



ÉBAUCHE

Stratégie binationale de gestion des risques concernant les polybromodiphényléthers (PBDE)

Mars 2018

**Document destiné à promouvoir la participation des intervenants clés
et du public à l'élaboration de stratégies**

Ébauche préparée par Environnement et Changement climatique Canada et
l'Environmental Protection Agency des États-Unis



Avis de non-responsabilité

Le présent document a pour objectif de proposer des stratégies de gestion et d'atténuation des risques concernant les polybromodiphényléthers (PBDE), conformément à l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs (AQEGL). La mention de marques de commerce, de noms de produits 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'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA), par le représentant de l'agent de négociation des marchés, F. Anscombe, Chicago (Illinois) du Battelle Memorial Institute, en vertu du contrat EP-R5-11-07 de l'EPA. Ce rapport a été préparé en tenant compte des conseils du personnel de l'EPA et d'Environnement et Changement climatique Canada.

Source des photos de la page couverture et du bandeau

Haut de page de couverture et bandeau de page : Aiglons au Wisconsin, Wisconsin Department of Natural Resources.

Bas de page de couverture : Saumon des Grands Lacs, Brandon Gerig, Laboratoire d'écologie des cours d'eau, University of Notre Dame.

Bandeau de page : Surveillance des PBDE dans les moules, Projet de surveillance des moules, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Résumé

L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs (AQEGL) entre le Canada et les États-Unis vise à réduire les rejets anthropiques dans divers milieux (air, eau, sols, sédiments, biote) de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM), dont les polybromodiphényléthers (PBDE), qui sont susceptibles d'altérer la qualité de l'eau des Grands Lacs. Conformément à l'AQEGL, les Parties se sont entendues pour adopter, comme il convient, les principes relatifs à la quasi-élimination des PCSPM et à l'interdiction totale de rejet de ces produits.

Le présent document propose une stratégie binationale sur les PBDE qui permettra de concentrer les efforts déployés par le gouvernement du Canada et celui des États-Unis, et ce, en collaboration et en consultation avec les gouvernements des provinces et des États, les gouvernements tribaux, les Premières Nations, les Métis, les gouvernements municipaux, les organismes de gestion des bassins hydrographiques, d'autres organismes publics locaux, l'industrie et le public. L'objectif est de mettre en œuvre des mesures de gestion et d'atténuation des risques qui visent à réduire les concentrations de PBDE dans la région des Grands Lacs. Les Parties et leurs partenaires appliqueront cette stratégie en qualité d'outil d'orientation pour déterminer les mesures de réduction des PCSPM, en établir l'ordre de priorité et les mettre à exécution. Les solutions proposées dans le cadre de cette stratégie relèvent des cinq catégories suivantes : réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion des risques; promotion de la conformité et application de la loi; prévention de la pollution; contrôle, surveillance et autres travaux de recherche; et qualité de l'eau territoriale. Les Parties s'engagent à tenir compte, dans la mesure du possible, des solutions exposées dans le présent document au moment de prendre des décisions concernant les programmes, les activités de financement et la dotation, mais leur mise en œuvre incomberait aux organismes mandatés pour entreprendre des travaux dans ces secteurs. Comme l'indique l'AQEGL, les obligations de chacune des Parties sont assujetties à l'affectation de fonds, conformément à leurs procédures respectives.

Les PBDE sont un groupe de composés chimiques consistant en 209 congénères théoriques, dont un sous-groupe est utilisé comme ignifugeants dans une grande variété de produits depuis les années 1970. Les PBDE étaient vendus commercialement selon trois mélanges identifiés par leur principal groupe homologue de congénères individuels, à savoir le pentabromodiphényléther (c-pentaBDE), l'octabromodiphényléther (c-octaBDE) et le décabromodiphényléther (c-decaBDE). Les congénères de PBDE constituent une classe chimique de substances persistantes et toxiques qui se bioaccumulent dans les tissus, ce qui peut entraîner des niveaux d'exposition élevés chez les humains et dans d'autres biotes.

Les PBDE ne sont pas fabriqués au Canada, et des règlements adoptés en 2008 interdisent la fabrication de PBDE au Canada (congénères de tétraBDE, pentaBDE, hexaBDE, heptaBDE, octaBDE, nonaBDE et décaBDE), l'utilisation, la vente, la mise en vente et l'importation des PBDE qui répondent aux critères de quasi-élimination en vertu de la LCPE (congénères de tétraBDE, pentaBDE et hexaBDE), ainsi que des mélanges, polymères et résines contenant ces substances. En 2016, ces mesures réglementaires ont été élargies en vertu du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*, afin d'inclure le décaBDE et tous les produits, sauf les articles manufacturés.

On croit que tous les producteurs américains avaient volontairement cessé leur production au plus tard en 2013. Toutefois, il se peut qu'une petite quantité de PBDE soit encore fabriquée.

Des articles manufacturés contenant des PBDE sont toujours importés au Canada et aux États-Unis et ces substances sont présentes dans des produits en utilisation et les flux de déchets. Les PBDE ont été

détectés dans les sédiments, l'air, la faune, le poisson et d'autres biotes des Grands Lacs et des environs, et ils contribuent à la dégradation de l'environnement dans le bassin des Grands Lacs.

Il subsiste plusieurs inconnues tant au Canada qu'aux États-Unis en ce qui concerne les sources non quantifiées de PBDE. Il n'existe aucun registre complet des fabricants et transformateurs de PBDE et d'utilisateurs de produits contenant des PBDE dans aucun des deux pays. Un suivi supplémentaire est nécessaire pour obtenir des renseignements sur les échelles et les séries chronologiques qui permettraient de mieux connaître et de modéliser les niveaux de PBDE à l'échelle nationale, en particulier dans le cas des sources ou des produits distribués dans le commerce. Les lacunes dans les politiques doivent être comblées. Il s'agit notamment d'élaborer des directives sur les aspects touchant l'importation, la transformation et l'utilisation des articles manufacturés contenant des PBDE, ainsi que la gestion des déchets contenant ces produits. À cette fin, le présent document de stratégie binationale propose de multiples options stratégiques, comme il est décrit dans le **Tableau A**. En mettant en œuvre les solutions décrites dans cette stratégie binationale, les parties intéressées amélioreront l'état de santé des humains et des écosystèmes dans le bassin des Grands Lacs et leurs collectivités respectives.

Tableau A du résumé. Récapitulation des options proposées dans la stratégie canado-américaine sur les PBDE.

Catégories de mesures				
Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion des risques	Promotion de la conformité et application de la loi	Prévention de la pollution	Suivi, surveillance et autres efforts de recherche	Qualité de l'eau domestique
Options stratégiques				
<p>Établir des règlements visant à réduire l'exposition humaine et environnementale au décaBDE autant que possible, selon les directives de la version modifiée de la <i>Toxic Substances Control Act</i> (États-Unis)</p> <p>Revoir la réglementation actuelle à la lumière des nouvelles données scientifiques (États-Unis)</p> <p>Mettre à jour la réglementation canadienne afin d'éliminer progressivement les utilisations restantes des PBDE dans les articles manufacturés (Canada)</p>	<p>Réaliser une étude approfondie de tous les mécanismes réglementaires actuellement en place concernant les PBDE : contrôle, gestion, application de la loi et élimination (États-Unis)</p> <p>Accroître le soutien offert aux associations industrielles et aux entreprises qui veulent éliminer graduellement les PBDE ou renforcer la gestion des risques dans leur secteur (États-Unis)</p> <p>Mener des enquêtes sur les installations de recyclage et les sites d'enfouissement afin de vérifier si ces installations ont les connaissances requises concernant les PBDE et le respect de la loi, et utiliser les résultats de ces enquêtes pour cibler les installations afin de les sensibiliser davantage (Canada et États-Unis)</p>	<p>Sensibiliser et éduquer davantage le public et les travailleurs au sujet des sources potentielles de PBDE et les mesures appropriées à prendre si des matières contenant des PBDE sont trouvées (États-Unis et Canada)</p> <p>Sensibiliser le public afin qu'il utilise des solutions de rechange plus sûres ou des produits exempts de PBDE (États-Unis)</p> <p>Encourager les industries à assurer un suivi de leurs activités et efforts de P2 en consignnant ceux-ci dans la base de données du TRI (États-Unis)</p> <p>Souligner les réussites en matière de prévention de la pollution et en faire la diffusion (États-Unis).</p> <p>Accroître le soutien aux fabricants qui cherchent des solutions de rechange aux</p>	<p>Continuer d'assurer le suivi des PBDE par la biosurveillance dans les milieux environnementaux des Grands Lacs (air, précipitations, sédiments, poissons et autres espèces sauvages) et de publier les résultats dans diverses publications (p. ex., portails en ligne, rapports gouvernementaux et revues scientifiques) afin de maximiser l'auditoire visé (Canada et États-Unis)</p> <p>Améliorer les activités existantes de surveillance en évaluant les concentrations de PBDE dans l'air dans les régions éloignées, rurales et urbaines, ainsi que dans les régions situées à proximité des sites de déchets dangereux et des incinérateurs (Canada et États-Unis)</p> <p>Élaborer des outils rentables pour surveiller les concentrations de PBDE dans tous les milieux, provenant de diverses sources (Canada et États-Unis)</p> <p>Mettre au point des plans et systèmes de données structurés concernant les sources de PBDE, les manifestes et le suivi des produits les contenant (États-Unis)</p> <p>Élaborer des modèles permettant de suivre le transport des PBDE dans l'atmosphère sur les grandes distances, leurs dépôts ainsi que leurs</p>	<p>Obtenir et analyser les données de surveillance des concentrations de PBDE dans l'eau potable, et élaborer des normes nationales sur la qualité de l'eau, au besoin (États-Unis)</p>

Catégories de mesures				
Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion des risques	Promotion de la conformité et application de la loi	Prévention de la pollution	Suivi, surveillance et autres efforts de recherche	Qualité de l'eau domestique
Options stratégiques				
		ignifugeants bromés, y compris les PBDE (États-Unis) Effectuer des recherches sur les solutions possibles de recyclage, en mettant l'accent sur l'établissement de moyens visant à encourager le recyclage sécuritaire des produits contenant des PBDE (États-Unis)	voies de dégradation dans le bassin des Grands Lacs (États-Unis) Continuer d'évaluer les risques associés aux produits de remplacement des PBDE (Canada et États-Unis)	

Table des matières

Avis de non-responsabilité.....	ii
Remerciements.....	ii
Source des photos de la page couverture et du bandeau.....	ii
Résumé.....	iii
Table des matières.....	vii
Tableaux.....	ix
Figures.....	ix
Acronymes et abréviations.....	x
1 Introduction.....	1
2 Profil chimique.....	2
2.1 Identité chimique.....	2
2.2 Propriétés physiques et chimiques.....	2
2.3 Devenir, transport et tendances dans l'environnement.....	3
2.4 Sources et rejets de PBDE dans la région des Grands Lacs.....	3
2.4.1 Usages et quantités dans le commerce.....	3
2.4.2 Sources de rejets.....	4
2.4.3 Les PBDE dans les milieux environnementaux.....	4
2.4.3.1 Dans l'air.....	4
2.4.3.2 Dans les eaux de surface.....	6
2.4.3.3 Dans les sédiments.....	6
2.4.3.4 Dans le biote.....	6
2.5 Résumé de haut niveau concernant les risques.....	8
3 Politiques, règlements et programmes existants de gestion et de contrôle des PBDE.....	8
3.1 États-Unis.....	8
3.1.1 Lois et règlements actuels.....	8
3.1.2 Mesures de prévention de la pollution.....	9
3.1.2.1 Produits de remplacement des PBDE.....	10
3.1.3 Mesures de gestion des risques.....	10
3.1.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche.....	10
3.1.5 Lignes directrices et normes américaines.....	11
3.2 Canada.....	11
3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques.....	11
3.2.2 Mesures de prévention de la pollution.....	12
3.2.3 Contrôle, surveillance et autres travaux de recherche.....	12
3.2.4 Normes et lignes directrices canadiennes en matière de qualité de l'environnement au Canada.....	12
3.3 Coordination binationale.....	13
3.3.1 Plans d'action et d'aménagement panlacustres.....	13

3.3.2	Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RIDA) aux États-Unis, et Réseau de contrôle et de surveillance du bassin des Grands Lacs (BGL) au Canada.....	13
3.3.3	Initiative des sciences coopératives et de surveillance	13
3.4	Scène internationale	14
3.4.1	Programme des Nations Unies pour l'environnement : Conventions de Stockholm et de Bâle.....	14
3.4.2	Directive européenne visant à limiter l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.....	14
3.4.3	Commission européenne : Règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des produits chimiques	15
3.4.4	Règlement (UE) n° 757/2010 de la Commission du 24 août 2010 modifiant les annexes I et II du Règlement (CE) n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil concernant les polluants organiques persistants	15
4	Analyse des lacunes	15
5	Options d'atténuation des risques et de gestion pour combler les lacunes	17
5.1	Réglementation et autres mesures d'atténuation et de gestion des risques	17
5.2	Promotion de la conformité et application de la loi.....	18
5.3	Prévention de la pollution	18
5.4	Suivi, surveillance et autres travaux de recherche	19
5.5	Qualité de l'eau domestique.....	20
6	Conclusion.....	22
7	Tableaux.....	23
8	Figures.....	27
9	Références	32

Tableaux

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques des PBDE.....	23
Tableau 2. Quantités estimées de PBDE dans le bassin des Grands Lacs	24
Tableau 3. Ignifugeants bromés mesurés par le RIDA.....	24
Tableau 4. Normes et recommandations des États-Unis pour les PBDE.....	25
Tableau 5. Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement au Canada pour les PBDE..	26

Figures

Figure 1. Structure chimique générale des PBDE. Source : ATSDR (2017).	27
Figure 2. Rejets totaux (toutes les sources) de décaBDE, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).	27
Figure 3. Émissions atmosphériques totales de décaBDE, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).	28
Figure 4. Les tendances de PBDE aux sites RIDA urbains et ruraux/ éloignés. Source: IADN, Indiana University, 2017	28
Figure 5. Cycles saisonniers, tendances et valeurs mesurées pour les BDE 28, 47, 99, 209 et les PBDE totaux à Burnt Island et à Point Petre. Source : Shunthirasingham et coll. (2018).	29
Figure 6. Rejets totaux de décaBDE dans les eaux de surface, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).	30
Figure 7. Rejets totaux de décaBDE dans les décharges et les bassins en surface, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).	30
Figure 8. Concentrations de pentaBDE dans le touladi, 1997-2012. Source : ECCC (2017).	31

Acronymes et abréviations

AQEGL	Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BDE	Bromodiphényléther
BNSBA	Banque nationale de spécimens biologiques aquatiques
BPANGL	Bureau du programme national des Grands Lacs
BPC	Biphényle polychloré
CG-SM	Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
EAP	Réseau mondial d'échantillonnage atmosphérique passif
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EEE	Équipement électronique et électrique
GLENDA	Great Lakes Environmental Database
GLLA	<i>Great Lakes Legacy Act</i>
GTD	Groupe de travail de détermination
HBCD	Hexabromocyclododécane
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
IRGL	Initiative de restauration des Grands Lacs
ISCES	Initiative des sciences coopératives et de surveillance
MEACC	Ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario
NCEA	National Center for Environmental Assessment
OMS	Organisation mondiale de la Santé
P2	Prévention de la pollution
PAAP	Plan d'action et d'aménagement panlacustre
PATGD	Pollution atmosphérique transfrontalière à grande distance
PBB	Polybromobiphényles
PBDE	Polybromodiphényléther
PBT	Persistant, bioaccumulable et toxique
PCSPM	Produits chimiques sources de préoccupations mutuelles
POP	Polluant organique persistant
PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
REACH	Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des produits chimiques (Règlement européen)
RFQE	Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement
RIDA	Réseau de mesure des dépôts atmosphériques
RoHS	Directive européenne visant à limiter l'utilisation de certaines substances dangereuses
SiGL	Science in the Great Lakes
SNUR	Significant New Use Rule
SOLEC	State of the Lakes Ecosystem Conferences
SP	Secteur préoccupant
SVHC	Substances très préoccupantes
TBB	Tétabromobenzoate
TBPH	Tétabromophtalate
TRI	Toxics Release Inventory
TSCA	<i>Toxic Substances Control Act</i>
US EPA	United States Environmental Protection Agency
US FDA	United States Food and Drug Administration
USGS	United States Geological Survey
XRF	Fluorescence X

1 Introduction

L'[annexe 3](#) de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs (AQEGL) vise la réduction des rejets anthropiques de produits chimiques sources de préoccupations mutuelles (PCSPM) dans les eaux et l'écosystème 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 ces substances. Même si l'AQEGL n'exige pas l'établissement de 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 les polybromodiphényléthers (PBDE) comme [l'un des huit](#) PCSPM. En désignant ainsi les PBDE, les Parties convenaient que ce composé constitue une menace aux Grands Lacs, que les mesures de gestion actuelles ne suffisent pas, et que de nouvelles interventions visant à réduire les risques pour le bassin des Grands Lacs s'imposent. Ces mesures sont inscrites dans les stratégies binationales qui peuvent comporter des activités de recherche, de suivi, de surveillance et de prévention de la pollution, de même que des dispositions relatives au contrôle. 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 d'atténuation et de gestion des risques. La United States Environmental Protection Agency (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis, ci-après l'EPA) et Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) sont les instances gouvernementales chargées d'administrer l'AQEGL entre les deux pays respectifs. Aux États-Unis, le Bureau du programme national des Grands Lacs (BPANGL) de l'EPA coordonne ces efforts. Au Canada, la Direction générale du bureau régional de l'Ontario assure cette coordination.

