



Stratégie binationale de gestion des risques concernant l'hexabromocyclododécane (HBCD)

Décembre 2017

Document destiné à faciliter la participation des principales parties prenantes et du public à l'élaboration de la stratégie

Document établi par les gouvernements des États-Unis et du Canada



Avis de non-responsabilité

Ce document propose des stratégies de gestion et d'atténuation des risques qui entourent l'hexabromocyclododécane (HBCD), conformément à l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL). La mention de marques de commerce, de noms de produits commercialisés ou d'organismes ne suppose pas leur cautionnement par le gouvernement du Canada ou par le gouvernement des États-Unis.

Remerciements

La production du rapport a été financée par l'United States Environmental Protection Agency (USEPA), par l'intermédiaire du Battelle Memorial Institute, conformément au contrat EP-R5-11-07 de l'USEPA (F. Anscombe, représentant technique de l'agent de négociation des marchés, Chicago, Illinois). Le rapport a été établi selon les orientations données par le Great Lakes National Program Office de l'USEPA et par Environnement et Changement climatique Canada.

Sources des photos de la page couverture et du bandeau

Haut de la page couverture : Goéland argenté. Droits d'auteur : Brandon Schroeder, Michigan Sea Grant.
Bas de la page couverture : (gauche) sac de HBCD; source : greensciencepolicy.org. (droite) Maison recouverte de panneaux isolants en mousse; source : Jordan Dentz et Alex Wilson, greenbuildingadvisor.com.
Bandeaux de page : Touladi. Source : University of Wisconsin.

Résumé

L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) entre le Canada et les États-Unis vise à réduire les rejets anthropiques dans l'air, l'eau, les sols, les sédiments et le biote de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM), dont fait partie l'hexabromocyclododécane (HBCD), qui sont susceptibles d'altérer la qualité de l'eau des Grands Lacs. Par l'AQEGL, les Parties ont convenu d'adopter, comme il convient, les principes de la quasi-élimination des PCSPM et de l'interdiction totale de rejet de ces produits.

Le présent document propose une stratégie binationale à l'égard du HBCD afin de centrer les efforts des deux gouvernements fédéraux, en concertation avec les administrations des États et des provinces, les gouvernements tribaux, les Premières Nations et les Métis, les administrations municipales, les organismes de gestion des bassins hydrographiques et d'autres organismes publics locaux, l'industrie et la population pour mettre en œuvre des mesures de gestion et d'atténuation des risques destinées à réduire la présence du HBCD dans la région des Grands Lacs. Les Parties et leurs partenaires utiliseront se guider sur la stratégie pour cerner, hiérarchiser et mettre à exécution les mesures de réduction des PCSPM. Les options que propose la stratégie sont réparties en cinq catégories : réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques; promotion de la conformité et application de la loi; prévention de la pollution; suivi, surveillance et autres travaux de recherche; qualité de l'eau domestique. Les Parties s'engagent à intégrer, dans la mesure du possible, ces options dans leurs décisions concernant les programmes, les activités de financement et la dotation, mais ce sont les organismes mandatés pour réaliser les travaux pertinents qui les mettraient en œuvre. Comme il est indiqué dans l'AQEGL, les obligations de chacune des Parties sont tributaires de l'affectation de fonds conformément à leurs procédures respectives.

Le HBCD est un agent ignifuge bromé de fabrication humaine qu'on employait principalement comme additif dans les panneaux en mousse de polystyrène expansé (PSE) ou extrudé (PSX) destinés aux bâtiments résidentiels et commerciaux. L'accès accru à d'autres agents ignifuges a beaucoup réduit l'utilisation des panneaux en mousse contenant du HBCD aux États-Unis et au Canada. Toutefois, en raison de la grande stabilité des éléments qui le composent, on trouve du HBCD dans les sédiments, l'eau, le biote, les déchets et l'air de la région des Grands Lacs. En outre, le HBCD est persistant, bioaccumulable et toxique (PBT).

Des mesures fédérales officielles d'atténuation des risques et des activités de gestion sont en cours de réalisation aux États-Unis et au Canada. En juin 2017, l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (*United States Environmental Protection Agency* ou USEPA) a publié un document définissant la portée à donner à l'évaluation des risques selon la *Toxic Substances Control Act*. Au Canada, la fabrication, l'importation, l'utilisation et la vente d'HBCD ou de produits qui en contiennent sont interdites en vertu du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites* depuis le 1^{er} janvier 2017.

On comprend mal la situation globale du HBCD dans les Grands Lacs, car il y a peu d'informations, y compris pour ce qui touche les concentrations dans l'environnement et les estimations de l'usage dans la fabrication de produits et de biens de consommation. Les données générales de surveillance indiquent la présence du HBCD dans de multiples milieux dans la région, mais les données environnementales dont on dispose sont trop restreintes pour déterminer si les concentrations dépassent les seuils recommandés pour la qualité de l'environnement ou les valeurs de référence (GTD, 2015). Il faut faire des recherches pour améliorer les méthodes d'analyse dans les divers milieux en vue de garantir un suivi environnemental binational du HBCD qui soit cohérent, normalisé et économique. D'autres travaux sont aussi nécessaires pour évaluer les risques que présentent les solutions de remplacement du HBCD pour l'environnement.

Dans le but de combler les lacunes, la stratégie binationale propose de multiples options, qui sont indiquées au **tableau A du résumé**. En les mettant en œuvre, les parties prenantes amélioreront l'état de santé du bassin hydrographique des Grands Lacs et celui des gens qui y vivent.

Tableau A du résumé. Récapitulation des options proposées dans la stratégie canado-américaine concernant l'hexabromocyclododécane

Catégories de mesures				
Réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques	Promotion de la conformité et application de la loi	Prévention de la pollution	Suivi, surveillance et autres travaux de recherche	Qualité de l'eau domestique
Options proposées dans la stratégie				
<p>Fixer des dates limites pour l'abandon de l'utilisation du HBCD au niveau fédéral (États-Unis).</p> <p>Établir des normes fédérales en matière d'environnement et d'eau potable (États-Unis).</p> <p>Évaluer les solutions de remplacement du HBCD (États-Unis).</p> <p>Quantifier les rejets de HBCD provenant d'un éventail de produits au cours de leur cycle de vie (fabrication, utilisation, entreposage et élimination) (Canada et États-Unis).</p>	<p>Promouvoir le respect du <i>Règlement sur certaines substances interdites</i> (Canada).</p> <p>Promouvoir la conformité aux exigences de rapport du répertoire des émissions toxiques (<i>Toxics Release Inventory</i> ou TRI) (États-Unis).</p> <p>Définir et implanter des méthodes d'élimination sécuritaires des produits qui contiennent du HBCD (États-Unis).</p> <p>Faire la promotion des méthodes d'élimination sécuritaires des produits contenant du HBCD (Canada et États-Unis).</p>	<p>Accroître les activités de sensibilisation du public et du personnel des installations au sujet des sources éventuelles de HBCD et des mesures qu'il convient de prendre en présence de matériaux qui en contiennent (États-Unis).</p> <p>Sensibiliser le public aux ignifuges de rechange moins toxiques (États-Unis).</p> <p>Encourager les industries à prendre des mesures de prévention de la pollution et à suivre leurs initiatives dans le TRI (États-Unis).</p> <p>Souligner les réussites au chapitre de la prévention de la pollution et en faire la diffusion (États-Unis).</p> <p>Appuyer les intervenants qui cherchent des solutions de remplacement aux produits ignifuges bromés, dont l'HBCD (Canada et États-Unis).</p>	<p>Faire le suivi de la présence de HBCD dans les milieux environnementaux des Grands Lacs (air, sédiments, eau, poissons et autres espèces fauniques) et publier les résultats dans diverses publications pour assurer la plus grande diffusion au public visé (Canada et États-Unis).</p> <p>Élaborer des modèles pour suivre le transport atmosphérique à grande distance de HBCD, son dépôt dans le bassin des Grands Lacs et les voies de dégradation de ses stéréo-isomères ayant été trouvés dans le bassin (États-Unis).</p> <p>Recourir à des méthodes de suivi et de modélisation pour mieux caractériser les sources de HBCD et fonder les interventions éventuelles, la mesure des progrès et la formulation d'un cadre décisionnel international (Canada et États-Unis).</p> <p>Mettre au point des outils économiques de suivi des concentrations de HBCD venant de sources diverses (Canada et États-Unis).</p> <p>Mettre au point des systèmes de données et des plans structurés aux fins du suivi des sources et des manifestes de HBCD et des produits contenant du HBCD (États-Unis).</p>	<p>Élaborer et mettre en application des normes relatives à la qualité de l'eau domestique qui ciblent l'eau potable et les eaux de surface (États-Unis).</p>

Table des matières

Avis de non-responsabilité.....	ii
Remerciements.....	ii
Sources des photos de la page couverture et du bandeau	ii
Résumé	iii
Table des matières.....	v
Tableaux.....	vi
Figures.....	vi
Abréviations.....	vii
1 Introduction	1
2 Profil du produit.....	2
2.1 Identité du produit.....	2
2.2 Propriétés physiques et chimiques.....	2
2.3 Évolution et dispersion dans l'environnement.....	2
2.4 Sources et rejets de HBCD dans les Grands Lacs	3
2.4.1 Usages et quantités dans le commerce	3
2.4.2 Sources de rejet	4
2.4.3 HBCD dans l'environnement.....	4
2.4.3.1 Dans l'air	5
2.4.3.2 Dans les précipitations.....	6
2.4.3.3 Dans les eaux de surface.....	6
2.4.3.4 Dans les sédiments.....	6
2.4.3.5 Dans le biote	7
2.5 Résumé de haut niveau concernant les risques	8
3 Politiques, règlements et programmes de gestion et de contrôle du HBCD.....	9
3.1 États-Unis.....	9
3.1.1 Lois et règlements actuels	9
3.1.2 Mesures de prévention de la pollution.....	9
3.1.2.1 Activités de prévention de la pollution.....	10
3.1.2.2 Solutions de rechange au HBCD.....	10
3.1.3 Mesures de gestion des risques.....	10
3.1.4 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche	10
3.1.5 Normes et lignes directrices de l'USEPA.....	11
3.2 Canada	11
3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques.....	12
3.2.2 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche	13
3.2.3 Recommandations et normes d'Environnement et changement climatique Canada.....	13

3.3	Mesures binationales.....	14
3.3.1	Plans d'action et d'aménagement panlacustre	14
3.3.2	Initiative de coopération pour les activités scientifiques et le suivi	14
3.4	Scène internationale.....	14
3.4.1	Protocole sur les polluants organiques persistants de la CEE-ONU	14
3.4.2	Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants	14
4	Analyse des lacunes	15
4.1	Lacunes et actions nécessaires	15
4.2	Dépassement ou non-respect des valeurs recommandées pour la qualité de l'environnement .	17
5	Options de gestion et d'atténuation des risques pour combler les lacunes	17
5.1	Réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques	17
5.2	Promotion de la conformité et application de la loi.....	18
5.3	Prévention de la pollution	19
5.4	Suivi, surveillance et autres travaux de recherche	19
5.5	Qualité de l'eau domestique.....	21
6	Conclusions	21
7	Tableaux.....	22
8	Figure	1
9	Bibliographie	2

Tableaux

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques du HBCD	22
Tableau 2. Possibilités de rejet de HBCD et d'exposition attribuable à des sources planétaires.....	23
Tableau 3. Recommandations fédérales canadiennes pour la qualité de l'environnement relatives au HBCD et concentrations dans les Grands Lacs.....	24
Tableau 4. Propriétés prises en compte pour déterminer des ignifuges de rechange à employer dans les mousses en polystyrène expansé ou extrudé.....	24

Figures

Figure 1. Structure représentative du HBCD.	1
--	---

Abréviations

AQEGL	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs
BPC	biphényle polychloré
CEEGL	Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
É.-U.	États-Unis d'Amérique
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
GLENDAL	Great Lakes Environmental Database
GLLA	<i>Great Lakes Legacy Act</i>
GLNPO	Great Lakes National Program Office [Bureau du programme national des Grands Lacs de l'USEPA]
GLRI	Great Lakes Restoration Initiative [Initiative de rétablissement des Grands Lacs, États-Unis]
GTD	Groupe de travail de détermination
HBCD	hexabromocyclododécane
ICSS	initiative de coopération pour les activités scientifiques et le suivi
K_{oe}	coefficient de partage octanol-eau
P2	prévention de la pollution
PAAP	plan d'action et d'aménagement panlacustre
PATGD	pollution atmosphérique transfrontalière à grande distance
PBDE	polybromodiphényléthers
PBT	persistant, bioaccumulable et toxique
PCSPM	produit chimique source de préoccupation mutuelle
POP	polluant organique persistant
PSC	polystyrène choc
PSE	polystyrène expansé
PSX	polystyrène extrudé
RFQE	Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement
RNUI	Règle sur les nouveaux usages importants
SiGL	Science in the Great Lakes
SP	secteur préoccupant
TRI	Toxics Release Inventory
TSCA	<i>Toxic Substances Control Act</i>
USEPA	United States Environmental Protection Agency [Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement]
USGS	United States Geological Survey [Service géologique des États-Unis]

1 Introduction

L'[annexe 3](#) de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) vise à réduire les rejets anthropiques de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM) dans les eaux des Grands Lacs, étant reconnu : (1) que la gestion du cycle de vie utile est importante; (2) que les connaissances et l'information sont essentielles à une saine gestion; (3) que la gestion des PCSPM peut être assurée aux niveaux fédéral, étatique, provincial, tribal ou local, au moyen d'une combinaison de programmes réglementaires et non réglementaires; (4) que les efforts déployés à l'échelle internationale peuvent contribuer à la réduction des rejets de sources situées à l'extérieur du bassin; et (5) que le public peut aider à réduire la présence de la substance. Même si l'AQEGL n'exige pas d'établir des cibles de réduction, il convient de tenir compte des lignes directrices actuelles et du travail accompli en application des autres annexes.

