec, 165 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (2001 c). Critères de la qualité de l'air. MENV, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, Québec, 306 p.



SOLS CONTAMINÉS

**Ce n'est pas nous qui léguons
la terre à nos enfants,
ce sont eux qui nous la prêtent.**

Compétitif sur le marché, Écolosol effectue l'analyse complète de tous les sols qui lui sont confiés et les enfouit dans des conditions de sécurité maximale¹. D'accès facile et rapide par les autoroutes 640, 40 et 25, le Complexe environnemental Les Moulins offre toutes les garanties d'un site répondant aux normes les plus strictes².

**Écolosol, parce qu'il n'y a rien
de plus important que l'environnement.**

Contactez-nous : 450 966-6088

Complexe environnemental Les Moulins
199, chemin de la Cabane-Ronde
Mascouche (Québec) J7K 3C1

écolo
sol

1- Sols contaminés en concentration inférieure au critère C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*.
2- Site autorisé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

MENV (ministère de l'Environnement) (2002). Étude des sources de contamination des lacs Lovering et Massawippi par des substances toxiques. MENV, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, Québec, 94 p. et sept annexes.

MENV (ministère de l'Environnement) (2003). Lieu d'enfouissement sanitaire Bestan : principaux résultats et conclusions du programme de suivi environnemental effectué par Intersan en 2002 et au printemps 2003. MENV, Direction régionale de l'Estrie, comité de travail sur l'étude de la contamination des lacs Magog, Lovering et Massawippi, Sherbrooke, Québec, 23 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (2004 a). Étude de la contamination des lacs Lovering et Massawippi par des substances toxiques : résultats de la campagne d'échantillonnage de 2003. MENV, Direction régionale de l'Estrie, Sherbrooke, Québec, 16 p.

MENV (ministère de l'Environnement) (2004 b). BPC et PCDD/F dans l'air et les aiguilles de conifères au LES Bestan. MENV, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, Québec, 4 p.

MSSS (ministère de la Santé et des Services sociaux) (2002). Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique en santé humaine. MSSS, Québec, Québec, 124 p. et trois annexes.

Niimi, A. (1994). PCBs, PCDDs and PCDFs. In : Handbook of ecotoxicology. P. Calow, editor. Blackwell Scientific Publications, London, Ontario, volume 2, p. 204-243.

Pirkle, J.L. *and al.* (1989). Estimates of the half-life of 2,3,7,8 tetrachlorodibenzo-p-dioxin in Vietnam veterans of Operation Ranch Hand. *J. Toxicol. Environ. Health*, 27, p. 165-171.

Ramade, F. (1992). Précis d'écotoxicologie. Masson, Paris, 300 p.

Sample, B.E and G.W. Suter (1994). Estimating exposure of terrestrial wildlife to contaminants. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, ES/ER/TM-125, 43 p.

Sample, B.E, M.S. Aplin, R.A. Efrogmson *and al.* (1997). Methods and tools for estimation of the exposure of terrestrial wildlife to contaminants. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, Report ORNL/TM - 13 391, 113 p. and two appendices.

SEBSC (Santé et Bien-être social du Canada) (1986). Lignes directrices sur les contaminants chimiques du poisson et des produits de poisson au Canada. SEBSC, Loi et règlements des aliments et drogues, Ottawa, Ontario.

Tysklind, M. (1993). Atmospheric transport and transformation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. *Environ. Sci. Technol.*, 27, 2190-2197.

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1993). Wildlife exposure factors handbook. USEPA, Office of research and development, Washington, DC, Report EPA/600/R-93/187 a.

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1995). Great lakes water quality initiative : criteria documents for the protection of wildlife. USEPA, Office of water, Washington, DC, Report EPA 820-B-95-008.

Van Coillie, R. (2006). Éléments d'écotoxicologie générale. Presses de l'Université du Québec, Québec, Québec, 312 p. (en impression).

Van Coillie, R., N. Bermingham, C. Blaise *and al.* (1992). Integrated ecotoxicological evaluation of effluents from dumpsites. In : *Advances in environmental science and technology*, Academic Press, Wiley and Sons, New York, USA, 22, p. 161-191. ◀

INTERNALISER LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

2^{ème} Conférence Entreprise et développement durable
21 et 22 novembre 2006 • Hôtel Omni Mont-Royal, Montréal

Le concept de développement durable célébrera ses vingt ans en 2007. Ces dernières années, les entreprises les plus innovatrices sont passées de la parole aux actes et ont traduit ce concept en valeur ajoutée pour leur organisation.

Comment ces leaders ont-ils internalisé avec succès le développement durable dans leur gestion ? Quels écueils ont-ils rencontrés ? Quels avantages concurrentiels en tirent-ils aujourd'hui ?

Des gestionnaires et des experts chevronnés partageront avec vous leur expérience sur l'intégration du développement durable à la stratégie d'entreprise et à ses finances, aux ressources humaines, à la gestion des approvisionnements, des opérations et des projets ainsi qu'aux communications et au marketing.

Conférence présidée par :
Me Pierre Marc Johnson, Avocat-conseil, Lécanan Blaikie et
président du conseil d'administration du Centre international Unisféra

Invités spéciaux :
William J. Cosgrove, Président, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
Scott Vaughan, Directeur, Développement durable et environnement, Organisation des États américains
Gabrielle Marceau, Conseillère auprès du Directeur général, Organisation mondiale du commerce



Renseignements et inscription :
www.unisfera.org
conference@unisfera.org
514.527.0615

En collaboration avec : LES AFFAIRES



Montréal

La conférence sera certifiée carbon neutre par :