Les Parties et leurs partenaires peuvent appliquer cette stratégie comme outil d'orientation pour déterminer des mesures de réduction des PCSPM, en établir l'ordre de priorité et les mettre à exécution. Seules les mesures à grande échelle sur le terrain permettront d'obtenir des résultats. Il faudra néanmoins du temps pour les appliquer, obtenir des réductions importantes et constater que le milieu aquatique y réagit. Des facteurs comme les changements climatiques, les sources existantes et les activités humaines changeantes dans la région font en sorte qu'il est difficile de prévoir la vitesse à laquelle des changements importants pourraient être observés dans les lacs. La réussite ultime de la stratégie dépend des efforts combinés des collectivités de la région des Grands Lacs. La stratégie et sa mise en œuvre seront régulièrement révisées; et il en sera rendu compte dans le rapport d'étape présenté aux Parties. Bien que l'AQEGL n'établisse pas d'échéanciers pour l'application de la stratégie, on devrait la réviser périodiquement. Il convient toutefois de noter que, pendant la phase de réévaluation, la désignation d'aucun autre produit chimique ne sera acceptée.

Cette stratégie de lutte contre les PBDE comporte une liste de 20 solutions de gestion applicables au Canada ou aux États-Unis, et visant à réduire les rejets de PBDE susceptibles de nuire à la qualité de l'eau. Ces mesures peuvent être utilisées pour définir, soutenir ou coordonner les projets en cours ou nouveaux. 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 recherche; 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. Autant que possible, ces mesures seront mises en œuvre par des organismes mandatés pour effectuer des travaux dans ces domaines. 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 chimique

Un résumé détaillé des données environnementales et d'autres renseignements pertinents pris en compte pour désigner les PBDE comme PCSPM figurent dans le [Rapport sommaire binational : produits ignifuges bromés \(PBDE et HBCD\)](#) rédigé par le Groupe de travail de détermination (GTD) (2015). Un [plan d'action pour les PBDE](#) final a également été préparé par l'Existing Chemicals Program de l'EPA, en vertu de la *Toxic Substances Control Act* (TSCA).

2.1 Identité chimique

Les PBDE ont une structure commune consistant en hydrocarbures bromés de structure semblable (congénères) comportant de 2 à 10 atomes de brome qui sont attachés à la molécule de diphényléther (**Figure 1**). Avec cette structure, il est possible en théorie d'avoir 209 composés ou congénères de PBDE. Cependant, seul un sous-ensemble des 209 congénères théoriquement possibles existe dans les mélanges commerciaux de PBDE. Les PBDE sont vendus dans le commerce en trois mélanges identifiés par leur isomère ou homologue primaire, y compris le pentabromodiphényléther (c-pentaBDE), l'octabromodiphényléther (c-octaBDE) et le décabromodiphényléther (c-décaBDE)¹. Les PBDE appartiennent à la même classe d'hydrocarbures bromés que les polybromobiphényles (PBB), un autre ignifugeant, et possèdent des propriétés chimiques et physiques très semblables. Les PBB ont été interdits aux États-Unis en 1976 à la suite de l'exposition de millions de personnes à des produits agricoles contaminés. Le Department of Health and Human Services des États-Unis a déclaré que, d'après les études faites sur des animaux, on peut raisonnablement s'attendre à ce que les PBB soient cancérigènes pour l'humain (US EPA, 2014b). Les PBB ont à l'origine été interdits au Canada en 1979 (*Règlement sur les biphényles polychlorés*, DORS/79-351) et sont actuellement interdits en vertu du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites* (2012), DORS/2012-285.

Les PBDE sont classés par degré de bromation, le terme « homologue » désignant tous les congénères des PBDE ayant le même nombre d'atomes de brome. Les mélanges commerciaux de PBDE commercialisés et fabriqués aux États-Unis se composaient principalement de trois homologues : le pentabromodiphényléther (pentaBDE), l'octabromodiphényléther (octaBDE) et le décabromodiphényléther (décaBDE) (La Guardia et coll., 2006; ATSDR, 2017). Chaque mélange commercial avait des utilisations commerciales différentes, et il existe également des différences dans les propriétés chimiques et la toxicité de chaque homologue des PBDE (GTD, 2015).

2.2 Propriétés physiques et chimiques

De nombreuses propriétés physiques et chimiques des mélanges commerciaux de PBDE sont présentées dans le **Tableau 1**. Les PBDE étaient fabriqués et utilisés comme additifs ignifugeants dans une grande variété de produits, notamment les plastiques, les meubles, le rembourrage, l'équipement électrique,

¹ Le c-pentaBDE était vendu sous les marques de commerce Bromkal 70, Bromkal 70 DE, Bromkal 70 5DE, Bromkal G1, Great Lakes DE 71, Great Lakes DE-60F, FR 1205/1215, Pentabromopop, Saytex 115 et Tardex 50. Le c-octaBDE était vendu sous les marques de commerce DE-79, FR-1208 et Saytex 111 (PNUE 2005).

les dispositifs électroniques, les textiles et divers produits ménagers. Les atomes de brome dans les PBDE ont une grande capacité d'éliminer les électrons libres des autres atomes, qui sont en partie à l'origine du processus de combustion (Crimmins et coll., 2012). Les PBDE étaient ajoutés aux produits par mélange physique, plutôt que par intégration chimique, ce qui laisse la possibilité que l'ignifugeant puisse être expulsé du produit et se retrouve dans l'environnement (ATSDR, 2017).

Les PBDE sont des composés lipophiles et hydrophobes, ce qui les rend plus susceptibles de se bioaccumuler dans les réseaux alimentaires terrestres et aquatiques (GTD, 2015).

2.3 Devenir, transport et tendances dans l'environnement

Une fois rejetés dans l'environnement, les PBDE peuvent être transportés dans l'atmosphère (le mécanisme principal), dans l'eau ou par adsorption sur les sédiments en suspension. Dans l'atmosphère, les PBDE existent à la fois en phase vapeur et en phase particulaire. Les PBDE en phase particulaire peuvent être éliminés de l'atmosphère sous forme de dépôts humides et secs. Les PBDE en phase vapeur peuvent être éliminés de l'atmosphère par dépôts humides (lavage par la pluie ou la neige) et par les échanges air-surface.

La découverte de PBDE dans les écosystèmes polaires et dans les tissus des mammifères marins qui vivent généralement loin de toute source anthropique de PBDE indique que le transport atmosphérique de ces composés peut se produire sur de grandes distances (GTD, 2015). Dans l'eau, les PBDE s'adsorbent fortement sur les sédiments et les solides en suspension dans la colonne d'eau, ce qui peut atténuer la volatilisation des PBDE de l'eau à l'air.

Dans les sols, les PBDE à nombre élevé d'atomes de brome sont généralement immobiles, car leur probabilité de lessivage dans les eaux souterraines et de volatilisation dans l'atmosphère est très faible (GTD, 2015). La volatilisation étant plus probable dans les sols à faible teneur en matières organiques (ATSDR, 2017). Cependant, les PBDE à faible nombre d'atomes de brome sont plus volatils et donc peuvent se mieux volatiliser du sol à l'air. Les PBDE sont plus susceptibles d'être trouvés en grandes quantités dans le sol et les sédiments que dans l'eau et dans l'air (Environnement Canada, 2011).

2.4 Sources et rejets de PBDE dans la région des Grands Lacs

Dans le bassin des Grands Lacs, les sources de PBDE et l'exposition à ceux-ci sont en grande partie anthropiques et peuvent provenir de sources canadiennes, américaines ou mondiales par transport à grande distance. On a trouvé que la poussière domestique est une source importante d'exposition aux PBDE, 90 % de l'absorption des adultes et des enfants (de 1 à 19 ans) se faisant par inhalation de poussière domestique ou par exposition cutanée (ATSDR, 2017).

2.4.1 Usages et quantités dans le commerce

La production commerciale primaire et l'importation des PBDE ont commencé aux États-Unis à la fin des années 1970 (GTD, 2015). Les données historiques sur la production mondiale de PBDE illustrent l'ampleur de la présence des PBDE dans les produits encore utilisés et dans ceux qui ont été éliminés. Selon l'EPA (2010), 56 418 tonnes métriques de PBDE ont été produites dans le monde en 2003 (la dernière année de déclaration). Entre 40 000 et 67 000 tonnes métriques ont été produites entre 1999 et 2002. Les PBDE n'ont jamais été fabriqués au Canada, et les fabricants américains ont volontairement retiré du marché américain les mélanges de pentaBDE et d'octaBDE (2004) et presque tout le décaBDE (2013). Cependant, malgré l'arrêt de la fabrication des PBDE et diverses interdictions et restrictions internationales, nationales et infranationales (voir la section 3), les PBDE peuvent encore être utilisés à diverses fins et il peut subsister des articles en contenant. Une quantité substantielle de produits

contenant des PBDE utilisés à diverses fins, transportés, stockés et en cours d'élimination continue de contribuer aux rejets de PBDE dans le bassin des Grands Lacs et au-delà.

Entre 2011 et 2013, l'Initiative de restauration des Grands Lacs (IRGL) a financé le Projet de réduction des PBDE dans la région des Grands Lacs, qui visait à quantifier les sources de PBDE dans la région des Grands Lacs et à évaluer les moyens de suivre leurs réductions (Abbasi et coll., 2014).

Le **Tableau 2** montre les quantités de PBDE estimées dans la région des Grands Lacs en 2004 (pentaBDE et octaBDE) et en 2013 (décaBDE) et les produits dans lesquels ils ont été trouvés. Abbasi et coll. (2014) ont utilisé la fluorescence X (XRF), la chromatographie en phase gazeuse avec spectrométrie de masse (CG-SM) et les données de vente et de consommation pour estimer qu'environ 40 % des PBDE utilisés dans la région des Grands Lacs pendant l'année maximale d'utilisation (2004) seront encore utilisés en 2020.

2.4.2 Sources de rejets

Les principales sources de PBDE dans le bassin des Grands Lacs sont les suivantes (GTD, 2015) :

- rejets directs de PBDE et de produits les contenant;
- rejets provenant de la fabrication (y compris l'importation), de la transformation et de l'utilisation des PBDE et des produits les contenant (p. ex., plastiques, textiles);
- rejets attribuables à l'incinération, au recyclage ou à l'élimination des produits contenant des PBDE, ce qui peut comprendre les activités comme le rejet de lixiviat de décharge dans les eaux de surface et la volatilisation lors du déchetage des produits destinés au recyclage;
- transport à grande distance dans l'atmosphère.

2.4.3 Les PBDE dans les milieux environnementaux

Le bassin des Grands Lacs fait l'objet d'une surveillance continue, et certaines données existantes sont résumées ci-dessous. Les PBDE ont été détectés partout dans le monde dans divers milieux environnementaux, les concentrations maximales de PBDE ayant été observées près des zones urbaines et industrielles. La **Figure 2** montre les tendances pour ce qui est de la quantité totale, selon les déclarations, de décaBDE rejetée dans l'environnement depuis 1998. Le programme américain Toxics Release Inventory (TRI) fait le suivi des rejets de certains produits chimiques qui peuvent représenter une menace pour la santé humaine et l'environnement. Les données annuelles sur les rejets et la gestion sont présentées par type d'installation industrielle, et l'information est partagée avec le public pour faciliter un processus décisionnel efficace et élucider les tendances. Le TRI surveille les rejets de décaBDE depuis 1988. Les sections suivantes contiennent des données du TRI propres aux types de rejets, ainsi que des renseignements supplémentaires disponibles.

2.4.3.1 Dans l'air

Selon le TRI, environ 1 003 livres de décaBDE ont été rejetées dans l'atmosphère par les installations américaines de fabrication et de transformation en 2016 (US EPA, 2017b). Le TRI ne disposait d'aucune donnée pour le pentaBDE et l'octaBDE. Les données du TRI pour 1998 à 2016 sont présentées dans la **Figure 3**, et elles révèlent une tendance à la baisse rapide des rejets de décaBDE dans l'atmosphère.

Le Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RIDA) des Grands Lacs est un programme de surveillance à long terme administré par le Bureau du programme national des Grands Lacs de l'EPA. Le RIDA et le Réseau de contrôle et de surveillance du bassin des Grands Lacs (BGL), dans le cadre du Plan

de gestion des produits chimiques d'Environnement et Changement climatique Canada, forment un réseau binational collaboratif de surveillance qui fonctionne depuis 1990. Le RIDA comporte de nombreuses stations qui surveillent un ensemble de produits chimiques toxiques persistants dans les précipitations et l'air. Le RIDA mesure une série de 36 congénères individuels des PBDE (**Tableau 3**). De ces 36 congénères, les plus importants et les plus abondants sont les numéros BDE 47, 99, 100, 153, 154, 183 et 209. Les résultats des échantillons d'air et de précipitations prélevés tous les 12 jours à cinq sites près des Grands Lacs entre 2005 et 2011 montrent que la diminution des PBDE dans l'environnement était corrélée avec l'élimination progressive du pentaBDE et de l'octaBDE (IJC, 2016).