En 2016, les deux gouvernements ont désigné l'hexabromocyclododécane (HBCD) comme [l'un des huit](#) PCSPM. En désignant ainsi le HBCD, les Parties convenaient qu'il constitue une menace pour les Grands Lacs, que les mesures de gestion actuelles ne suffisent pas et que de nouvelles interventions au profit du bassin des Grands Lacs s'imposent. Ces mesures sont inscrites dans des stratégies binationales qui peuvent comprendre des dispositions relatives à la recherche, au suivi et à la surveillance, ainsi qu'à la prévention et au contrôle de la pollution. Les stratégies binationales ont ainsi pour but de réduire les rejets de PCSPM en concentrant les efforts fournis par les gouvernements, les organismes et le public dans la mise en œuvre de mesures de gestion et d'atténuation des risques. L'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (*United States Environmental Protection Agency* ou USEPA) et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) sont les instances chargées d'appliquer l'AQEGL pour leur pays respectif. Aux États-Unis, le Bureau du programme national des Grands Lacs (*Great Lakes National Program Office* ou GLNPO) de l'USEPA coordonne ces efforts. Au Canada, la tâche revient au bureau du directeur général régional de l'Ontario d'ECCC.

Les Parties et leurs partenaires utiliseront se guider sur la stratégie pour cerner, hiérarchiser et mettre à exécution les mesures de réduction des PCSPM. Seule une action généralisée sur le terrain permettra d'obtenir les réductions, mais il faudra du temps pour les obtenir et pour que le milieu aquatique y réagisse. Des facteurs comme les changements climatiques, les sources héritées du passé et l'empreinte évolutive des activités humaines sur le paysage rendent difficile de prévoir le taux auquel nous pourrions assister à des changements importants dans les Grands Lacs. La réussite de la stratégie dépend des efforts combinés fournis par les collectivités de la région. La stratégie et sa mise en œuvre seront régulièrement révisées, et il sera rendu compte des progrès dans le Rapport d'étape des Parties. Bien que l'AQEGL n'établisse pas d'échéanciers pour l'application de la stratégie, on devrait la réviser périodiquement. Il est à noter que, durant la période de la révision, aucune nouvelle désignation de produit chimique ne sera acceptée.

Cette stratégie concernant le HBCD englobe une liste de 19 solutions de gestion, à appliquer au Canada, aux États-Unis ou dans les deux pays, en vue d'éliminer les éléments susceptibles de nuire à la qualité de l'eau par la réduction des rejets de HBCD. Ces solutions peuvent être utilisées pour définir, soutenir ou coordonner les projets nouveaux ou en cours. Elles sont réparties en cinq catégories : réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques; promotion de la conformité et application de la loi; prévention de la pollution; suivi, surveillance et autres travaux de recherches; qualité de l'eau domestique. Les Parties s'engagent à intégrer, dans la mesure du possible, les stratégies de lutte contre les PCSPM dans leurs décisions concernant les programmes, les activités de financement et la dotation. La mise en œuvre sera faite, dans la mesure du possible, par des organismes mandatés pour effectuer

des travaux en la matière. Comme l'indique l'AQEGL, les obligations des Parties sont tributaires de l'affectation de fonds conformément à leurs procédures respectives. Certaines interventions de lutte contre les PCSPM pourraient être soutenues par les travaux menés en application d'autres annexes de l'AQEGL comme les annexes 2 (Aménagement panlacustre) et 10 (Science).

2 Profil du produit

Un résumé détaillé des données d'environnement et d'autres renseignements pertinents pris en compte pour désigner le HBCD comme PCSPM est donné dans le [Rapport sommaire binational : Produits ignifuges bromés \(PBDE et HBCD\)](#) rédigé par le Groupe de travail de détermination (GTD) (2015).

2.1 Identité du produit

Le HBCD est un ignifuge bromé composé d'un anneau de 12 atomes de carbone auquel se rattachent 6 atomes de brome. Le HBCD est largement utilisé comme additif pour améliorer les propriétés ignifuges des plastiques et des textiles (Covaci et coll., 2006). Il est habituellement commercialisé sous forme de mélange non spécifique d'isomères de HBCD (CAS RN 25637-99-4) ou de HBCD dont les atomes de brome se trouvent aux positions 1, 2, 5, 6, 9 et 10 (CAS RN 3194-55-6) (USEPA, 2014). Il existe 16 stéréo-isomères possibles (**figure 1**) (ECCC, 2016a). Les mélanges de HBCD se composent habituellement d'isomère γ dont la concentration prédomine (en une proportion variant de 75 à 89 %) et d'isomères α et β (proportions variant respectivement de 10 à 13 %, et de 1 à 12 %, en général) (Letcher et coll., 2015). Avant 2013, année où on a commencé à instituer des mesures de retrait progressif du HBCD à l'échelle mondiale, le produit était l'un des ignifuges fabriqués dans les plus forts volumes dans le monde (ECCC, 2016b).

2.2 Propriétés physiques et chimiques

Le HBCD est une poudre blanchâtre lipophile se caractérisant par une faible solubilité dans l'eau et une forte affinité pour la matière particulaire (NRC, 2000; UNEP, 2015; ECCC, 2016a). Ses propriétés hydrophobes et son coefficient de partage octanol-eau élevé (K_{ow}) lui permettent de se séparer en phases organiques (lipides et solides en suspension) en milieu aquatique (Marvin et coll., 2011). Les autres propriétés du HBCD figurent au **tableau 1**.

2.3 Évolution et dispersion dans l'environnement

Le HBCD est omniprésent dans l'environnement; les données laissent croire qu'il a des effets nocifs sur l'environnement et la santé, et qu'il se bioaccumule et se bioamplifie (Marvin et coll., 2011). Les données environnementales du bassin des Grands Lacs sont peu nombreuses, mais les résultats d'autres activités de suivi et de surveillance laissent supposer que le HBCD est très persistant et qu'il est présent dans l'ensemble du bassin (GTD, 2015).

Le HBCD peut être transporté sur de grandes distances jusque dans des régions éloignées, comme l'Arctique, où des concentrations atmosphériques élevées ont été mesurées (ECCC, 2011b). Libéré dans l'environnement, le HBCD y persiste et il est susceptible de se dégrader lentement sous l'effet de réactions abiotiques (USEPA, 2016h) (Davis et coll., 2005) (Davis et coll., 2005) (Davis et coll., 2006) (Gerecke et coll., 2006). Il est immobile dans les sols, se lie fortement aux sédiments et aux solides en suspension dans l'eau et se volatilise lentement des sols humides et des eaux de surface (USEPA, 2016h). Les résultats d'études de suivi étayent la présence de HBCD dans le bassin des Grands Lacs. La concentration la plus élevée a été observée à proximité de sources urbaines ou industrielles (Marvin et coll., 2006; ECCC, 2011b; Letcher et coll., 2015). Des analyses de carottes de sédiments prélevées dans diverses régions du monde indiquent l'augmentation évidente et continue des concentrations de

HBCD depuis les années 1970, et une présence stable dans les sédiments profonds pouvant durer plus de 30 ans (ECCC, 2011b).

2.4 Sources et rejets de HBCD dans les Grands Lacs

Le HBCD n'existe pas à l'état naturel dans l'environnement. Les sources d'exposition et de rejet dans les Grands Lacs sont anthropiques. Il peut provenir de sources locales (c'est-à-dire canadiennes ou américaines) ou mondiales après avoir été transporté sur de grandes distances (ECCC, 2011b).

2.4.1 Usages et quantités dans le commerce

Le HBCD est surtout utilisé en tant qu'agent ignifuge dans les panneaux calorifuges en mousse de polystyrène expansé (PSE) ou extrudé (PSX) (USEPA, 2010; USEPA, 2014; ECCC, 2016b), qui sont employés comme matériaux isolants dans l'industrie de la construction. Des agents ignifuges sont ajoutés au polystyrène expansé ou extrudé afin de satisfaire aux exigences destinées à donner plus de temps aux occupants pour évacuer les lieux en cas d'incendie de divers codes du bâtiment en vigueur au niveau fédéral et aux niveaux des États et des municipalités. Ces ignifuges sont destinés à augmenter la température d'allumage et ainsi réduire la vitesse de combustion, la vitesse de propagation des flammes et la quantité de fumée produite. On utilise le HBCD pour sa capacité à conférer suffisamment de propriétés ignifuges à faible concentration (de 0,5 % à 1 %) au polystyrène expansé et au polystyrène extrudé sans changer les propriétés thermiques ou physiques des produits finaux (USEPA, 2014).

D'autres usages mineurs et passés du HBCD sont, notamment, dans le polystyrène choc pour les pièces électriques et électroniques, dans les agents de revêtement par dispersion en polymères pour les textiles commerciaux, résidentiels et militaires (mobilier rembourré, sièges pour le transport, textiles intérieurs pour automobiles, rideaux et revêtements muraux) et dans les mousses de polystyrène expansé et extrudé utilisées dans le secteur des transports (USEPA, 2014; ECCC, 2016a).

Le HBCD est offert sur le marché depuis les années 1960, et son utilisation dans les panneaux isolants a commencé dans les années 1980 (UNEP, 2010). La demande mondiale a rapidement augmenté dans les années 1990 et au début des années 2000 (UNEP, 2010), peut-être, en partie, en raison du retrait d'autres ignifuges tels que les polybromodiphényléthers (PBDE) durant cette période (GTD, 2015).

En 2003, la demande mondiale s'élevait à 43 millions de livres (21 951 tonnes métriques) (UNEP, 2010), et des estimations récentes indiquent que le marché mondial du HBCD employé dans le polystyrène expansé ou extrudé se situe entre 66 et 77 millions de livres (entre 30 000 et 35 000 tonnes métriques) (Burridge, 2014). Aux États-Unis, on évalue la quantité annuelle de HBCD produite en 1994, en 1998, en 2002 et en 2006 à entre 10 et 50 millions de livres (entre 22 000 et 45 000 tonnes métriques) (USEPA, 2016h). En 2015, plus de 66 millions de livres (30 000 tonnes métriques) étaient produites dans le monde. La Chine était alors le plus important fabricant et consommateur du HBCD (Li et coll., 2016). En 2016, on estimait que la quantité de HBCD produite ou importée aux États-Unis s'établissait entre 1 et 10 millions de livres (USEPA, 2017).

La demande en HBCD sur le marché a chuté par suite de l'instauration d'interdictions à l'échelle internationale et de l'accès à des solutions de rechange (USEPA, 2017). La modification consistant à inscrire le HBCD sur la liste des substances interdites en application de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants est entrée en vigueur en 2015. À titre de signataires de la convention, le Canada et la Chine abandonnent progressivement l'utilisation du HBCD. Bien que les États-Unis n'aient pas signé la Convention, les fabricants américains de mousses de construction commencent à se servir de produits ignifuges de remplacement (Burridge, 2014; USEPA, 2014). Un

rapport récent indique que le HBCD n'est plus accessible sur le marché intérieur des États-Unis, et que son emploi dans les mousses rigides expansées a presque été éliminé dans ce pays (USEPA, 2017).

La concentration maximale de HBCD pouvant être présente dans les étoffes et dans les textiles, de même que dans les produits en caoutchouc et en plastique va de 1 à 30 % (USEPA, 2010). La plupart des textiles contenant du HBCD sont destinés aux meubles rembourrés, afin de respecter les lois en matière de sécurité incendie (Morose, 2006). Cependant, moins de 1 % de tout le HBCD employé à des fins commerciales ou par les consommateurs se trouve dans les étoffes, les textiles et les vêtements (USEPA, 2010). Aux États-Unis, on ne recourt plus au HBCD dans les textiles destinés aux consommateurs, sauf pour un usage limité dans l'industrie automobile (USEPA, 2017).

De plus, on utilise le HBCD comme ignifuge dans le polystyrène choc destiné aux appareils électriques et électroniques, par exemple au matériel audiovisuel, ainsi qu'à certains fils et câbles (Morose, 2006; GTD, 2015). Moins de 10 % du HBCD utilisé en Europe l'est dans le polystyrène choc (GTD, 2015). On ne connaît pas la quantité de HBCD actuellement employée dans le polystyrène choc aux États-Unis et au Canada.

