



ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA GESTION DES RISQUES ASSOCIÉS AUX POLYBROMODIPHÉNYLÉTHERS (PBDE)

N° de cat. : En14-412/2020F-PDF
ISBN : 978-0-660-35045-5

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
12^e étage, édifice Fontaine
200, boulevard Sacré-Cœur
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-938-3860
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Courriel : ec.enviroinfo.ec@canada.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2020

Also available in English

Résumé

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont un groupe de substances chimiques qui sont répertoriées comme étant toxiques pour l'environnement aux termes de la [Loi canadienne sur la protection de l'environnement](#). Ce groupe, qui comprend sept substances de la famille des PBDE (tétraBDE, pentaBDE, hexaBDE, heptaBDE, octaBDE, nonaBDE et décaBDE), a été évalué par Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada.

Les PBDE n'existent pas à l'état naturel. Au Canada et dans le monde, des mélanges commerciaux de PBDE sont utilisés comme substances ignifuges pour ralentir le démarrage et la propagation des incendies. Ils sont ajoutés à une variété de produits, tels que les matériaux de construction, les plastiques, la mousse de polyuréthane, les textiles, les meubles, les pièces automobiles, et l'équipement électronique et électrique.

Les PBDE pénètrent dans l'environnement par l'air, l'eau et le sol. Cela peut se produire lors de leur fabrication, lorsqu'ils sont ajoutés à des produits, et lorsque ces produits sont utilisés et éliminés après leur utilisation. Une fois rejetés dans l'environnement, ils peuvent rester dans le sol et les sédiments pendant de longues périodes et ils peuvent parcourir de grandes distances dans l'air. Les PBDE sont très toxiques pour les poissons et les autres espèces sauvages. Comme ils s'accumulent dans les tissus des organismes vivants, les animaux qui mangent d'autres animaux ont des taux plus élevés de PBDE dans leur corps. Les PBDE constituent un type de polluants organiques persistants (POP).

Environnement et Changement climatique Canada s'efforce de protéger l'environnement canadien contre les effets nuisibles des PBDE depuis plus de dix ans. Le Canada a mis en place une réglementation pour empêcher la fabrication, l'importation et la vente de PBDE, à l'exception des articles manufacturés¹ (c'est-à-dire les produits finis). Le présent rapport décrit les progrès réalisés pour réduire la concentration de PBDE dans l'environnement canadien. Il décrit les tendances relatives aux concentrations dans l'environnement et examine les mesures prises par Environnement et Changement climatique Canada, ainsi que le rendement global de ces mesures. Le rapport présente les conclusions suivantes :

- 1. Des progrès constants sont réalisés en vue de prévenir l'utilisation et les rejets de PBDE au Canada. Toutefois, il faudra plus de temps pour voir l'impact des modifications récentes et futures apportées au *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012) (RCSTI)*.**
 - Les industries et les entreprises canadiennes se sont conformées aux exigences actuelles liées à la réglementation qui limitent la fabrication, l'importation et la vente des PBDE. Les prochaines modifications du [RCSTI](#) restreindront l'importation, la fabrication, l'utilisation et la vente de produits contenant des PBDE.

¹ Les articles manufacturés s'entendent des « articles manufacturés dotés d'une forme ou de caractéristiques matérielles précises pendant leur fabrication et qui ont, pour leur utilisation finale, une ou plusieurs fonctions en dépendant en tout ou en partie », selon l'article 3 - Définitions, paragraphe f de la définition de "substance" de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999).

- Les résultats de la surveillance dans l'environnement ont montré une diminution des concentrations de PBDE dans l'air, les sédiments et les poissons. Toutefois, par rapport aux Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement² (RFQE) pour ces milieux, les concentrations de pentaBDE et de décaBDE dans l'environnement ont été trouvées supérieures à leurs valeurs RFQE respectives à certains endroits. En outre, l'utilisation continue des PBDE à l'échelle mondiale est préoccupante. Une surveillance continue de l'environnement est donc nécessaire pour déterminer si ces substances continuent de diminuer dans l'environnement.
- 2. Il est nécessaire que le Canada continue de coopérer et d'exercer un leadership pour faire avancer les initiatives internationales sur les PBDE et les initiatives nationales connexes, car les PBDE pénètrent toujours au Canada par le transport à longue distance et l'importation de produits.**
- Les PBDE ont été désignés comme produits chimiques préoccupants dans le cadre de l'[Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs](#), et une [stratégie binationale pour les PBDE](#) a été élaborée. Dans le cadre de cette stratégie, le Canada a défini plusieurs actions pour réduire davantage les PBDE dans les Grands Lacs.
 - En tant que partie, le Canada se conforme à la [Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants](#). Le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE, l'heptaBDE et le décaBDE figurent dans le traité en tant que substances à éliminer.
 - À l'échelle nationale, la surveillance de l'environnement et la recherche dans le cadre de l'[Initiative de protection des baleines](#) visent à connaître et à quantifier les différentes sources de polluants chimiques. Les polluants tels que les PBDE constituent une menace pour les baleines en voie de disparition.
- 3. Après la mise en place du RCSTI modifié, les nouvelles réductions des rejets de PBDE dans l'environnement devraient permettre d'atteindre les objectifs de la stratégie de gestion des risques pour les PBDE.**
- Les modifications envisagées qui seront apportées au RCSTI devraient porter sur les risques liés à l'utilisation et à l'élimination des produits contenant des PBDE, y compris les matériaux recyclés. La mesure du rendement continuera à être un outil utile pour la compilation et l'analyse des données sur l'efficacité de la gestion des risques liés aux PBDE.

Le présent rapport recommande que le gouvernement du Canada continue d'axer ses efforts sur les points suivants :

- la surveillance des rejets et des concentrations de PBDE dans l'environnement;
- la gestion des risques associés aux PBDE (en particulier, les risques liés aux produits contenant des PBDE);

² Les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement sont des recommandations sur les concentrations d'une substance chimique dans différents milieux de l'environnement (p. ex., l'eau, le sol, les sédiments ou les animaux). Lorsque les concentrations dans l'environnement sont inférieures à ces recommandations, on s'attend à ce que la probabilité d'effets nocifs soit faible.

- la communication avec le public sur les risques environnementaux associés aux PBDE dans les produits et les mesures connexes de gestion des risques du Canada;
- la mobilisation à l'échelle nationale concernant l'Initiative sur la protection des baleines, et à l'échelle internationale concernant l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs et la Convention de Stockholm.

RÉSUMÉ	I
1 INTRODUCTION	1
1.1 ÉVALUATIONS PRÉALABLES ET STRATÉGIE DE GESTION DES RISQUES ASSOCIÉS AUX PBDE	1
1.2 MESURE DU RENDEMENT SELON LA SUBSTANCE.....	3
2 REJETS DE PBDE DANS L'ENVIRONNEMENT	3
2.1 ÉMISSIONS ET REJETS INDUSTRIELS DE DÉCABROMODIPHÉNYLÉTHÈRE (DÉCABDE)	3
2.2 REJETS DE PBDE PROVENANT DES PRODUITS ACHÉMINÉS DANS LES DÉCHARGES ET DES EFFLUENTS D'EAUX USÉES AU CANADA ..	5
2.3 CONCLUSION CONCERNANT LES REJETS DE PBDE DANS L'ENVIRONNEMENT	7
3 CONCENTRATIONS DE PBDE DANS L'ENVIRONNEMENT (AIR, EAU, SÉDIMENTS, BIOTE)	7
3.1 AIR.....	8
3.2 EAUX DE SURFACE.....	13
3.3 SÉDIMENTS	14
3.4 ŒUFS DE POISSONS ET D'OISEAUX	15
3.5 CONCLUSION CONCERNANT LES CONCENTRATIONS DE PBDE DANS L'ENVIRONNEMENT	18
4 APPROCHE NATIONALE : ÉTAT D'AVANCEMENT DES MESURES PRISES AU CANADA	19
4.1 MESURES VOLONTAIRES PRISES PAR LES TROIS PRINCIPAUX FOURNISSEURS DU MÉLANGE COMMERCIAL DÉCABDE CONCERNANT SA PRODUCTION ET SON EXPORTATION	19
4.2 MESURES RÉGLEMENTAIRES CONCERNANT LES PBDE	20
4.3 COMMUNICATION AVEC LES CANADIENS	21
4.4 CONCLUSION CONCERNANT L'APPROCHE NATIONALE : ÉTAT D'AVANCEMENT DES MESURES.....	22
5 APPROCHES ADOPTÉES À L'ÉTRANGER	23
5.1 ACCORD RELATIF À LA QUALITÉ DE L'EAU DANS LES GRANDS LACS	23
5.2 CONVENTION SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTALIÈRE À LONGUE DISTANCE ET SON PROTOCOLE SUR LES POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS.....	24
5.3 CONVENTION DE STOCKHOLM SUR LES POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS	24
6 CONCLUSIONS	25
7 PROCHAINES ÉTAPES	26
8 RÉFÉRENCES	28
9 ANNEXE : MÉLANGES COMMERCIAUX DE PBDE AU CANADA ET DANS LE MONDE	32

1 Introduction

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont un groupe de substances chimiques qui sont considérées comme toxiques pour l'environnement aux termes de la [Loi canadienne sur la protection de l'environnement](#). Ce groupe comprend sept substances PBDE : tétraBDE, pentaBDE, hexaBDE, heptaBDE, octaBDE, nonaBDE et décaBDE. Le présent rapport décrit l'efficacité des actions du gouvernement du Canada pour réduire la concentration de PBDE dans l'environnement.

Les PBDE ne sont pas présents à l'état naturel. Au Canada et dans le monde, des mélanges commerciaux de PBDE sont utilisés comme ignifuges pour ralentir le démarrage et la propagation des incendies. Ils sont ajoutés à une variété de produits, tels que les matériaux de construction, les plastiques, la mousse de polyuréthane, les textiles, les meubles, les pièces automobiles, et l'équipement électronique et électrique.

1.1 Évaluations préalables et stratégie de gestion des risques associés aux PBDE

Le gouvernement du Canada a évalué les sept PBDE en 2006 et a conclu qu'ils présentent un risque pour l'environnement. Les PBDE ne présentent pas de risque pour la santé humaine, car l'exposition humaine n'est actuellement pas à un niveau préoccupant. Le tétraBDE, le pentaBDE et l'hexaBDE répondent également aux critères de persistance et de bioaccumulation énoncés dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* de la LCPE, ce qui signifie que même de petites quantités de PBDE rejetées peuvent rester dans l'environnement pendant de nombreuses années, s'accumuler dans les organismes et continuer à avoir des effets nocifs sur l'environnement longtemps après le rejet.

L'heptaBDE, l'octaBDE, le nonaBDE et le décaBDE peuvent se décomposer en tétraBDE, pentaBDE ou hexaBDE dans les tissus animaux ou par décomposition microbienne (biotransformation). Ces PBDE sont plus préoccupants que les autres PBDE, car ils demeurent dans l'environnement pendant de longues périodes et sont alors accessibles aux poissons et aux espèces sauvages.

Lorsqu'ils sont ingérés ou inhalés, les PBDE restent dans les tissus d'un animal et leurs concentrations s'accumulent au fil du temps à mesure que l'animal continue à être exposé à la substance (bioaccumulation). En outre, on a constaté que les concentrations de PBDE augmentent lorsque l'animal remonte le réseau trophique, qui est un système de chaînes alimentaires interdépendantes (bioamplification). Les animaux qui mangent d'autres animaux ont des concentrations plus élevées de PBDE dans leur corps. Dans l'organisme, les PBDE peuvent avoir des effets nocifs sur les fonctions cérébrales, hormonales et hépatiques, et donc sur la croissance et le développement des animaux sauvages.

Les PBDE ont tendance à rester inchangés plus longtemps dans les climats froids que dans les climats chauds. Cela peut signifier que les substances peuvent rester plus longtemps dans le

réseau trophique dans ces climats, et par conséquent, de nombreuses générations futures de poissons et d'animaux sauvages du Canada seront exposées et subiront un retard de croissance et de développement. C'est pourquoi les PBDE constituent un type de polluants organiques persistants (POP).

Un rapport sur l'état des connaissances scientifiques écologiques a été publié en 2010, après que de nouveaux renseignements eurent été reçus sur le décaBDE. Ce rapport a confirmé les risques décrits dans l'évaluation préalable d'origine datant de 2006 et indiquait que le décaBDE, tout comme le tétraBDE, le pentaBDE et l'hexaBDE, subissent une bioaccumulation également dans les tissus des animaux. Par conséquent, le risque que présente le décaBDE pour l'environnement est plus important que ce que l'on croyait auparavant. En 2012, un deuxième rapport sur l'état des connaissances scientifiques a été publié, axé sur la santé humaine. Ce rapport a confirmé la conclusion de l'évaluation de 2006 des risques pour la santé humaine, selon laquelle les PBDE ne sont pas toxiques pour la santé humaine.