Les PBDE sont surveillés par le RIDA et le Réseau BGL depuis 2005. Les concentrations atmosphériques de PBDE sont plus élevées dans les échantillons prélevés près des centres urbains comme Cleveland, Chicago et Buffalo (**Figure 4**). Comme l'ont signalé Liu et coll. (2016), les concentrations de PBDE diminuent généralement avec le temps dans les sites urbains (Chicago et Cleveland), mais elles n'ont généralement pas changé dans les sites éloignés (Sleeping Bear Dunes et Eagle Harbor). On a également observé une diminution des concentrations de PBDE au fil du temps à deux sites des Grands Lacs canadiens (lacs Ontario et Huron) (**Figure 5**). Comme l'ont signalé Shunthirasingham et coll. (2018), la diminution des concentrations au site du lac Ontario, qui est plus près d'un centre urbain, a été plus rapide qu'au site se trouvant près du lac Huron.

Dans le cadre de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) du Canada, certaines installations doivent déclarer les activités touchant le décaBDE : rejets, élimination et transfert en vue de son recyclage. Cette substance avait déjà été importée au Canada à des fins industrielles. En 2015, une installation a déclaré avoir rejeté 25,3 kg de décaBDE (milieu non précisé). Aucune élimination ni transfert aux fins de recyclage n'a été déclaré à l'INRP pour 2015. Au cours des dernières années, les émissions de décaBDE ont diminué en raison des contrôles réglementaires canadiens et de l'élimination progressive de la fabrication du décaBDE aux États-Unis.

Les données de surveillance de l'air au Canada obtenues par ECCC montrent que les PBDE sont présents en concentrations plus élevées près des centres urbains, notamment une concentration de 157 pg/m³ à Hamilton (Nouvelle-Écosse) et des concentrations semblables à Edmonton (Alberta) et Toronto (Ontario). Des concentrations beaucoup plus faibles (7 pg/m³) ont été observées dans un endroit plus éloigné, à savoir Alert au Nunavut (Environnement Canada, 2011). Dans le cadre du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA), un programme international, la surveillance atmosphérique à long terme est effectuée depuis les années 1990 à l'aide d'échantillonneurs à grand volume au Canada et dans d'autres pays de la région arctique. À la station d'échantillonnage d'Alert au Nunavut, Canada, le BDE 47 (tétraBDE) est mesuré depuis 2002. Les résultats montrent que les concentrations n'ont pratiquement pas changé depuis. Sur les sites européens du PSEA (Finlande, Norvège et Islande), les concentrations atmosphériques de BDE 47 ont présenté des tendances à la baisse significatives. On soupçonne que les concentrations stables mesurées à Alert sont associées à la présence de la station des Forces canadiennes Alert, une base militaire où l'on retrouve des articles traités aux PBDE, ou encore à l'utilisation historique généralement beaucoup plus élevée des PBDE en Amérique du Nord (Hung et coll., 2016).

Les données mondiales sur les PBDE et les produits chimiques de remplacement sont fournies par le Réseau mondial d'échantillonnage atmosphérique passif (EAP), qui surveille les PBDE dans l'air depuis 2005 à plus de 60 sites (Rauert et coll., ES&T, 2018). Le contexte régional et mondial des PBDE et leur transport à grande distance sont également décrits dans le Rapport mondial de surveillance pour la Convention de Stockholm sur les POP (Harner et coll., 2015).

2.4.3.2 Dans les eaux de surface

Les PBDE peuvent pénétrer dans les eaux de surface par l'intermédiaire des effluents des usines, des effluents d'eaux usées ou du lixiviat des décharges. Selon les données du TRI de 2016, environ 5 livres de décaBDE ont été rejetées dans les eaux de surface par les installations de fabrication et de transformation aux États-Unis. Cependant, les données du TRI ne sont pas exhaustives, car seulement certains types d'installations sont tenus de déclarer leurs rejets. Comme le montre la **Figure 6**, les données du TRI de 1998 à 2016 révèlent une tendance à la baisse rapide des rejets de décaBDE dans les eaux de surface (US EPA, 2017b).

Les résultats des travaux récents effectués sur chacun des Grands Lacs pour les PBDE ont révélé des concentrations plus élevées dans la région des Grands Lacs inférieurs, et les profils spatiaux correspondaient à ceux des produits de consommation qui constituent la source première des PBDE (ECCC et US EPA, 2017). Une étude des PBDE dans l'air, les affluents et les effluents des installations de traitement des eaux usées (ITEU) dans la région de Toronto par le ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique (MEACC) de l'Ontario, ECCC et l'Université de Toronto (Melymuk et coll., 2014) a trouvé que les charges dans le lac Ontario étaient dominées par les affluents (48 %) et les ITEU (42 %). Selon l'étude, les possibilités de réduction des sources résident dans la réduction des stocks actuels de produits contenant des PBDE et encore en utilisation.

2.4.3.3 Dans les sédiments

Des sources telles que les effluents, les dépôts atmosphériques et les rejets par les unités d'élimination peuvent entraîner l'accumulation de PBDE dans les sédiments. Entre 2009-2010 et 2013-2014, ECCC a prélevé et analysé les sédiments pour déterminer les concentrations de pentaBDE, d'octaBDE et de décaBDE. Il a été démontré que le bassin hydrographique des Grands Lacs (en plus d'autres régions du Canada) présentait des concentrations de pentaBDE supérieures à celles indiquées dans les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (RFQE) au Canada. Cependant, les concentrations d'octaBDE et de décaBDE dans la région des Grands Lacs étaient inférieures aux RFQE, et les concentrations de décaBDE dans cette région semblaient avoir diminué entre 2007 et 2011 (ECCC, 2017). Le profil des BDE du lac Ontario indique que l'accumulation s'est stabilisée au cours de la dernière décennie, ce qui est peut-être attribuable au fait qu'on a cessé volontairement de produire ces composés en Amérique du Nord. D'autres études modernes ont toutefois montré que les PBDE totaux, et en particulier le BDE 209 décasubstitué, continuent d'augmenter dans les cinq Grands Lacs et qu'il leur faut de quatre ans à 74 ans pour que leurs concentrations doublent (ECCC et US EPA, 2017).

Selon les données du TRI de 2016, environ 95 tonnes (207 820 livres) de décaBDE ont été rejetées dans les sites d'enfouissement et les bassins de retenue par des installations de fabrication et de transformation aux États-Unis, mais ces données ne sont pas exhaustives, car seuls certains types d'installations sont tenus de déclarer leurs rejets. Comme le montre la

Figure 7, les données du TRI de 1998 à 2016 révèlent une tendance à la baisse des rejets de décaBDE dans les sites d'enfouissement et les bassins de retenue, avec toutefois une forte augmentation récente (US EPA, 2017b).

2.4.3.4 Dans le biote

Les concentrations de PBDE dans les poissons prédateurs des niveaux trophiques supérieurs ont été mesurées par le Programme de suivi et de surveillance des poissons des Grands Lacs de l'EPA (*Great Lakes Fish Monitoring and Surveillance Program*). Les données indiquent que les concentrations de PBDE dans le touladi et le doré jaune ont augmenté continuellement jusqu'au début des années 2000, et

ensuite commençait à diminuer (ECCC et US EPA, 2017). Dans le cadre du 2010 « National Coastal Condition Assessment » (NCCA), l'EPA US a mené la première étude sur la santé humaine visant à fournir des données statistiques sur les produits chimiques toxiques dans les poissons des Grands Lacs. Pour cette étude : « Great Lakes Human Health Fish Tissue Study » (GLHHFTS), US EPA a collecté des échantillons de poissons communément consommé par les êtres humains à 157 des 225 sites d'échantillonnage statistiquement représentatifs côtiers des Grands Lacs (environ 30 échantillons de poissons par Lac) et a analysé la peau sur le tissu du filet (muscle) pour les produits chimiques toxiques, inclus de/des PBDE. Alors que les PBDE ont été détectés dans les 157 échantillons, moins de 1% de la superficie côtière des Grands Lacs échantillonnée (ou 4 282 milles carrés) a dépassé la valeur de dépistage pour la santé humaine de 210 ppb pour les PBDE (US EPA, 2016d).

Dans le cadre du Programme national de suivi et de surveillance des contaminants dans le poisson des Grands Lacs, ECCC a réalisé des mesures annuelles des PBDE chez les poissons prédateurs des niveaux trophiques supérieurs dans 11 zones de drainage partout au Canada depuis 2005. Ce programme de suivi couvre 12 emplacements dans la région des Grands Lacs. À l'aide de spécimens conservés provenant de la Banque nationale de spécimens biologiques aquatiques (BNSBA), on a déterminé les concentrations de poissons du lac Ontario depuis 1997. Selon les données les plus récentes disponibles (2012), tous les spécimens de touladi et de doré jaune prélevés dans la zone de drainage des Grands Lacs présentaient une concentration supérieure aux RFQE pour le pentaBDE, soit 1,0 ng/g en poids humide. Cependant, la tendance générale entre 1997 et 2012 indique une baisse marquée des concentrations de pentaBDE dans le touladi du lac Ontario, soit environ 4,5 % par année (**Figure 8**) (ECCC, 2017). Des taux à la baisse semblables ont également été observés pour le tétraBDE et l'hexaBDE chez le touladi du lac Ontario.

Dans une étude du MEACC et de l'Université de Windsor (Gandhi et coll., 2017), on a mesuré les PBDE dans les parties comestibles des poissons des Grands Lacs, afin d'examiner les tendances et d'évaluer les conséquences de l'exposition humaine. La carpe commune et le meunier noir ont présenté les plus fortes concentrations de Σ PBDE (27-71 ng/g). Le touladi et le grand corégone du lac Supérieur présentaient des concentrations plus élevées que ces mêmes espèces dans les autres Grands Lacs. Sinon, selon la tendance spatiale, le lac Ontario présentait les concentrations les plus élevées. Les résultats ont montré que des restrictions touchant la consommation du poisson seraient requises seulement pour la carpe commune dans le secteur riverain de Toronto, qui est à proximité de la région la plus urbanisée du côté canadien du bassin. Le principal congénère chez le crapet était le décaBDE, tandis que le congénère BDE 47 était le principal congénère chez les prédateurs des niveaux trophiques supérieurs et sa contribution aux Σ PBDE augmentait avec la contamination. Les concentrations des principaux PBDE à faible nombre d'atomes de brome semblaient avoir diminué dans les filets de poisson de 46 à 74 % entre 2006-2007 et 2012. L'étude a conclu que même si les produits de consommation contenant des PBDE continueront d'être en utilisation pendant un certain temps, cela ne devrait probablement pas entraîner une accumulation appréciable de PBDE dans le poisson. D'après cette évaluation globale, les auteurs déclarent que la surveillance régulière des PBDE chez les poissons des Grands Lacs peut être remplacée par une surveillance ciblée, et on pourrait alors cibler d'autres substances ignifugeantes en usage.

Selon les tendances temporelles (1982 à 2006) concernant les Σ PBDE dans les bassins d'œufs de goélands argentés dans six colonies de la région des Grands Lacs, les concentrations de congénères provenant principalement de formulations de pentaBDE et d'octaBDE (p. ex., BDE 47, 99 et 100) ont connu une augmentation rapide jusqu'en 2000, mais sans autre tendance à la hausse entre 2000 et 2006 (Gauthier et coll., 2008). Dans une étude plus récente (Su et coll., 2015), les concentrations de

ΣPBDE dans les œufs prélevés en 2012 aux mêmes six sites étaient généralement inférieures à celles mesurées en 2006. La concentration moyenne de ΣPBDE de 425 ng/g en poids humide dans les six colonies en 2012 était de 33 % inférieure à la concentration moyenne de 629 ng/g en poids humide mesurée pour les six mêmes colonies en 2006. Cependant, les bassins d'œufs de goélands, d'après la campagne de prélèvement en 2012, présentaient des concentrations supérieures de BDE 209 par rapport aux bassins d'œufs prélevés précédemment à ces mêmes six colonies. Dans les œufs prélevés en 2006, la concentration de BDE 209 allait de 4,5 à 20 ng/g en poids humide (Gauthier et coll., 2008), tandis que Su et coll. (2015) ont mesuré des concentrations comprises entre 7,46 et 51,2 ng/g en poids humide dans les œufs prélevés en 2012.

2.5 Résumé de haut niveau concernant les risques

Aux États-Unis, la principale voie d'exposition aux PBDE est l'ingestion de poussière contaminée dans les environnements intérieurs et, dans une moindre mesure, l'exposition cutanée à ces poussières. Ces voies d'exposition représentent 80 à 90 % de l'exposition humaine aux États-Unis, tandis que les 10 à 20 % restants sont attribuables à l'ingestion d'aliments contaminés, y compris les poissons gras et le lait maternel. Le National Center for Environmental Assessment (NCEA) de l'EPA a calculé que la dose de PBDE totaux absorbée par un adulte était de 7,1 ng/kg poids corporel/jour. On a également estimé que l'absorption par les enfants est de 47,2 ng/kg poids corporel/jour pour les enfants de 1 à 5 ans, de 13,0 ng/kg poids corporel/jour pour les enfants de 6 à 11 ans et de 8,3 ng/kg poids corporel/jour pour les adolescents de 12 à 19 ans (US EPA, 2010). La dose beaucoup plus élevée chez les enfants de 1 à 5 ans était en grande partie attribuable à l'ingestion plus élevée de sol et de poussière dans ce groupe d'âge. L'eau potable n'est pas une voie d'exposition importante pour les PBDE, car ces composés se lient très fortement aux sédiments et au sol (ATSDR, 2017).

Les études sur les rongeurs ont indiqué que les principaux effets sur la santé associés à l'exposition aux PBDE comprennent la toxicité pour le neurodéveloppement, la perte de poids, la toxicité pour les reins, ainsi que les troubles thyroïdiens, hépatiques et cutanés, qui peuvent avoir des répercussions sur la santé humaine. Il est prouvé que les PBDE agissent comme perturbateurs endocriniens et se déposent dans les tissus adipeux humains (IJC, 2016).

3 Politiques, règlements et programmes existants de gestion et de contrôle des PBDE

3.1 États-Unis

3.1.1 Lois et règlements actuels

En 2006, deux ans après l'élimination progressive volontaire du pentaBDE et de l'octaBDE, l'EPA a annoncé la mise en place d'une nouvelle règle complémentaire importante (*Significant New Use Rule – SNUR*) (74 FR 34015) pour les PBDE. Selon la SNUR, quiconque entend fabriquer ou importer un produit ou un mélange chimique contenant du pentaBDE ou de l'octaBDE doit aviser l'EPA au moins 90 jours à l'avance. Cet avis préalable permettra à l'EPA d'évaluer l'utilisation prévue du produit ou du mélange chimique pour déterminer s'il doit être limité ou interdit.

En 2012, l'EPA a annoncé une proposition visant à modifier la SNUR afin d'inclure d'autres nouvelles utilisations importantes : 1) la transformation de toute combinaison de congénères du pentaBDE et de l'octaBDE; 2) la fabrication, l'importation ou la transformation du décaBDE; 3) la fabrication, l'importation ou la transformation de tout article auquel des PBDE ont été ajoutés. L'EPA a également proposé une règle provisoire selon la TSCA concernant le pentaBDE, l'octaBDE et le décaBDE, qui

nécessiterait l'obtention d'information pour déterminer les effets, sur la santé et l'environnement, de la fabrication, de la transformation de ces trois mélanges de PBDE ou des autres activités les mettant en cause. Cette règle provisoire devait être promulguée seulement si la fabrication, l'importation ou la transformation de ces mélanges de PBDE n'avait pas cessé au 31 décembre 2013 (US EPA, 2017a). Cependant, à ce jour, aucune de ces règles n'a été finalisée. Il n'y a pas d'interdiction explicite du décaBDE, d'autres congénères du pentaBDE et de l'octaBDE ou de produits contenant des PBDE. Toutefois, aucun fabricant de produits chimiques n'a déclaré avoir fabriqué ou importé des PBDE en quantités supérieures à 25 000 lb (11,3 tonnes) aux États-Unis depuis 2015.