2.4.2 Sources de rejet

Les rejets de HBCD dans l'environnement se produisent au cours de la fabrication, de la transformation, du transport et de l'utilisation du composé, ou pendant une manipulation, un entreposage ou un confinement inadéquats. Il peut aussi y avoir des rejets de sources ponctuelles, des rejets migratoires provenant de produits manufacturés et des rejets issus de l'élimination du HBCD ou de produits en contenant. Le HBCD peut être rejeté dans l'air, l'eau, le sol ou les sédiments (ECCC, 2011b). Le **tableau 2** présente les usages et les sources pouvant exister dans le monde (UNEP, 2015).

Au cours de la vie utile des produits finaux, le HBCD peut être rejeté dans les vapeurs ou les particules dans l'air ou, par lixiviation, dans l'eau. Les rejets se feraient d'abord dans l'air, mais la sédimentation et l'élimination de particules finiraient par entraîner le HBCD dans le sol et dans l'eau. Les pertes peuvent également se produire par abrasion et par dégradation de produits polymères finaux. Il est peu probable que le HBCD présent dans la mousse isolante soit exposé aux intempéries une fois la construction d'un bâtiment terminée (une fois installés les produits de mousse de polystyrène). Toutefois, avant et pendant la construction, ainsi qu'au moment de la démolition du bâtiment, les matériaux isolants peuvent subir un vieillissement climatique, se désintégrer et s'user, ce qui pourrait entraîner l'émission de particules contenant du HBCD. On estime que les rejets issus de matériaux emprisonnés seraient très faibles, puisque la poussière et la fragmentation seraient vraisemblablement minimales, et que la volatilisation du HBCD serait très restreinte. Il pourrait malgré tout y avoir des rejets minimes provenant de produits d'intérieur susceptibles de provoquer une exposition directe au HBCD.

Le HBCD emprisonné dans les matériaux de revêtement de textiles sera plus enclin à subir le vieillissement climatique et à s'user pendant la durée de vie utile du produit polymère, notamment par le lavage et par le nettoyage au moyen de produits chimiques. Les pertes seront probablement observées, surtout dans les déchets solides et les eaux usées. Ces pertes concernent le HBCD présent dans les produits fabriqués au Canada et aux États-Unis, ainsi que le HBCD retrouvé dans les produits finis et semi-finis qu'on importe dans l'un ou l'autre des deux pays (ECCC, 2011b).

Les produits et les matériaux contenant de l'HBCD qui sont éliminés dans les sites d'enfouissement pourraient subir des altérations atmosphériques, ce qui pourrait contribuer au rejet d'HBCD principalement dans le sol et, dans une moindre mesure, dans les eaux et l'atmosphère. On prévoit que l'HBCD rejeté dans le sol lors des activités d'enfouissement sera adsorbé sur les particules et la matière

organique et qu'il restera en grande partie immobile. Par exemple, un certain transport de surface limité peut se produire dans l'eau, en raison de l'entraînement de la substance par l'eau de pluie et le ruissellement. Toutefois, étant donné la faible pression de vapeur de la substance, il est improbable qu'elle se volatilise à partir de la surface du site d'enfouissement. Il existe peu d'information sur la quantité d'HBCD que contiennent les lixiviats des sites d'enfouissement. Cependant, étant donné la faible hydrosolubilité du produit, on s'attend à ce que sa lixiviation à partir de la surface des produits polymères dans un site d'enfouissement soit limitée. La tendance de l'HBCD à s'adsorber à la matière particulaire, sa solubilité limitée dans l'eau et les données probantes indiquant que cette substance pourrait être assujettie à une biodégradation anaérobie laissent croire que le risque de contamination de l'eau souterraine par des produits contenant de l'HBCD enfouis dans les décharges est probablement faible (ECCC, 2011b).

Les municipalités peuvent brûler les panneaux isolants dans des incinérateurs évolués pour déchets solides, des fours à ciment à co-incinération, dans des installations de réduction chimique en phase gazeuse et dans des incinérateurs de déchets dangereux dont l'efficacité de destruction est élevée. (UNEP 2017). L'HBCD est instable à des températures supérieures à 200°C, et il se décompose aux températures d'incinération. Les données expérimentales confirment que dans certaines conditions, la combustion de l'HBCD et de produits contenant de l'HBCD peut produire de petites quantités d'analogues bromés comme les polybromodibenzoparadioxines (PBDD) et les polybromodibenzofuranes (PBDF). Des traces de ces composés et de leurs précurseurs ont été mesurées pendant la combustion de matériaux polystyrènes ignifugés contenant de l'HBCD (ECCC, 2011b). Les PBDD et les PBDF présents dans les déchets contenant de l'HBCD seront vraisemblablement détruits par les températures très élevées générées dans les incinérateurs qui fonctionnent efficacement. Toutefois, ces substances pourraient être rejetées lors de combustions non contrôlées et d'incendies accidentels, ou encore lors d'une incinération dans des incinérateurs qui ne sont pas exploités selon les meilleures techniques ou les meilleures pratiques environnementales existantes (UNEP 2017).

2.4.3 HBCD dans l'environnement

Même si le suivi du HBCD dans le bassin des Grands Lacs a été plutôt limité, certaines données ont été recueillies, et elles sont résumées ci-dessous. Du HBCD a été détecté partout dans le monde et dans divers milieux environnementaux. Les concentrations les plus élevées ont été observées près des centres urbains et des zones industrielles. On a relevé la présence de HBCD dans des échantillons d'air et de sédiments prélevés en Arctique, en Scandinavie, en Amérique du Nord et en Asie (Hoh et Hites, 2005; USEPA, 2010; ECCC, 2011b; GTD, 2015).

2.4.3.1 Dans l'air

Le transport atmosphérique à grande distance du HBCD peut dépendre du comportement de transport des particules atmosphériques sur lesquelles le composé s'adsorbe (ECCC, 2011b). En 2002-2003, on a mesuré les concentrations de HBCD dans des échantillons d'air prélevés à cinq endroits du centre-est des États-Unis. Deux des échantillons provenaient du bassin des Grands Lacs. Des concentrations allant jusqu'à 9,6 pg/m³ ont été constatées dans la phase particulaire des échantillons d'air du bassin (Hoh et Hites, 2005). Des cinq sites d'échantillonnage, celui affichant la concentration de HBCD moyenne et la concentration médiane les plus élevées était situé à Chicago; celui affichant les valeurs les plus faibles se situait dans une région isolée du Michigan (étendue variant de 0,2 à 8,0 pg/m³, moyenne de 1,2 pg/m³). La comparaison des concentrations des échantillons prélevés dans des endroits éloignés des États-Unis avec les concentrations atmosphériques de fond mesurées en Suède révèle des concentrations légèrement supérieures de HBCD en Suède (2 à 5 pg/m³). On a avancé que la différence notée dans les

concentrations atmosphériques de fond serait attribuable au remplacement du pentabromodiphényléther (pentaBDE) et de l'octabromodiphényléther (octaBDE) par le HBCD survenu plus tôt en Europe qu'en Amérique du Nord (Hoh et Hites, 2005).

2.4.3.2 Dans les précipitations

Les concentrations de HBCD ont également été suivies dans des échantillons de précipitations prélevés à des endroits précis en périphérie du lac Ontario. Dans une étude en particulier, on a comparé, de 2007 à 2008, les niveaux de HBCD observés à trois sites de densités de population différentes (Melymuk et coll., 2011). À Toronto, site où la population est la plus dense, la concentration observée était, en moyenne, quatre fois plus élevée que celle relevée aux deux autres sites où la population est moins dense (Burlington et Point Petre [Ontario]). Par ailleurs, dans les trois sites, les concentrations mesurées étaient faibles, variant de 0,15 ng/L à 4,40 ng/L (Melymuk et al., 2011).

2.4.3.3 Dans les eaux de surface

Le HBCD a été trouvé dans les eaux de surface de chacun des Grands Lacs. Les concentrations variaient de 0,43 à 4,2 pg/L, soit inférieures de presque trois ordres de grandeur aux valeurs précisés dans les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (RFQE) relatives au HBCD dans l'eau (Venier et coll., 2014). Le lac Ontario affichait la plus forte concentration de HBCD, suivi, dans l'ordre, par le lac Supérieur, le lac Érié, le lac Michigan et le lac Huron (Venier et coll., 2014). Venier et coll. (2014) ont remarqué une corrélation entre l'HBCD et d'autres contaminants, ce qui les a menés à émettre l'hypothèse que l'HBCD partage certaines similitudes avec d'autres produits chimiques, comme les BPC.

Selon les résultats d'une étude menée en 2004 sur les eaux du lac Winnipeg, au nord-ouest du bassin des Grands Lacs, la concentration moyenne de l'isomère α du HBCD dans sa phase dissoute s'établissait à 0,011 ng/L (ECCC, 2011b; GTD, 2015). Les isomères β et γ du HBCD n'ont pas été détectés (limite de détection de 0,003 ng/L). La détection exclusive de l'isomère α du HBCD dans la phase dissoute concorde avec son hydrosolubilité élevée, en comparaison de celle des isomères β et γ (**tableau 1**). On s'attend à trouver un profil similaire dans les échantillons d'eau de surface des Grands Lacs.

2.4.3.4 Dans les sédiments

Il est probable que les rejets de HBCD dans les eaux usées soient transportés jusqu'à un centre de traitement. Les coefficients de partage octanol-eau et de carbone organique-eau élevés laissent supposer que la plupart des rejets de HBCD qui atteignent les installations de traitement des eaux usées sont concentrés dans les boues, et que seule une petite proportion du composé passe dans l'effluent terminal (ECCC, 2011b). De même, le HBCD présent dans les eaux de surface se répartira probablement dans les sédiments du lit (ECCC, 2011b).

Les sédiments en suspension recueillis le long de la rivière Detroit, qui prend sa source dans le lac Sainte-Claire et se jette dans le lac Érié, ont montré une relation forte entre la présence de HBCD et les activités urbaines et industrielles. En 2001, la concentration moyenne annuelle de HBCD dans les sédiments en suspension recueillis le long de la rivière variait de 0,012 ng/g à 1,14 ng/g de poids sec. Les niveaux les plus élevés ont été relevés en aval de la zone périurbaine de Detroit. La présence répandue de concentrations relativement faibles de HBCD laisse supposer que les grandes zones urbaines constituent des sources diffuses de HBCD (Marvin et coll., 2006; ECCC, 2011b; Letcher et coll., 2015).

Les échantillons de sédiments de surface prélevés dans la région des Grands Lacs ont été suivis dans diverses initiatives. En 2007, on a analysé 16 échantillons de sédiments de surface prélevés à divers

endroits dans les Grands Lacs pour en déterminer le niveau de HBCD. La concentration moyenne de HBCD allait de 0,04 à 3,1 ng/g de poids sec, et elle se comparait aux valeurs mondiales (<10 ng/g de poids sec) mesurées à des endroits où les sources de HBCD sont diffuses (Yang et coll., 2012). Les charges de HBCD dans les échantillons de sédiments du lac Érié et de la rivière Detroit en 2004 étaient comparables et variaient de 0,10 à 1,60 ng/g de poids sec (Letcher et coll., 2015). Les résultats de ces deux études ont permis d'établir que les concentrations de sédiments dans les Grands Lacs sont considérablement moins élevées que celles précisées dans les RFQE canadiennes relatives au HBCD contenu dans les sédiments (1,6 mg/kg de poids sec) (**tableau 3**).

2.4.3.5 Dans le biote

Dans la région des Grands Lacs, la présence de HBCD a été détectée chez les poissons, dans le plasma du pygargue à tête blanche, chez les oisillons de faucon et dans les œufs d'oiseaux indigènes. Des œufs de goéland argenté (*Larus argentatus*) de 15 colonies de nidification ont fait l'objet d'une surveillance régulière durant près de 40 ans dans le bassin des Grands Lacs (Yang et coll., 2012). Le HBCD a été ajouté récemment à la liste des substances chimiques à suivre dans les œufs recueillis. En 2012, la concentration totale moyenne de HBCD dans chacune des colonies des Grands Lacs ayant été échantillonnées se chiffrait à 13,2 ng/g de poids humide (Yang et coll., 2012). Une étude menée en 2004 sur des groupements d'homogénats d'œufs de goéland argenté prélevés dans six colonies situées autour des Grands Lacs a permis de constater des concentrations supérieures de l'isomère α (de 2,1 à 20 ng/g de poids humide) à celles de l'isomère γ du HBCD (allant de la non-détection à 0,67 ng/g de poids humide) dans les œufs. Ces résultats contrastent nettement avec les concentrations observées dans les produits originaux (Gauthier et coll., 2007). Les plus grandes concentrations de l'isomère α ont été observées à l'île Gull, au nord du lac Michigan, probablement du fait que ce lac est très urbanisé et industrialisé. Il convient toutefois de noter que les zones au sud du lac sont plus fortement industrialisées que les zones où les échantillons ont été prélevés. Ces résultats confirment la présence de HBCD dans le réseau trophique aquatique associé au goéland argenté dans les Grands Lacs : les femelles gravides sont exposées au HBCD en s'alimentant et le transmettent aux œufs *in vivo* (Gauthier et coll., 2007; ECCC, 2011b).