Les sept PBDE se trouvent dans des proportions différentes dans trois mélanges commerciaux : PentaBDE, OctaBDE et DécaBDE³ (voir l'annexe, tableau 3). Les produits PentaBDE et OctaBDE ne sont plus offerts dans le monde entier, mais peuvent être présents dans des matériaux plus anciens ou recyclés ou dans des produits (fabriqués avant 2006) qui sont toujours utilisés ou importés au Canada (Environnement Canada, 2010b). Le Canada a progressivement abandonné l'utilisation du DécaBDE en 2013. Les fabricants de produits ont cherché des solutions de remplacement, puisque des mesures similaires ont été prises dans l'Union européenne et aux États-Unis (Commission européenne, 2007 ; USEPA, 2017).

Les PBDE peuvent être rejetés par les produits lorsque ceux-ci dégagent des gaz dans l'air et dans la poussière domestique, et dans les eaux de lavage ou de rinçage lorsque ces produits sont nettoyés. Les PBDE peuvent également être rejetés dans l'environnement lors de leur élimination. La poussière et les produits présents dans les décharges peuvent se décomposer, d'où la présence de PBDE dans les lixiviats des décharges, qui peut se retrouver dans le sol et l'eau. Les eaux de lavage et les lixiviats de décharge envoyés aux installations de traitement des eaux usées peuvent entraîner la présence de PBDE dans les rivières et les lacs. Tous les PBDE peuvent être transportés par voie aérienne et être déposés loin de l'endroit où ils ont été rejetés pour la première fois. C'est pourquoi les PBDE sont une préoccupation à la fois locale et mondiale.

En 2010, Environnement et Changement climatique Canada a publié une [Stratégie révisée de gestion des risques pour les polybromodiphényléthers \(PBDE\)](#) (la stratégie) (Environnement Canada, 2010b). La stratégie décrit les mesures à prendre pour atténuer les risques permanents associés aux PBDE. L'objectif environnemental – une déclaration décrivant ce qui devrait être réalisé pour réduire les risques associés aux PBDE – était de protéger l'environnement canadien des sept PBDE en diminuant les concentrations dans l'environnement au minimum, dans la

³ Aux fins du présent document, on distingue les mélanges commerciaux de PBDE des congénères qu'ils renferment grâce à l'utilisation de la majuscule (par exemple, PentaBDE [mélange commercial] par rapport à pentaBDE [substance]).

mesure du possible. L'objectif de gestion des risques était d'empêcher la fabrication ou l'importation de PBDE au Canada et de réduire au minimum les rejets de PBDE dans l'environnement canadien.

1.2 *Mesure du rendement selon la substance*

En 2009, le Commissaire à l'environnement et au développement durable a publié un [examen de l'action fédérale sur les substances toxiques](#). Cet examen soulignait que le gouvernement du Canada « ne dispose ... pas d'une méthode systématique pour évaluer périodiquement les progrès réalisés en gestion des risques associés à ces substances ». Les PBDE étaient l'un des groupes de substances mentionnés dans le rapport en ce qui concerne la mesure du rendement.

En réponse à cet examen, Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada se sont engagés à évaluer le rendement de la gestion des risques des substances déclarées toxiques aux termes de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, et ont créé une stratégie pour ce faire. Ce type d'évaluation évalue les progrès réalisés dans la réduction des risques posés par une substance chimique, et comprend les résultats de la surveillance de l'exposition environnementale ou humaine à la substance.

Le présent rapport évalue le rendement global des mesures prises pour gérer les risques liés aux sept PBDE, et fait le point sur les progrès réalisés à ce jour en vue d'atteindre l'objectif environnemental visant à protéger l'environnement du Canada contre les effets nocifs des PBDE.

2 Rejets de PBDE dans l'environnement

Les PBDE sont rejetés dans l'environnement de différentes façons. Les rejets peuvent se produire lors de la fabrication de PBDE et de produits contenant des PBDE (Environnement Canada, 2006). Une fois ces produits sur le marché, les rejets de PBDE continuent à se produire pendant le cycle de vie des produits et après leur élimination.

2.1 *Émissions et rejets industriels de décabromodiphényléther (décaBDE)*

Au Canada, les PBDE étaient rejetés principalement au cours du cycle de vie des produits. Cependant, le décaBDE a également été rejeté dans l'environnement lors de la fabrication de produits contenant des PBDE. Depuis 1994, les industries canadiennes déclarent les rejets industriels de décaBDE dans l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) du Canada.

Après l'élimination progressive des mélanges commerciaux de pentaBDE et d'octaBDE en 2004, les industries ont commencé à utiliser plus fréquemment le mélange commercial DécaBDE en remplacement. L'utilisation accrue du mélange commercial DécaBDE explique probablement le pic atteint en 2006 (figure 1).

Avant 2006, environ 80 à 90 % du décaBDE utilisé au Canada était destiné à la fabrication d'équipements électriques et électroniques et environ 10 à 20 % étaient utilisés dans les textiles (Cheminfo, 2008).

La diminution des rejets de décaBDE entre 2006 et 2013 découle probablement des nouvelles preuves sur les risques posés par le décaBDE dans le rapport sur l'état des connaissances scientifiques, et des négociations entre les fabricants du mélange commercial DecaBDE et les gouvernements du Canada et des États-Unis en vue de son élimination progressive pour 2013. En prévision de cette élimination progressive du mélange commercial DecaBDE, il est probable que les fabricants avaient déjà commencé à ralentir la production, la vente et l'exportation de ce mélange avant 2010, soit l'année où les producteurs ont annoncé une réduction progressive volontaire de la production, de la vente et de l'exportation du mélange commercial DecaBDE. Comme le montre la figure 1, tous les rejets industriels avaient cessé en 2013.

La grande majorité des rejets de décaBDE provenait d'installations d'élimination et de recyclage hors site, probablement parce que les déchets générés par la fabrication de produits à partir de matériaux contenaient déjà du décaBDE.

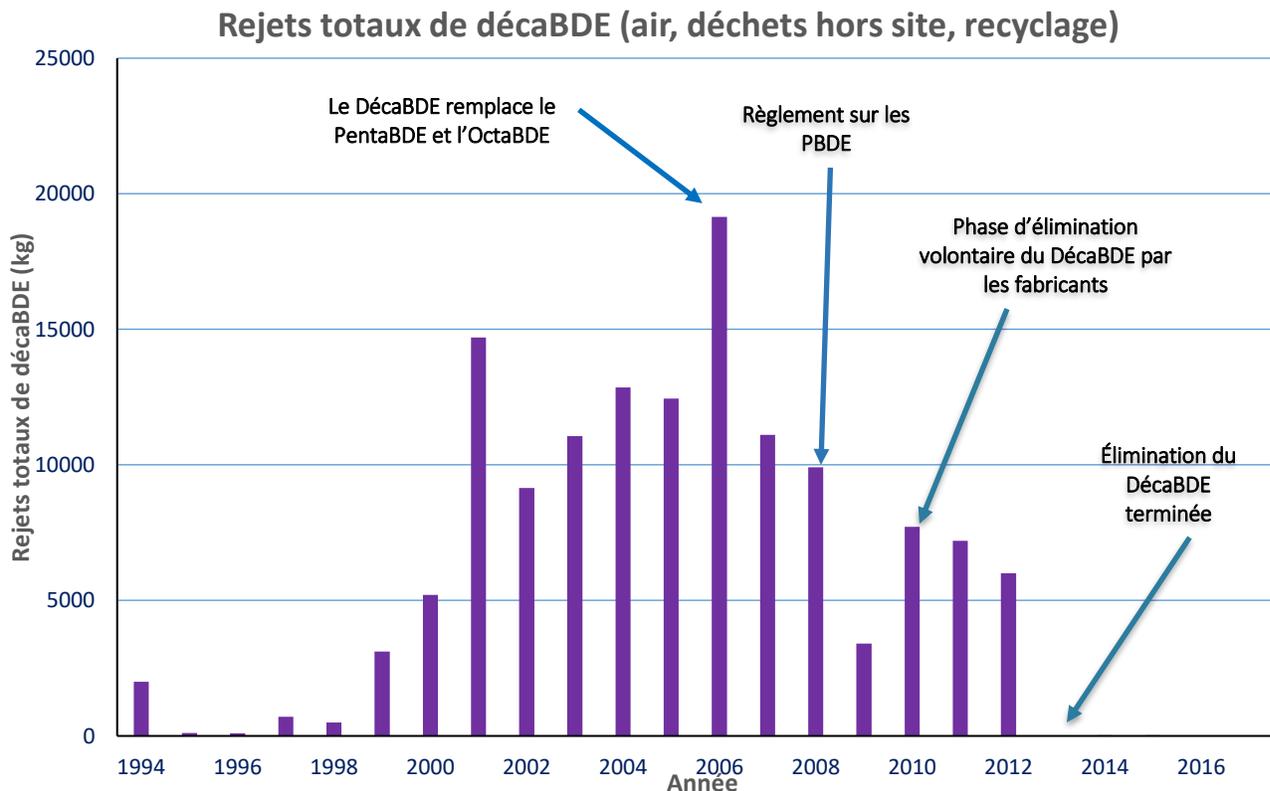


Figure 1. Rejets totaux de décaBDE dans l'environnement. Les rejets comprennent les rejets dans l'air, et ceux provenant de l'élimination des déchets hors site et du recyclage hors site. (Inventaire national des rejets de polluants)

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

La figure 1 représente les rejets totaux de décaBDE déclarés à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) dans l'environnement, provenant de l'air, de l'élimination des déchets hors site et du recyclage hors site. Depuis 1995, les rejets de décaBDE ont augmenté de manière significative et ont atteint un pic en 2006 avec 19 150 kilogrammes, alors que le mélange commercial DécaBDE a remplacé les mélanges commerciaux PentaBDE et OctaBDE. Entre 2006 et 2013, les rejets de décaBDE ont connu une forte baisse. Le *Règlement sur les PBDE* a été introduit en 2008 et les fabricants du mélange commercial DécaBDE ont volontairement arrêté sa production entre 2010 et 2013. À partir de 2013, peu de rejets de décaBDE, voire aucun, ont été déclarés à l'INRP.

2.2 *Rejets de PBDE provenant des produits acheminés dans les décharges et des effluents d'eaux usées au Canada*

De nombreuses substances chimiques pénètrent dans l'environnement lorsqu'elles sont rejetées par les déchets solides et sont présentes dans les effluents d'eaux usées. L'élimination des produits contenant des PBDE à la fin de leur vie peut entraîner un rejet de PBDE dans le sol, soit par les lixiviats (eau qui s'accumule dans les décharges et qui contient des produits chimiques), soit par l'utilisation des biosolides (résidus solides restant après le traitement des eaux usées) comme engrais sur les terres agricoles. Le traitement des eaux usées contenant des PBDE ne peut pas éliminer tous les PBDE. Par conséquent, les effluents d'eaux usées traitées et les lixiviats de décharge peuvent également être une source des PBDE présents dans les eaux de surface⁴. En outre, certaines stations de traitement des eaux usées recueillent les lixiviats des décharges pour les traiter et les rejettent dans les eaux de surface après traitement. Pour ces raisons, la présente section examine conjointement le flux des déchets et celui des eaux usées.

Si l'incinération des déchets solides est une source possible d'émissions de PBDE dans l'air, elle représente moins de 5 % de l'élimination des déchets solides au Canada. Elle ne constitue donc pas une source importante de rejets de PBDE dans l'environnement (ToxEcology Environmental Consulting, 2003).

Environnement et Changement climatique Canada a mené une étude entre 2008 et 2011 pour mesurer les concentrations de PBDE et d'autres produits chimiques présents dans les lixiviats de décharge. On a examiné des échantillons de lixiviats traités et non traités provenant de 12 décharges pour déterminer si le traitement entraînait une réduction des concentrations de PBDE. Les décharges examinées dans cette étude reçoivent surtout des déchets municipaux, quelques déchets industriels, des résidus recyclés et compostés, et des biosolides. On a évalué si les concentrations de PBDE avaient augmenté ou diminué dans les lixiviats au cours des trois années qu'a duré l'étude.

⁴ Les eaux de surface désignent l'eau des rivières et des cours d'eau, par opposition à l'eau des aquifères/eaux souterraines.

