



Environnement
Canada

Environnement
Canada

***Loi canadienne sur la protection
de l'environnement (1999)***
**Recommandations fédérales pour la qualité
de l'environnement**

Tétrabromobisphénol A (TBBPA)

Environnement et Changement climatique Canada

Date de publication :

Mai 2016

Introduction

Les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RFQE) établissent des points de référence relatifs à la qualité de l'environnement. Ces RFQE sont établies uniquement en fonction des effets ou des risques toxicologiques des substances ou des groupes de substances. En effet, elles ont trois fonctions. En premier lieu, les RFQE peuvent servir d'outil de prévention de la pollution en fournissant des objectifs acceptables pour la qualité de l'environnement. En deuxième lieu, elles peuvent aider à évaluer l'importance des concentrations des substances chimiques retrouvées actuellement dans l'environnement (surveillance des eaux, des sédiments et des tissus biologiques). Et en troisième lieu, elles peuvent servir de mesures de rendement des activités de gestion des risques. Le recours aux RFQE est volontaire, à moins que celles-ci ne soient prévues par un permis ou d'autres outils de réglementation. Par conséquent, ces RFQE, qui s'appliquent à l'environnement ambiant, ne constituent pas des limites d'effluents ou des valeurs « à ne jamais dépasser », mais elles peuvent être utilisées dans le calcul de ces limites. L'élaboration des RFQE relève de la responsabilité du ministre fédéral de l'Environnement et Changement climatique, conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE] (Canada, 1999). L'objectif est d'élaborer des RFQE pour appuyer l'évaluation et la gestion des risques des produits chimiques d'intérêt prioritaire recensés dans le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) ou d'autres initiatives fédérales. La présente fiche d'information décrit les Recommandations fédérales pour la qualité des eaux, des sédiments et de l'alimentation des mammifères sauvages afin de protéger la vie aquatique et des mammifères qui en consomment des effets nocifs du TBBPA (tableau 1). Cette fiche d'information a été largement basée sur le rapport d'évaluation préalable publié dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques du Canada. Elle se fonde notamment sur des données et des renseignements relevés jusqu'à février 2013 (Gouvernement du Canada, 2013).

Tableau 1. Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement pour le TBBPA

Eau (µg/L)	Sédiments* (mg/kg en poids sec)	Régime alimentaire des mammifères et de la faune (mg/kg en poids humide de nourriture)**
3,1	0,6	20
* Valeurs normalisées selon un contenu en carbone organique de 1 %. ** La Recommandation sur l'alimentation des mammifères sauvages vise la protection des mammifères qui consomment le biote aquatique. Elle est la concentration du TBBPA dans le biote aquatique, exprimé sur la base du poids corporel humide qui pourrait être consommé par la faune terrestre ou semi- aquatique.		

Identité de la substance

Le tétrabromobisphénol A (TBBPA – n° CAS : 79-94-7) est un ignifugeant bromé produit par la bromation du bisphénol A (Organisation mondiale de la Santé, 1995) et il est considéré comme un substitut potentiel de l'octabromodiphényléther commercial (octaBDE), qui est aussi un ignifugeant bromé dont la production a été arrêtée progressivement à l'échelle mondiale (DEFRA, 2002). Sur la base du rapport d'évaluation préalable (REP) (Gouvernement du Canada, 2013), il est conclu que le TBBPA pénètre ou peut pénétrer dans l'environnement en une quantité, à une concentration ou dans des conditions qui ont ou peuvent avoir un effet nuisible immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sa diversité biologique. Le TBBPA répond aux critères de persistance, mais pas à ceux du potentiel de bioaccumulation prévus dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* (Gouvernement du Canada, 2000). Dans des conditions anaérobies, le TBBPA a montré une dégradation le réduisant forme de bisphénol A (BPA) qui a été défini comme répondant aux critères établis à l'article 64 de la LCPE (Gouvernement du Canada, 2008). Des RFQE pour le bisphénol A ont également été élaborées (Environnement Canada, 2014).