En 2016, l'EPA a annoncé qu'elle accélérerait les mesures visant à réduire l'exposition à cinq produits persistants, bioaccumulables et toxiques (PBT), dont l'un était le décaBDE. La TSCA a été modifiée en 2016 par la loi *Frank R. Lautenberg Chemical Safety for the 21st Century Act*, en vertu de laquelle l'EPA est tenue d'évaluer le risque posé par les produits chimiques PBT, avec des délais de décision clairs et exécutoires. Cette loi exigeait que les nouveaux produits chimiques fassent l'objet d'une évaluation de sécurité avant leur mise en marché. Conformément au nouveau mandat de la TSCA concernant les produits PBT, l'EPA évalue actuellement l'utilisation de ces cinq produits chimiques et l'exposition à ceux-ci. Si l'EPA détermine que l'exposition des humains ou de l'environnement à un ou plusieurs de ces produits chimiques est probable, l'EPA émettra des règlements afin de réduire l'exposition autant que possible.

Les États qui jouxtent les Grands Lacs, soit l'Illinois, le Michigan, le Minnesota et New York, ont interdit la fabrication, la transformation ou la distribution de produits ou de parties ignifugeantes d'un produit contenant plus de 0,1 % de pentaBDE et d'octaBDE. Le Michigan et le Minnesota ont exempté de cette interdiction les sous-tapis et les véhicules d'occasion. À compter du 1^{er} juillet 2018, la loi du Minnesota interdira la fabrication ou l'importation de meubles, des rembourrages et de produits pour enfants contenant plus de 0,1% de décaBDE. De plus, une interdiction de vente de ces produits au Minnesota entrera en vigueur le 1^{er} juillet 2019. Trois États jouxtant les Grands Lacs (Pennsylvanie, Ohio et Wisconsin) n'ont pas imposé de réglementation concernant les PBDE. Cependant, la Pennsylvanie et le Wisconsin ont des lois exigeant le recyclage obligatoire des produits électroniques et ils interdisent la mise à la décharge ou l'incinération des produits électroniques (IJC, 2016), ce qui empêche les PBDE présents dans les produits électroniques de pénétrer dans l'environnement à partir de ces sources et de cette manière.

Plusieurs États éloignés de la région des Grands Lacs réglementent également les PBDE (Californie, Hawaï, Maine, Maryland, Rhode Island, Oregon et Washington). En 2008, la Californie a commencé à interdire la fabrication, la transformation et la distribution de produits ou de parties ignifugeantes de produit contenant plus de 0,1 % de pentaBDE et d'octaBDE. En 2008 également, la législature de l'État de Washington a interdit la fabrication, la vente et la distribution de produits contenant des PBDE, sauf quelques exceptions pour l'équipement de transport, les dispositifs médicaux et certains matériaux recyclés. L'État de Washington interdit également la présence de décaBDE dans les matelas, les téléviseurs, les ordinateurs et les meubles rembourrés à usage résidentiel (Washington State Department of Health, 2017).

3.1.2 Mesures de prévention de la pollution

L'EPA 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 prévoit qu'avec l'accumulation de données sur les PBDE dans le TRI, et grâce aux recherches sur les produits ignifugeants de remplacement, les programmes P2 impliquant des PBDE entreront en vigueur aux États-Unis à l'avenir.

3.1.2.1 Produits de remplacement des PBDE

Dans le cadre du Plan d'action sur les PBDE de l'EPA ([PBDEs Action Plan](#)) (2009), le programme Design for the Environment de l'EPA a reçu le mandat d'identifier et de comparer les substances ignifuges pouvant remplacer le décaBDE en termes de risque pour la santé des humains et de l'environnement. Le 29 janvier 2014, l'EPA a publié la version définitive du document [An Alternatives Assessment for the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether \(DecaBDE\)](#), dans lequel on évaluait 29 produits fonctionnels et viables pouvant remplacer le décaBDE (US EPA, 2014a). L'étude a examiné trois principaux types d'ignifugeants : les ignifugeants halogénés (y compris les composés bromés), les ignifugeants à base de phosphore/azote et les ignifugeants inorganiques.

Cependant, on a déjà commencé à détecter dans des échantillons environnementaux certains produits de remplacement des PBDE. Les concentrations atmosphériques de tétrabromobenzoate (TBB) et de tétrabromophthalate (TBPH) ont également augmenté dans la région des Grands Lacs. On a également constaté qu'un autre produit de remplacement (le tétrabromobisphénol-A) est bioaccumulable dans la chaîne alimentaire des goélands argentés, et d'autres ignifugeants à base d'esters bromés et organophosphatés ont été détectés dans l'eau des Grands Lacs (Liu et coll., 2016). Shunthirasingham et coll. (2018) ont également constaté que l'on détectait fréquemment dans l'air du BGL des ignifugeants halogénés nouveaux, à savoir le 2-(allyloxy)-1,3,5-tribromobenzène (TBP-AE), l'hexabromobenzène (HBBz), le pentabromotoluène (PBT), l'anti-déchlorane plus (anti-DDC-CO) et le syn-déchlorane plus (syn-DDC-CO). Les concentrations de syn-DDC-CO et d'anti-DDC-CO sont en diminution à Point Petre, tandis que les concentrations des autres ignifugeants sans PBDE, comme le TBP-AE, le PBT et le HBBz sont en hausse.

La toxicité de la plupart des produits ignifugeants pouvant remplacer les PBDE est inconnue (IJC, 2015a). Les problèmes et les défis associés aux produits chimiques de remplacement des PBDE et leur potentiel à se comporter comme des POP ont été soulevés à l'échelle mondiale dans le cadre de la Convention de Stockholm sur les POP (Harner et coll., 2015; Daniel et coll., 2018).

3.1.3 Mesures de gestion des risques

L'initiative américaine de restauration des Grands Lacs (IRGL), qui est entrée en vigueur en 2010, octroie des fonds destinés à accélérer les efforts de protection et de restauration de l'écosystème des Grands Lacs. Par cette initiative, le Bureau du programme national des Grands Lacs (BPANGL) contribue au retrait des sédiments contenant des polluants en vertu de la *Great Lakes Legacy Act* (GLLA). La GLLA a donné lieu à un programme d'application volontaire et à coûts partagés visant à assainir les sédiments contaminés dans 43 secteurs préoccupants des Grands Lacs. Entre 2004 et 2015, la GLLA a permis d'assainir plus de 4 millions de verges cubes (3 millions de mètres cubes) de sédiments contaminés (US EPA, 2016a).

3.1.4 Suivi, surveillance et autres efforts de recherche

Des activités de contrôle et de surveillance visant les Grands Lacs ont été entreprises par bon nombre de parties intéressées aux États-Unis. Des instances locales, régionales, institutionnelles, tribales et fédérales mènent, depuis plusieurs années, des études indépendantes et coopératives pour évaluer la condition et l'état des Grands Lacs.

La majeure partie des données recueillies a été versée dans une base de données environnementales sur la région des Grands Lacs (*Great Lakes Environmental Database* – GLENDa) et Data Viz du RIDA. C'est dans cette base de données entretenue par le BPANGL que sont déposées et stockées les données sur l'environnement. Les données sur l'air, l'eau, le biote et les sédiments sont toutes compilées dans ces

systèmes, à l'intention des utilisateurs de données concernant les Grands Lacs (US EPA, 2016b). De plus, la US Geological Survey (USGS) a mis au point un outil additionnel de consultation de base de données appelé « Science in the Great Lakes (SiGL) Mapper », qui permet aux parties intéressées par les Grands Lacs de coordonner et de réaliser des activités collaboratives de surveillance et de restauration pour les Grands Lacs (US EPA, 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 perfectionnées de repérage des sources de pollution et des interventions d'assainissement.

Travaux particuliers visant les Grands Lacs. L'article 118 de la *Clean Water Act* (loi américaine sur l'eau saine) confie à l'EPA, par l'intermédiaire du BPANGL, 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 le cadre de sa mission principale, le BPANGL exploite un bon nombre de programmes de surveillance de produits chimiques toxiques dans les milieux des Grands Lacs (poissons, air, sédiments, eau et tissus). Ces programmes à long terme sont axés sur le suivi des tendances en matière de polluants environnementaux, notamment les PBDE, dans tout le bassin afin d'évaluer la santé de l'environnement.

En outre, le BPANGL contribue aux travaux portant sur les produits chimiques toxiques (dont les PBDE) menés par d'autres partenaires au moyen de subventions, d'accords interagences et de collaborations afin de régler les problèmes posés par les substances chimiques qui affectent la santé humaine. Le BPANGL rend compte du résultat des programmes et des projets au moyen de divers mécanismes, dont les rapports États des Grands Lacs, des plans d'aménagement panlacustre et la publication d'articles revus par des pairs. Les données sont rendues publiques sur les sites Web et dans les bases de données de l'EPA, notamment GLENDa et Data Viz du RIDA.

3.1.5 Lignes directrices et normes américaines

Les États-Unis disposent de plusieurs normes et lignes directrices concernant les concentrations de PBDE dans l'air, pour l'ingestion et pour ce qui est de l'exposition par voie orale (**Tableau 4**).

3.2 Canada

Même si les PBDE n'ont jamais été fabriqués au Canada, ils y ont été abondamment importés sous forme de mélanges commerciaux et ajoutés à divers produits vendus et utilisés au Canada.

3.2.1 Mesures fédérales de gestion des risques

Pour empêcher la fabrication des PBDE au Canada et en restreindre grandement leur utilisation, le gouvernement du Canada a adopté le *Règlement sur les polybromodiphényléthers* (DORS/ 2008-218) en 2008. Ce règlement interdit la fabrication au Canada de tétraBDE, de pentaBDE, d'hexaBDE, d'heptaBDE, d'octaBDE, de nonaBDE et de décaBDE. En outre, l'utilisation, la vente, l'offre de vente et l'importation de tétraBDE, de pentaBDE et d'hexaBDE et des mélanges, polymères et résines les contenant sont également interdites.

Le *Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)* comporte des mesures additionnelles concernant les PBDE (ECCC, 2016). Les modifications élargissent l'interdiction à tous les PBDE (y compris le décaBDE) et les produits les contenant, sauf les articles manufacturés. La version originale du *Règlement sur les polybromodiphényléthers* a été remplacée par le règlement modifié lorsqu'il est entré en vigueur le 23 décembre 2016.

Le Canada a joué un rôle actif dans le processus d'ajout du pentaBDE, de l'octaBDE (2009) et du décaBDE (2017) à la Convention de Stockholm, ainsi que du pentaBDE et de l'octaBDE au Protocole relatif aux polluants organiques persistants (POP) de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à grande distance (PATGD) des Nations Unies. Ces PBDE ont été ajoutés à ces conventions pour plusieurs raisons : ils peuvent être transportés sur de grandes distances, ils sont persistants et bioaccumulables, et ils sont susceptibles de causer des effets néfastes en raison de leur transport à grande distance (Environnement Canada, 2010).

3.2.2 Mesures de prévention de la pollution

À l'heure actuelle, le gouvernement du Canada renforce ses connaissances sur les pratiques de gestion des risques relatifs à la fin de vie de diverses substances, et sur la présence et le rejet potentiel de substances toxiques ou d'autres substances préoccupantes dans les installations de gestion des déchets au Canada.

3.2.3 Contrôle, surveillance et autres travaux de recherche

ECCC réalise des activités de surveillance des PBDE dans l'air, les poissons, les œufs de goélands argentés et d'étourneaux sansonnets et autres espèces sauvages sentinelles, les sédiments et l'eau, dans le cadre de différentes initiatives, y compris le Plan de gestion des produits chimiques. Dans le cadre des activités concernant le programme des Grands Lacs, ECCC et le MEACC réalisent des évaluations détaillées des eaux de surface, des sédiments de surface et des carottes de sédiments pour un seul Grand Lac chaque année, à tour de rôle. Des échantillons additionnels d'eau et de sédiments sont également prélevés dans les chenaux de raccordement du lac évalué au cours d'une année donnée. Cette évaluation annuelle couvre un large éventail de contaminants, et inclura les PBDE à des endroits et dans des milieux choisis.

Les résultats sont abondamment diffusés, y compris dans les rapports gouvernementaux (p. ex., [Polybromodiphényléthers dans l'environnement canadien](#)), les articles révisés par les pairs (p. ex., les articles auxquels il est fait référence par le GTD). Les données sur le Réseau BGL sont disponibles sur le Portail du gouvernement ouvert d'ECCC.

Depuis sa création en 1993, l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) fait le suivi des rejets, de l'élimination et des transferts par l'industrie du décaBDE (n° de registre du CAS 1163-19-5), entre autres polluants, de sources industrielles. Plus précisément, les installations sont tenues de déclarer chaque année à l'INRP leurs activités de rejet, d'élimination et de transfert aux fins de recyclage de décaBDE si elles répondent aux critères de déclaration suivants :

- l'installation compte au moins 10 employés équivalents temps plein;
- l'installation a fabriqué, transformé ou autrement utilisé 10 tonnes ou plus de décaBDE à une concentration d'au moins 1 % en poids.

3.2.4 Normes et lignes directrices canadiennes en matière de qualité de l'environnement au Canada

Les Recommandations fédérales et les lignes directrices provinciales sur la qualité de l'environnement pour les PBDE ont été élaborées par Environnement et Changement climatique Canada et le ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario (MEACC de l'Ontario), respectivement.

Les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (RFQE) ont été établies au Canada pour certains congénères de PBDE dans l'eau, les tissus des poissons, les sédiments, la faune (poissons et œufs d'oiseaux) afin de déterminer l'importance écologique des concentrations de PBDE dans

l'environnement. Ces RFQE servent de point de référence pour les écosystèmes aquatiques et visent à protéger toutes les formes de vie aquatique (vertébrés, invertébrés et végétaux) contre les effets nocifs directs. Les RFQE pour les PBDE sont présentées dans le **Tableau 5**. Lorsque les RFQE sont respectées, il y a un faible risque d'effets nocifs associés aux utilisations protégées (p. ex., vie aquatique ou faune qui consomme les PBDE). L'utilisation des Recommandations est volontaire à moins d'être requise par un permis ou tout autre outil de réglementation.

3.3 Coordination binationale

3.3.1 Plans d'action et d'aménagement panlacustres

Le programme des plans d'action et d'aménagement panlacustre (PAAP) coordonne les efforts visant à évaluer, à restaurer, à protéger et à surveiller l'état de santé des écosystèmes de chacun des Grands Lacs (US EPA, 2004; US EPA, 2016c). Les PCSPM seront considérés comme une priorité future aux fins de surveillance dans le programme PAAP pour le lac Supérieur (Lake Superior Partnership, 2016). Les autres PAAP sont en cours d'examen, afin de déterminer leurs priorités en matière de surveillance, et considèrerai éventuellement les PCSPM.

3.3.2 Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RIDA) aux États-Unis, et Réseau de contrôle et de surveillance du bassin des Grands Lacs (BGL) au Canada

Les stations de surveillance atmosphérique à long terme sur les rives de la région des Grands Lacs aux États-Unis et au Canada sont exploitées depuis 1990. Le Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RIDA) a été établi en 1990 dans le cadre d'un effort conjoint entre le Canada et les États-Unis afin de soutenir l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs. Les activités de suivi et de surveillance du Canada, dans le cadre du Réseau BGL et du Plan de gestion des produits chimiques, fournissent des données et des mesures à cet effort conjoint. Les programmes ont géré respectivement par US EPA et ECCC.