On a constaté que les valeurs médianes des concentrations de PBDE dans les lixiviats des décharges traitées étaient presque dix fois inférieures à celles des concentrations dans les lixiviats non traités. En moyenne, le traitement sur place a permis d'éliminer 66 % des PBDE totaux présents dans les lixiviats. Ce taux d'élimination est resté le même au cours des années d'échantillonnage 2008 à 2011. Dans l'ensemble, l'étude a montré que les concentrations de PBDE étaient faibles dans le lixiviat et qu'elles pouvaient être réduites davantage par le traitement.

En examinant les tendances sur les trois années, les concentrations de PBDE semblent être restées les mêmes sur huit sites sur douze. Les concentrations de PBDE dans les échantillons de lixiviats non traités avaient augmenté entre 2008 et 2011 à deux sites de décharge. Pour ce qui est des deux autres sites, il n'y avait pas suffisamment de données pour évaluer s'il y avait eu augmentation ou diminution des concentrations globales de PBDE.

En 2018, Environnement et Changement climatique Canada a procédé à l'échantillonnage des lixiviats dans quatre grandes décharges municipales du sud de l'Ontario. Les échantillons ont été analysés pour détecter les ignifuges contenant des atomes de brome ou de chlore, ce qui inclut tous les PBDE. L'étude visait à mieux connaître les concentrations et les espèces de PBDE présentes dans les lixiviats d'une décharge type avant qu'ils ne soient envoyés dans les stations municipales de traitement des eaux usées.

Les sept PBDE ont été détectés dans les échantillons. Les trois PBDE présents en plus grande concentration dans les lixiviats étaient le tétraBDE, le pentaBDE et l'hexaBDE. C'est le pentaBDE qui présentait la plus forte concentration dans ces échantillons de lixiviats. Comme l'étude n'a porté que sur un an de lixiviation dans ces quatre décharges, il serait utile de procéder à un suivi tous les trois à cinq ans pour déterminer toute tendance à long terme.

En ce qui concerne les eaux usées, Environnement Canada a échantillonné, de 2009 à 2010, 19 systèmes de traitement des eaux usées, qui représentent les processus de traitement des eaux usées typiques au Canada. L'objectif de l'étude était de déterminer quel type de traitement des eaux usées (c'est-à-dire primaire, secondaire, par lagunage, etc.) était le plus efficace pour éliminer les PBDE. L'échantillonnage a porté sur des systèmes municipaux, de même que sur des systèmes situés sur les terres fédérales et autochtones.

Les résultats ont indiqué que la valeur médiane des concentrations de PBDE totaux dans les eaux usées non traitées dans tous les systèmes de traitement des eaux usées était 14 fois plus élevée que celle des concentrations dans les eaux usées traitées, peu importe le type de traitement.

Les systèmes de traitement des eaux usées en deux phases qui éliminent les matières organiques dissoutes et les particules fines de matière organique présentes dans les eaux usées affichent les taux d'élimination les plus élevés (87 % à 98 %). Les systèmes de traitement des eaux usées à une phase qui utilisent des produits chimiques ou l'aération pour traiter les eaux usées ont des taux d'élimination des PBDE plus faibles et varient fortement d'un système à

l'autre (61 % à 90 % et 66 % à 98 %, respectivement). Les PBDE individuels les plus fréquents dans les eaux usées en pourcentage de la concentration de tous les PBDE étaient le tétraBDE (26 %), le pentaBDE (27 %), le nonaBDE (9 %) et le décaBDE (28 %).

Les concentrations de PBDE ont également été mesurées dans les solides des eaux usées, notamment les boues primaires, les boues biologiques résiduelles et les biosolides traités. En général, les concentrations de solides sont environ mille fois plus élevées que les concentrations dans les eaux usées, ce qui montre que les PBDE ont tendance à rester dans les solides pendant le traitement des eaux usées. Les PBDE individuels les plus fréquents dans les eaux usées en pourcentage de la concentration de tous les PBDE étaient le tétraBDE (17 %), le pentaBDE (19 %), le nonaBDE (9 %) et le décaBDE (48 %).

2.3 Conclusion concernant les rejets de PBDE dans l'environnement

La tendance à la baisse des rejets industriels de décaBDE entre 2006 et 2018 indique bien que les industries canadiennes ont fait des efforts pour cesser d'importer, de vendre et d'utiliser le mélange commercial DecaBDE.

Malgré leur caractère préliminaire, les études sur les lixiviats de décharge et les eaux usées ont permis de mieux connaître les concentrations de PBDE généralement mesurées dans les lixiviats de décharge et les eaux usées non traitées (c.-à-d. les rejets par les produits). Les études ont également confirmé que les systèmes de traitement à deux phases des eaux usées pour éliminer les matières organiques des effluents (c'est-à-dire le traitement biologique secondaire) constituent l'option de traitement existante la plus efficace pour éliminer les PBDE avant leur rejet dans les eaux de surface.

3 Concentrations de PBDE dans l'environnement (air, eau, sédiments, biote)

Afin de déterminer si les mesures de gestion des risques étaient efficaces pour atteindre les objectifs de la stratégie, Environnement et Changement climatique Canada a effectué une surveillance environnementale de la présence des PBDE dans l'air, l'eau, les sédiments et chez certaines espèces sauvages (biote). Il a fallu recueillir plusieurs années de données avant d'observer des changements significatifs des concentrations de PBDE dans l'environnement. Dans cette section, nous comparons les concentrations de PBDE mesurées dans l'eau, les sédiments et le biote aux Recommandations fédérales de qualité environnementale (RFQE) pour les PBDE, qui ont été élaborées en 2013 (tableau 1). Lorsque les concentrations dans l'environnement sont inférieures à ces Recommandations, on s'attend à ce que le risque d'effets nocifs soit faible.

Il n'y a pas de RFQE pour l'air, car la qualité de l'air est gérée dans le cadre du [Système de gestion de qualité de l'air](#) du Canada, selon les Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant. La surveillance des concentrations atmosphériques de PBDE est utile pour déceler les réductions, modéliser les concentrations et comparer les concentrations entre les pays ou les régions.

Tableau 1. Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement formulées pour les polybromodiphényléthers (PBDE) (2013)

Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement pour les PBDE						
Homologue	Congénère	Eau (ng/L)	Tissu de poisson (ng/g en poids humide)	Sédiments (ng/g en poids sec)	Aliments des animaux sauvages (ng/g en poids humide d'aliments)	Œufs d'oiseaux (ng/g en poids humide)
triBDE	total	46	120	44	–	–
tétraBDE	total	24	88	39	44	–
pentaBDE	total	0,2	1	0,4	3 (mammif.) 13 (oiseaux)	29
pentaBDE	BDE-99	4	1	0,4	3	–
pentaBDE	BDE-100	0,2	1	0,4	–	–
hexaBDE	total	120	420	440	4	–
heptaBDE	total	17	–	–	64	–
octaBDE	total	17	–	5600	63	–
nonaBDE	total	–	–	–	78	–
décaBDE	total	–	–	19	9	–

Pour de plus amples renseignements sur la manière dont les RFQE ont été élaborées pour chaque PBDE en fonction du milieu naturel, veuillez consulter les [RFQE pour les PBDE](#).

Bien que tous les PBDE aient été surveillés dans les milieux naturels, seuls les résultats pour le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE et le décaBDE seront examinés dans ce rapport. Ces PBDE sont les plus répandus dans les mélanges commerciaux PentaBDE, OctaBDE et DecaBDE, et donc dans les produits finis contenant des PBDE. De plus, en raison des propriétés chimiques du tétraBDE, du pentaBDE et de l'hexaBDE, ces trois substances sont demeurées dans l'environnement plusieurs années après l'élimination progressive des mélanges commerciaux au Canada. La RFQE pour le pentaBDE est plus stricte pour les milieux dans lesquels s'alimentent les poissons et les animaux sauvages, car le pentaBDE a un taux de bioaccumulation et de bioamplification plus élevé. De plus, à l'époque, les RFQE pour le pentaBDE et les œufs d'oiseaux ont été fixées d'après les meilleures données de toxicité existantes, mais ces données n'étaient pas disponibles pour les autres PBDE.

3.1 Air

Plusieurs endroits au Canada ont été surveillés pendant plusieurs années pour déterminer les concentrations de PBDE dans l'air. Le présent rapport se concentre sur les résultats obtenus à trois endroits : Point Petre (Ontario), l'île Burnt (Ontario) et Alert (Nunavut).

Point Petre est situé au bord du lac Ontario (près de Kingston), et est un lieu proche des zones urbaines et industrielles, comme Toronto. L'air a fait l'objet d'une surveillance à cet endroit de

2005 à 2014. Au cours de cette période, les concentrations annuelles de tétraBDE et de pentaBDE ont diminué relativement rapidement (figure 2a). Mis à part une concentration atmosphérique légèrement plus élevée en 2008, les concentrations de décaBDE ont lentement diminué à Point Petre par rapport aux concentrations de tétraBDE et de pentaBDE. Cette diminution plus lente pourrait être due au fait que l'élimination du mélange commercial DecaBDE a eu lieu plus tard (2013) que celle des mélanges PentaBDE et OctaBDE (2004) (Shunthirasingham et coll. 2018). La tendance concernant le décaBDE à Point Petre à partir de 2010 a varié d'une année à l'autre (Figure 2b) et pourrait être le résultat de produits en usage ou en circulation dans des zones urbaines telles que Toronto, qui contiennent le mélange commercial DecaBDE.

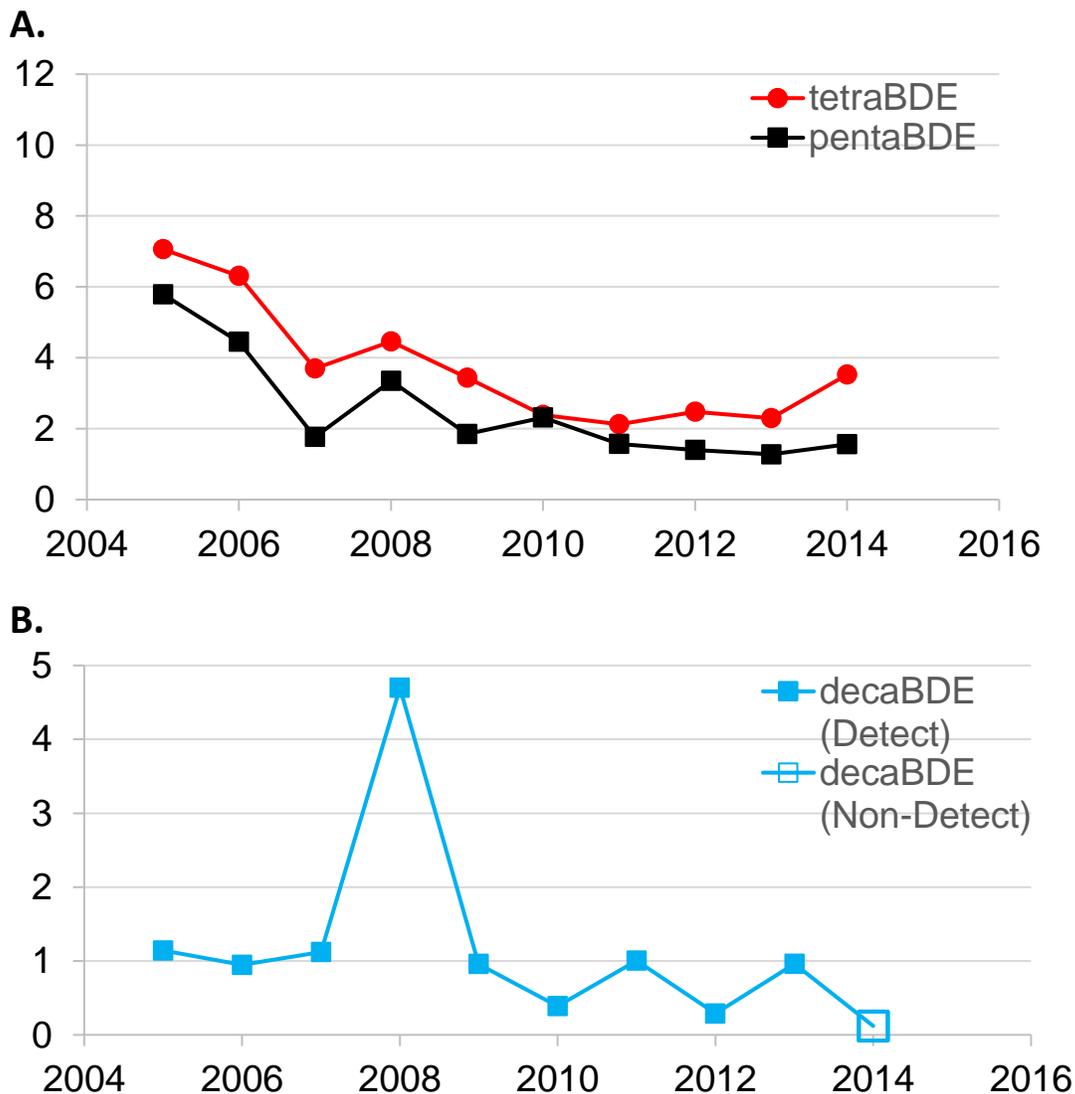


Figure 2 (a et b), Tendances des concentrations atmosphériques médianes de tétraBDE et de pentaBDE (a) et de décaBDE (b) à Point Petre, Ontario, de 2005 à 2014. Les concentrations sont en pg/m^3 .