Des échantillons de poisson sont prélevés chaque année dans chacun des Grands Lacs, et ils font l'objet d'un suivi systématique servant à établir la présence de divers produits chimiques d'intérêt, dont le HBCD (USEPA, 2016e). Un groupe de chercheurs s'intéresse à la concentration de HBCD dans le touladi du lac Ontario (*Salvelinus namaycush*, qui figure parmi les grands prédateurs du milieu), de même que dans plusieurs des principales espèces dont il se nourrit (Tomy et coll., 2004). Les isomères α et γ du HBCD ont été décelés dans tous les niveaux trophiques, les concentrations les plus élevées ayant été observées chez le touladi (concentration totale moyenne de HBCD de 1,68 ng/g de poids humide). Les concentrations d'isomère α du HBCD étaient constamment supérieures à celles de l'isomère γ , tandis que celles de l'isomère β se situaient sous la limite détectable de la méthode (évaluée à 0,03 ng/g de poids humide) dans toutes les espèces étudiées (Tomy et coll., 2004; ECCC, 2011b). Dans une autre étude, les échantillons de touladis du lac Ontario archivés (5 sujets à chaque prélèvement; 4 sujets en 1979) contenaient des concentrations totales de HBCD variant de 16 ng/g à 33 ng/g de masse lipidique (de 2 ng/g à 4 ng/g de poids humide) (Ismail et coll., 2009; ECCC, 2011b). En analysant les échantillons archivés au fil du temps, on a observé une baisse importante des concentrations de HBCD de 1979 à 2004, celles de l'isomère α étant nettement supérieures (Ismail et coll., 2009; ECCC, 2011b). On a posé l'hypothèse que les changements survenus dans l'alimentation du touladi, les variations temporelles des charges de contaminant, ou les mesures volontaires de réduction des rejets ayant été mises en œuvre par l'industrie pourraient être intervenus dans la tendance à la baisse des concentrations qu'on a

observée. Ensemble, les résultats de ces études permettent de confirmer qu'une bioamplification du HBCD s'est produite dans le réseau trophique pélagique du lac Ontario (Yang et coll., 2012).

2.5 Résumé de haut niveau concernant les risques

Le HBCD est persistant, bioaccumulable et toxique (PBT). Les résultats d'études menées sur le terrain montrent que sa bioaccumulation et sa bioamplification se produisent dans les réseaux alimentaires (ECCC, 2011b; Yang et coll., 2012). L'exposition de l'humain au HBCD a été démontrée après que des concentrations ont été mesurées dans le lait maternel, les tissus adipeux et le sang (USEPA, 2014). Cette situation peut être jugée préoccupante du point de vue de la santé humaine, puisque des études effectuées sur des animaux ont permis de montrer qu'une exposition au HBCD a des effets sur leur appareil reproducteur, sur leur développement et sur leur système nerveux (USEPA, 2014). Le HBCD s'est avéré toxique chez des espèces aquatiques et terrestres et a montré des effets néfastes considérables sur la survie, la reproduction et le développement des algues, des daphnies et des vers annelés. Des essais en laboratoire ont montré que les algues, les poissons, les invertébrés et les organismes endogés subissent les effets néfastes du HBCD quand les concentrations sont élevées dans l'environnement (USEPA, 2012). Des études récentes révèlent une toxicité aiguë des embryons de poisson et des effets sublétaux qui empêchent le bon fonctionnement des enzymes du foie et des hormones thyroïdiennes chez les poissons quand les concentrations de HBCD sont élevées dans l'environnement (Palace et coll., 2008; Deng et coll., 2009; USEPA, 2012). Chez les mammifères, des effets ont été observés sur la reproduction, le développement et le comportement après l'administration de fortes doses (ECCC, 2011b; USEPA, 2012).

L'évaluation des risques que pose l'HBCD en vertu de la LCPE (ECCC, 2011b) indique que la présence répandue de cette substance dans l'environnement soulève des préoccupations compte tenu des faits prouvant sa persistance et sa bioaccumulation dans l'environnement. En outre, l'analyse des quotients de risque au Canada indique que les concentrations actuelles de HBCD dans l'environnement au pays pourraient avoir des effets néfastes sur les populations d'organismes pélagiques et benthiques, bien qu'il soit peu probable, pour le moment, que ces concentrations nuisent directement aux organismes du sol (ECCC, 2011b).

La consommation de poisson contaminé pourrait être une voie d'exposition mineure pour l'humain. Il existe peu de lignes directrices relatives à la santé humaine qu'on puisse appliquer au HBCD, mais on commence à inclure le HBCD dans les composés soumis à la série d'analyses courantes réalisées dans les programmes de suivi. En juin 2017, l'USEPA (2017) a décrit sommairement la portée des évaluations des risques concernant le HBCD à venir (https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-06/documents/hbcd_scope_06-22-17_0.pdf [en anglais seulement]).

Chez l'humain, les principales voies d'exposition sont l'inhalation de poussière en suspension dans l'air, l'ingestion, le contact cutané et, dans de rares occasions, l'inhalation de vapeurs (USEPA, 2014). On suppose que le HBCD employé dans les textiles pose un risque d'exposition plus élevé que le HBCD intégré à des matériaux isolants ignifugés. Puisque le HBCD est un additif ignifuge qui ne se lie pas chimiquement aux matériaux traités, il pourrait y avoir un risque de migration et d'exposition chez l'humain (ECCC, 2011b; USEPA, 2014). À l'heure actuelle, il n'existe aucun renseignement facilement accessible aux travailleurs sur les effets de l'exposition au HBCD en milieu de travail (USEPA, 2014). Au Canada, la caractérisation superficielle des risques que présente le HBCD pour la santé humaine a permis d'indiquer que le composé n'a pas de potentiel génotoxique, que ce soit *in vitro* ou *in vivo*. En outre, il n'est pas cancérigène et n'a pas causé de toxicité systémique dans une étude sur l'exposition chronique par voie alimentaire (ECCC, 2011b). Le rapport canadien conclut que le HBCD ne pénètre pas

dans l'environnement en quantité, en concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaine (ECCC, 2011b).

3 Politiques, règlements et programmes de gestion et de contrôle du HBCD

3.1 États-Unis

3.1.1 Lois et règlements actuels

La mesure réglementaire la plus importante visant le HBCD aux États-Unis est une règle établie en application de la *Toxic Substances Control Act* (TSCA). En mars 2012, l'USEPA a proposé une règle sur les nouveaux usages importants visant le HBCD selon la disposition 5(a)(2) de la TSCA. Le 23 septembre 2015, cette règle a acquis un aspect définitif important. Elle désigne comme nouvel usage important l'emploi du HBCD dans les textiles de consommation autres que ceux destinés aux véhicules automobiles. La règle exige que les personnes ayant l'intention de fabriquer, d'importer ou de transformer du HBCD aux fins d'utilisation dans les textiles de consommation avisent l'USEPA au moins 90 jours avant d'entreprendre les activités. Cet avis permet à l'USEPA d'évaluer tout usage prévu et, s'il y a lieu, d'interdire une activité ou d'en limiter la portée avant qu'elle n'ait lieu (USEPA, 2016f).

Le 28 novembre 2016, l'USEPA a achevé l'élaboration d'une règle qui ajoute le HBCD à la liste de produits à signaler du répertoire des émissions toxiques (*Toxics Release Inventory* ou TRI) en précisant un seuil de déclaration de 100 livres (USEPA, 2016b). On estime à 101 le nombre d'installations réparties sur le territoire américain qui avaient commencé à recueillir des données sur les rejets de HBCD le 1^{er} janvier 2017 et qui seront tenues de présenter un premier rapport le 1^{er} juillet 2018 (USEPA, 2016a). Cette règle augmentera considérablement la quantité d'informations accessibles sur les sources de rejet de HBCD aux États-Unis.

En décembre 2016, conformément à la *Lautenberg Chemical Safety Act* (loi sur la sécurité des produits chimiques de Lautenberg), le HBCD se classait parmi les 10 principaux produits chimiques faisant l'objet d'une première évaluation. Le premier document traitant de la [portée de l'évaluation des risques concernant le HBCD](#) [en anglais seulement] a été publié en juin 2017. Dans ce document, on offre un aperçu du plan d'analyse initial de la réalisation d'une revue systémique des renseignements relatifs aux risques que présente le HBCD. La revue servira à élaborer un plan d'analyse pour l'évaluation du risque lié à l'exposition au HBCD que réalisera l'USEPA (USEPA, 2017).

Des États qui entourent les Grands Lacs, seul le Minnesota a un règlement qui vise expressément le HBCD. En application de la *Toxic Free Kids Act* (loi prévoyant la protection des enfants contre les produits toxiques) de 2009 (Minn. Stat. 2010 116.9401-116.9407), le HBCD est classé parmi les « produits chimiques très préoccupants » (USEPA, 2017). À ce jour, aucun autre règlement visant expressément le HBCD n'existe dans les États du bassin des Grands Lacs. Puisque le HBCD est un produit chimique qui soulève bien des préoccupations, la Minnesota Pollution Control Agency est chargée d'éliminer progressivement l'usage du HBCD dans les produits destinés aux enfants (MPCA, 2010).

3.1.2 Mesures de prévention de la pollution

En raison des connaissances restreintes sur l'utilisation du HBCD et sur les rejets du composé aux États-Unis, peu de mesures de prévention de la pollution ont été officiellement mises en œuvre. Toutefois, à la lumière des interdictions de partout dans le monde et de l'accessibilité d'ignifuges de rechange pour les produits, de nombreux fabricants ont réduit de manière importante l'usage du HBCD, ou l'ont éliminé de leurs produits. On a également mis à l'écart l'emploi de HBCD dans les produits textiles destinés aux consommateurs, autres que ceux de l'industrie automobile (USEPA, 2017). Un rapport

récemment publié indique que l'usage de HBCD n'est dorénavant plus habituel, mais qu'on l'emploie uniquement dans les produits de revêtement spécialisés à certaines usines de fabrication d'automobiles aux États-Unis. Toutefois, il mentionne que le HBCD pourrait demeurer présent dans les pièces de rechange ayant été importées ou fabriquées avant le retrait progressif du composé (USEPA, 2017).

3.1.2.1 Activités de prévention de la pollution

L'USEPA et certains États ont instauré des programmes de prévention de la pollution (P2) qui visent à réduire, à éliminer ou à prévenir la pollution à la source. On s'attend à ce que les États-Unis mettent en œuvre des activités de prévention de la pollution à mesure que s'accumuleront les données sur le HBCD provenant du TRI et que s'achèveront les travaux de recherche sur les produits ignifuges de rechange.

3.1.2.2 Solutions de rechange au HBCD

Les connaissances sur le HBCD étant limitées, le gouvernement fédéral des États-Unis l'évalue depuis le début des années 2000. En 2011, l'USEPA a officiellement commencé à évaluer et à concevoir d'autres produits ignifuges destinés à remplacer le HBCD. Les évaluations menées par l'USEPA sur les [produits ignifuges destinés à remplacer le HBCD](#) [en anglais seulement] ont été soumises à la consultation publique en 2013, avant que ne soit publié le document définitif en 2014 (USEPA, 2014). Dans ce document, on évalue et on compare les risques éventuels de l'utilisation du HBCD et à celle de trois solutions de rechange, de même que de multiples facteurs de rendement dont il faut tenir compte pour les produits finaux (**tableau 4**). On a ainsi établi que les ignifuges bromés étaient les seuls produits commercialisés pouvant être employés à des concentrations qui ne gâtent pas les propriétés physiques de la mousse isolante. Selon les critères énoncés et les orientations, les auteurs du document proposent de remplacer le HBCD par un copolymère bromé composé de butadiène-styrène dans la mousse isolante de polystyrène expansé ou extrudé. Le copolymère bromé composé de butadiène-styrène doit encore faire l'objet d'études d'environnement, mais on s'attend à ce qu'il soit plus sécuritaire que le HBCD du point de vue de nombreux paramètres (USEPA, 2014). On fabrique et on commercialise déjà les mousses expansées et extrudées contenant le copolymère bromé de butadiène-styrène plutôt que le HBCD. Les évaluations à venir sur les solutions de rechange pourraient tenir compte de la pertinence de recourir aux ignifuges chimiques et établir si d'autres options (p. ex. la reconception des produits) pourraient être retenues en vue de satisfaire à certains des besoins, voire à tous (CMI, 2016).

3.1.3 Mesures de gestion des risques

L'Initiative de rétablissement des Grands Lacs (*Great Lakes Restoration Initiative* ou GLRI) est une initiative américaine lancée en 2010. Elle a pour but d'accélérer les activités de protection et de restauration de l'écosystème des Grands Lacs. Dans cette initiative, le GLNPO contribue au retrait des sédiments contenant des polluants en vertu de la loi sur le patrimoine des Grands Lacs (*Great Lakes Legacy Act* ou GLLA). La GLLA a donné lieu à un programme d'application volontaire et à coûts partagés d'assainissement des sédiments contaminés dans 43 secteurs préoccupants (SP) des Grands Lacs. De 2004 et 2015, la GLLA a permis d'assainir plus de 4 millions de verges cubes (3 millions de mètres cubes) de sédiments contaminés (USEPA, 2016c). Même si les travaux d'assainissement ne visaient pas particulièrement le HBCD, sa présence a été relevée aux mêmes emplacements que d'autres contaminants; ainsi, les travaux d'assainissement dans les SP des Grands Lacs devraient aussi porter sur le HBCD (Venier et coll., 2014).