Les objectifs du IADN et du GLB sont de (i) déterminer les tendances spatiales et temporelles des produits chimiques toxiques dans l'air des Grands Lacs; (ii) estimer les charges atmosphériques des produits chimiques toxiques aux Grands Lacs; et (iii) identifier les sources et/ou les régions des sources. Les programmes ont aussi utilisé pour découvrir des nouvelles menaces chimiques aux Grands Lacs.

Les programmes des deux réseaux, RIDA et BGL, élaborent constamment des méthodes pour détecter les composés d'intérêt nouveaux et émergents. Les méthodes pour les polybromodiphényléthers (PBDE) ont été mises en œuvre avec succès depuis leurs ajouts à la liste des analytes régulièrement surveillés en 2005. Les données du RIDA sont mises à la disposition du public dans la base Data Viz du RIDA, et les données du Réseau BGL sont disponibles sur le Portail du gouvernement ouvert d'ECCC.

3.3.3 Initiative des sciences coopératives et de surveillance

L'un des aspects qui composent l'AQEGL est la formation d'un groupe de travail sur l'Initiative des sciences coopératives et de surveillance (ISCS) par le biais de l'Annexe 10. L'ISCS a pour mission de mettre en œuvre une initiative dirigée conjointement par le Canada et les États-Unis en vue de fournir les gestionnaires dans les domaines de l'environnement et de la pêche qui ont les connaissances techniques et les données de surveillance nécessaires pour prendre des décisions concernant l'aménagement de chacun des Grands Lacs. Un Lac est visité chaque année, selon un cycle quinquennal, et l'année suivante une campagne exhaustive est réalisée sur le terrain dans le cadre de l'ISCS. En se concentrant ainsi sur un des Grands Lacs chaque année, on peut cibler les activités scientifiques et le suivi pour obtenir les informations nécessaires, mais qui ne sont pas recueillies dans le cadre des activités habituelles des organismes. De plus, il est possible de coordonner des évaluations scientifiques

particulières. Chaque partenariat affecté à un Lac définit les données scientifiques nécessaires en fonction du calendrier de l'ICSS, puis le groupe de travail met en œuvre ses recommandations le cas échéant.

3.4 Scène internationale

Plusieurs cadres ont été établis au niveau international afin de limiter la disponibilité, l'utilisation, le rejet et le nombre total de sources de PBDE.

3.4.1 Programme des Nations Unies pour l'environnement : Conventions de Stockholm et de Bâle

La Conférence des Parties (COP) à la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants a décidé, à sa quatrième réunion en 2009, d'inscrire le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE et l'heptaBDE à l'annexe A avec des exemptions précises. En outre, à sa huitième réunion en 2017, le COP a décidé d'ajouter le décaBDE à l'annexe A avec des exemptions précises. La Convention a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets nocifs des POP. Lorsqu'une substance est inscrite à la liste de l'annexe A, cela vise à en éliminer la fabrication, l'usage, l'importation et l'exportation. Le Canada a signé et a ratifié la Convention en 2001, et celle-ci est entrée en vigueur en 2004. Les États-Unis ont signé la Convention, mais ne l'ont pas encore ratifiée, acceptée, approuvée ni adoptée, et par conséquent la Convention n'est pas encore entrée en vigueur aux États-Unis. Le Canada a ratifié l'inscription du tétraBDE, du pentaBDE, de l'hexaBDE et de l'heptaBDE à l'annexe A en avril 2011, et s'acquitte de ces obligations par l'intermédiaire du *Règlement sur certaines substances toxiques interdites* (RCSTI).

Une activité clé de la Convention de Stockholm sur les POP est le Plan mondial de surveillance, qui rend compte de la présence des POP dans les principaux milieux (air, ainsi que lait/sang humain) selon un cycle de six ans. Ces données fournissent un contexte mondial pour interpréter les tendances spatiales et temporelles concernant les PBDE et elles donnent une idée de l'efficacité des mesures de contrôle mises en œuvre au sujet des PBDE (Daniel et coll., 2018).

Alors que la Convention de Stockholm s'intéresse au contrôle de la production et de l'utilisation des POP, la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination porte sur la gestion des POP lorsqu'ils deviennent des déchets. Il incombe aux Parties à la Convention de Bâle de veiller à ce que les mouvements transfrontières des déchets dangereux et autres, tels que les PBDE, soient réduits au minimum, à ce que les mouvements transfrontières soient déclarés et à s'assurer de leur élimination d'une façon respectueuse de l'environnement. Le Canada a signé et ratifié la Convention de Bâle en 1992. Les États-Unis ont signé la Convention en 1990, mais ne l'ont pas encore ratifiée. Dans le cadre de la Convention de Bâle, des directives techniques ont été élaborées pour assurer la gestion écologique des PBDE et des déchets contenant des PBDE ou contaminés par ceux-ci. Les directives techniques constituent la base sur laquelle les pays peuvent réaliser leurs activités à un niveau qui n'est pas moins respectueux de l'environnement que celui exigé par la Convention de Bâle (Basel Convention, 2017).

3.4.2 Directive européenne visant à limiter l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques

La Directive européenne visant à limiter l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (RoHS) dans l'Union européenne cherche à limiter l'utilisation de plusieurs substances chimiques dangereuses provenant de déchets d'équipements électroniques et électriques (EEE), y compris les PBDE. La Directive stipule qu'il ne doit pas y avoir plus de 0,1 % de PBDE (en poids) dans les EEE, et que les producteurs d'EEE doivent démontrer qu'ils respectent la Directive en

présentant une documentation technique, laquelle doit comprendre les dessins conceptuels et de fabrication, les spécifications techniques et les rapports d'essai (IJC, 2015b).

3.4.3 Commission européenne : Règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des produits chimiques

Le Règlement sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), oblige tous les fabricants de produits chimiques qui produisent plus d'une tonne métrique par année à fournir une documentation technique sur les propriétés des produits chimiques, ainsi que les risques qu'ils présentent. Dans le cas des produits chimiques considérés comme des « substances très préoccupantes » (SVHC), dont le décaBDE, les fabricants doivent obtenir une autorisation pour chaque utilisation, démontrer qu'il existe des mesures de gestion des risques, et prouver que les avantages socioéconomiques du produit chimique l'emportent sur les risques.

3.4.4 Règlement (UE) n° 757/2010 de la Commission du 24 août 2010 modifiant les annexes I et II du Règlement (CE) n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil concernant les polluants organiques persistants

Dans le cas du tétraBDE, du pentaBDE, de l'hexaBDE et de l'heptaBDE, une exemption des mesures de contrôle s'applique dans l'UE lorsqu'ils sont présents en quantité inférieure ou égale à 10 ppm dans les substances, préparations, articles ou constituants de parties ignifugeantes d'articles. Si une préparation ou un article est fabriqué à partir de matériaux recyclés, c'est-à-dire des matériaux préparés à partir de déchets, la limite est de 1 000 ppm. Il existe également une exemption pour les équipements électriques et électroniques visés par le champ d'application de la Directive 2002/95/EC.

Dans le cas du décaBDE et de l'octaBDE, la concentration limite est de 0,1 % en poids.

4 Analyse des lacunes

Dans le cadre de l'examen des PBDE en vertu de l'annexe 3 de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans la région des Grands Lacs, le GTD des PCSPM recommandait ce qui suit : 1) continuer la surveillance de l'air, des sédiments, des poissons prédateurs des niveaux trophiques supérieurs et des œufs des goélands argentés et des étourneaux sansonnets afin d'établir les tendances à long terme, de protéger la santé humaine par la publication d'avis de consommation du poisson, et à évaluer le transport atmosphérique et les charges vers les Grands Lacs et 2) mener d'autres travaux de recherche sur les effets des sous-produits de dégradation des PBDE (c.-à-d. les congénères BDE faiblement bromés), en particulier à long terme. Ce rapport provisoire, publié en septembre 2015, indiquait que « des données supplémentaires sur les tendances temporelles des concentrations de BDE et de HBCD dans une variété de matrices et de lieux sont nécessaires avant de pouvoir pleinement évaluer le statut actuel de ces composés, et l'incidence de la réglementation sur les différents composés ignifuges et de l'évolution des modèles de leur utilisation doit être déterminée. » (GTD, 2015).

Il existe plusieurs inconnues tant au Canada qu'aux États-Unis en ce qui concerne les sources non quantifiées de PBDE. Aucun des deux pays ne dispose d'un registre exhaustif des fabricants, transformateurs ou utilisateurs de PBDE ou de produits les contenant. De plus, aucune référence ni aucun outil n'indique quels produits, parmi ceux qui sont fabriqués ou importés dans la région des Grands Lacs, contiennent des PBDE, et à quelle concentration dans chaque produit. En sachant le nombre de produits contenant des PBDE qui pénètrent dans la région des Grands Lacs, cela aiderait non seulement à gérer les risques potentiels liés aux activités mettant en cause des PBDE ou des produits les

contenant, mais aiderait également les parties intéressées à faire des choix plus éclairés pour ce qui est de l'achat de produits.

Bien que les PBDE ne soient plus sciemment fabriqués aux États-Unis et ne l'ont jamais été au Canada, certains pays continuent de fabriquer des PBDE et les incorporent à d'autres produits ou articles, et le transport à grande distance est probablement une source continue de PBDE pour le bassin des Grands Lacs. Afin de mieux comprendre les risques résiduels, une surveillance additionnelle des PBDE et des produits ignifugeants bromés de remplacement, dans les divers milieux environnementaux, est nécessaire non seulement dans le bassin des Grands Lacs, mais aussi dans les régions susceptibles d'affecter le bassin des Grands Lacs (p. ex., les États à l'extérieur du bassin, les transporteurs qui circulent dans le bassin, etc.), à l'échelle nationale et mondiale. Ce suivi additionnel devrait permettre l'acquisition de données à des échelles et sur des séries chronologiques qui permettront de mieux connaître et modéliser les concentrations de PBDE au niveau national, particulièrement lorsque les produits sont commercialisés et les sources réparties non seulement dans le bassin, mais à l'extérieur de celui-ci.

Outre les besoins en matière de surveillance, certaines lacunes en matière de politiques doivent être comblées, notamment en ce qui concerne l'importation, la transformation et l'utilisation des produits contenant des PBDE et la gestion des déchets qui y sont associés. Les études récentes du biote et des sédiments dans la région des Grands Lacs ont indiqué que les concentrations de certains congénères de PBDE diminuent (ECCC, 2017). Cependant, il est nécessaire d'approfondir les recherches sur les diverses mesures, et aussi sur les avantages et les inconvénients du contrôle ou de la restriction de l'importation des produits contenant des PBDE, sur la façon dont ces restrictions seraient appliquées, et sur la façon de mieux contrôler la gestion des déchets dans le cas des produits en fin de vie contenant des PBDE (recyclage, élimination et surveillance). En comprenant mieux les coûts et avantages du recyclage des produits contenant des PBDE, on sera mieux en mesure d'élaborer des incitatifs économiques pour éliminer ces produits d'une manière respectueuse de l'environnement. Dans le cadre de ces recherches, on devrait également envisager la possibilité de concevoir des produits écologiques qui évitent la nécessité de recourir à des ignifugeants.

De plus, il est nécessaire de s'assurer que les données chimiques recueillies par les programmes des diverses instances (gouvernements fédéraux, États, provinces, tribus, Premières Nations, Métis et autres) sont cohérentes, normalisées et structurées afin de permettre une meilleure surveillance binationale des PBDE, des produits les contenant, des produits chimiques de remplacement et des produits présentant des risques similaires. Assurer l'uniformité des données peut être un exercice utile, car cela garantit que des mesures indépendantes de collecte des données peuvent être utilisées collectivement pour étudier et relever les préoccupations concernant les PBDE. Idéalement, on devrait constituer un dépôt dans lequel les données au niveau binational pourraient être cataloguées par milieu (p. ex., air, eau, terre, biote) et les parties intéressées de l'extérieur pourraient y avoir accès. Les connaissances comportent plusieurs lacunes qui limitent les mesures de gestion des risques concernant les PBDE. Voici un aperçu de ces lacunes :

- *Rejets provenant des produits utilisés.* Cela comprendrait les rejets de PBDE provenant de :
 - produits contenant des mousses (p. ex., matériaux d'isolation, meubles, sièges d'automobile)
 - sous-tapis
 - revêtements textiles, tentures, rideaux, stores en tissu et stores à enroulement
 - vêtements
 - matelas et oreillers

- petits et gros électroménagers
 - déchets d'équipements électroniques et électriques
 - matériaux de construction, de rénovation et de démolition
- *Rejets par les déchets.* Il y a des lacunes dans notre compréhension de la mesure dans laquelle les PBDE seront rejetés dans le flux de déchets (p. ex., déchets mis en décharge, incinérateurs).
 - *Besoins en matière de surveillance.* Nous devons amorcer des activités de surveillance et les poursuivre afin d'observer les tendances à long terme dans l'air, les sédiments et le biote (les poissons prédateurs des niveaux trophiques supérieurs et les œufs de goélands argentés) des Grands Lacs pour établir et suivre les tendances à long terme, suivre les déplacements atmosphériques sur de grandes distances et les dépôts, établir des normes en matière de concentrations dans l'environnement et évaluer la performance des mesures de gestion des risques en place et à venir.
 - *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 de divulgation d'information.* Des éclaircissements sont requis pour aider les importateurs et les utilisateurs de produits finis concernant les exigences de divulgation aux États-Unis (p. ex., au niveau des États) pour ce qui est du contenu en PBDE des produits finis.
 - *Essai des produits contenant des PBDE.* Des essais sont requis pour déterminer la concentration de PBDE dans les produits importés.

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

Les mesures proposées dans le présent document constituent des options de gestion et d'atténuation des risques nouvelles ou déjà mises en place qui pourront combler les lacunes relevées. Elles pourraient se traduire par des gains mesurables (qualitativement ou quantitativement) sur le plan de la santé humaine ou de l'environnement, ou encore par une meilleure compréhension des sources et du devenir des PBDE et de leurs effets sur la santé humaine et l'environnement.

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

Les PBDE n'ont jamais été fabriqués au Canada et ne sont pas connus pour être fabriqués aux États-Unis (mais peut être importé), en raison de l'élimination progressive volontaire par l'industrie et des grands fabricants de PBDE. Au Canada, les PBDE sont assujettis au *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*. Comme il est mentionné ci-dessus, le règlement interdit tous les PBDE et tous les produits les contenant, sauf les articles manufacturés. ECCC évalue actuellement des approches pour encadrer les risques associés aux articles manufacturés qui contiennent des PBDE, mais qui ne sont pas interdits actuellement. Aux États-Unis, toute fabrication ou importation de certaines substances chimiques contenant du pentaBDE et de l'octaBDE pour une nouvelle utilisation importante doit être déclarée à l'EPA en vertu d'un avis SNUR concernant les PBDE. Cependant, cet avis SNUR ne couvre pas le décaBDE, tous les congénères du pentaBDE et de l'octaBDE, ou les produits ou articles contenant des PBDE. Par conséquent, l'utilisation continue des PBDE n'est pas interdite. Les RFQE ont été établies au Canada comme références pour les concentrations de PBDE dans l'environnement. Certaines normes environnementales ont été établies aux États-Unis. Cependant, les PBDE ne sont actuellement pas couverts par les lois américaines *Clean Air Act* ou *Clean Water Act*. Il faudrait s'efforcer d'évaluer le profil de risque pour la santé humaine et l'environnement que représentent les PBDE, et déterminer s'il y a lieu de les assujettir à d'autres règlements.