Utilisations

Aucune quantité de TBBPA n'a été fabriquée au Canada en 2000; cependant, des quantités variant de 100 000 à 1 000 000 kg ont été importées dans le pays au cours de la même année, avec toutes les utilisations déclarées du produit en tant qu'ignifugeant (Environnement Canada, 2001). Des estimations récentes indiquent que les importations de TBBPA au Canada demeurent relativement les mêmes (GG, 2013). Le TBBPA est principalement utilisé comme ignifugeant dans les résines époxyde et de polycarbonate ignifuges et, dans une moindre mesure, dans les résines de polystyrène-butadiène-acrylonitrile (ABS) et les résines phénoliques (Gouvernement du Canada, 2013). Les résines époxydes ignifuges qui contiennent du TBBPA sont largement utilisées dans les cartes de circuits imprimés avec stratifiés d'époxyde rigides. Parmi les autres utilisations, notons les panneaux de construction renforcés à fibres de verre, les boîtiers de moteur et les plaques à bornes (Environmental Protection Agency du Danemark, 1999). Les résines de polycarbonate ignifuges contenant du TBBPA sont notamment utilisées dans des appareils de communication, du matériel électronique, des appareils électroménagers, des appareils de transport, des articles de sport et de loisirs, des appareils d'éclairage et des enseignes (OMS, 1995). Le TBBPA peut également être intégré à du polyester non saturé employé dans des carreaux de sol simulant le marbre, des boules de quilles, des éléments de meubles, des raccords de conduites d'égout, des pâtes de colmatage pour automobiles, des boutons et des boîtiers d'appareils électriques (Gustafsson et Wallen, 1988).

Devenir, comportement et répartition

Le TBBPA est faiblement acide et peut exister sous forme non ionisée (neutre) ou dissociée (ionisée). La forme prédominante du TBBPA dans un système aquatique est une fonction de pH, avec un pKa presque neutre (Gouvernement du Canada, 2008) et à un pH neutre, environ 50 % du TBBPA sera sous forme non dissociée. À un pH plus faible (p. ex. <5,5), les formes non ionisées prédomineront. Le TBBPA a une hydrosolubilité faible à modérée (0,063 à 4,16 mg/L) qui est une fonction de la température et du pH, ainsi qu'une faible pression de vapeur $<1,19 \times 10^5$ pascals à 20 °C), et un coefficient de partage octanol-air (K_{OA}) moyennement élevé (4,5 à 5,9) (Gouvernement du Canada, 2013). Par conséquent, si l'eau était le milieu récepteur, le TBBPA devrait surtout se répartir dans les sédiments (96,4 %) et les 2,84 % restants devraient rester dans l'eau (Gouvernement du Canada, 2013).

Des études sur le terrain et en laboratoire indiquent que le TBBPA se dégrade lentement dans l'environnement, et la minéralisation complète de la substance n'a pas encore été démontrée (Gouvernement du Canada, 2013). Dans des sédiments d'eau douce, le TBBPA a montré une dégradation dans des conditions anaérobies le réduisant en bisphénol A (BPA) (Ronen et Abeliovich, 2000). La biodégradation peut également se produire durant le traitement anaérobie de boues d'égout; cependant, on ne dispose pas de données empiriques pour quantifier les taux de dégradation. Dans les sédiments marins, on a constaté que le TBBPA subissait une déshalogénéation complète pour former du bisphénol A (Gouvernement du Canada, 2013).

Le TBBPA, appliqué à du sol de limon et à du sable, est fortement adsorbé à des particules dans ces deux milieux; toutefois, sa redistribution importante peut se produire à une profondeur de 15 cm (Larsen *et al.*, 2001). Ce phénomène laisse entendre que le TBBPA présent dans les biosolides appliqués resterait à la surface, réduisant ainsi le risque de contamination de l'eau souterraine (Gouvernement du Canada, 2013).