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

La figure 2a montre les tendances des concentrations atmosphériques médianes de tétraBDE et de pentaBDE entre 2005 et 2014, à Point Petre (Ontario). Le graphique montre une tendance constante à la baisse pour le tétraBDE et le pentaBDE. La courbe du tétraBDE a fléchi de sept picogrammes par mètre cube en 2005 à deux picogrammes par mètre cube en 2011. Les concentrations atmosphériques de tétraBDE ont légèrement augmenté pour atteindre 3,8 picogrammes par mètre cube entre 2011 et 2014. Les concentrations atmosphériques de pentaBDE ont diminué de manière constante, passant de six picogrammes par mètre cube en 2005 à 1,8 picogramme par mètre cube en 2014.

La figure 2b montre la tendance des concentrations atmosphériques médianes de décaBDE de 2005 à 2014 pour les échantillons d'air également prélevés à Point Petre. Les concentrations ont diminué, passant de 1,2 picogramme par mètre cube en 2005 à une concentration non détectable en 2014, bien qu'il y ait eu un pic anormal en 2008, la concentration ayant alors atteint 4,8 picogrammes par mètre cube.

L'île Burnt, en Ontario, est située sur les rives du lac Huron et représente un lieu plus éloigné. Les activités industrielles et minières à Sudbury et à Sault Ste. Marie pourraient avoir eu un effet sur les concentrations de PDBE à cet endroit. Les résultats de la surveillance indiquaient que les concentrations de tétraBDE variaient quelque peu, mais qu'il n'y avait pas de diminution globale. La concentration de pentaBDE a diminué plus lentement au fil du temps à l'île Burnt qu'à Point Petre (figure 3a), ce qui indique qu'il y a eu un décalage entre la cessation de l'utilisation du mélange commercial PentaBDE et la diminution des concentrations atmosphériques à l'île Burnt.

Les concentrations de décaBDE ont diminué relativement rapidement à l'île Burnt, car le décaBDE est un produit chimique plus lourd qui a tendance à se fixer aux particules de poussière de l'air et à se déposer plus rapidement (figure 3b). Par conséquent, les concentrations atmosphériques de décaBDE observées proviennent probablement de sources locales à l'île Burnt.

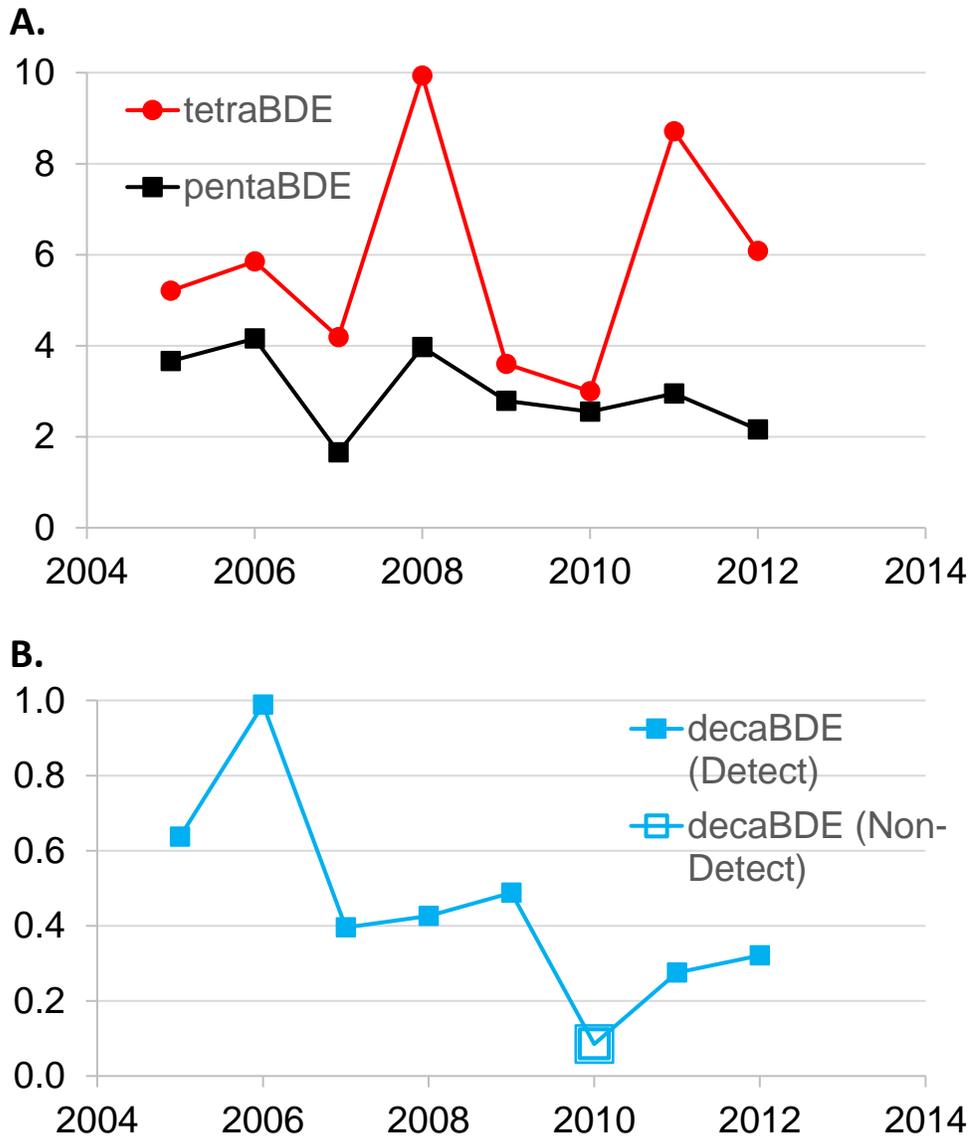


Figure 3 (a et b), Tendances des concentrations atmosphériques médianes de tétraBDE et de pentaBDE (a) et de décaBDE (b) à l'île Burnt, Ontario, de 2005 à 2012. Les concentrations sont en pg/m³.

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

La figure 3a montre la tendance des concentrations atmosphériques médianes de tétraBDE et de pentaBDE de 2005 à 2012 pour les échantillons d'air prélevés à l'île Burnt (Ontario). Le graphique montre qu'il n'y avait pas de tendance générale dans les concentrations de tétraBDE, les concentrations variant d'année en année entre 3 picogrammes par mètre cube et 10 picogrammes par mètre cube. Les concentrations de pentaBDE ont lentement diminué de 4,1 picogrammes par mètre cube en 2006 à 2,1 picogrammes par mètre cube en 2012.

La figure 3b montre que les concentrations atmosphériques médianes de décaBDE à l'île Burnt (Ontario) étaient de 1 picogramme par mètre cube ou moins et ont continué à diminuer de 2006 à 2012.

Le site d'Alert, au Nunavut, a été choisi pour représenter un lieu éloigné et nordique et pour observer les profils de transport à grande distance des PBDE. Les échantillons ont été prélevés entre 2002 et 2015. Les concentrations de la plupart des PBDE sont restées inchangées dans l'air entre 2002 et 2010, à l'exception de deux pics en 2006 et 2010, qui pourraient être dus aux PBDE présents dans des produits utilisés dans une base militaire proche. Toutefois, les données pour les années 2011 à 2015 montrent que les concentrations de la plupart des PBDE ont diminué avec le temps (Hung et coll., 2016; figures 4a et b). Une autre raison pour laquelle les concentrations sont demeurées les mêmes au cours des premières années pourrait être attribuable à une utilisation historique plus importante des PBDE en Amérique du Nord, ce qui a entraîné le transport à grande distance et le dépôt de PBDE dans l'Arctique à partir d'autres régions d'Amérique du Nord (Hung et coll., 2016).

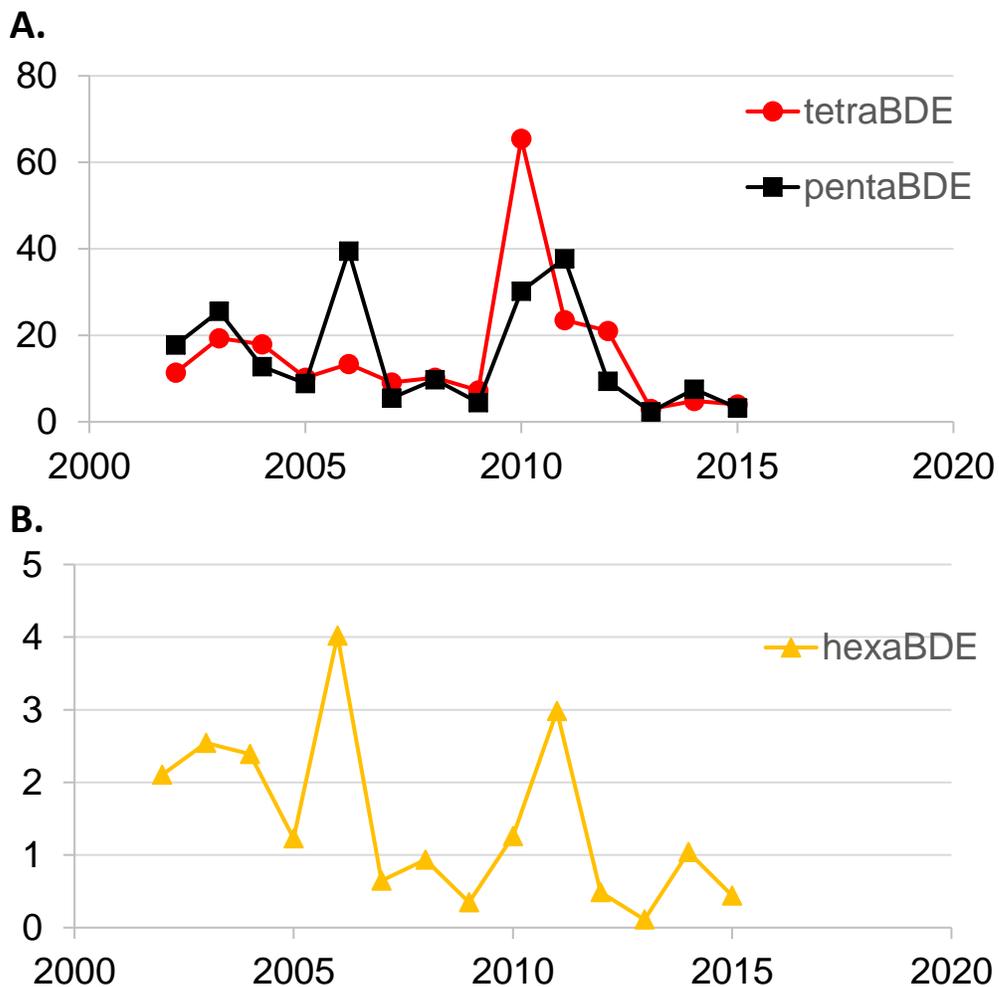


Figure 4 (a et b), Tendances des concentrations atmosphériques maximales de tétraBDE et de pentaBDE (a) et d'hexaBDE (b) à Alert, Nunavut, de 2002 à 2015. Les concentrations sont en pg/m^3 .

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

La figure 4a montre les concentrations atmosphériques maximales de tétraBDE et de pentaBDE à Alert (Nunavut). Le graphique montre une tendance générale à la baisse entre 2002 et 2015, avec des pics anormaux pour le tétraBDE en 2011, alors que les concentrations atmosphériques ont atteint 67 picogrammes par mètre cube. Les pics anormaux ont été constatés pour les concentrations de pentaBDE en 2006 et 2011, les concentrations ayant alors atteint 40 picogrammes par mètre cube pour les deux années.

La figure 4b montre les concentrations maximales d'hexaBDE dans l'air à Alert, où l'on a observé une tendance générale à la baisse, passant de 4 picogrammes par mètre cube en 2002 à 0,4 picogramme par mètre cube en 2015.