3.1.4 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche

Des activités de suivi et de surveillance de l'environnement dans les Grands Lacs ont été entreprises par bon nombre d'instances aux États-Unis. Des instances locales, régionales, institutionnelles, tribales et

fédérales mènent, depuis plusieurs années, des études indépendantes et coopératives pour évaluer les conditions qui caractérisent les Grands Lacs et leur état.

Bon nombre des données recueillies figurent dans la base de données sur l'environnement des Grands Lacs (*Great Lakes Environmental Database* ou GLEND). C'est dans cette base tenue par le GLNPO que sont déposées et stockées les données sur l'environnement. Les données sur l'air, l'eau, le biote et les sédiments des Grands Lacs y sont colligées et mises à la disposition des utilisateurs (USEPA, 2016d). Le catalogue *Science in the Great Lakes* (SiGL) (<https://sigl.wim.usgs.gov/sigl/>) de métadonnées scientifiques sur les Grands Lacs est aussi une base de données qu'on peut interroger. Conçu par le Service géologique des États-Unis (*United States Geological Survey* ou USGS), il permet aux parties prenantes du bassin des Grands Lacs de collaborer et de coordonner les activités de suivi et de restauration des Grands Lacs (USEPA, 2015). Ces bases de données permettent aux chercheurs d'exploiter les données historiques de toute la région pour mettre en lumière les relations chimiques, biologiques et physiques complexes pouvant servir à élaborer des méthodes plus perfectionnées de définition des sources de pollution et des mesures d'assainissement.

Travaux particuliers aux Grands Lacs. L'article 118 de la *Clean Water Act* (loi américaine sur l'eau saine) confie à l'USEPA, par l'intermédiaire du GLNPO, le mandat d'établir un réseau de surveillance systémique des Grands Lacs en vue de contrôler la qualité de l'eau des Grands Lacs en insistant particulièrement sur le suivi des polluants toxiques. Dans sa mission principale, le GLNPO exécute un certain nombre de programmes de suivi de produits chimiques toxiques dans les milieux des Grands Lacs (poissons, air et sédiments). Ces programmes de longue haleine sont axés sur le suivi des tendances relatives aux polluants dans tout le bassin pour évaluer la santé de l'environnement. Bien que le HBCD n'ait pas suscité d'intérêt par le passé, les initiatives à venir pourraient accroître le nombre d'agents chimiques d'intérêt visés par les programmes.

En outre, au moyen de subventions, d'accords interorganisationnels et de collaborations, le GLNPO contribue aux travaux que mènent d'autres partenaires sur les produits chimiques toxiques, dont le HBCD, en vue de régler les problèmes qui concernent la santé humaine. Les résultats au sujet du HBCD sont présentés dans les rapports sur l'état des Grands Lacs, dans les plans d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) et dans des articles révisés par des pairs. La poursuite de la communication est proposée à la section 5.4.

3.1.5 Normes et lignes directrices de l'USEPA

À ce jour, ni le gouvernement fédéral ni ceux des États n'ont publié de norme ou de recommandation relative aux concentrations de HBCD ou aux concentrations de déchets contenant du HBCD dans l'air, l'eau potable, les eaux dans l'environnement ou les produits alimentaires en milieu de travail. Rappelons-le, la désignation du HBCD en vertu du SNUR de la TSCA, sa présence sur la liste des produits chimiques visés par la *Lautenberg Chemical Safety Act*, de même que son inscription récente dans le TRI sont autant de faits susceptibles de contribuer à l'élaboration de nouvelles lignes directrices fédérales. Quant aux États, seul le Minnesota a un règlement visant expressément le HBCD, qui le classe parmi les « produits chimiques très préoccupants » (Minn. Stat. 2010 116.9401-116.9407), de sorte qu'il est ciblé par les mécanismes conçus pour en réduire l'usage.

3.2 Canada

Les mousses de polystyrène expansé ou extrudé de l'industrie de la construction représentaient environ 99 % des usages du HBCD au Canada en 2012 (ECCC, 2016b). Le HBCD n'est pas fabriqué au Canada, mais a été importé, principalement pour la fabrication de produits intermédiaires et finis de polystyrène

expansé ou extrudé. Une étude effectuée pour le compte d'ECCC a permis d'estimer qu'en 2012, environ 800 000 livres (363 tonnes métriques) de HBCD ont été importées pour fabriquer des mousses de polystyrène extrudé et de la résine de polystyrène expansé (ECCC, 2016b). Du total, environ 60 000 livres (27 tonnes métriques) de HBCD ont été exportées dans de la résine de polystyrène expansé, ce qui correspond à une consommation nette de HBCD d'environ 740 000 livres (336 tonnes métriques) au Canada (ECCC, 2016b). L'étude a aussi montré qu'il peut être importé au Canada, de faibles volumes de polystyrène choc et de textiles contenant du HBCD pour des usages très spécialisés (ECCC, 2016b).

Même si on s'attend à ce que seulement une faible quantité de HBCD soit rejetée sur place à partir de produits finis ou semi-finis, l'élimination après consommation et en fin de vie des produits contenant du HBCD constitue probablement une source importante de rejets de HBCD dans les environnements intérieurs et extérieurs (Li et coll., 2009)). Selon les estimations, 92,4 % du HBCD importé seront, tôt ou tard, enfouis sous forme de composant de mousses de polystyrène expansé ou extrudé, et 7,5 % seront exportés dans la résine de polystyrène expansé. Le reste du HBCD importé (0,1 %) est rejeté durant la fabrication de mousses et de résines de polystyrène expansé ou extrudé, ou durant l'utilisation de ces mousses (ECCC, 2016b).

3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques

Selon le Plan de gestion des produits chimiques du Canada, un objectif environnemental est un énoncé quantitatif ou qualitatif des résultats à atteindre pour réduire les préoccupations d'ordre environnemental révélées par une évaluation du risque. L'objectif actuel est d'éliminer la quasi-totalité des rejets de HBCD dans l'environnement (ECCC, 2011b). On s'attend à ce que les objectifs de gestion du risque soient atteints pour une substance donnée par la mise en œuvre d'un ou de plusieurs règlements, autres instruments ou outils. L'objectif actuel pour gérer les risques que présente le HBCD est d'atteindre le niveau le plus faible de rejets dans l'environnement canadien qui soit réaliste sur les plans technique et économique (ECCC, 2011a).

Le Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites, 2012, qui est entré en vigueur en décembre 2016, ajoute cinq substances, dont l'HBCD, au Règlement sur certaines substances toxiques interdites, 2012 (ECCC, 2016b). Avant l'entrée en vigueur du règlement modificatif, il n'existait pas d'instrument de gestion des risques à l'égard des mesures de prévention et de contrôle du HBCD au Canada. Maintenant, la fabrication, l'utilisation, la vente, l'offre de vente ou l'importation de HBCD, de polystyrène expansé ou extrudé et de produits intermédiaires contenant du HBCD à des fins de construction sont interdites à quelques exceptions près depuis le 1^{er} janvier 2017.

Le *Règlement* n'interdit pas les activités suivantes :

- L'importation, la fabrication, l'utilisation, la vente ou l'offre de vente de produits contenant du HBCD autres que le polystyrène expansé ou extrudé (et les produits intermédiaires) à des fins de construction;
- L'utilisation, la vente ou l'offre de vente de HBCD ayant été fabriqué ou importé avant le 1^{er} janvier 2017;
- L'utilisation, la vente ou l'offre de vente de polystyrène expansé ou extrudé (et de produits intermédiaires) à des fins de construction, à condition que ces produits aient été fabriqués ou importés avant le 1^{er} janvier 2017;
- L'importation, la fabrication, l'utilisation, la vente ou l'offre de vente de HBCD ou de mousse de polystyrène expansé ou extrudé (ou des produits intermédiaires) contenant du HBCD, à condition qu'ils en contiennent accessoirement.

Le *Règlement* ne s'applique ni aux agents contaminants présents dans les matières de base qu'on détruit en cours de transformation ni aux aspects régis par toute autre loi ou tout autre règlement, comme les déchets dangereux et les produits antiparasitaires. En outre, il ne s'applique pas au HBCD ou aux produits qui en contiennent si on prévoit les utiliser en laboratoire aux fins d'analyse, aux fins de recherche scientifique ou à titre de produit étalon de laboratoire.

À l'heure actuelle, le gouvernement du Canada enrichit ses connaissances sur les pratiques de gestion des risques relatifs à la fin de vie de diverses substances, dont le HBCD, au Canada, ainsi que sur la présence et les rejets éventuels de substances toxiques et d'autres substances qui constituent des sources de préoccupations dans les installations de gestion des déchets au Canada.

Le gouvernement du Canada a collaboré avec le secteur automobile aux mesures non réglementaires en vue de réussir à éliminer progressivement et entièrement le HBCD. Depuis octobre 2016, le gouvernement reçoit des lettres d'engagement de tous les constructeurs automobiles du Canada dans lesquelles ceux-ci indiquent leur intention d'abandonner le HBCD. Dans ces lettres, ils affirment avoir déjà renoncé à utiliser le HBCD ou ils s'engagent à le faire d'ici 2020 au plus tard.

3.2.2 Les solutions de rechange à l'HBCD

Les solutions de rechange possibles à l'HBCD, telles que définies par le programme d'écoconception de l'EPA des É.-U., ont fait l'objet d'un examen par ECCC dans le cadre du Programme des substances nouvelles. Plus spécifiquement, ECCC a évalué le copolymère bromé de butadiène-styrène et a déterminé que ce dernier n'était pas toxique en vertu de la LCPE.

3.2.3 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche

Le gouvernement du Canada assure le suivi du HBCD dans l'environnement canadien (depuis 2008) et dans le lixiviat des sites d'enfouissement (depuis 2009) conformément au Plan de gestion des produits chimiques. Les données de suivi pourraient servir à évaluer les progrès réalisés et l'efficacité des mesures de gestion du risque que le gouvernement du Canada pourrait prendre à l'avenir, de même qu'à mieux comprendre les risques possibles d'exposition de l'environnement associés à ces sources. Les milieux surveillés comprennent la faune, les poissons, l'air et les sédiments (ECCC, 2011a).

3.2.4 Recommandations et normes d'Environnement et changement climatique Canada

En mai 2016, le Canada a publié les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement concernant la présence de HBCD dans l'eau, dans les sédiments et dans l'alimentation des espèces fauniques de mammifères (**tableau 3**). Les RFQE remplissent trois fonctions : (1) elles peuvent servir d'outils de prévention de la pollution en fournissant des objectifs de qualité acceptable de l'environnement; (2) elles peuvent aider à évaluer l'importance des concentrations des substances chimiques trouvées actuellement dans l'environnement (surveillance des eaux, des sédiments et des tissus biologiques); et (3) elles peuvent servir de mesures de rendement du des activités de gestion des risques.

Les RFQE n'ont pas de caractère obligatoire, à moins qu'elles soient prescrites par un permis ou par d'autres outils de réglementation. Ainsi, les RFQE, qui s'appliquent au milieu ambiant, ne sont pas des limites d'affluents ou des valeurs « à ne pas dépasser », mais elles peuvent servir à déterminer les limites d'affluents (ECCC, 2016a). Selon les connaissances actuelles, toutes les RFQE sont respectées, les valeurs réelles y étant inférieures de plusieurs ordres de grandeur.

3.3 Mesures binationales

3.3.1 Plans d'action et d'aménagement panlacustre

Le plan d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) a pour but de coordonner les efforts visant à évaluer, à restaurer, à protéger et à surveiller l'état de santé des écosystèmes de chacun des Grands Lacs (USEPA, 2004; USEPA, 2016g). Les PCSPM seront considérés comme une future priorité de suivi et de surveillance par les partenariats des lacs.

3.3.2 Initiative de coopération pour les activités scientifiques et le suivi

L'un des aspects de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs est la formation d'un groupe de travail chargé de l'initiative de coopération pour les activités scientifiques et le suivi (ICSS) en application de l'annexe 10. Il s'agit de mettre en œuvre une initiative canado-américaine en vue de fournir aux gestionnaires de l'environnement et des pêches les connaissances techniques et les données de suivi nécessaires aux décisions relatives à l'aménagement de chacun des Grands Lacs. On s'intéresse à chacun des lacs à tour de rôle, selon un cycle quinquennal. La visite du lac est suivie d'une année de campagne intensive sur le terrain, y compris dans les voies interlacustres. L'initiative a débuté en 2009. Concentrés sur un des Grands Lacs chaque année, les activités scientifiques et le suivi peuvent être axés sur des informations nécessaires, mais qui ne sont pas recueillies dans les activités habituelles des organismes, et il est possible de coordonner des évaluations scientifiques particulières. Chacun des partenariats des lacs définit les données scientifiques nécessaires en fonction du calendrier de l'ICSS, puis le groupe de travail suit ses recommandations comme il convient.