La bioaccumulation et la bioconcentration du TBBPA ont été démontrées chez plusieurs espèces de poissons et d'invertébrés aquatiques (Gouvernement du Canada, 2013). Selon le contenu organique dans les sédiments, les facteurs de bioconcentration de 240 à 3 200 ont été déclarés pour le moucheron d'eau douce, *Chironomus tentans* (Gouvernement du Canada, 2013), ce qui indique que même si le TBBPA ne répond pas aux critères de bioaccumulation établis par la LCPE (1999), il peut s'accumuler dans le tissu du biote. Des concentrations allant jusqu'à 376 µg/kg en poids humide ont été mesurées dans des organismes à des niveaux trophiques plus élevés, comme chez des mammifères marins (de Boer *et al.*, 2002).

Concentrations ambiantes

Les données caractérisant les concentrations de TBBPA dans l'environnement canadien sont limitées, n'indiquant aucune détection de la substance dans l'eau de surface (Gouvernement du Canada, 2013). Les concentrations de TBBPA mesurées dans les sédiments benthiques provenant de huit emplacements du lac Ontario variaient de concentrations non détectées (DL 0,002 µg/kg en poids sec) à 0,063 µg/kg en poids sec (Quade, 2003). Parmi les échantillons de boue prélevés à partir de 35 usines de traitement des eaux usées dans sept provinces entre 1994 et 2001, le TBBPA était présent 34 d'entre eux à des concentrations variant de 2,9 à 46,2 µg/kg en poids sec (Lee et Peart, 2002). Sur la base de la plus forte concentration dans des boues brutes issues d'une usine de traitement à Toronto, on a émis l'hypothèse selon laquelle les effluents industriels provenant de la production de textiles, de meubles, de jouets et de cartes à circuit imprimé pourraient être des sources primaires de TBBPA (Lee et Peart, 2002). Quade (2003) a également mesuré des concentrations de TBBPA dans des boues d'épuration recueillies dans cinq usines de traitement dans le sud de l'Ontario, variant de 9,04 à 43,1 µg/kg en poids sec. Chez des touladis prélevés dans le lac Ontario, des concentrations de dérivés du TBBPA variaient de 0,2 à 1,7 µg/kg en poids sec (Ismail *et al.*, 2006). Bien que les niveaux même de TBBPA soient sous la limite de détection dans la faune sauvage canadienne (ours polaires et tortues serpentes) (Chu et Letcher 2013), des dérivés de TBBPA (substances qui sont elles-mêmes dérivées de TBBPA) ont été détectés à des niveaux très faibles dans les œufs de hareng mouette (0,08 au 0,56 pg / kg ww) des Grands Lacs (Letcher et Chu 2010).

Mode d'action

Le mode d'action toxique du TBBPA n'a pas été déterminé, cependant, la forme neutre (non dissociée) devrait agir comme une substance narcotique toxique ou une substance toxique de référence, nuisant à l'intégrité et à la fonction de la membrane en raison de sa présence et de sa concentration dans la membrane (Environnement Canada, 2014). Du fait que les formes ionisées du TBBPA ont une plus faible biodisponibilité, elles sont susceptibles d'être moins toxiques. Escher et Sigg (2004) ont émis l'hypothèse selon laquelle le TBBPA peut agir comme un découpleur au cours d'une réaction de phosphorylation oxydative, ce qui en fait, par conséquent, un perturbateur potentiel de la chaîne de transfert d'électrons qui fait partie intégrante de la production d'énergie dans les cellules.

Détermination des Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement

Recommandation fédérale pour la qualité des eaux

Il est préférable d'élaborer les Recommandations fédérales pour la qualité des eaux (RFQEx) à l'aide des protocoles du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2007). Dans le cas du TBBPA, il était nécessaire d'établir une concentration estimée sans effet (CESE) pour l'évaluation écologique préalable et la RFQEx, même si l'on ne disposait pas de suffisamment de données sur la toxicité chronique pour satisfaire aux exigences de données minimales des recommandations de types A ou types B du CCME¹. Les RFQEx élaborées dans le présent document définissent des points de référence pour les écosystèmes aquatiques, dont l'objectif est de protéger toutes les formes de vie aquatique durant des périodes d'exposition indéfinies. La RFQEx s'applique à l'eau douce et à l'eau de mer, car on ne peut démontrer que la toxicité diffère significativement entre ces deux milieux (p. ex. en raison de l'ionisation).