Les études de surveillance de l'air du [Réseau mondial d'échantillonnage atmosphérique passif](#) (EAP) ont montré que les concentrations atmosphériques mondiales de PBDE n'ont pas beaucoup diminué entre 2005 et 2014. Comme les PBDE se déplacent sur de grandes distances dans l'air, on peut supposer qu'il n'y a pas eu de diminution significative des PBDE dans l'air au Canada (Rauert et coll. 2018).

3.2 Eaux de surface

Environnement et Changement climatique Canada prélève des échantillons d'eau de surface⁵ pour détecter les PBDE en Colombie-Britannique et en Ontario depuis les années 1990. Des échantillons d'eau ont été recueillis en 2011 et 2012 dans les lacs Érié, Huron, Ontario et Supérieur en Ontario. Des échantillons d'eau plus récents datent de 2012 et de 2013, proviennent de Beaver Creek (île de Vancouver), et ont été prélevés dans le bassin du fleuve Fraser et dans le bassin du fleuve Columbia en Colombie-Britannique.

Le tétraBDE, le pentaBDE et le décaBDE étaient les principaux PBDE trouvés dans les eaux de surface dans tous les endroits surveillés pendant ces deux périodes d'échantillonnage. Cela était prévisible, car ces substances constituent les plus fortes proportions de PBDE trouvées dans chacun des trois mélanges commerciaux de PBDE utilisés au Canada (voir le tableau 3 de l'annexe pour les différents pourcentages).

Les résultats indiquent que les concentrations de PBDE à proximité des stations de traitement des eaux usées et en aval des grandes zones urbaines pourraient être dues aux rejets de PBDE provenant des produits. De même, les rejets de décaBDE provenant d'endroits moins peuplés, tels que les sites étudiés dans les bassins du fleuve Columbia et Fraser à l'intérieur de la Colombie-Britannique, pourraient également être attribuables aux rejets de décaBDE contenus dans des produits.

⁵ Les eaux de surface désignent l'eau des rivières et des cours d'eau, par opposition à l'eau des aquifères/eaux souterraines.

Cependant, les concentrations de PBDE dans l'eau étaient bien en dessous de leurs RFQE respectives pour les eaux de surface, et ce, pour tous les échantillons d'eau de surface.

3.3 Sédiments

Les PBDE sont plus facilement détectés dans les sédiments que dans l'eau, car ils ne se dissolvent pas facilement dans l'eau et ont tendance à être attirés par les particules solides (sédiments ou matière organique). Par conséquent, la bioaccumulation par les organismes qui consomment des sédiments est plus préoccupante que la bioaccumulation par une exposition par l'eau.

La surveillance des sédiments a été effectuée dans dix bassins⁶ fluviaux et lacustres du Canada entre 2007 et 2018. Les concentrations de six PBDE ont été analysées (triBDE – pour comparaison, tétraBDE, pentaBDE, hexaBDE, octaBDE et décaBDE). Dans les sédiments, les concentrations de triBDE, d'hexaBDE et d'octaBDE étaient inférieures aux concentrations des RFQE à tous les endroits.

Cependant, dans le cas du tétraBDE, du pentaBDE et du décaBDE, certains échantillons étaient au-dessus de leur RFQE respective dans les sédiments. Pour le tétraBDE, un des dix sites présentait des concentrations supérieures à sa RFQE. Pour le pentaBDE, huit des dix sites présentaient des concentrations supérieures à sa RFQE. Pour le décaBDE, trois des dix sites présentaient des concentrations supérieures à sa RFQE.

Bien que les PBDE dans les sédiments n'aient pas été l'objet d'un échantillonnage suffisamment longtemps dans de nombreux endroits pour dégager des tendances, le lac Saint-Pierre, au Québec, est un bon exemple des variations de concentrations du pentaBDE dans les sédiments au fil du temps (de 2003 à 2013). Les concentrations moyennes de pentaBDE dans les échantillons de sédiments ont diminué sur dix ans, montrant des améliorations dans de nombreux secteurs du lac Saint-Pierre, jusqu'à baisser sous sa RFQE (figure 5).

⁶ Les bassins échantillonnés comprennent la côte du Pacifique (Colombie-Britannique), les lacs Okanagan-Similkameen (intérieur de la Colombie-Britannique), le fleuve Columbia (intérieur de la Colombie-Britannique), le fleuve Yukon, la rivière Assiniboine-Rouge (Manitoba), la rivière Lower Saskatchewan-Nelson (Manitoba), le bassin des Grands Lacs (Ontario), le bassin du fleuve Saint-Laurent (Québec), la côte maritime (provinces de l'Atlantique, sauf Terre-Neuve-et-Labrador), et Terre-Neuve-et-Labrador.

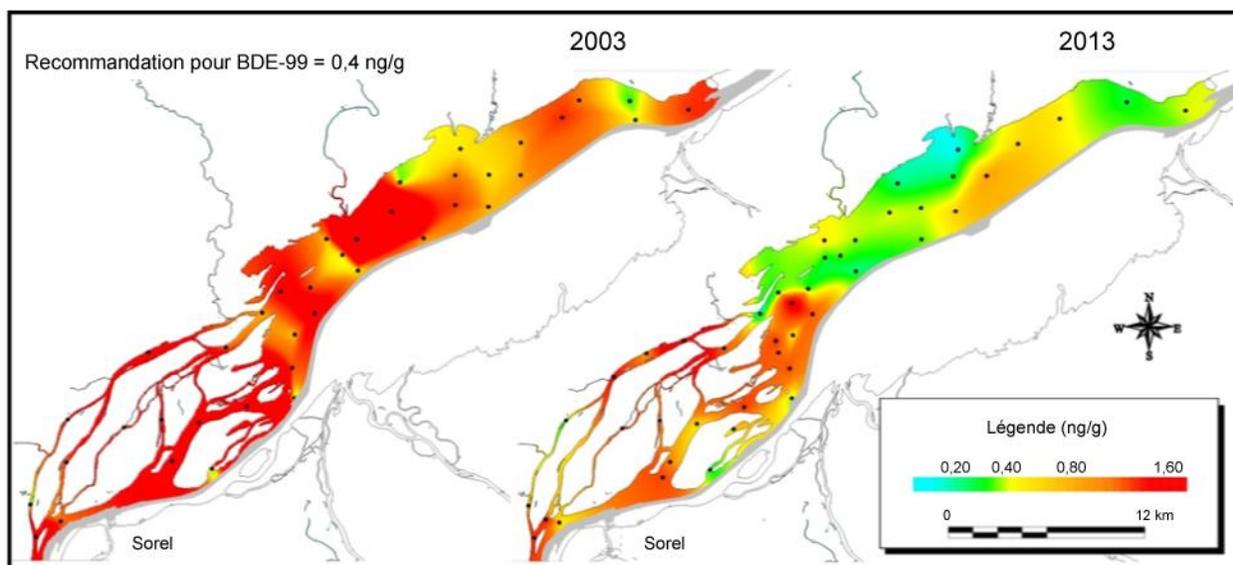


Figure 5. Concentrations de pentaBDE dans les sédiments du lac Saint-Pierre, Québec, Canada, 2003 et 2013 (ICDE 2020). La RFQE pour le pentaBDE est de 0,4 ng/g (poids sec) et est indiquée en jaune sur la carte. Les concentrations indiquées en orange sont environ deux fois supérieures à la RFQE et celles en rouge sont supérieures de quatre fois ou plus à la RFQE. Les concentrations indiquées en vert sont deux fois moins élevées que la RFQE et celles en bleu sont inférieures à la moitié de ce niveau. Les points représentent les sites d'échantillonnage.

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

La carte de la figure 5 montre les concentrations de pentaBDE pour le lac Saint-Pierre, dans le fleuve Saint-Laurent, entre 2003 et 2013. Pour 2003, la zone est presque entièrement orange et rouge, ce qui correspondait à des concentrations supérieures à 0,8 nanogramme par gramme. En 2013, la zone en aval est principalement en bleu et vert, ce qui correspondait à des concentrations inférieures à 0,5 nanogramme par gramme. La zone en amont est essentiellement en jaune et rouge, ce qui correspondait à des concentrations supérieures à 0,8 nanogramme par gramme dans les chenaux des îles Berthier-Sorel.

3.4 Œufs de poissons et d'oiseaux

Les PBDE subissent une bioaccumulation dans les tissus des animaux et une bioamplification tout au long de la chaîne alimentaire. Il est donc essentiel d'analyser des échantillons de tissus et d'œufs pour détecter les PBDE afin de connaître l'étendue et la durée de leur présence dans les animaux sauvages, même après que les rejets dans l'environnement ont cessé. Dans le cadre du présent rapport, les concentrations de PBDE dans les tissus de poissons et les œufs d'oiseaux dans certains lieux seront examinées pour illustrer les tendances générales.

Tissus des poissons

Environnement et Changement climatique Canada a échantillonné et analysé des tissus de poissons pour déterminer les concentrations de quatre PBDE (triBDE, tétraBDE, pentaBDE,

hexaBDE) de 2016 à 2018⁷ au Canada. Les poissons étudiés étaient plusieurs espèces de truites et de dorés, qui trônent au sommet de leur chaîne alimentaire.

Les résultats de la surveillance montrent que les concentrations de triBDE, de tétraBDE et d’hexaBDE étaient inférieures à leur RFQE respective dans toutes les régions examinées. Plus précisément, dans le lac Ontario, l’échantillonnage permis de constater la tendance à la baisse des concentrations de tétraBDE et de pentaBDE chez le touladi de 1997 à 2018 (figures 6 et 7). Comme prévu, les concentrations de pentaBDE sont restées supérieures à la RFQE dans les dix sites, car il persiste plus longtemps dans les tissus animaux que les autres PBDE.

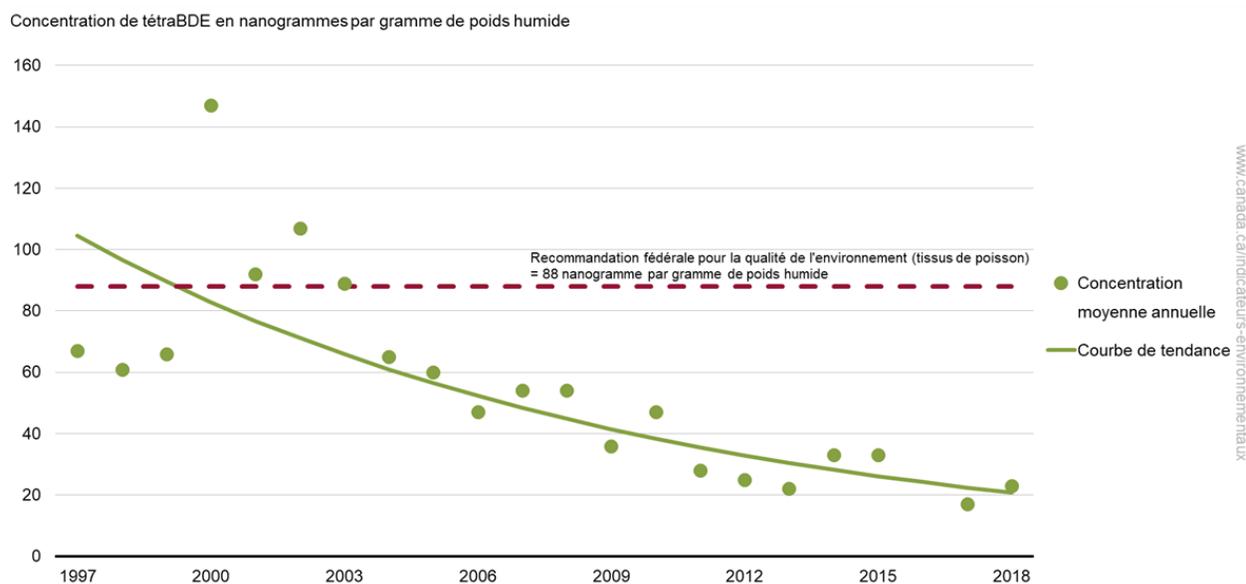


Figure 6. Concentrations de tétraBDE dans le touladi du lac Ontario, Canada, 1997 à 2018 (CESI, 2020)

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

Ce graphique illustre la variation des concentrations de tétraBDE chez le touladi du lac Ontario. Chaque point du graphique représente la concentration de tétraBDE exprimée sous forme d’une moyenne géométrique annuelle. Une tendance statistique à la baisse a été détectée dans cette série chronologique avec un niveau de confiance de 95 %. Cette tendance est comparée à la Recommandation fédérale pour la qualité de l’eau (RFQE) pour le tétraBDE dans les tissus de poissons, qui a été établie et publiée en 2013 par Environnement et Changement climatique Canada. Les RFQE ont été fixées pour évaluer l’importance écologique des concentrations de PBDE dans l’environnement.