3.4 Scène internationale

Plusieurs accords internationaux ont été conclus en vue de restreindre l'accessibilité et l'usage de HBCD à l'échelle mondiale. On essaie ainsi de limiter la quantité totale de sources de HBCD dans l'environnement.

3.4.1 Protocole sur les polluants organiques persistants de la CEE-ONU

En 1998, l'organe exécutif de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) a adopté le Protocole sur les polluants organiques persistants et ciblé 16 substances devant être éliminées. En décembre 2009, l'organe exécutif a reconnu que le HBCD répond aux critères, énoncés dans sa décision 1998/2, d'un POP au sens de la Convention : Le HBCD peut être transporté sur une grande distance, et on détecte sa présence dans des régions éloignées; il est susceptible de nuire à la santé humaine ou à l'environnement; il est persistant et bioaccumulable; et lorsqu'on le rejette dans l'environnement, sa dispersion est grande (UNECE, 2009). Voilà pourquoi de nouvelles solutions de gestion des risques sont actuellement envisagées (EEA, 2016).

3.4.2 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants

À la sixième rencontre de la Conférence des Parties à la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, en 2013, il a été décidé d'inclure le HBCD dans la liste de l'annexe A tout en prévoyant des dérogations. La Convention a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets nocifs des POP; l'inclusion d'une substance à la liste de l'annexe A vise à en éliminer la fabrication, l'usage, l'importation et l'exportation. Le Canada a ratifié la Convention en 2001, qui est entrée en vigueur en 2004. Les États-Unis ont signé la Convention, mais doivent, à ce jour, la ratifier, l'accepter, l'approuver ou y adhérer. Ils ne l'appliquent donc pas encore. Le Canada n'a pas encore ratifié les modalités d'inclusion du HBCD dans la liste de la Convention (UNEP, 2015).

Dans le cas du HBCD, les Parties peuvent demander une dérogation spécifique quinquennale pour la fabrication du HBCD destiné aux mousses de polystyrène expansé ou extrudé utilisées dans les bâtiments, ou pour l'utilisation de polystyrène expansé ou extrudé contenant du HBCD dans les bâtiments. Toute Partie ayant officiellement demandé une dérogation pour la fabrication de HBCD destiné aux mousses de polystyrène expansé ou extrudé dans les bâtiments est tenue de prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que le polystyrène expansé ou extrudé contenant du HBCD peut être facilement repérable tout au long de son cycle de vie, soit en étiquetant les produits, soit par d'autres moyens (UNEP, 2015).

3.4.3 La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination

La Convention de Bâle a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes des déchets dangereux. Le Canada a signé et ratifié la Convention en 1992, et cette dernière est entrée en vigueur en 1992. Les É.-U. ne sont pas partie à la Convention de Bâle. L'une des principales dispositions de la Convention est la promotion de la saine gestion des déchets dangereux sur le plan environnemental, y compris des déchets contenant des polluants organiques persistants (POP).

Lors de la Conférence des parties à la Convention de Bâle, on a adopté des lignes directrices techniques sur la saine gestion environnementale (SGE) des déchets contenant des POP en 2017 (UNEP 2017), et des lignes directrices techniques sur la SGE des déchets contenant de l'HBCD en 2015 (UNEP 2015a). Ces lignes directrices fournissent des directives détaillées à propos de la réduction ou de l'élimination des rejets de POP dans l'environnement découlant de l'élimination des déchets et des processus de traitement connexes, et elles facilitent l'identification des déchets contenant de l'HBCD ainsi que leur saine gestion sur le plan environnemental.

4 Analyse des lacunes

4.1 Lacunes et actions nécessaires

Il existe plusieurs inconnues tant au Canada qu'aux États-Unis en ce qui concerne les sources non quantifiées de HBCD. Depuis l'ajout de l'HBCD au *Règlement sur certaines substances toxiques interdites, 2012* au Canada, les seules sources de HBCD dans l'environnement qui resteront au pays seront les produits importés qui contiennent du HBCD sous des formes autres que le polystyrène expansé ou extrudé utilisé en construction (dont la quantité devrait être minimale) et tous les produits (y compris le polystyrène expansé ou extrudé utilisé à des fins de construction) qu'on employait ou qui étaient présents avant le 1^{er} janvier 2017. Depuis octobre 2016, le Canada reçoit des lettres d'engagement de tous les constructeurs automobiles du Canada dans lesquelles ceux-ci font part de leur intention d'abandonner le HBCD. Dans ces lettres, ils affirment avoir déjà renoncé à utiliser le HBCD ou s'engager à le faire d'ici 2020 au plus tard. Les États-Unis n'ont pas fixé de date limite pour l'abandon du HBCD, et ils n'ont pas de lignes directrices environnementales concernant les concentrations de composé dans l'eau potable, les eaux libres, les sédiments et le biote. Toutefois, de multiples producteurs sont en voie d'éliminer le HBCD de leurs processus, ou l'ont déjà écarté de ceux-ci (USEPA, 2017).

Les rejets provenant de matériaux contenant du HBCD constituent des sources de HBCD à long terme pour l'environnement. Il n'y a pourtant pas d'informations sur le taux d'émissions probable de ces matériaux à l'avenir. On a déclaré que la durée de vie de la mousse de polystyrène dans les bâtiments va de 30 à 50 ans (UNEP, 2011). Les rejets issus des stocks existants de polystyrène expansé ou extrudé pourraient s'intensifier au fil du temps, particulièrement à compter de 2025, quand les constructions qui

renferment du polystyrène expansé ou extrudé contenant du HBCD seront rénovés ou démolis, de sorte que ces sources de HBCD entreront dans les flux de déchets (UNEP, 2011; USEPA, 2017).

Bien que des accords internationaux ciblent le HBCD, certains pays continuent de fabriquer ou d'utiliser le produit. Ainsi, il est probable que le déplacement sur de grandes distances constitue une source permanente de HBCD dans le bassin des Grands Lacs. Le HBCD dans l'air, l'eau, les sédiments, les poissons et autres espèces sauvages des Grands Lacs commence à faire l'objet d'une surveillance régulière. Il est nécessaire d'effectuer un suivi complémentaire du HBCD dans les milieux environnementaux du bassin des Grands Lacs, dans les secteurs susceptibles d'avoir des effets nocifs sur le bassin (notamment, les autres zones d'États ne faisant pas partie du bassin et les transporteurs qui traversent le bassin), et à l'échelle nationale. Ce suivi supplémentaire devrait permettre l'acquisition de données sur des séries chronologiques et des échelles temporelles grâce auxquelles les niveaux de HBCD seraient mieux connus et modélisés partout au pays, surtout dans les cas de produits ou de sources distribués dans le commerce, y compris dans le bassin.

De plus, il est nécessaire de s'assurer que les données sur les paramètres chimiques recueillies par l'USEPA, ECCC, les gouvernements des États, des provinces, des tribus, des Premières Nations et des Métis et par d'autres programmes gouvernementaux sont uniformes, standardisées et structurées de manière à améliorer la surveillance binationale du HBCD et des produits qui en contiennent. Assurer l'uniformité des données peut être utile pour garantir que les données recueillies de façon indépendante peuvent être utilisées collectivement en vue de définir les problèmes associés au HBCD et de les régler. Idéalement, on devrait mettre au point un référentiel contenant les données binationales qu'on pourrait cataloguer par milieu (p. ex. l'air, l'eau, le sol et le biote) et qui pourrait être consulté par les intervenants externes.

Il existe de nombreuses lacunes sur le plan des connaissances, ce qui limite les mesures possibles de gestion des risques liés au HBCD. Voici certains des domaines qu'on a cernés :

- *Les rejets provenant des produits utilisés.* Maîtriser les rejets de HBCD provenant des matériaux de construction ou d'autres produits actuellement utilisés. Cette source de rejets est relativement peu importante, mais elle demeure préoccupante. Il est question des rejets suivants :
 - Le HBCD contenu dans les matériaux de construction composés de polystyrène expansé ou extrudé actuellement utilisés;
 - Le HBCD contenu dans le polystyrène expansé ou extrudé employé à d'autres fins que la construction;
 - Le HBCD contenu dans les produits autres que les mousses de polystyrène expansé ou extrudé (p. ex. les étoffes spéciales).
- *Rejets de produits résiduels.* On s'attend à ce que la majorité (plus de 90 %) de l'HBCD contenu dans les matériaux aboutisse dans des sites d'enfouissement. On ne sait pas jusqu'à quel point l'HBCD sera rejeté dans les flux de déchets (dans les sites d'enfouissement et les incinérateurs, par exemple). (ECCC, 2016b).
- *Besoins en matière de suivi.* Nous devons amorcer ou poursuivre les activités de suivi afin d'observer le comportement à long terme de chaque isomère dans l'air, dans les sédiments et dans le biote (les poissons grands prédateurs et les œufs de goélands argentés) des Grands Lacs pour établir les tendances à long terme et en faire le suivi, suivre les déplacements atmosphériques sur de grandes distances et les dépôts, établir des normes en matière de concentrations dans l'environnement et évaluer le rendement des mesures de gestion des risques actuelles et futures.

- *Normes environnementales.* Aucune norme environnementale ayant trait à la qualité de l'eau ou aux concentrations dans le biote, l'alimentation ou les sédiments n'est en vigueur aux États-Unis.
- *Précisions sur les exigences relatives à la divulgation d'information.* Des précisions doivent être apportées aux États-Unis en vue d'aider les importateurs et les utilisateurs de produits finis en ce qui concerne les exigences de divulgation d'informations sur le contenu en HBCD des produits finis.

4.2 Dépassement ou non-respect des valeurs recommandées pour la qualité de l'environnement

Les données sur le HBCD sont peu nombreuses dans le bassin des Grands Lacs. Il nous est donc difficile de déterminer si les concentrations dépassent les seuils recommandés ou les valeurs de référence, et si des tendances spatiales ou temporelles existent. Toutefois, selon le peu de données dont on dispose et qui ont été recueillies dans les eaux de surface ou les sédiments des Grands Lacs, les valeurs n'y a eu aucun dépassement des seuils dans les RFQE canadiennes (**tableau 3**).

5 Options de gestion et d'atténuation des risques pour combler les lacunes

Les mesures proposées dans le présent document constituent des solutions de gestion des risques nouvelles ou déjà mises en place qui pourront combler les lacunes ayant été soulignées. Elles pourraient se traduire par des gains mesurables (sur le plan qualitatif ou quantitatif) pour la santé humaine ou pour l'environnement ou, encore, par une meilleure compréhension des sources de HBCD et de leur évolution, de même que des effets sur la santé humaine et sur l'environnement.

5.1 Réglementation et autres mesures de gestion et d'atténuation des risques

Au Canada, la fabrication, l'importation, l'utilisation, la vente et l'offre de vente de l'HBCD et de certains produits qui en contiennent sont interdites en vertu du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites, 2012* depuis le 1^{er} janvier 2017. Aux États-Unis, pour utiliser le HBCD dans les textiles, il est nécessaire d'envoyer un avis à l'USEPA, conformément à la règle sur les nouveaux usages importants (RNUI); toutefois, aucun calendrier officiel d'élimination progressive de l'utilisation de HBCD n'est prévu aux États-Unis.

Au Canada, les RFQE ont été établies pour fournir des concentrations de référence de HBCD dans l'environnement. Aux États-Unis, aucune norme du genre n'a été établie. Aussi faut-il se concentrer sur l'élaboration de normes environnementales et de normes en matière d'eau potable aux États-Unis.

On recherche et on applique des solutions pour remplacer le HBCD dans les mousses de polystyrène expansé ou extrudé et dans les étoffes spécialisées. La poursuite des études sur les solutions de rechange sera nécessaire pour s'assurer que le rendement des produits de remplacement envisagés est approprié et que l'effet des produits de remplacement sur l'environnement est bien compris.

Résumé de la réglementation et d'autres mesures de gestion et d'atténuation des risques proposées dans la stratégie

- Fixer des dates limites concernant l'abandon progressif de l'utilisation du HBCD à l'échelle fédérale (États-Unis);
- Établir des normes fédérales sur l'environnement et sur l'eau potable (États--Unis);
- Évaluer les solutions de rechange au HBCD (États-Unis);
- Quantifier les rejets de HBCD provenant de divers produits au cours du cycle de vie de ceux-ci (fabrication, utilisation, entreposage et élimination) (Canada et États-Unis).

5.2 Promotion de la conformité et application de la loi

Le *Règlement sur certaines substances toxiques interdites*, 2012 du Canada interdit la fabrication, l'utilisation, la vente, l'offre de vente et l'importation d'HBCD et de certains produits qui en contiennent.

Aux États-Unis, on a ajouté le HBCD à la liste des produits chimiques devant être déclarés du TRI en novembre 2016. À compter de 2017, les installations qui fabriquent, transforment ou utilisent de quelque autre façon des quantités de HBCD supérieures au seuil de déclaration fixé à 100 livres doivent déclarer les rejets dans l'environnement et la génération d'autres déchets dans le TRI (USEPA, 2016b). Faire respecter cette obligation de déclaration est capital pour connaître l'emplacement et la portée des rejets éventuels de HBCD, de même que les modes d'élimination possibles en fin de vie.