Résumé des options stratégiques relatives à la réglementation et aux autres mesures d'atténuation et de gestion des risques

- Établir des règlements visant à réduire l'exposition humaine et environnementale au décaBDE autant que possible, selon les directives de la version modifiée de la *Toxic Substances Control Act* (États-Unis)
- Revoir la réglementation actuelle à la lumière des nouvelles données scientifiques (États-Unis)
- Mettre à jour la réglementation canadienne afin d'éliminer progressivement les utilisations restantes des PBDE dans les articles manufacturés (Canada)

5.2 Promotion de la conformité et application de la loi

Pour gérer adéquatement les PBDE dans l'environnement de la région des Grands Lacs, il est crucial de bien comprendre les règlements actuels des diverses instances (gouvernements fédéraux, États et provinces), la façon dont ces règlements sont élaborés et appliqués, quels sont leurs liens mutuels, et comment les diverses instances gouvernementales peuvent s'entraider en matière de conformité et d'application de la loi.

Résumé des options stratégiques relatives à la promotion de la conformité et à l'application de la loi

- Réaliser une étude approfondie de tous les mécanismes réglementaires actuellement en place concernant les PBDE : contrôle, gestion, application de la loi et élimination (États-Unis)
- Accroître le soutien offert aux associations industrielles et aux entreprises qui veulent éliminer graduellement les PBDE ou renforcer la gestion des risques dans leur secteur (États-Unis)
- Mener des enquêtes sur les installations de recyclage et les sites d'enfouissement afin de vérifier si ces installations ont les connaissances requises concernant les PBDE et le respect de la loi à ces installations, et utiliser les résultats de ces enquêtes pour cibler les installations afin de les sensibiliser davantage (Canada et États-Unis)

5.3 Prévention de la pollution

Il y aurait lieu d'élaborer une documentation facile d'utilisation permettant d'éduquer et de mobiliser le public dans les efforts visant à réduire les possibilités de rejets de PBDE ou d'exposition à ces substances, et de présenter des produits de remplacement plus sécuritaires, exempts de PBDE. Une telle documentation pourrait aider à empêcher que la pollution par les PBDE à faible niveau soit incorporée dans le flux général de déchets solides, et aiderait également à sensibiliser le public au sujet des sources potentielles de PBDE.

Les bases de données du TRI de l'EPA et de l'INRP du Canada peuvent être utilisées pour faire le suivi des progrès de l'industrie visant à réduire la production de déchets. La base de données du TRI devrait être maintenue et mise à profit afin de maximiser les activités de prévention de la pollution (P2) réalisées par les industries dans la région des Grands Lacs. Il y aurait lieu de souligner les réussites en matière de prévention de la pollution dans le bassin des Grands Lacs pour sensibiliser la population, coordonner les efforts de prévention de la pollution dans des secteurs similaires du bassin et, par conséquent, réduire la présence des PBDE dans l'environnement. Des exemples de réduction réussie de déchets pourraient être soulignés dans des journaux régionaux, sur des sites Web ou lors de conférences.

Résumé des options stratégiques pour la prévention de la pollution

- Sensibiliser et éduquer davantage le public et les travailleurs au sujet des sources potentielles de PBDE et les mesures appropriées à prendre si des matières contenant des PBDE sont trouvées (États-Unis et Canada)
- Sensibiliser le public afin qu'il utilise des solutions de rechange plus sûres ou des produits exempts de PBDE (États-Unis)
- Encourager les industries à assurer un suivi de leurs activités et efforts de P2 en consignnant ceux-ci dans la base de données du TRI (États-Unis)
- Souligner les réussites au chapitre de la prévention de la pollution et en faire la diffusion (États-Unis)
- Accroître le soutien aux fabricants qui cherchent des solutions de rechange aux ignifugeants bromés, y compris les PBDE (États-Unis)
- Effectuer des recherches sur les solutions possibles de recyclage, en mettant l'accent sur l'établissement de moyens visant à encourager le recyclage sécuritaire des produits contenant des PBDE (États-Unis)

5.4 Suivi, surveillance et autres travaux de recherche

La recherche actuelle n'offre pas un tableau complet de l'état et des tendances concernant les PBDE dans l'environnement des Grands Lacs. L'EPA et ECCC ont coordonné leurs efforts pour publier leurs recherches et faire rapport des résultats (ECCC et US EPA, 2011). D'autres rapports de contrôle et de surveillance ont été diffusés dans des publications avec comité de lecture, des sites Web et sur les réseaux sociaux. Chaque forme de communication des rapports cible un public particulier pour maximiser l'utilisation des résultats. Les résultats des futurs efforts de surveillance devraient continuer d'être publiés sur de multiples supports afin de communiquer efficacement les changements observés dans les divers milieux (air, sédiments et biote [poissons prédateurs des niveaux trophiques supérieurs, œufs et tissus de goélands argentés, œufs d'autres oiseaux qui consomment des organismes terrestres comme les étourneaux sansonnets]) dans la région des Grands Lacs.

Le programme État des Grands Lacs aide les Parties à déterminer les défis actuels, nouveaux et émergents qui touchent la qualité de l'eau et la santé de l'écosystème des Grands Lacs. Les évaluations aident également les gouvernements à évaluer l'efficacité des programmes et des politiques en place pour relever les défis, les tenir informés et mobiliser d'autres parties intéressées (SOGL Summary, 2017). L'ajout des PBDE à la liste des PCSPM pourrait accroître les initiatives futures axées sur les PBDE. La poursuite de tels efforts par les deux pays est indispensable pour comprendre la situation globale des PBDE dans le bassin des Grands Lacs. Les travaux de surveillance entrepris par les deux pays doivent être

coordonnés pour favoriser l'acquisition de données analytiques comparables qui serviraient à élaborer un cadre de travail national ou international.

Il est essentiel de mettre au point des moyens rentables et utiles de recueillir des données sur les concentrations de PBDE provenant de diverses sources. L'application continue de techniques d'échantillonnage passif pour la surveillance des concentrations de PBDE en milieu aquatique permettrait de mieux comprendre la répartition spatiale et le comportement des PBDE dans la région des Grands Lacs et dans l'ensemble de la région. Si l'échantillonnage environnemental indique l'existence de « points chauds » localisés qui causent une exposition excessive au biote aquatique, il pourrait être nécessaire à l'avenir de localiser les sources de contamination par les PBDE. Les efforts comme le projet de dépistage Trackdown, qui utilise une approche basée sur le poids de la preuve et sur plusieurs médias pour faire le suivi des sources de biphényles polychlorés (BPC) dans la région des Grands Lacs, pourraient constituer un modèle applicable aux futures études sur les PBDE (Benoit et coll. 2016). De plus, les futurs efforts de surveillance devraient être conçus de manière à ce que les données obtenues puissent être comparées entre les équipes de recherche et aux données historiques. Les Parties pourraient vérifier les méthodes d'échantillonnage récemment développées, par les bons soins d'une autre organisation chargée des essais, ou par des études ou des démonstrations sur le terrain afin d'accroître la confiance perçue à l'égard des données obtenues.

Résumé des options de suivi, de surveillance et d'autres travaux de recherche

- Continuer d'assurer le suivi des PBDE par la biosurveillance dans les milieux environnementaux des Grands Lacs (air, précipitations, sédiments, poissons et autres espèces sauvages) et de publier les résultats dans diverses publications (p. ex., portails en ligne, rapports gouvernementaux et revues scientifiques) afin de maximiser l'auditoire visé (Canada et États-Unis)
- Améliorer les activités existantes de surveillance en évaluant les concentrations de PBDE dans l'air dans les régions éloignées, rurales et urbaines, ainsi que dans les régions situées à proximité des sites de déchets dangereux et des incinérateurs (Canada et États-Unis)
- Élaborer des outils rentables pour surveiller les concentrations de PBDE dans tous les milieux, provenant de diverses sources (Canada et États-Unis)
- Mettre au point des plans et systèmes de données structurés concernant les sources de PBDE, les manifestes et le suivi des produits les contenant (États-Unis)
- Élaborer des modèles permettant de suivre le transport des PBDE dans l'atmosphère sur les grandes distances, leurs dépôts ainsi que leurs voies de dégradation dans le bassin des Grands Lacs (États-Unis)
- Continuer d'évaluer les risques associés aux produits de remplacement des PBDE (Canada et États-Unis)

5.5 Qualité de l'eau domestique

L'eau domestique inclut l'eau utilisée à l'intérieur ou à l'extérieur à des fins ménagères. En raison de leurs propriétés chimiques, les PBDE n'ont pas été détectés dans l'eau de façon significative. Par conséquent, on ne s'attend pas à ce que l'eau potable soit une voie d'exposition importante aux PBDE. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) n'a pas établi de lignes directrices sur l'eau potable pour ce

qui est des PBDE. L'EPA n'a pas établi de normes concernant l'eau potable pour les PBDE, et la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis n'a pas fixé de concentrations admissibles pour les PBDE dans l'eau embouteillée. Cependant, les normes existantes devraient être révisées pour s'assurer qu'elles sont fondées sur les connaissances scientifiques les plus récentes, pour aider les États et les provinces à déterminer les secteurs dans lesquels les concentrations de PBDE dans l'eau potable pourraient être élevées, et pour faire en sorte que toutes les connaissances et outils disponibles soient utilisés afin de réduire au minimum l'exposition.

Résumé des mesures concernant la qualité de l'eau domestique

- Obtenir et analyser les données de surveillance des concentrations de PBDE dans l'eau potable, et élaborer des normes nationales sur la qualité de l'eau, au besoin (États-Unis)

6 Conclusion

En vertu de l'annexe 3 de l'AQEGL, les PBDE ont été désignés comme PCSPM de sources anthropiques. L'objectif binational de la présente Stratégie sur les PBDE, consistant en mesures conjointes et individuelles des Parties, est de réduire les rejets anthropiques de PBDE dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs et de mieux comprendre la présence, le devenir et le transport des PBDE dans l'environnement.

Des efforts binationaux sont nécessaires pour réduire les risques que posent les PBDE pour la santé humaine et l'environnement. La coopération binationale est nécessaire pour coordonner les efforts de suivi et de surveillance, maximiser les initiatives de recherche afin de relever les sources de PBDE, et enfin pour suivre et surveiller de façon rentable les concentrations de PBDE dans plusieurs milieux (déchets, sol, eau, air, tissus, etc.).

Un large éventail d'intervenants, résolus à protéger et à restaurer l'écosystème des Grands Lacs, ont été invités à mettre en œuvre les solutions d'atténuation et de gestion des risques décrites dans le présent document. Il faut continuer à chercher de nouvelles approches et à perfectionner les méthodes actuelles d'atténuation et de gestion des risques associés aux PBDE pour améliorer la santé de l'écosystème et des résidents du bassin des Grands Lacs et pour préserver la qualité de ses eaux pour les générations futures.

7 Tableaux

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques des PBDE

Propriété	Mélanges de PBDE		
	Pentabromodiphényléther (PentaBDE)	Octabromodiphényléther (OctaBDE)	Décabromodiphényléther (décaBDE)
Masse moléculaire	Mélange	Mélange	959,22
Couleur	Limpide, ambre à jaune pâle	Blanc cassé	Blanc cassé
État physique	Liquide très visqueux	Poudre	Poudre
Point de fusion	-7 à -3 °C (commercial)	85-89 °C (commercial); 200 °C (plage : 167-257); 79-87 °C; 170-220 °C	290-306 °C
Point d'ébullition	> 300 °C (la décomposition commence à > 200 °C)	Décomposition à > 330 °C (commercial)	Décomposition à > 320, > 400 et 425 °C
Masse volumique (g/mL)	2,28 à 25 °C; 2,25-2,28	2,76; 2,8 (commercial)	3,0; 3,25
Odeur	Aucune donnée	Peu prononcée	Inodore
Solubilité			
Eau	13,3 µg/L (commercial); 2,4 µg/L (composante pentabromodiphényléther); 10,9 µg/L (composante tétrabromodiphényléther)	< 1 ppb à 25 °C (commercial); 1,98 µg/L (composante heptabromodiphényléther)	< 0,1 µg/L
Solvants organiques	10 g/kg méthanol; miscible dans le toluène	Acétone (20 g/L); benzène (200 g/L); méthanol (2 g/L) - tous à 25 °C	Aucune donnée
Coefficients de partage			
Log K _{oe}	6,64-6,97; 6,57 (commercial)	6,29 (commercial)	6,265
Log K _{co}	4,89-5,10	5,92-6,22	6,80
Pression de vapeur	2,2 x 10 ⁻⁷ -5,5 x 10 ⁻⁷ mm Hg à 25 °C; 3,5 x 10 ⁻⁷ mm Hg (commercial)	9,0 x 10 ⁻¹⁰ -1,7 x 10 ⁻⁹ mm Hg à 25 °C; 4,9 x 10 ⁻⁸ mm Hg à 21 °C (commercial)	3,2 x 10 ⁻⁸ mm Hg
Constante de la loi d'Henry (atm·m ³ /mole)	1,2 x 10 ⁻⁵ ; 1,2 x 10 ⁻⁶ ; 3,5 x 10 ⁻⁶	7,5 x 10 ⁻⁸ ; 2,6 x 10 ⁻⁷	1,62 x 10 ⁻⁶ ; 1,93 x 10 ⁻⁸ ; 1,2 x 10 ⁻⁸ ; 4,4 x 10 ⁻⁸
Point d'auto-inflammation	Décomposition au-dessus de 200 °C	Décomposition au-dessus de 330 °C (commercial)	Sans objet
Point d'éclair	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucun
Limites d'inflammabilité	Sans objet (ignifugeant)	Sans objet (ignifugeant)	Ininflammable
Facteurs de conversion	1 ppm = 23,48 mg/m ³ à 20 °C	Aucune donnée	Aucune donnée
Limites d'explosivité	Aucun	Aucun	Aucune donnée

Source : ATSDR (2017)

Tableau 2. Quantités estimées de PBDE dans le bassin des Grands Lacs

PBDE	Plage en tonnes métriques (année)	Utilisations : % des utilisations totales de PBDE	% des PBDE devant se retrouver dans les déchets ou demeurer en utilisation d'ici 2020
PentaBDE	2 000-10 000 (2004)	Mousses pour meubles 60-65 % Mousses pour véhicules 30-35 % EEE 2-3 %	Tous les PBDE continueront d'être en utilisation
OctaBDE	500-2 000 (2004)	EEE 90 % Secteur automobile 10 %	90 % ne seront plus utilisés
DécaBDE	10 000-70 000 (2013)	Secteur automobile 25 % Textiles 25 % Matériaux de construction 25 % EEE 15 %	50 % demeureront en utilisation (par rapport au stock maximal de 2008)
PBDE totaux	15 000-80 000 (2004)		40 % du tonnage maximal demeurera en utilisation (surtout sous forme de décaBDE)

EEE – équipements électroniques et électriques
Source : Abbasi et coll. (2014)