⁷ Les bassins ayant subi un échantillonnage comprennent la côte du Pacifique (Colombie-Britannique), les lacs Okanagan-Similkameen (intérieur de la Colombie-Britannique), le fleuve Columbia (intérieur de la Colombie-Britannique), le fleuve Yukon, la rivière Assiniboine-Rouge (Manitoba), la rivière Lower Saskatchewan-Nelson (Manitoba), le bassin des Grands Lacs (Ontario), le bassin du fleuve Saint-Laurent (Québec), la côte maritime (provinces de l’Atlantique, sauf Terre-Neuve-et-Labrador), et Terre-Neuve-et-Labrador.

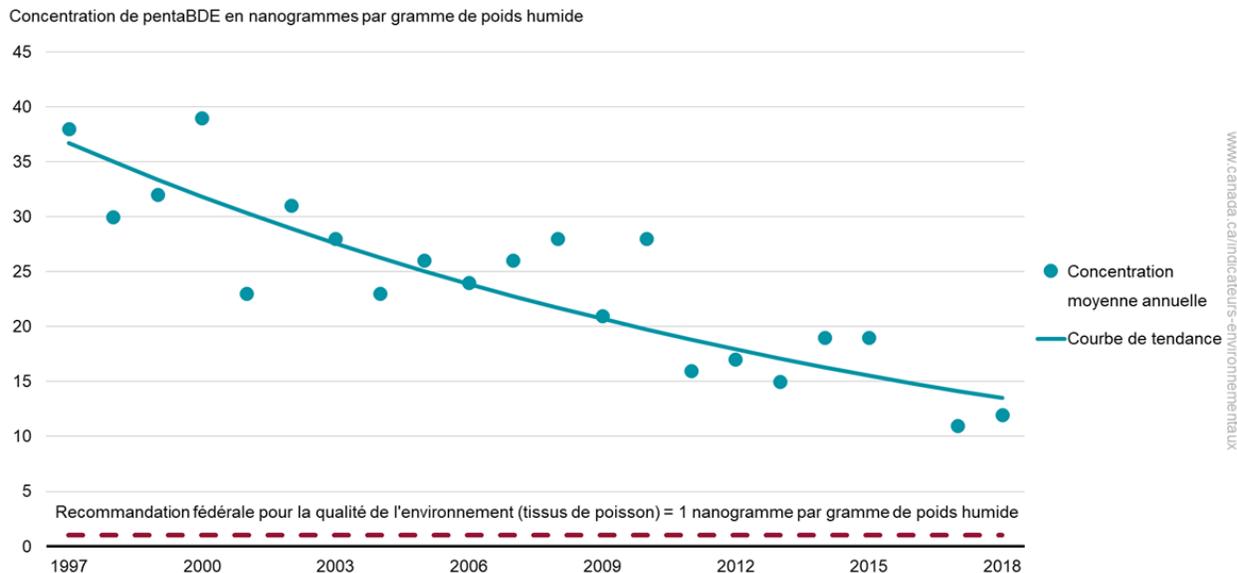


Figure 7. Concentrations de pentaBDE dans le touladi du lac Ontario, Canada, 1997 à 2018 (CESI, 2020)

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

Ce graphique illustre les concentrations de pentaBDE chez le touladi du lac Ontario. Chaque point du graphique représente la concentration de pentaBDE exprimée sous forme d'une moyenne géométrique annuelle. Une tendance statistique à la baisse a été détectée dans cette série chronologique avec un niveau de confiance de 95 %. Cette tendance est comparée à la Recommandation fédérale pour la qualité de l'eau (RFQE) pour le pentaBDE dans les tissus de poissons, qui a été établie et publiée en 2013 par Environnement et Changement climatique Canada. Les RFQE ont été fixées pour évaluer l'importance écologique des concentrations de PBDE dans l'environnement.

Œufs d'oiseaux

Les concentrations de PDBE ont été étudiées dans les œufs d'oiseaux. L'échantillonnage visait deux types d'oiseaux présents partout au Canada : les mouettes (mangeurs de poissons) et les étourneaux sansonnets (mangeurs d'insectes/animaux terrestres). Les œufs de goélands argentés, de goélands de Californie et de goélands à ailes grises sont regroupés pour représenter collectivement les « œufs de goélands ». L'étude a comparé les différences de concentration de PDBE dans les œufs d'oiseaux entre les zones urbaines et rurales, ainsi qu'entre les sites industriels, les décharges et les sites agricoles.

Les concentrations de PDBE dans les œufs de goélands étaient généralement plus élevées près des centres urbains que dans les zones rurales.

Les œufs d'étourneaux sansonnets ont été prélevés dans cinq zones urbaines près de sites industriels et de décharges. Ces sites urbains ont été comparés à cinq zones agricoles voisines. Dans chaque centre urbain, les concentrations de PBDE étaient plus élevées dans les œufs près

des sites de décharge que dans les sites industriels ou les zones agricoles. Les œufs provenant de sites industriels présentaient des concentrations de PDBE plus élevées que ceux de la zone agricole voisine. Des résultats similaires ont été trouvés dans les œufs d'étourneaux prélevés dans ces sites en 2009, 2010 et 2011 (Chen et coll. 2013). Les résultats montrent que les animaux sauvages vivant ou se nourrissant dans des zones proches de décharges pourraient être plus affectés par l'exposition aux PBDE que ceux vivant ou se nourrissant à proximité des zones industrielles.

Les principaux PBDE trouvés dans les œufs d'oiseaux étaient le tétraBDE, le pentaBDE et l'hexaBDE. Ce résultat était attendu, car ces PBDE sont grandement bioaccumulables et des résultats similaires ont été trouvés dans des tissus de poissons (Environnement Canada 2006; Gandhi et coll. 2006). Des concentrations plus élevées de décaBDE ont également été observées, mais elles étaient inférieures aux concentrations de tétraBDE, de pentaBDE et d'hexaBDE.

Les concentrations de pentaBDE dépassaient les valeurs de la RFQE dans les œufs de goélands dans la plupart des lieux au Canada, et dans les œufs d'étourneaux prélevés près des décharges et des sites industriels urbains.

Les tendances ressortant des résultats de la surveillance indiquent que même s'il y a une variabilité considérable d'une année à l'autre, il y a eu des périodes de diminution des PBDE dans les œufs d'oiseaux au fil du temps, en particulier pour le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE et l'heptaBDE. Les concentrations de décaBDE dans les œufs d'oiseaux ont considérablement varié depuis 2005, de sorte qu'aucune tendance claire n'a pu être dégagée.

Pour les animaux dont l'alimentation comprend des œufs, les concentrations de tétraBDE, de pentaBDE, d'hexaBDE et de décaBDE étaient supérieures à la RFQE respective chez les animaux qui mangent des œufs de goélands dans la plupart des endroits. Les concentrations de pentaBDE étaient supérieures à la RFQE chez les animaux qui mangeaient des œufs d'étourneaux dans la plupart des endroits. Les concentrations de tétraBDE, d'hexaBDE et de décaBDE n'étaient supérieures à la RFQE que chez les animaux mangeant des œufs d'étourneaux dans certaines décharges et certains sites industriels. Les concentrations d'heptaBDE étaient inférieures à la RFQE chez les animaux qui consomment à la fois des œufs de goélands et d'étourneaux.

3.5 Conclusion concernant les concentrations de PBDE dans l'environnement

Dans l'ensemble, les données de surveillance de l'environnement indiquent une tendance à la baisse des concentrations de tétraBDE, de pentaBDE, d'hexaBDE et de décaBDE dans l'air, les eaux de surface, les sédiments, les poissons et les oiseaux au Canada (tableau 2). Malgré la baisse des concentrations, les concentrations de tétraBDE, de pentaBDE et de décaBDE restent supérieures à la RFQE pour les sédiments, les œufs d'oiseaux et les animaux qui consomment des œufs d'oiseaux dans la plupart des endroits. Les concentrations de pentaBDE dans les poissons sont également restées supérieures à la RFQE dans tous les endroits.

Tableau 2. Comparaison sommaire des tendances relatives aux concentrations de PBDE surveillés et de la mesure dans laquelle les concentrations ont dépassé la RFQE respective dans les milieux naturels.

Comparaison des concentrations mesurées de PBDE dans les divers milieux naturels par rapport à la RFQE respective		
<i>Milieu environnemental</i>	<i>Tendances des concentrations</i>	<i>Concentration supérieure ou inférieure à la RFQE</i>
Air	À la baisse	Aucune RFQE disponible
Eaux de surface	À la baisse	Inférieures
Sédiments	À la baisse	Supérieures
Poissons	À la baisse	Inférieures à la plupart des RFQE, sauf pour le pentaBDE
Oufs d'oiseaux et animaux qui consomment les œufs d'oiseaux	À la baisse pour la plupart; variables pour le décaBDE	Supérieures pour le pentaBDE dans le cas des œufs d'oiseaux; pour la plupart supérieures pour les animaux qui consomment des œufs d'oiseaux

4 Approche nationale : état d'avancement des mesures prises au Canada

La *Stratégie de gestion des risques pour les polybromodiphényléthers (PBDE)* a été publiée en 2009 et a été révisée en 2010, en raison de nouvelles preuves montrant que le décaBDE présentait un risque plus élevé pour l'environnement qu'on ne le pensait à l'origine.

Nous présentons ci-dessous un résumé des mesures nationales et nous indiquons si ces mesures répondent à l'objectif de gestion des risques de la Stratégie visant à prévenir la fabrication, l'importation, l'utilisation et la vente de PBDE au Canada.

4.1 Mesures volontaires prises par les trois principaux fournisseurs du mélange commercial DécaBDE concernant sa production et son exportation

Le gouvernement du Canada a travaillé avec les trois principaux producteurs du mélange commercial DécaBDE aux États-Unis pour élaborer un accord de rendement visant à éliminer progressivement l'exportation et la vente du mélange commercial DécaBDE au Canada d'ici l'année 2013.

De façon concomitante, les États-Unis ont négocié un accord d'élimination progressive similaire pour la production, la vente et l'utilisation du mélange commercial DécaBDE. Par conséquent, en 2010, ces producteurs s'étaient volontairement engagés à éliminer progressivement la fabrication du mélange commercial DécaBDE aux États-Unis, retirant ainsi les exportations et les ventes de ce mélange dans divers secteurs (électrique, électronique, transport, militaire, ameublement, textiles et construction) pour l'année 2013.

Les trois producteurs ont confirmé qu'ils avaient atteint cet objectif à la mi-2012, de sorte qu'aucun accord formel sur le rendement dans l'environnement n'était requis.

4.2 Mesures réglementaires concernant les PBDE

Des mesures réglementaires sont en place depuis juillet 2008 et des modifications sont envisagées afin d'interdire ou restreindre davantage la fabrication, l'importation, l'utilisation et la vente de PBDE au Canada.

Règlement sur les polybromodiphényléthers (2008)

Le *Règlement sur les polybromodiphényléthers (2008*, ci-après le *Règlement sur les PBDE*) a été mis en place pour interdire la fabrication et restreindre l'utilisation, la vente ou l'importation des substances contenant des PBDE, à l'exception du décaBDE. Cela signifie que la fabrication et l'utilisation industrielle des mélanges commerciaux PentaBDE et OctaBDE ont été interdites une fois que ce règlement est entré en vigueur. Cependant, les articles manufacturés (c.-à-d. les produits finis) étaient exemptés de ce règlement.

À la lumière de l'analyse des renseignements techniques et socioéconomiques recueillis en 2009, il a été confirmé que tous les fabricants s'étaient conformés au *Règlement sur les PBDE* et que toutes les industries canadiennes qui utilisaient auparavant les mélanges commerciaux PentaBDE et OctaBDE ne le faisaient plus.

Étant donné que l'utilisation des PBDE (en particulier le décaBDE) restait largement répandue dans le monde et que les produits finis étaient exemptés de ce règlement, Environnement et Changement climatique Canada demeurerait préoccupé, car l'interdiction des mélanges commerciaux PentaBDE et OctaBDE n'était pas suffisamment efficace pour réduire les concentrations de PBDE dans l'environnement. Les produits contenant ces substances ont été utilisés pendant de nombreuses années et sont soit éliminés, soit recyclés en matériaux pour fabriquer de nouveaux produits au Canada. L'utilisation, l'élimination ou le recyclage de ces produits entraînerait donc des rejets continus de PBDE dans l'environnement.

Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)

Comme les interdictions actuelles prescrites par le *Règlement sur les PBDE* devraient être étendues à la fabrication, à l'utilisation, à la vente et à l'importation du mélange commercial DécaBDE, des modifications au *Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)* (RCSTI) ont été publiées en 2016. Le RCSTI vise à interdire la fabrication, l'utilisation, la vente ou l'importation des sept PBDE, avec un nombre limité d'exemptions, p. ex., l'autorisation d'importer des produits finis contenant des PBDE au Canada. Par conséquent, le *Règlement sur les PBDE* a été abrogé.