L'élimination des produits contenant du HBCD est une source de préoccupation; en conséquence, il faut mettre au point des moyens, dans les deux pays, pour évaluer les mesures les plus appropriées pour gérer écologiquement les déchets contenant de l'HBCD et ce, conformément aux activités et aux lignes directrices en vigueur sur la scène internationale. On dispose de solutions pour remplacer le HBCD dans les mousses de polystyrène expansé ou extrudé, et il faudrait en mettre au point pour les étoffes spécialisées. Des études complémentaires seront nécessaires pour s'assurer que le rendement des produits de remplacement proposés est approprié et que tous leurs effets sur l'environnement sont bien compris.

Résumé des mesures de promotion de la conformité et d'application de la loi proposées dans la stratégie

- Promouvoir le respect du Règlement sur certaines substances toxiques interdites (Canada).
- Promouvoir le respect des obligations de déclarer les produits chimiques au TRI (États--Unis);
- Définir et implanter des méthodes d'élimination sécuritaires des produits qui contiennent du HBCD (États-Unis);
- Promouvoir les moyens sécuritaires d'élimination des produits contenant du HBCD (Canada). et États-Unis).

5.3 Prévention de la pollution

Des documents simples sont nécessaires pour sensibiliser et mobiliser la population pour qu'elle s'engage dans une démarche de réduction des rejets possibles de HBCD ou des niveaux d'exposition à ce produit, et pour qu'elle se tourne vers les produits ignifuges de rechange. Les documents devraient souligner le risque d'exposition au HBCD et décrire sommairement les mesures visant à éliminer de manière sécuritaire les débris au cours de travaux de rénovation. Ces documents sont susceptibles d'aider à empêcher que des polluants contenant de faibles concentrations de HBCD intègrent les flux de déchets solides habituels, et ils informeraient la population au sujet des sources éventuelles de HBCD.

On encourage les fabricants à étudier les normes d'inflammabilité en vigueur pour leurs produits, et à se demander s'il est pertinent de recourir aux ignifuges chimiques ou si d'autres méthodes (p. ex. la reconception des produits) pourraient satisfaire à certains des besoins, voire à tous.

Le TRI de l'USEPA peut servir à suivre les progrès réalisés par les industries en matière de réduction des déchets produits. À l'heure actuelle, il n'est pas possible de savoir avec certitude si le TRI permettra de cerner suffisamment de sources de HBCD possibles pour produire des rapports d'étape valables dans tous les secteurs. Le répertoire devrait être néanmoins maintenu et mis à profit pour que les activités de prévention de la pollution menées par les industries soient maximisées dans la région des Grands Lacs. Souligner les réussites au chapitre de la prévention de la pollution dans le bassin peut contribuer à sensibiliser la population, à coordonner les efforts de prévention de la pollution dans les secteurs semblables du bassin, et à réduire davantage la présence de HBCD dans l'environnement. Ces réussites pourraient être rendues publiques dans les journaux et sur les sites Web régionaux, ou à des conférences.

Résumé des mesures de prévention de la pollution proposées dans la stratégie

- Accroître les activités de vulgarisation et celles de sensibilisation du public, et informer le personnel des installations au sujet des sources éventuelles de HBCD et des mesures à prendre quand il y a présence de matériaux qui en contiennent (États-Unis);
- Informer le public sur les ignifuges de rechange moins toxiques (États-Unis);
- Encourager les industries à mettre en œuvre des mesures de prévention de la pollution et à faire le suivi de leurs efforts dans le TRI (États-Unis);
- Souligner les réussites au chapitre de la prévention de la pollution et les souligner (États-Unis);
- Appuyer les intervenants qui cherchent des solutions de remplacement aux produits ignifuges bromés, dont l'HBCD (Canada et États-Unis).

5.4 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche

La recherche actuelle n'offre pas un tableau complet de la situation et des tendances de la présence de HBCD dans l'environnement des Grands Lacs. L'USEPA et ECCC ont coordonné leurs efforts pour publier les résultats de leurs projets de recherche et pour les communiquer (ECCC et USEPA, 2011). D'autres rapports de suivi et de surveillance ont été publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture, sur des sites Web et sur les réseaux sociaux. Chaque forme de communication est conçue pour cibler un public particulier en vue de maximiser l'utilisation des résultats. Il faudrait continuer à publier les résultats des travaux de suivi à venir dans des formats multiples, afin de diffuser efficacement les

changements observés dans divers milieux (air, sédiments et biote [poissons grands prédateurs et œufs de goéland argenté]) dans la région des Grands Lacs.

Les rapports sur l'état des Grands Lacs constituent une initiative binationale grâce à laquelle les décideurs et les scientifiques s'intéressant aux Grands Lacs peuvent accéder à des informations complètes, à jour, claires et concises (ECCC et USEPA, 2011). L'ajout du HBCD comme produit chimique source de préoccupation mutuelle (PCSPM) pourrait faire croître le nombre d'initiatives ciblant le produit. La poursuite des travaux par les deux pays sera indispensable pour comprendre la situation globale du HBCD dans le bassin des Grands Lacs. Les travaux de suivi entrepris par les deux pays doivent être coordonnés pour favoriser l'acquisition de données analytiques comparables susceptibles d'être utiles à l'élaboration d'un cadre décisionnel national ou international.

Il est essentiel de concevoir des méthodes utiles et économiques servant à relever les concentrations de HBCD provenant de sources diverses. À cet égard, la mise au point d'un dispositif passif d'échantillonnage du HBCD permettrait de mieux comprendre la distribution spatiale et le comportement du composé dans les Grands Lacs, ainsi que dans la région dans son ensemble. Il est possible qu'un suivi des sources de contamination par le HBCD devienne nécessaire à l'avenir. Des initiatives comme le projet Trackdown, qui se sert d'éléments de preuve provenant de milieux multiples pour retrouver les sources de biphényles polychlorés (BPC) dans les Grands Lacs, pourraient servir de modèle à de prochaines études sur le HBCD (Benoit et coll., 2016). En outre, les prochaines activités de suivi devraient être conçues de manière à ce que les données recueillies puissent être comparées aux données historiques, de même que par les différentes équipes de recherche.

Résumé des options de suivi, de surveillance et d'autres travaux de recherche proposés dans la stratégie

- Faire le suivi de la présence de HBCD dans les milieux environnementaux des Grands Lacs (air, sédiments, eaux, poissons et autres espèces fauniques), et publier les résultats dans une gamme de publications pour assurer la plus grande diffusion au public visé (Canada et États-Unis);
- Élaborer des modèles de suivi des déplacements atmosphériques de longue distance et de présence de dépôts dans le bassin des Grands Lacs, ainsi que des voies de dégradation de divers stéréo-isomères de HBCD relevés dans le bassin (États-Unis);
- Recourir à des méthodes de suivi et de modélisation pour mieux caractériser les sources de HBCD, et s'en servir comme les fondements d'interventions éventuelles, de méthodes de mesure des progrès et de la formulation d'un cadre décisionnel international (Canada et États-Unis);
- Mettre au point des outils économiques de suivi des concentrations de HBCD provenant de sources diverses (Canada et États-Unis);
- Mettre au point des systèmes de données et des plans structurés aux fins de repérage des sources et des manifestes de HBCD, de même que le suivi des produits contenant du HBCD (États-Unis).

5.5 Qualité de l'eau domestique

L'eau domestique est toute l'eau utilisée à l'intérieur ou à l'extérieur à des fins domestiques. À l'heure actuelle, il n'existe aucune norme concernant la présence de HBCD dans l'eau potable aux États-Unis ou au Canada.

Résumé des options visant la qualité de l'eau domestique proposées dans la stratégie

- Élaborer et mettre en application des normes appropriées relatives à la qualité de l'eau domestique qui ciblent l'eau potable et les eaux de surface (États-Unis).

6 Conclusions

En vertu de l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs, le HBCD a été désigné comme PCSPM issu de sources anthropiques. L'objectif binational de la stratégie visant le HBCD, laquelle prévoit des mesures nationales et binationales de la part des Parties, est de réduire les rejets anthropiques de HBCD dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs, et d'approfondir les connaissances sur la présence, l'évolution et la dispersion de ce composé dans l'environnement.

Des efforts binationaux doivent être fournis en vue de réduire les risques que pose le HBCD pour la santé humaine ou l'environnement. Une collaboration binationale est nécessaire pour coordonner les activités de suivi et de surveillance, pour maximiser le nombre d'initiatives de recherche visant à cerner les sources de HBCD, et pour suivre de façon économique les concentrations de HBCD dans divers milieux (notamment, les déchets, les sols, l'eau, l'air et les tissus).

On encourage un vaste public de parties prenantes qui sont résolues à protéger et à restaurer l'écosystème des Grands Lacs à commenter les solutions de gestion et d'atténuation des risques décrites dans ce document. Il faut continuer à chercher de nouvelles approches et à perfectionner les méthodes de gestion et d'atténuation des risques afin d'améliorer la santé de l'écosystème et des résidents du bassin, et de préserver la qualité des eaux des Grands Lacs pour les générations à venir.

7 Tableaux

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques du HBCD

Propriété	HBCD
Formule	$C_{12}H_{18}Br_6$
Masse moléculaire	641,7
Couleur	Blanc à blanc cassé
État physique	Poudre solide
Point de fusion (°C)	185-195
Hydrosolubilité (mg/L à 25 °C)	Moyenne de 0,0034
Isomère α	0,00488
Isomère β	0,00147
Isomère γ	0,00208
Rapport de distribution	
log K_{oe}	de 5,6 à 5,81
log K_{oc}	5,1
Pression de vapeur (mm Hg à 25 °C)	$4,7 \times 10^{-7}$
Constante de la loi de Henry (Pa m ³ /mol à 25 °C)	de 0,14 à 68,8

Sources : Conseil national de recherches du Canada (2000) et ECCC (2016a).

Tableau 2. Possibilités de rejet de HBCD et d'exposition attribuable à des sources planétaires

Source	Milieu de rejet	Exemples de types de déchets
Fabrication de HBCD		
Processus de fabrication	Déchets solides, dégagement gazeux, eaux usées	Poussières, résidus de produits, boues issues du traitement des eaux usées, déchets, tissus pour filtration jetés, déchets issus de la filtration
Produits et conditionnement	Déchets solides, particules de poussière	Produits résiduels ou provenant du conditionnement
Utilisation du HBCD (procédé)		
Production de matériaux de construction	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Poussière, résidus de fabrication, boues d'épuration, produits résiduels, déchets provenant du conditionnement
Fabrication de meubles	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Poussière, résidus de fabrication, boues d'épuration, produits résiduels, déchets provenant du conditionnement
Production textile	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Poussière, résidus de fabrication, boues d'épuration, produits résiduels, déchets provenant du conditionnement, vêtements
Fabrication de polystyrène choc	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Poussière, résidus de fabrication, boues d'épuration, produits résiduels, déchets provenant du conditionnement
Utilisation par les consommateurs		
Lessivage et évaporation de produits	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Particules de poussière, matières résiduelles
Incendies	Gaz résiduels, eaux usées, déchets solides	Matières résiduelles, sols contaminés
Recyclage et élimination des déchets		
Recyclage des débris de construction	Déchets solides	Polystyrène expansé ou extrudé contenant du HBCD, matières résiduelles provenant du recyclage ou de la séparation du HBCD et du polymère
Recyclage du plastique	Déchets solides	Résidus de polystyrène choc et d'autres plastiques, de gaines de plastique pour matériel électrique et électronique, de cartes de circuits imprimés, et de câbles non recyclés après démantèlement
Incinération	Gaz d'échappement, déchets solides, eaux usées	Matières résiduelles solides (cendres, résidus de nettoyage des gaz de combustion), gaz d'échappement
Sites d'enfouissement	Déchets solides, lessivage, rejets dans l'air (incendies)	Lessivage, fumée provenant de l'incinération à l'air libre

* La volatilisation du HBCD à partir de produits en contenant.

Source : PNUE (2015).

Remarque : ces exemples ne s'appliquent pas tous au bassin des Grands Lacs.

Tableau 3. Recommandations fédérales canadiennes pour la qualité de l'environnement relatives au HBCD et concentrations dans les Grands Lacs

Milieu	RFQE du Canada	Concentrations dans les Grands Lacs
Eau	0,56 mg/L	De 0,00000000043 à 0,0000000042 mg/L (0,43-4,2 pg/L)
Sédiments*	1,6 mg/kg p.s.	De 0,000012 à 0,00114 mg/kg p.s. (0,012-1,14 µg/kg p.s.)
Régime alimentaire des mammifères sauvages	40 mg/kg d'aliments p.h.	Non disponible

*Normalisé à 1 % de carbone organique; p.s. = poids sec; p.h. = poids humide.
Sources : ECCC (2011b); ECCC (2016A); Venier (2014).