Tableau 3. Ignifugeants bromés mesurés par le RIDA

BDE-7	BDE-139	BDE-206
BDE-10	BDE-140	BDE-207
BDE-15	BDE-153	BDE-208
BDE-17	BDE-154	BDE-209
BDE-28	BDE-156	DBDPE
BDE-30	BDE-169	HBCDD
BDE-47	BDE-180	BTBPE
BDE-49	BDE-183	Syn-DP
BDE-66	BDE-184	Anti-DP
BDE-71	BDE-191	PBBZ
BDE-85	BDE-196	pTBX
BDE-99	BDE-197	EHTBB
BDE-100	BDE-201	BEHTBP
BDE-119	BDE-203	PBEB
BDE-126	BDE-204	HBB
BDE-138	BDE-205	BB-153

HBCDD : hexabromocyclododécane; DBDPE : décabromodiphényléthane; BTBPE : 1,1'-[1,2-éthanediylbis(oxy)]bis(2,4,6-tribromobenzène); DP : Déchlorane Plus; PBBZ : pentabromobenzène; pTBX : tétrabromo-p-xylène; EHTBB : 2-éthylhexyl tétrabromobenzoate; EHTBP : bis(2-éthylhexyl)tétrabromophtalate; PBEB : pentabromoéthyl benzène; HBB : hexabromobenzène; BB : biphényle bromé

Tableau 4. Normes et recommandations des États-Unis pour les PBDE

Agence	Domaine d'intérêt	Concentration	Sources
American Industrial Hygiene Association	Air ambiant en milieu de travail	5 mg/m ³ pour le décaBDE; surveillance atmosphérique continue si la concentration de pentaBDE et d'octaBDE dans la poussière dépasse 5 mg/m ³	US EPA (2014b)
Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)	Exposition par voie orale et par inhalation, niveau de risque minimal	DécaBDE : 0,0002 mg/kg/jour (exposition par voie orale à moyen terme); 0,01 mg/kg/jour (exposition aiguë par voie orale) OctaBDE : 0,006 mg/m ³ (exposition par inhalation à moyen terme) PentaBDE : 0,00006 mg/kg/jour (exposition aiguë par voie orale)	ATSDR (2017)
US Environmental Protection Agency	Dose de référence par voie orale*	PentaBDE : 2 x 10 ⁻³ mg/kg/jour OctaBDE : 3 x 10 ⁻³ mg/kg/jour DécaBDE : 7 x 10 ⁻³ mg/kg/jour	US EPA (2018)

*Une estimation (avec le doute couvrant peut-être un ordre de grandeur) d'une exposition orale quotidienne à la population humaine (comprenant des sous-groupes sensibles) qui est susceptible d'être sans risque appréciable d'effets délétères pendant une durée de vie (US EPA, 2018).

Tableau 5. Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement au Canada pour les PBDE

Homologue*	Congénère	Eau (ng/L)	Tissus des poissons (ng/g en poids humide)	Sédiments (ng/g poids sec)	Régime alimentaire des espèces sauvages† (ng/g en poids humide dans les aliments)	Œufs d'oiseaux (ng/g en poids humide)
TriBDE	Totaux	46	120	44	—	—
TétraBDE	Totaux	24	88	39	44	—
PentaBDE	Totaux	0,2	1	0,4	3 (mammifères) 13 (oiseaux)	29‡
PentaBDE	BDE-99	4	1	0,4	3	—
PentaBDE	BDE-100	0,2	1	0,4	—	—
HexaBDE	Totaux	120	420	440	4	—
HeptaBDE	Totaux	17	—	—	64	—
OctaBDE	Totaux	17 [§]	—	5 600 [§]	63 [§]	—
NonaBDE	Totaux	—	—	—	78	—
DécaBDE	Totaux	—	—	19 ^{§#}	9	—

Source : Environnement Canada (2013).

* Les RFQE **canadiennes** pour le triBDE (tribromodiphényléther), le tétraBDE (tétrabromodiphényléther), l'hexaBDE (hexabromodiphényléther), l'heptaBDE (heptabromodiphényléther), le nonaBDE (nonabromodiphényléther) et le décaBDE (décabromodiphényléther) sont fondées sur des données pour les congénères BDE-28, BDE-47, BDE-153, BDE-183, BDE-206 et BDE-209 respectivement, sauf là où indiqué.

** Valeurs normalisées à 1 % de carbone organique.

† Applicable aux mammifères sauvages, sauf indication contraire.

‡ Valeur basée sur la préparation de pentaBDE commerciale, DE-71, qui contient surtout du pentaBDE et une certaine quantité de tétraBDE.

^{||} Valeurs basées sur le mélange d'octaBDE commercial, DE-79, qui contient surtout de l'heptaBDE et de l'octaBDE (octabromodiphényléther).

[§] Valeurs adaptées du Rapport d'évaluation écologique préalable (Environnement Canada, 2006b). Les recommandations pour les sédiments concernant l'octaBDE et le décaBDE ont été adaptées de ce Rapport, avec correction pour la teneur en carbone organique des sédiments dans les essais réels, puis normalisation à 1 % de carbone organique, au lieu de 4 % comme c'était le cas dans le Rapport d'évaluation écologique préalable.

[#] Valeurs basées sur le mélange de décaBDE commercial, qui est constitué surtout de nonaBDE et de décaBDE.

8 Figures

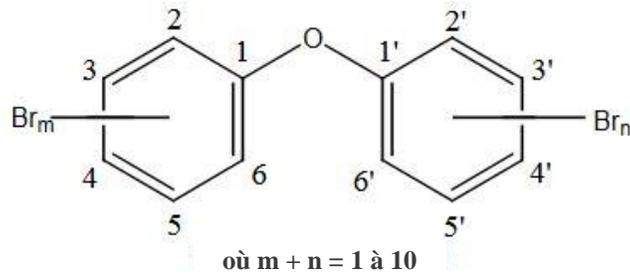


Figure 1. Structure chimique générale des PBDE. Source : ATSDR (2017).

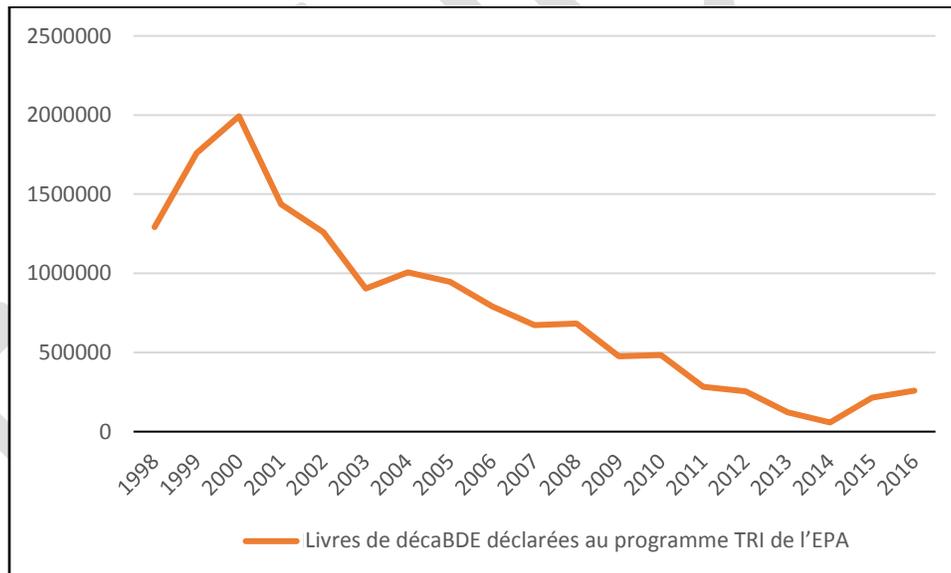


Figure 2. Rejets totaux (toutes les sources) de décaBDE, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).

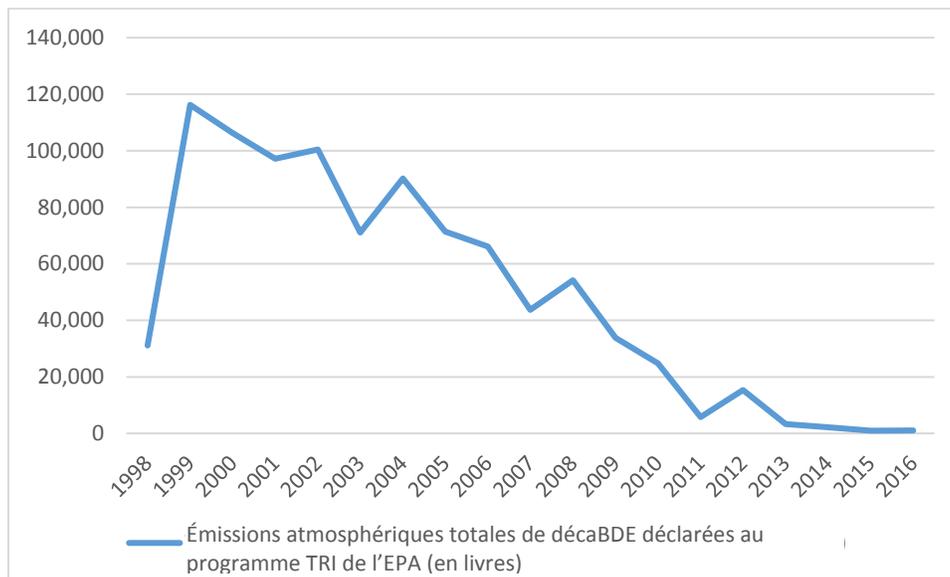


Figure 3. Émissions atmosphériques totales de décaBDE, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).

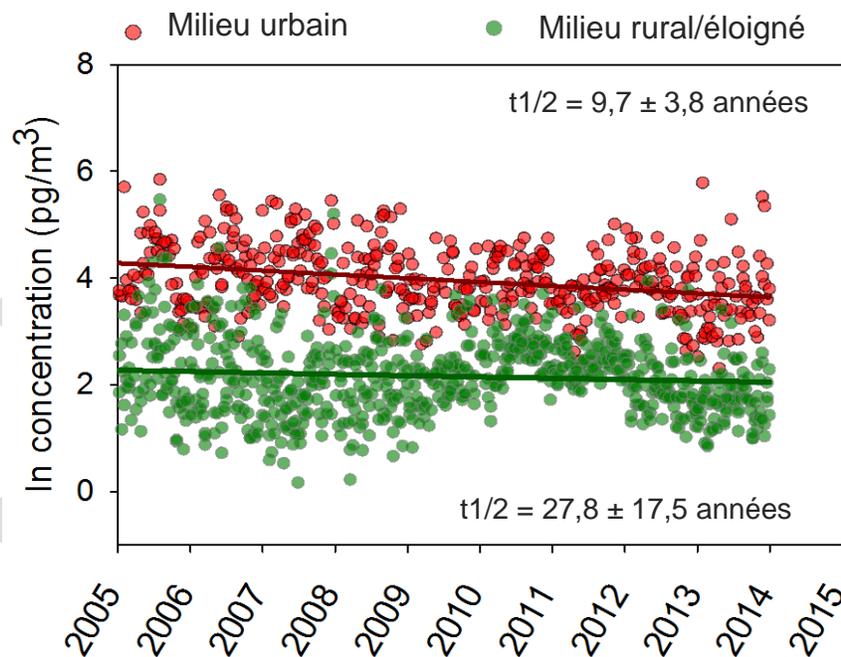


Figure 4. Les tendances de PBDE aux sites RIDA urbains et ruraux/ éloignés. Source: IADN, Indiana University, 2017

Il convient de noter que les concentrations aux sites urbains diminuent de moitié en environ 10 ans, mais que les concentrations en milieu rural et éloigné diminuent lentement (cette régression est importante, mais faible). Cela signifie que la phase d'élimination volontaire des PBDE entre 2004 et 2013 semble donner des résultats, plus rapidement dans les régions de Chicago et Cleveland, mais plus lentement ailleurs.

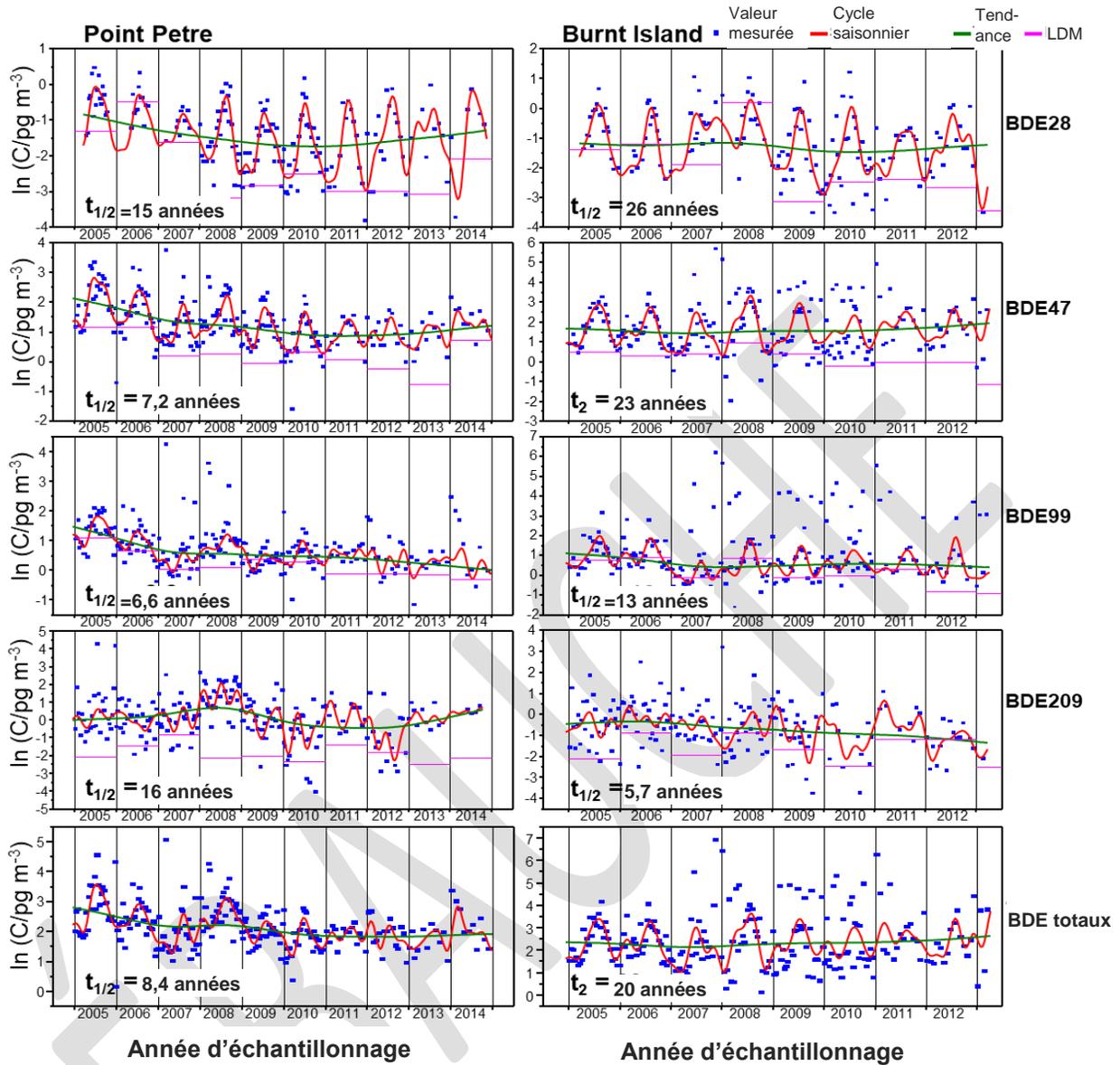


Figure 5. Cycles saisonniers, tendances et valeurs mesurées pour les BDE 28, 47, 99, 209 et les PBDE totaux à Burnt Island et à Point Petre. Source : Shunthirasingham et coll. (2018).