Une étude du gouvernement du Canada (2013) a évalué la toxicité pour les organismes aquatiques du TBBPA (Tableau 2) et, d'après les données de toxicité en eau douce, c'est la valeur de la concentration minimale avec effet observé (CMEO) de 35 jours de 310 µg/L pour le tête-de-boule (*Pimephales promelas*) qui a été sélectionnée afin de dériver la concentration estimée sans effet. En utilisant cette valeur comme valeur critique de toxicité (VCT) et en appliquant un facteur d'application (FA) de 100 (pour tenir compte

¹ Le CCME (2007) propose deux approches pour élaborer des recommandations sur la qualité de l'eau, en fonction de la disponibilité et la qualité des données disponibles. L'approche privilégiée est d'utiliser la distribution statistique de toutes les données acceptables pour développer des recommandations de type A. La deuxième approche est basée sur une extrapolation à partir du plus faible, acceptable critère d'effet toxicologique pour élaborer des recommandations de type B. Pour plus de détails sur les exigences minimales relatives aux exigences du CCME voir CCME (2007).

de la variabilité interspécifique et intraspécifique en matière de sensibilité et de l'extrapolation des conditions de laboratoire à celles sur le terrain), la concentration estimée sans effet (CESE) de 3,1 µg/L a été établie (Gouvernement du Canada, 2013). Cette concentration estimée sans effet a été adoptée comme RFQEx pour le TBBPA (figure 1).

Tableau 2. Toxicité aquatique chronique pour le TBBPA (Source: Gouvernement du Canada 2013).

Espèces	Groupe	Endpoint	Concentration (µg/L)	Référence
Poisson zèbre <i>Danio rerio</i>	■	CME0 après 47 jours (développement)	13	Kuiper et al. (2007)
Huître de l'est (<i>Crassostrea virginica</i>)	●	CME0 après 4 jours (déposition de coquille)	18	Great Lakes Chemical Corporation (1989a)
Moule (<i>Mytilus edulis</i>)	●	CME0 après 70 jours (croissance)	32	ACCBFRIP (2005a,b)
Moucheron (<i>Chironomus tentans</i>)	●	CME0 après 14 jours (croissance)	70	Great Lakes Chemical Corporation (1989b)
Algue marines <i>Skeletonema costatum</i>	▲	CE ₅₀ après 3 jours de concentration moyenne efficace (croissance)	90	Walsh et al. (1987)
Copépode (<i>Acartia tonsa</i>)	●	CE ₅₀ après 5 jours (développement)	125	Wollenberger et al. (2005)
Algues marines (<i>Thalassiosira pseudonana</i>)	▲	CE ₅₀ après 3 jours (croissance)	130	Walsh et al. (1987)
tête-de-boule (<i>Pimephales promelas</i>)	■	CME0 après 35 jours (survie)	310	Great Lakes Chemical Corporation (1989c)
Cladocère (<i>Daphnia magna</i>)	●	CME0 après 21 jours (reproduction)	980	Great Lakes Chemical Corporation (1989d)

Légende: ■ = Poisson; ● = Invertébré; ▲ = Végétaux

Cette RFQEx (3,1 µg/L) représente la concentration au-dessous de laquelle la probabilité d'effets nocifs sur la vie aquatique est faible ou nulle. Outre cette recommandation, deux autres gammes de concentration, qui, ont été fournies (figure 1). À des concentrations supérieures à la RFQEx de 3,1 µg/L et à la valeur critique de toxicité de 310 µg/L, il y a un risque modéré d'effets nocifs pour la vie aquatique. Les concentrations supérieures à 310 µg/L présentent un risque plus élevé de causer des effets nocifs pour la vie aquatique.