L'objectif de l'instrument était d'empêcher la fabrication et l'importation de PBDE au Canada, et de réduire au minimum leurs rejets dans l'environnement à partir de toutes les sources canadiennes (Environnement Canada, 2010b).

L'objectif a été atteint, car les industries canadiennes avaient déjà confirmé qu'elles n'utilisaient plus aucun des trois mélanges commerciaux de PBDE dans leurs produits.

Contrôle des PBDE basés sur les produits et gestion des déchets et des matériaux contenant des PBDE

Bien que le RCSTI traite de l'utilisation industrielle des PBDE, il n'en demeure pas moins que l'importation, l'utilisation, l'élimination ou l'utilisation en fin de vie des produits finis importés continuent d'être une source de préoccupation, notamment le recyclage et la réutilisation de matériaux pouvant contenir des concentrations élevées de PBDE.

Deux documents de consultation ont été préparés afin de proposer des mesures réglementaires pour les produits contenant des PBDE.

Il s'agit du document [Document de consultation sur la mesure de gestion des risques proposée pour les produits contenant des PBDE](#), publié en septembre 2013, ainsi que le [Document de consultation sur les modifications proposées au Règlement sur certaines substances toxiques interdites \(2012\) contenant le SPFO, l'APFO, les APFC à LC, l'HBCD, les PBDE, le DP et le DBDPE](#), publié en 2018.

À l'heure actuelle, d'autres modifications du RCSTI sont proposées afin de restreindre davantage la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation de certaines substances toxiques, y compris les PBDE. Ces modifications supprimeraient les exemptions pour l'importation, la fabrication, l'utilisation ou la vente de PBDE (sauf le décaBDE) dans les produits finis. Les exemptions limitées dans le temps pour le décaBDE pour le secteur automobile s'aligneraient sur les exemptions prévues par la *Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants* (section 5.3).

La publication des projets de modification du règlement est prévue pour l'automne 2020 et les modifications finales devraient être publiées en 2021. Les industries et les entreprises réglementées devront se conformer au règlement une fois que les modifications réglementaires entreront en vigueur.

En outre, une initiative de soutien est en cours, qui vise à [protéger et soutenir le rétablissement de l'épaulard résident du sud, de la baleine noire de l'Atlantique Nord et des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent](#). L'épaulard résident du sud et les bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent sont particulièrement vulnérables aux polluants organiques persistants, tels que les PBDE. C'est pourquoi Environnement et Changement climatique Canada mène des activités de surveillance et de recherche environnementales afin de savoir et de quantifier dans quelle mesure ces diverses sources de polluants terrestres ont des impacts sur ces animaux.

4.3 Communication avec les Canadiens

Le gouvernement du Canada communique avec les Canadiens au sujet des PBDE présents dans l'environnement canadien dans le [portail des substances chimiques](#) et le [portail du registre de](#)

la [LCPE](#). Ces sites fournissent des renseignements sur les préoccupations environnementales liées aux PBDE, sur les produits contenant ces substances et sur les mesures réglementaires que le gouvernement a prises et prévoit prendre.

En août 2019, le gouvernement du Canada a publié un [Résumé des évaluations et de la gestion des substances ignifuges réalisées en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement \(1999\)](#) sur le portail des substances chimiques à l'intention des industries et des entreprises qui utilisent des substances ignifuges, des consommateurs et du grand public. Ce résumé vise à fournir des renseignements afin d'aider les industries et les entreprises à prendre des décisions sur l'utilisation des différentes substances ignifuges. C'est également un endroit central où trouver les évaluations des risques, les conclusions et les mises en garde concernant les substances ignifuges qui n'ont pas été jugées préoccupantes en raison des niveaux d'exposition actuels.

4.4 Conclusion concernant l'approche nationale : état d'avancement des mesures

L'approche réglementaire concernant les PBDE comprend l'élimination progressive et l'interdiction de la fabrication de tous les PBDE, la restriction de l'importation, de la vente et de l'utilisation de toutes les substances contenant des PBDE, ainsi que la restriction des produits contenant des PBDE (figure 8). Une fois que les prochaines modifications du RCSTI seront en vigueur, il faudra plusieurs années pour évaluer si toutes les mesures réglementaires et volontaires auront été efficaces et auront permis de réduire au minimum les rejets de tous les PBDE dans l'environnement. En effet, il faudra du temps pour éliminer progressivement les produits encore utilisés, y compris les matériaux recyclés contenant des PBDE. Les PBDE persisteront également dans l'environnement pendant des années, même après que les produits contenant des PBDE ne seront plus utilisés au Canada.

ÉCHÉANCIER DES MESURES PRISES AFIN D'ÉVALUER ET DE GÉRER LES RISQUES ASSOCIÉS AUX PBDE



Figure 8. Échéancier des mesures prises afin de gérer les risques associés aux PBDE.

Description longue pour les personnes touchées par un handicap visuel:

Cette figure représente le calendrier des mesures prises pour évaluer et gérer les risques liés aux PBDE. Le calendrier présente les étapes suivantes :

- 2006 : publication de l'évaluation préalable des PBDE indiquant qu'ils sont toxiques pour l'environnement, et présentation d'une ébauche de stratégie de gestion des risques pour les PBDE;
- 2008 : publication du *Règlement sur les PBDE*, qui interdit les mélanges commerciaux PentaBDE et OctaBDE (à l'exclusion des PBDE dans les produits);
- 2010 : engagement annoncé par l'industrie d'éliminer progressivement le mélange commercial DécaBDE d'ici 2013;
- 2010 : publication du Rapport sur l'état des connaissances scientifiques pour le décaBDE, lequel concluait que le décaBDE présente un risque plus élevé pour l'environnement qu'on ne le pensait auparavant, et publication d'une stratégie révisée de gestion des risques pour les PBDE;
- 2013 : publication des Recommandations fédérales sur la qualité de l'environnement et du premier de deux documents de consultation, axé sur les PBDE dans les produits finis;
- 2016 : publication de modifications au *Règlement sur l'interdiction de certaines substances toxiques* (RICST) afin d'interdire tous les mélanges commerciaux de PBDE, mais excluant les PBDE dans les produits finis;
- 2018 : publication d'un deuxième document de consultation visant à modifier le RICST afin d'interdire les PBDE dans les produits, avec des exemptions limitées dans le temps;
- 2020 : publication prévue de projets de modifications en vertu du RICST, axés sur l'interdiction des PBDE dans les produits, avec des exemptions limitées dans le temps.

5 Approches adoptées à l'étranger

À l'heure actuelle, la majorité des PBDE se trouvent dans des produits importés au Canada. C'est pourquoi le Canada doit travailler en collaboration avec d'autres pays afin de réduire l'utilisation mondiale des PBDE, ainsi que le mouvement transfrontalier des PBDE importés au Canada, dans la mesure du possible. Dans la section suivante, nous décrivons les engagements internationaux visant à réduire l'entrée des PBDE au Canada.

5.1 Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

En 1972, le Canada et les États-Unis signaient le premier [Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs](#), qui a été modifié en 2012 pour renforcer les programmes de qualité de l'eau qui garantissaient « l'intégrité chimique, physique et biologique » des Grands Lacs. L'annexe 3 de l'Accord de 2012, « Produits chimiques sources de préoccupation mutuelle », vise à réduire les rejets des principaux produits chimiques, notamment les PBDE, dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments et les animaux sauvages de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. En vertu de

l'annexe 3, le Canada et les États-Unis ont convenu de désigner des produits chimiques sources de préoccupation mutuelle (SPM) en consultation avec les parties intéressées et le public, et de préparer des stratégies binationales pour répondre aux préoccupations en matière de gestion des risques dans les Grands Lacs. Les PBDE ont été désignés comme SPM en 2014.

Le gouvernement du Canada et les États-Unis ont maintenant préparé une [Stratégie binationale de gestion des risques posés par les polybromodiphényléthers \(PBDE\) dans les Grands Lacs](#) pour réduire les PBDE dans le bassin des Grands Lacs (Environnement et Changement climatique Canada et United States Environmental Protection Agency, 2019). Dans le cadre de cette stratégie, le Canada a défini des mesures visant à réduire les menaces qui pèsent sur les Grands Lacs en réduisant la présence de PBDE. Il s'agit notamment de modifier le RCSTI, de renforcer la promotion de la conformité et l'application des mesures existantes, d'éduquer davantage le public sur les PBDE et d'améliorer la surveillance de différents sites dans les Grands Lacs.

5.2 Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et son Protocole sur les polluants organiques persistants

Le Canada est partie au *Protocole sur les polluants organiques persistants* (POP; le Protocole) en vertu de la *Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance*. Il s'agissait du premier traité international visant à éliminer ou à réduire les POP. Le Protocole sur les POP est un précurseur des travaux qui ont été réalisés en vertu de la *Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants*. Le Protocole vise les polluants organiques persistants, ce qui comprenait le pentaBDE et l'octaBDE dans sa liste de 2009. Le Canada se conforme à toutes les exigences du Protocole.

5.3 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants

Le Canada et 182 autres pays sont parties à la [Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants](#) (la Convention de Stockholm). Ce traité international est entré en vigueur en 2004. Il vise à protéger la santé humaine et l'environnement contre les POP, dont les PBDE. Tous les [PBDE énumérés en vue de leur élimination](#) en vertu de la Convention de Stockholm bénéficient de dérogations limitées dans le temps pour permettre l'élimination progressive des utilisations de ces substances. En 2009, le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE et l'heptaBDE ont été inscrits sur la liste de la Convention en vue de leur élimination, et le décaBDE a été inscrit sur cette liste en 2017.

En 2017, les parties ont terminé une évaluation de l'efficacité de la Convention de Stockholm en matière de protection de la santé humaine et de l'environnement contre les émissions et les rejets de polluants organiques persistants, dont le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE et l'heptaBDE. Les résultats de la surveillance de l'environnement ont été utilisés comme indicateur de l'efficacité du traité.

Cette évaluation a conclu qu'il y avait peu d'information disponible sur les progrès réalisés dans l'élimination des PBDE. Les principaux problèmes qui ont été relevés comprenaient des lacunes en matière d'information sur la présence de PBDE tout au long de leur cycle de vie, depuis leur

présence dans les produits finis jusqu'à l'élimination de ces produits. L'évaluation a également constaté que les concentrations dans l'air ont augmenté au cours des années 1990, mais avaient commencé à diminuer au cours des années 2000.

Le Canada continue de fournir des données scientifiques précieuses à la Conférence des Parties de la Convention de Stockholm afin d'évaluer l'efficacité du traité. Une évaluation de suivi est en cours et devrait se terminer en 2021.

6 Conclusions

L'évaluation de la gestion des risques liés aux PBDE décrit l'approche adoptée au cours des 12 dernières années pour atteindre les objectifs de gestion des risques et les objectifs environnementaux définis dans la Stratégie. Les principales conclusions de cette évaluation sont les suivantes :

- 1. Des progrès constants sont réalisés en vue de prévenir l'utilisation et les rejets de PBDE au Canada. Toutefois, il faudra plus de temps pour voir l'impact des modifications récentes et futures apportées au RCSTI.**
 - L'utilisation et la vente au Canada des trois mélanges commerciaux de PBDE ont cessé, ce qui démontre que les industries et les entreprises canadiennes ont respecté les exigences et les engagements juridiques pris en vertu du *Règlement sur les PBDE* et, plus récemment du RCSTI, modifié en 2016.
 - Les modifications proposées dans le cadre du RCSTI pour restreindre l'importation, la fabrication, l'utilisation et la vente des produits contenant des PBDE au Canada (y compris les produits fabriqués à partir de matières recyclables contenant des PBDE) réduiraient davantage les rejets de PBDE dans l'environnement.
 - Bien que les PBDE soient persistants dans l'air, les sédiments et les animaux sauvages, les données de surveillance de l'environnement ont montré une diminution des concentrations de PBDE dans l'air, les sédiments et les poissons. Cependant, les concentrations de pentaBDE et de décaBDE étaient supérieures à la RFQE respective dans certains sites et milieux naturels, notamment les œufs d'oiseaux. Comme les PBDE continuent d'être utilisés dans le monde entier, en particulier dans divers produits, il faudra des années pour observer de nouvelles baisses dans l'environnement.
- 2. Il est nécessaire que le Canada continue de coopérer et d'exercer un leadership pour faire avancer les initiatives internationales sur les PBDE et les initiatives nationales connexes, car les PBDE pénètrent toujours au Canada par le transport à longue distance et l'importation de produits.**
 - Les mesures nationales prises dans le cadre de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* visent à réduire les SPM, notamment les PBDE, dans le bassin des Grands Lacs. Ces mesures consistent à mieux éduquer le public, à surveiller l'environnement, à assurer la gestion continue des risques et à promouvoir et appliquer la conformité.
 - Les efforts mondiaux visant à éliminer les PBDE, notamment ceux qui sont réalisés dans le cadre de la *Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants*, exigent des

parties qu'elles mettent en œuvre des mesures de gestion des risques pour réduire les rejets de POP ou pour éliminer complètement certains POP. Le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE, l'heptaBDE et le décaBDE ont été inscrits sur la liste des substances à éliminer, avec des exemptions limitées dans le temps, ce qui signifie qu'ils doivent être éliminés progressivement. Le Canada respecte les obligations découlant de ce traité et collabore avec d'autres pays pour faire progresser les efforts déployés dans le cadre de la Convention.