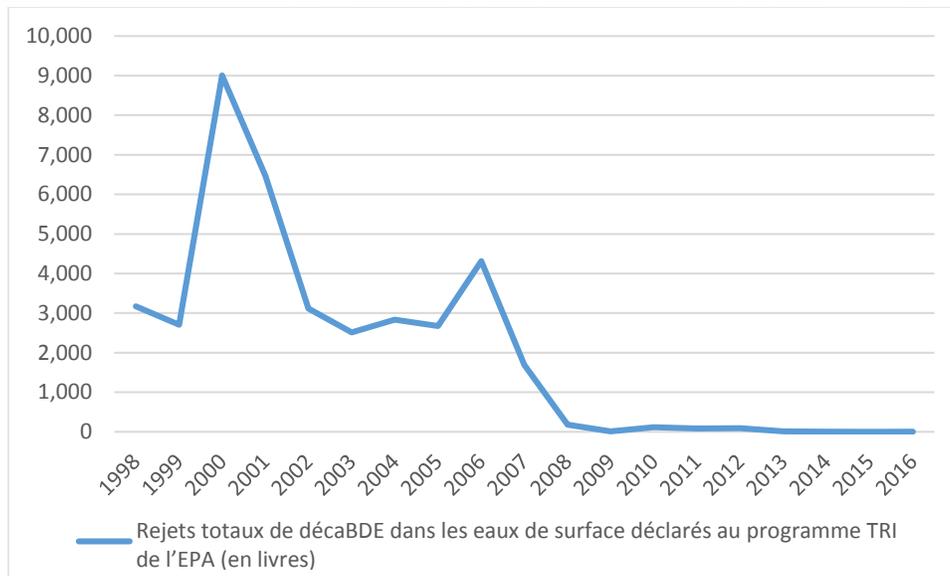


Figure 6. Rejets totaux de décaBDE dans les eaux de surface, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).

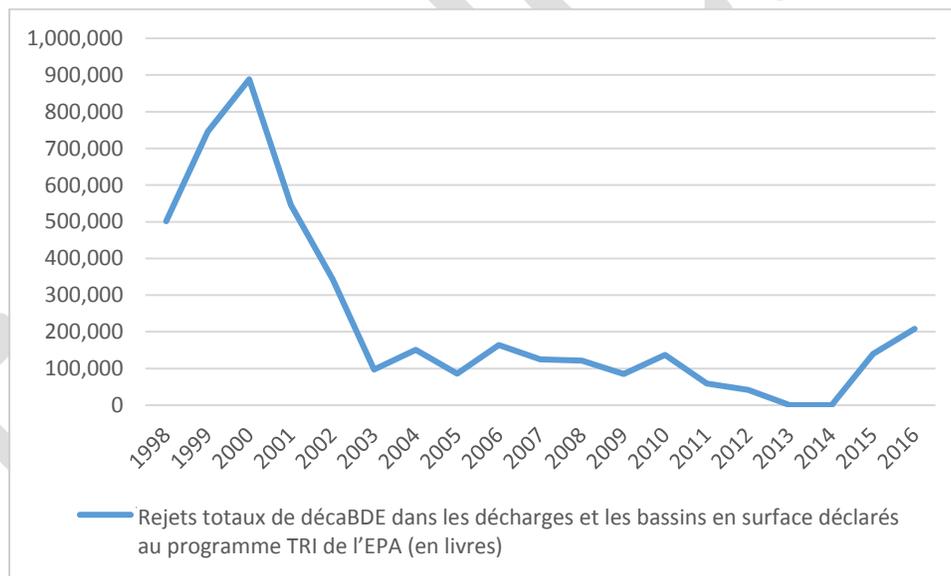


Figure 7. Rejets totaux de décaBDE dans les décharges et les bassins en surface, 1998-2016. Source : US EPA (2017b).

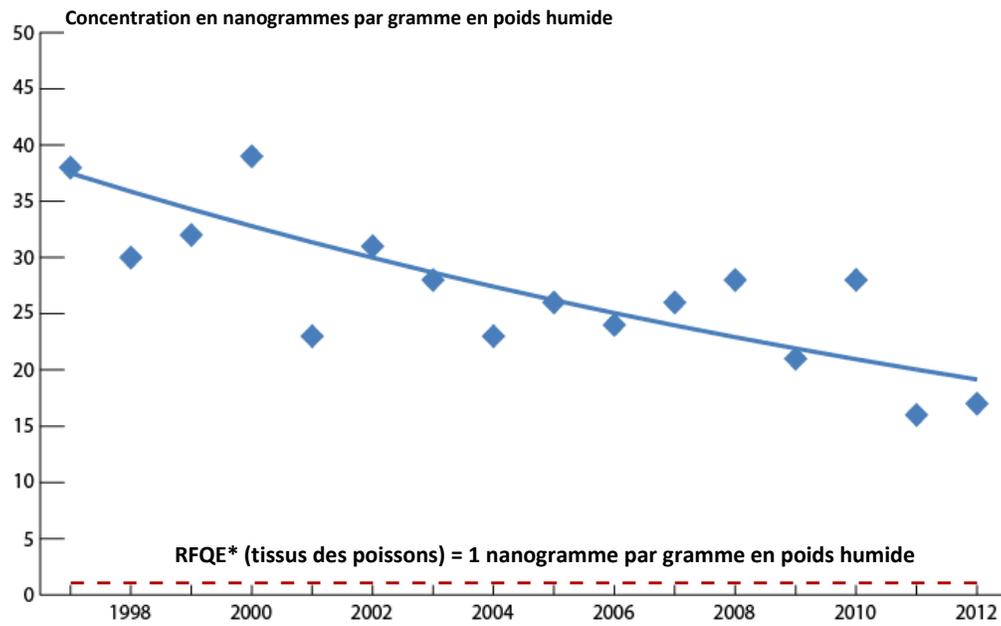


Figure 8. Concentrations de pentabDE dans le touladi, 1997-2012. Source : ECCC (2017).

9 Références

- Abbasi, G., M. Diamond, A. Soehl and M. Murray (2014). Great Lakes PBDE reduction project summary paper No. 1: PBDE product inventory. (Document is not publicly available, but can be obtained upon request.). Great Lakes Commission.
- ATSDR (2017). Toxicological Profile for Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs). (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/TP.asp?id=901&tid=183>). Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Basel Convention (2017). *POP Wastes: Overview*. Available from: <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/Overview/tabid/3908/Default.aspx> (accessed September 2017).
- 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).
- Crimmins, B. S., J. J. Pagano, X. Xia, P. K. Hopke, M. S. Milligan and T. M. Holsen (2012). "Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs): Turning the Corner in Great Lakes Trout 1980–2009." *Environmental Science & Technology* 46(18): 9890-9897.
- Daniel, A., Ramon Guardans, and Tom Harner (2018). "The Contribution of Environmental Monitoring to the Review of the Effectiveness of Environmental Treaties". *Environmental Science & Technology* 2018 52 (1), 1-2 DOI: 10.1021/acs.est.7b06148
- ECCC (2016). Regulations Amending the Prohibition of Certain Toxic Substances Regulations, 2012. *SOR/2016-252 September 23, 2016*. Environment and Climate Canada and Health Canada.
- ECCC (2017). *Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Fish and Sediment*. Environment and Climate Change Canada, Government of Canada. Available from: <http://ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=En&n=0970C75C-1> (accessed May 2017).
- ECCC and US EPA (2011). State of the Great Lakes 2011. (EPA 950-R-13-002). Cat No. En161-3/1-2011E-PDF. State of the Lakes Ecosystem Conferences (SOLEC).
- ECCC and US EPA (2017). State of the Great Lakes 2017 Technical Report. Cat No. En161-3/1E-PDF. EPA 905-R-17-001. Available at: binational.net.
- Environment Canada (2010). Ecological State of the Science Report on Decabromodiphenyl Ether (decaBDE): Bioaccumulation and Transformation. (https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/decabde/ess_report_decabde-eng.pdf). Government of Canada.
- Environment Canada (2011). Polybrominated Diphenyl Ethers in the Canadian Environment. (http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En14-53-2011-eng.pdf). Government of Canada.
- Environment Canada (2013). Canadian Environmental Protection Act, 1999 Federal Environmental Quality Guidelines Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs). (<https://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=05DF7A37-1>). Government of Canada.
- Gandhi N., S.B. Gewurtz, K.G. Drouillard, T. Kolic, K. MacPherson, E.J. Reiner and S.P. Bhavsar (2017). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Great Lakes fish: Levels, patterns, trends and implications for human exposure. *Sci Total Environ.* 2017 Jan 15;576:907-916. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.043. Epub 2016 Nov 16.
- Gauthier, L.T., C.E. Hebert, D.V.C. Weseloh, R.J. Letcher (2008). Dramatic changes in the temporal trends of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in herring gull eggs from the Laurentian Great Lakes: 1982–2006. *Environ. Sci. Technol.* 42, 1524–1530.

- Harner, T., H. Hung, A. Katsoyiannis, K. Larsson, B. Hedlund, D. Muir, R. Guardans, M. MacLeod, S. Broomhall, R. Mendes and T. Johannessen (2015). 2nd Regional Monitoring Report for Western Europe and Others Group (WEOG) Region.
- Hung, H., A. A. Katsoyiannis, E. Brorström-Lundén, K. Olafsdottir, W. Aas, K. Breivik, P. Bohlin-Nizzetto, A. Sigurdsson, H. Hakola, R. Bossi, H. Skov, E. Sverko, E. Barresi, P. Fellin and S. Wilson (2016). "Temporal trends of Persistent Organic Pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)." Environmental Pollution **217**(Supplement C): 52-61.
- IJC (2015a). Backgrounder on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs): Final Report. ([http://www.ijc.org/files/tiny_mce/uploaded/WQB/Appendix-B%20 Background PBDEs.pdf](http://www.ijc.org/files/tiny_mce/uploaded/WQB/Appendix-B%20Background%20PBDEs.pdf)). International Joint Commission.
- IJC (2015b). Polybrominated Diphenyl Ethers in the Great Lakes Basin. ([http://www.ijc.org/files/tiny_mce/uploaded/WQB/Appendix-A_WQB-PBDE Consultants Report.pdf](http://www.ijc.org/files/tiny_mce/uploaded/WQB/Appendix-A_WQB-PBDE_Consultants_Report.pdf)). International Joint Commission - Great Lakes Water Quality Board; Legacy Issues Working Group.
- IJC (2016). Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in the Great Lakes Basin: Reducing Risks to Human Health and the Environment. International Joint Commission. International Joint Commission Canada and United States.
- ITT (2015). Binational Summary Report: Brominated Flame Retardants (PBDEs and HBCD) (<https://binational.net/wp-content/uploads/2015/05/EN-BFRs-BinationalSummaryReport.pdf>).
- La Guardia, M. J., R. C. Hale and E. Harvey (2006). "Detailed Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Congener Composition of the Widely Used Penta-, Octa-, and Deca-PBDE Technical Flame-retardant Mixtures." Environmental Science & Technology **40**(20): 6247-6254.
- Lake Superior Partnership (2016). Lake Superior Lakewide Action and Management Plan 2015-2019. (Cat. No. En164-52/2016E-PDF).
- Liu, L., A. Salamova, M. Venier, R.A. Hites (2016). "Trends in the levels of halogenated flame retardants in the Great Lakes atmosphere over the period 2005-2013." Environment International **92-93** (2016) 442-449.
- Melymuk L., M. Robson, S.A. Csiszar, P.A. Helm, G. Kaltenecker, S. Backus, L. Bradley, B. Gilbert, P. Blanchard, L. Jantunen and M.L. Diamond (2014). From the city to the Lake: loadings of PCBs, PBDEs, PAHs and PCMs from Toronto to Lake Ontario. Environmental Science & Technology. Apr 1;48(7):3732-41. doi: 10.1021/es403209z. Epub 2014 Mar 21.
- Rauert C., J.K. Schuster, A. Eng, T. Harner (2018). "Global Atmospheric Concentrations of Brominated and Chlorinated Flame Retardants and Organophosphate Esters." Environmental Science & Technology Article ASAP DOI: 10.1021/acs.est.7b06239.
- Secretariat of the Stockholm Convention (2016). *Overview*. Available from: <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx> (accessed May 2017).
- Shunthirasingham C., N. Alexandrou, K. A. Brice, H. Dryfhout-Clark, K. Su, C. Shin, R. Park, A. Pajda, R. Noronha and H. Hung (2018). Temporal Trends of Halogenated Flame Retardants in the Atmosphere of the Canadian Great Lakes Basin (2005-2014). Environ. Sci.: Processes Impacts, DOI: 10.1039/c7em00549k.
- Stockholm Convention (2017). *Alternatives: Chemicals Listed in Annex A*. Available from: <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/tabid/5837/Default.aspx> (accessed September 2017).
- Su, G., R. J. Letcher, J. N. Moore, L. L. Williams, P. A. Martin, S. R. de Solla and W. W. Bowerman (2015). "Spatial and temporal comparisons of legacy and emerging flame retardants in herring gull eggs from colonies spanning the Laurentian Great Lakes of Canada and United States." Environmental Research **142**: 720-730.

- US EPA (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.
- US EPA (2009). Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) Action Plan. (https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/pbdes_ap_2009_1230_final.pdf).
- US EPA (2010). An Exposure Assessment of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE) Final. (EPA/600/R-08/086F). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA (2014a). An Alternatives Assessment for the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE). (https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-05/documents/decabde_final.pdf). US Environmental Protection Agency.
- US EPA (2014b). Technical Fact Sheet – Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polybrominated Biphenyls (PBBs). (EPA 505-F-14-006). Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA (2015). Lake Michigan Lakewide Action and Management Plan Annual Report 2015. (<https://binational.net>).
- US EPA (2016a). *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.
- US EPA (2016b). *Great Lakes Environmental Database (GLENDa)*. Available from: <https://www.epa.gov/great-lakes-legacy-act/great-lakes-environmental-database-glenda> (accessed June 2016).
- US EPA (2016c). *Lakewide Action and Management Plans*. Available from: <https://www.epa.gov/greatlakes/lakewide-action-and-management-plans> (accessed August 2016).
- US EPA (2016d). Technical Memorandum: 2010 National Coastal Condition Assessment, Great Lakes. Available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/ncca_great_lakes_2010_tech_memo.pdf
- US EPA (2017a). *Polybrominated diphenylethers (PBDEs) Significant New Use Rules (SNUR)*. U.S. Environmental Protection Agency. Available from: <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/polybrominated-diphenylethers-pbdes-significant-new-use> (accessed May 2017).
- US EPA (2017b). Toxics Release Inventory (TRI). (https://iaspub.epa.gov/triexplorer/tri_release.chemical); Accessed: September 2017). Office of Environmental Information. US Environmental Protection Agency.
- US EPA (2018). Integrated Risk Information System: Reference Dose (RfD) for Oral Exposure (2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Decabromodiphenyl ether (BDE-209), Octabromodiphenyl ether, Pentabromodiphenyl ether). Accessed March 2018: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/simple_list.cfm
- Washington State Department of Health (2017). *PBDEs*. Available from: <http://www.doh.wa.gov/YouandYourFamily/HealthyHome/Contaminants/PBDEs> (accessed May 2017).