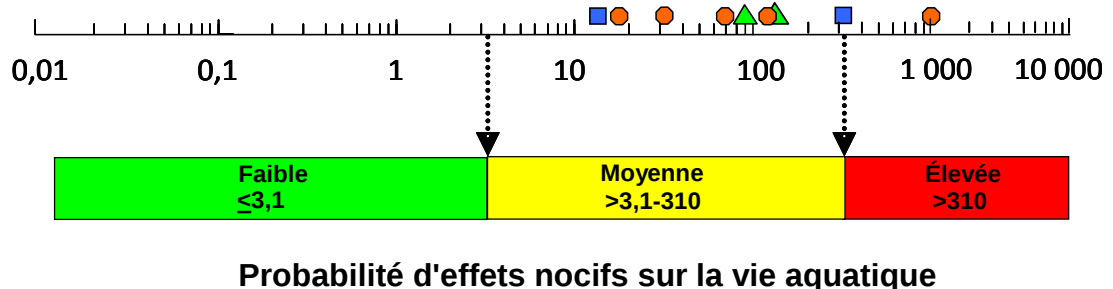
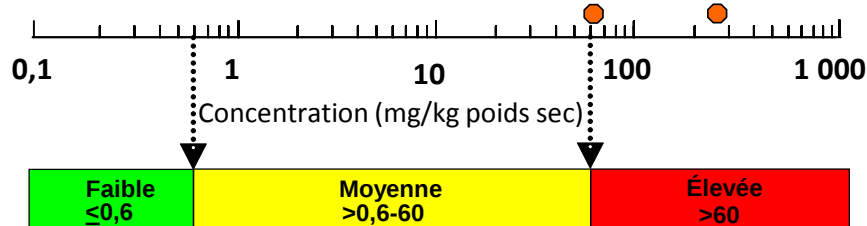


Figure 1. Probabilité relative d'effets nocifs de TBBPA à la vie aquatique. La RFQEx (3.1 µg/L) et la VCT (310 µg/L) sont représentées par des flèches

Recommandations fédérales sur la qualité des sédiments

Les Recommandations fédérales sur la qualité des sédiments (RFQS) visent à protéger les biotes demeurant dans les sédiments ainsi que les animaux pélagiques qui bioaccumulent le TBBPA dans les sédiments (tableau 1). La RFQS se rapporte à des périodes d'exposition indéfinies à des sédiments en eau douce ou en milieu marin, et elle précise la concentration de TBBPA se trouvant dans la masse des sédiments (en poids sec), qui ne devrait pas entraîner d'effets nocifs. Cette RFQS n'est peut-être pas appropriée pour évaluer l'incidence du TBBPA sur les plantes aquatiques qui poussent dans les sédiments puisqu'il n'y a pas de données de toxicité publiées pour ces organismes.

Les données sur la toxicité du TBBPA dans les sédiments sont limitées (figure 2). Les concentrations minimales avec effet observé de 28 jours pour l'oligochète d'eau douce (*Lumbriculus variegatus*) en lien avec la survie et la reproduction réduites, puis la croissance réduite, étaient de 151 et 426 mg/kg de poids sec dans des sédiments contenant 2,5% et 5,9%, de carbone organique (CO) respectivement (ACCBFRIP, 2002c, d). Une étude de 28 jours pour le moucheron (*Chironomus riparius*) a rapporté une CMEQ de 250 mg/kg de poids sec, sur la base du taux d'émergence, de la vitesse et du temps de développement (ACCBFRIP 2005). À l'instar du rapport d'évaluation préalable (GC 2013), la valeur de la CMEQ de 28 jours pour *L. variegatus* de 151 mg / kg de poids sec pour 2,5% CO a été choisie comme VCT, mais la valeur de la VCT a été normalisée à 1% de u CO dans les sédiments (60 mg / kg de poids sec) et un coefficient de 100 a été appliqué pour tenir compte de l'extrapolation du laboratoire aux conditions de terrain et des variations inter-et intra-espèces. La valeur résultante de 0,6 mg/kg de poids sec est la RFQS (Figure 2).



Probabilité d'effets nocifs sur les organismes benthiques

Figure 2. Probabilité relative d'effets nocifs du TBBPA à la vie benthique des sédiments aquatiques. Les RFQS (0.6 mg/kg dw) et CTV (60 mg/kg dw) sont représentées par des flèches.