- Au Canada, une initiative nationale est en cours afin de protéger les baleines et soutenir le rétablissement de trois espèces de baleines menacées. Une partie importante de cette initiative est axée sur la surveillance et la recherche environnementales afin de comprendre et de quantifier les contributions de diverses sources de polluants terrestres, dont les PBDE.
- 3. Après la mise en place du RCSTI modifié, de nouvelles réductions des rejets de PBDE dans l'environnement devraient permettre d'atteindre les objectifs de la stratégie de gestion des risques pour les PBDE.**
- Les nouvelles modifications apportées en vertu du RCSTI limiteront les concentrations de PBDE dans les produits, notamment en interdisant la fabrication de produits à partir de matériaux recyclables contenant des PBDE. Cela permettra de réduire les risques liés à l'utilisation et à l'élimination des produits contenant des PBDE et les risques liés au secteur du recyclage. La mesure du rendement continuera à être un outil essentiel pour la compilation et l'analyse des données sur l'efficacité de la gestion des risques liés aux PBDE.

7 Prochaines étapes

Le présent rapport recommande qu'Environnement et Changement climatique Canada concentre ses efforts sur quatre domaines principaux : la surveillance environnementale des PBDE, la gestion des risques associés aux PBDE, les communications avec le public et l'engagement à l'échelle nationale et internationale.

Les données recueillies dans le cadre du programme de suivi et de surveillance de l'environnement d'ECCC continuent de fournir les renseignements nécessaires pour évaluer l'efficacité de la gestion des risques liés aux PBDE. En partenariat avec divers programmes régionaux et internationaux, les données obtenues par la surveillance environnementale de l'air, des sédiments et du biote sur une base périodique et par la surveillance du lixiviat des décharges seraient utiles pour mesurer les concentrations de PBDE provenant de produits qui entrent dans les décharges. Par conséquent, on pourrait déterminer leurs rejets potentiels dans l'environnement.

Au Canada, des efforts visant à gérer les risques associés aux PBDE sont en cours. Les modifications proposées au RCSTI s'inscrivent dans le cadre de ces efforts. Environnement et Changement climatique Canada continuera de mesurer le rendement de ce règlement et d'autres initiatives visant à protéger l'environnement au Canada.

Environnement et Changement climatique Canada joue un rôle en informant les Canadiens sur les risques environnementaux liés aux PBDE et en mettant à jour les mesures de gestion des risques. Cela permet aux Canadiens de faire des choix éclairés en ce qui concerne l'utilisation de produits contenant des PBDE et leur élimination ou recyclage.

Enfin, le gouvernement du Canada continuera à soutenir les mesures nationales et internationales relatives aux PBDE par un engagement et un leadership continu dans le cadre de la Convention de Stockholm, de l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* et de l'Initiative de protection des baleines du gouvernement du Canada.

8 Références

Abbasi, Golnoush, Andreas M Buser, Anna Soehl, Michael W Murray, and Miriam L Diamond. 2015. "Stocks and Flows of PBDEs in Products from Use to Waste in the U.S. and Canada from 1970 to 2020." *Environmental Science & Technology* 49 (3): 1521–28. doi:10.1021/es504007v.

Abbasi, Goulnoush, Li Li, and Knut Breivik. 2019. "Global Historical Stocks and Emissions of PBDEs." *Environmental Science & Technology* 53; 6330-6340. doi: 10. 1021/acs.est.8b07032.

Akortia, Eric, Jonathan O Okonkwo, Mlindelwa Lupankwa, Shiloh D Osae, Adegbenro P Daso, Olubiyi I Olukunle, and Abdul Chaudhary. 2016. "A Review of Sources, Levels, and Toxicity of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Their Transformation and Transport in Various Environmental Compartments." *Environmental Reviews* 24 (3): 253–73. doi:10.1139/er-2015-0081.

Alaee, Mehran, Pedro Arias, Andreas Sjödin, and Åke Bergman. 2003. "An Overview of Commercially Used Brominated Flame Retardants, Their Applications, Their Use Patterns in Different Countries/regions and Possible Modes of Release." *Environment International* 29 (6): 683–89. doi:https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00121-1.

Cheminfo. 2008. Unpublished confidential study submitted to Environment Canada, Chemical Management Division. Technical and Socio-Economic Analysis of Proposed Regulations for Addressing Products Containing Polybrominated Diphenyl Ethers – Part A – Technical Background Information. Final version.

Chen, Da, Pamela Martin, Neil M Burgess, Louise Champoux, John E Elliott, Douglas J Forsyth, Abde Idrissi, and Robert J Letcher. 2013. "European Starlings (*Sturnus Vulgaris*) Suggest That Landfills Are an Important Source of Bioaccumulative Flame Retardants to Canadian Terrestrial Ecosystems." *Environmental Science & Technology* 47 (21): 12238–47. doi:10.1021/es403383e.

Conestoga-Rovers & Associates. 2013. "Landfill Monitoring Data - Correlation, Trends, and Perspectives."

Environnement et Changement climatique Canada. 2018a. An assessment of polybrominated diphenyl ether (PBDE) concentrations in air, surface water, sediment, suspended sediment, fish, wildlife (bird eggs) and waste streams in the Canadian Environment. (Document interne; en anglais seulement.)

Environnement et Changement climatique Canada. 2018b. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement (ICDE).

<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/polybromodiphenylethers-poissons-sediments.html>

Environnement Canada. 2006 Rapport d'évaluation écologique préalable des polybromodiphényléthers.

<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/publications/rapport-evaluation-ecologique-polybromodiphényléthers.html>

Environnement Canada. 2010a. Rapport sur l'état des connaissances scientifiques écologiques concernant le décabromodiphényléther (décaBDE) – Bioaccumulation et transformation.

https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/main/lcpe-cepa/documents/substances/decabde/rapport_cse_decabde-fra.pdf

Environnement Canada. 2010b. Stratégie de gestion des risques pour les polybromodiphényléthers (PBDE).

http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En14-115-2010-fra.pdf

Environnement Canada. 2011. Polybromodiphényléthers dans l'environnement canadien.

http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En14-53-2011-fra.pdf

Environnement Canada. 2013. Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Polybromodiphényléthers (PBDE).

<http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=05DF7A37-1>

Commission européenne. 2007. Review on Production Processes of Decabromodiphenyl ether (decaBDE) Used in Polymeric Applications in Electrical and Electronic Equipment, and Assessment of the Availability of Potential Alternatives to decaBDE.

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC36323/EUR%2022693.pdf> (En anglais seulement.)

Gandhi, Nilima, Satyendra P Bhavsar, Sarah B Gewurtz, Miriam L Diamond, Anita Evenset, Guttorm N Christensen, and Dennis Gregor. 2006. "Development of a Multichemical Food Web Model: Application to PBDEs in Lake Ellasjøen, Bear Island, Norway." *Environmental Science & Technology* 40 (15): 4714–21. doi:10.1021/es052064l.

Gouin, T, and T Harner. 2003. "Modelling the Environmental Fate of the Polybrominated Diphenyl Ethers." *Environment International* 29 (6): 717–24.

doi:[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00116-8).

Gouvernement du Canada. 2008. Règlement sur les polybromodiphényléthers (DORS/2008-218; abrogé). Version précédente disponible à :

<https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2008-218/20080619/P1TT3xt3.html>

Gouvernement du Canada. 2016. Règlement sur certaines substances toxiques interdites (DORS/2012-285).

<https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2012-285/index.html>

Gouvernement du Canada. 2019. Protection des baleines en voie de disparition au Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/campaign-campagne/protectingwhales-prottegerbaleines/index-fra.html>

Santé Canada. 2006. Rapport sur l'état des connaissances scientifiques sous-jacentes à une évaluation préalable des effets sur la santé – Polybromodiphényléthers (PBDE). https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/pbde/pbde-fra.pdf

Hung, Hayley, Athanasios A Katsoyiannis, Eva Brorström-Lundén, Kristin Olafsdottir, Wenche Aas, Knut Breivik, Pernilla Bohlin-Nizzetto, et al. 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.079>.

Kim, M, P Guerra, M Theocharides, K Barclay, S A Smyth, and M Alaei. 2013a. "Parameters Affecting the Occurrence and Removal of Polybrominated Diphenyl Ethers in Twenty Canadian Wastewater Treatment Plants." *Water Research* 47 (7): 2213–21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.01.031>.

Li, An, Karl J Rockne, Neil Sturchio, Wenlu Song, Justin C Ford, Dave R Buckley, and William J Mills. 2006. "Polybrominated Diphenyl Ethers in the Sediments of the Great Lakes. 4. Influencing Factors, Trends, and Implications." *Environmental Science & Technology* 40 (24): 7528–34. doi:10.1021/es0609506.

Rauert, C., J.K. Schuster, A. Eng, and T. Harner. 2018. "Global Atmospheric Concentrations and Trends of Brominated, Chlorinated Flame Retardants and Organophosphate Esters." *Environmental Science & Technology* 52(5): 2777-2789. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06239>

Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*, volume 184, Ottawa (Ont.), ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer.

Serme-Gbedo, Y.K., Abdelouahab, N., Pasquier, J.C., Cohen, A.A., and Takser, L. 2016. "Maternal Levels of Endocrine Disruptors, Polybrominated Diphenyl Ethers, in Early Pregnancy Are Not Associated with Lower Birth Weight in the Canadian Birth Cohort GESTE." *Environmental Health* 15(49): 1-11. DOI 10.1186/s12940-016-0134-z.

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)." *Environmental Science: Processes & Impacts* In press.

Song, Wenlu, Justin C Ford, An Li, William J Mills, Dave R Buckley, and Karl J Rockne. 2004. "Polybrominated Diphenyl Ethers in the Sediments of the Great Lakes. 1. Lake Superior." *Environmental Science & Technology* 38 (12): 3286–93. doi:10.1021/es035297q.

ToxEcology Environmental Consulting. 2003. Unpublished confidential study submitted to Environment Canada, Chemical Management Division. Technical and Socio-Economic Background Study for the Brominated Flame Retardants Polybrominated Diphenyl Ethers. Final version. Unpublished report.

Programme des Nations Unies pour l'environnement. 2001. Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.
<http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-2017.French.pdf>

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2017. Technical Fact Sheet- PBDEs.
https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/ffrrofactsheet_contaminant_perchlorate_january2014_final_0.pdf

Vonderheide, Anne P, Kevin E Mueller, Juris Meija, and Gwendolyn L Welsh. 2008. "Polybrominated Diphenyl Ethers: Causes for Concern and Knowledge Gaps Regarding Environmental Distribution, Fate and Toxicity." *Science of The Total Environment* 400 (1): 425–36. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.05.003.

9 Annexe : Mélanges commerciaux de PBDE au Canada et dans le monde

Dans le monde, trois mélanges commerciaux de PBDE ont été utilisés comme substances ignifuges employées sur divers produits. Le tableau 3 résume les pourcentages de chacun des PBDE dans chaque mélange commercial.

Tableau 3. Composition des trois mélanges commerciaux de PBDE utilisés dans le monde. Aux fins du présent document, on distingue les mélanges commerciaux de PBDE des congénères qu'ils renferment grâce à l'utilisation de la majuscule (p. ex., PentaBDE [mélange commercial] par rapport à pentaBDE [substance]).

Mélanges commerciaux	PBDE homologues						
	tétraBDE	pentaBDE	hexaBDE	heptaBDE	octaBDE	nonaBDE	décaBDE
PentaBDE	24-38 %	50-62 %	4-12 %	Trace	-	-	-
OctaBDE	-	0,5 %	12 %	45 %	33 %	10 %	0,7 %
DecaBDE	-	-	-	-	Trace	0,3-3 %	97-98 %