Tableau 4. Propriétés prises en compte pour déterminer des ignifuges de rechange à employer dans les mousses en polystyrène expansé ou extrudé

Type de propriété prise en compte	Exemple
Principales propriétés des mousses rigides	Valeur de résistance thermique tout au long de la durée de vie Résistance à la compression Résistance à la flexion Stabilité dimensionnelle Résistance à l'humidité
Propriétés relatives à la sécurité-incendie	Température d'inflammation Vitesse de combustion Vitesse de propagation des flammes Génération de fumée
Facteurs d'ordre environnemental	Polluants produits en cours de fabrication Capacités de réutilisation ou de recyclage Effets environnementaux des matières premières
Considérations relatives à la sécurité des produits	Composantes chimiques dangereuses Présence de gonflants
Caractéristiques de rendement complémentaires	Transmission de la vapeur d'eau (perméance) Corrosivité Poids des matériaux Résilience Résistance à la croissance de moisissures et à la dégradation microbologique Absorption d'énergie acoustique Usage dans des travaux de rénovation en comparaison de travaux de construction de nouveaux bâtiments Vie utile prévue

Source : USEPA (2014).

8 Figure

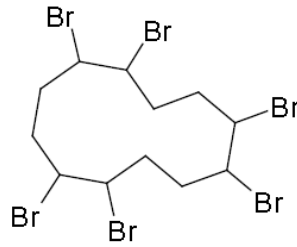


Figure 1. Structure représentative du HBCD.

9 Bibliographie

- Benoit, N., A. Dove, D. Burniston and D. Boyd (2016). "Tracking PCB Contamination in Ontario Great Lakes Tributaries: Development of Methodologies and Lessons Learned for Watershed Based Investigations." Journal of Environmental Protection **7**(3).
- Burridge, E. (2014). Countdown begins for HBCD Phase-Out. Chemical Watch Global Risk & Regulation News, Global Business Briefing, CW Research Ltd. **December 2014/January 2015**.
- CMI (2016). Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans le bassin des Grands Lacs : réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement. Commission mixte internationale. Commission mixte internationale et les États-Unis.
- Covaci, A., A. C. Gerecke, R. J. Law, S. Voorspoels, M. Kohler, N. V. Heeb, H. Leslie, C. R. Allchin and J. de Boer (2006). "Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the Environment and Humans: A Review." Environmental Science & Technology **40**(12): 3679-3688.
- Davis, J. W., S. Gonsior, G. Marty and J. Ariano (2005). "The transformation of hexabromocyclododecane in aerobic and anaerobic soils and aquatic sediments." Water Research **39**(6): 1075-1084.
- Davis, J. W., S. J. Gonsior, D. A. Markham, U. Friederich, R. W. Hunziker and J. M. Ariano (2006). "Biodegradation and Product Identification of [14C]Hexabromocyclododecane in Wastewater Sludge and Freshwater Aquatic Sediment." Environmental Science & Technology **40**(17): 5395-5401.
- Deng, J., L. Yu, C. Liu, K. Yu, X. Shi, L. W. Y. Yeung, P. K. S. Lam, R. S. S. Wu and B. Zhou (2009). "Hexabromocyclododecane-induced developmental toxicity and apoptosis in zebrafish embryos." Aquatic Toxicology **93**(1): 29-36.
- ECCC (1990). Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation n° 1: Dibenzodioxines polychlorées et dibenzofurannes polychlorés. (<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/loi-canadienne-protection-environnement-liste-substances-interet-prioritaire-rapport-evaluation-dibenzodioxines-polychlorees.html>). Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada. Gouvernement du Canada.
- ECCC (2011a). Approche de gestion des risques proposée pour l'hexabromocyclododécane (HBCD). (<http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=5F5A32FB-1>). Environnement Canada et Santé Canada. Gouvernement du Canada.
- ECCC (2011b). Rapport d'évaluation préalable sur l'hexabromocyclododécane. (<http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=7882C148-1>). Environnement et Changement climatique Canada. Gouvernement du Canada.
- ECCC (2012). Document de consultation – Mesure de gestion des risques proposée pour l'hexabromocyclododécane (HBCD). (<http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=6668F8BC-1>). Environnement Canada, Santé Canada. Gouvernement du Canada.
- ECCC (2016a). Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Hexabromocyclododécane (HBCD). (<http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=8BA57E1C-1>). Environnement et Changement climatique Canada. Gouvernement du Canada.
- ECCC (2016b). Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012). DORS/2016-252, le 23 septembre 2016. Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada.
- ECCC et USEPA (2011). État des Grands Lacs 2011. (EPA 950-R -13-002). N° de catalogue: En161-3/1-2011F-PDF. Conférence sur l'état de l'écosystème des Grands Lacs (SOLEC).

- EEA (2016). Persistent Organic Pollutant Emissions, European Environment Agency: Copenhagen, Denmark.
- Gauthier, L. T., C. E. Hebert, D. V. Weseloh and R. J. Letcher (2007). "Current-use flame retardants in the eggs of herring gulls (*Larus argentatus*) from the Laurentian Great Lakes." Environmental Science and Technology **41**(13): 4561-4567.
- Gerecke, A. C., W. Giger, P. C. Hartmann, N. V. Heeb, H.-P. E. Kohler, P. Schmid, M. Zennegg and M. Kohler (2006). "Anaerobic degradation of brominated flame retardants in sewage sludge." Chemosphere **64**(2): 311-317.
- GTD (Groupe de travail de détermination) (2015). Rapport sommaire binational : produits ignifuges bromés (PBDE et HBCD) (<https://binational.net/wp-content/uploads/2015/05/FR-BFRs-Binational-Summary-Report-Final-Draft.pdf>).
- Hoh, E. and R. A. Hites (2005). "Brominated flame retardants in the atmosphere of the East-Central United States." Environmental Science and Technology **39**(20): 7794-7802.
- Ismail, N., S. B. Gewurtz, K. Pleskach, D. M. Whittle, P. A. Helm, C. H. Marvin and G. T. Tomy (2009). "Brominated and Chlorinated Flame Retardants in Lake Ontario, Canada, Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) Between 1979 and 2004 and Possible Influences of Food-Web Changes." Environmental Toxicology and Chemistry **28**(5): 910-920.
- Letcher, R. J., Z. Lu, S. Chu, G. D. Haffner, K. Drouillard, C. H. Marvin and J. J. H. Ciborowski (2015). "Hexabromocyclododecane Flame Retardant Isomers in Sediments from Detroit River and Lake Erie of the Laurentian Great Lakes of North America." Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology **95**(1): 31-36.
- Li, A., K. J. Rockne, N. Sturchio, W. Song, J. C. Ford and H. Wei (2009). "PCBs in Sediments of the Great Lakes – Distribution and Trends, Homolog and Chlorine Patterns, and in situ Degradation." Environmental Pollution **157**(1): 141-147.
- Li, L., R. Weber, J. Liu and J. Hu (2016). "Long-term emissions of hexabromocyclododecane as a chemical of concern in products in China." Environment International **91**: 291-300.
- Marvin, C. H., G. T. Tomy, M. Alaei and G. MacInnis (2006). "Distribution of hexabromocyclododecane in Detroit River suspended sediments." Chemosphere **64**(2): 268-275.
- Marvin, C. H., G. T. Tomy, J. M. Armitage, J. A. Arnot, L. McCarty, A. Covaci and V. Palace (2011). "Hexabromocyclododecane: Current Understanding of Chemistry, Environmental Fate and Toxicology and Implications for Global Management." Environmental Science & Technology **45**(20): 8613-8623.
- Melymuk, L., M. Robson, M. L. Diamond, L. E. Bradley and S. Backus (2011). "Wet deposition loadings of organic contaminants to Lake Ontario: Assessing the influence of precipitation from urban and rural sites." Atmospheric Environment **45**(28): 5042-5049.
- Morose, G (2006). An Overview of Alternatives to Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and Hexabromocyclododecane (HBCD), University of Massachusetts Lowell: Lowell Center for Sustainable Production.
- MPCA (2010). Toxic Free Kids Act- Interim Report to the Legislature. (<http://www.health.state.mn.us/divs/eh/hazardous/topics/toxfreekids/index.html>). St. Paul, MN: Minnesota Department of Health. Minnesota Pollution Control Agency.
- NRC (2000). Hexabromocyclododecane. Toxicological Risks of Selected Flame-Retardant Chemicals. National Research Council (US) Subcommittee on Flame-Retardant Chemicals. Washington, DC, National Academies Press: 534.
- Palace, V. P., K. Pleskach, T. Halldorson, R. Danell, K. Wautier, B. Evans, M. Alaei, C. Marvin and G. T. Tomy (2008). "Biotransformation Enzymes and Thyroid Axis Disruption in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Exposed to Hexabromocyclododecane Diastereoisomers." Environmental Science & Technology **42**(6): 1967-1972.

- Partenariat du lac Supérieur (2016). Plan d'action et d'aménagement panlacustre du lac Supérieur 2015-2019. (N° de cat. En164-52/2016F-PDF).
- Tomy, G. T., W. Budakowski, T. Halldorson, D. M. Whittle, M. J. Keir, C. Marvin, G. Macinnis and M. Alaeu (2004). "Biomagnification of alpha- and gamma-hexabromocyclododecane isomers in a Lake Ontario food web." *Environmental Science and Technology* **38**(8): 2298-2303.
- UNECE (2009). Track A HBCD Lead Reviewer's Summary of Hexabromocyclododecane (HBCD) Reviews, United Nations Economic Commission for Europe Task Force on POPs.
- UNEP (2010). Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth meeting. Addendum Risk profile on Hexabromocyclododecane, in *Persistent Organic Pollutants Review Committee*; United Nations Environmental Programme: Geneva, Switzerland.
- UNEP (2011). Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth meeting. Addendum Risk profile on Hexabromocyclododecane, in *Persistent Organic Pollutants Review Committee*; United Nations Environmental Programme: Geneva, Switzerland.
- UNEP (2015). Guidance for the Inventory, Identification and Substitution of Hexabromocyclododecane (HBCD) (draft, April 2015) United Nations Environmental Programme.
- UNEP, (2015a). Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromocyclododecane.
- UNEP (2017). General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants
- USEPA (2004). Results of the Lake Michigan Mass Balance Study: Biphenyls and Trans-Nonachlor Data Report. (EPA 905 R-01-011). Chicago, IL: Great Lakes National Program Office. US Environmental Protection Agency.
- USEPA (2010). Hexabromocyclododecane (HBCD) Action Plan. (<https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/hexabromocyclododecane-hbcd-action-plan>). U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA (2012). "Significant New Use Rule for Hexabromocyclododecane and 1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane, 40 CFR Part 721." *Federal Register* **77**(58).
- USEPA (2014). Flame Retardant Alternatives for Hexabromocyclododecane (HBCD). (740R14001). U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA (2015). Lake Michigan Lakewide Action and Management Plan Annual Report 2015. (<https://binational.net>).
- USEPA (2016a). *Addition of Hexabromocyclododecane (HBCD) Category to TRI List Final Rule*. US Environmental Protection Agency. Internet : <https://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program/addition-hexabromocyclododecane-hbcd-category-tri-list-final>. (Document consulté en décembre 2016).
- USEPA (2016b). *Addition of Hexabromocyclododecane (HBCD) Category to TRI List Final Rule*. 40 CFR Part 372, U.S. Environmental Protection Agency. **81 FR 85440**.
- USEPA (2016c). *Getting Work Done at AOCs: How are the Federal GLRI Agencies Implementing the AOC Program?* 2016 Great Lakes AOCs Conference, Dearborn, MI, US Environmental Protection Agency, Great Lakes National Program Office.
- USEPA (2016d). *Great Lakes Environmental Database (GLENDa)*. Internet : <https://www.epa.gov/great-lakes-legacy-act/great-lakes-environmental-database-glenda>. (Document consulté en juin 2016).
- USEPA (2016e). *Great Lakes Open Lakes Trend Monitoring Program*. Internet : <https://www.epa.gov/great-lakes-monitoring/great-lakes-open-lakes-trend-monitoring-program>. (Document consulté le 2 mars 2017).
- USEPA (2016f). *Hexabromocyclododecane*. US Environmental Protection Agency. Internet : <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/hexabromocyclododecane>. (Document consulté le 7 décembre 2016).

- USEPA (2016g). *Lakewide Action and Management Plans*. Internet : <https://www.epa.gov/greatlakes/lakewide-action-and-management-plans>. (Document consulté en août 2016).
- USEPA (2016h). Technical review of hexabromocyclododecane (HBCD) CAS registry numbers 3194-55-6 and 25637-99-4, U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC.
- USEPA (2017). Scope of the Risk Evaluation for Cyclic Aliphatic Bromides Cluster. (EPA-740-R1-7002). Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. US Environmental Protection Agency.
- Venier, M., A. Dove, K. Romanak, S. Backus and R. Hites (2014). "Flame Retardants and Legacy Chemicals in Great Lakes' Water." *Environmental Science & Technology* **48**(16): 9563-9572.
- Yang, R., H. Wei, J. Guo and A. Li (2012). "Emerging Brominated Flame Retardants in the Sediment of the Great Lakes." *Environmental Science & Technology* **46**(6): 3119-3126.