Outre la valeur RFQS, trois étendues de concentrations ont été identifiées pour représenter les niveaux minimal, moyen et supérieur pour les risques accrus d'effets nocifs pour la vie aquatique (figure 2). À des concentrations égales ou inférieures à la RFQS (0,6 mg/kg ps), il est peu probable d'observer des effets nocifs sur la vie aquatique. À des concentrations supérieures aux RFQS et à une VCT de 60 mg/kg ps, il existe un risque modéré d'effets nocifs sur la vie aquatique. À des concentrations supérieures à 60 mg/kg ps il y a un risque plus élevé de causer des effets nocifs pour la vie aquatique. Comme pour l'eau, les gestionnaires de risques peuvent trouver utiles ces niveaux de concentration additionnels lors de la planification de la gestion des risques. De plus, les concentrations modérées à supérieures peuvent également servir à fixer des objectifs provisoires visant une moindre protection pour les eaux qui sont déjà fortement dégradées ou lorsqu'il y a des considérations d'ordre socioéconomique qui empêchent la possibilité de respecter les RFQS.

Recommandations fédérales sur le régime alimentaire de la faune

Les Recommandations fédérales sur le régime alimentaire de la faune (RFRAF) ont pour objectif de protéger les consommateurs mammifères non humains de biote aquatique. Il s'agit de concentrations repères de substances toxiques dans le biote aquatique (corps entier, poids humide) consommées par la faune terrestre et semi-aquatique. Par ailleurs, les RFRAF pour les mammifères pourraient ne pas être appropriées pour extrapoler les répercussions du TBBPA sur d'autres consommateurs terrestres (p. ex. oiseaux ou reptiles). Aucun reptile ou oiseau n'a été évalué.

La RFRAF est basée sur la concentration estimée sans effet (CESE) liée aux organismes terrestres pour le TBBPA, telle qu'elle est établie par le gouvernement du Canada (2013). On n'a relevé aucune étude toxicologique sur les espèces fauniques mammifères pour le TBBPA. La concentration estimée sans effet était basée sur des preuves histologiques de la toxicité hépatique chez des progénitures femelles de souris de laboratoire qui n'avaient été exposées à la substance que par transfert maternel. La plus faible dose sans effet nocif observé de 15,7 mg/kg p.c. par jour et la plus faible concentration minimale avec effet nocif observé de 140,5 mg/kg p.c. par jour ont donné une concentration maximale admissible tolérable (moyenne géométrique) de 46,97 mg/kg p.c. par jour (Tada *et al.*, 2006). En utilisant cette valeur comme la dose journalière admissible dans le protocole du Conseil canadien des ministres de l'environnement (1998), un facteur de sécurité de 10 (Gouvernement du Canada, 2013) (étant également le facteur de sécurité minimum autorisé) ajusté pour l'apport alimentaire le plus important : poids corporel (0,24 pour le vison d'Amérique) produit la plus faible concentration alimentaire acceptable, soit 20 mg/kg de ration alimentaire (poids humide).

Références

- ACCBFRIP. 2005a. TBBPA: Determination of effects on the growth of the common mussel *Mytilus edulis*. AstraZeneca UK Limited, Brixham Environmental Laboratory Study Number: 03-0337/A. April 2005.
- ACCBFRIP. 2005b. Tetrabromobisphenol A: Determination of the effect on the growth of the common mussel (*Mytilus edulis*). Analytical phase. Wildlife International, Ltd. Project Number: 439C-143. March 28, 2005.
- ACCBFRIP. 2002c. Tetrabromobisphenol A: A prolonged sediment toxicity test with *Lumbriculus variegatus* using spiked sediment with 2% total organic carbon. Wildlife International Ltd. Project Number: 439A-115 [cited in United Kingdom 2005].
- ACCBFRIP. 2002d. Tetrabromobisphenol A: A prolonged sediment toxicity test with *Lumbriculus variegatus* using spiked sediment with 5% total organic carbon. Wildlife International, Ltd. Project Number: 439A-116. August 1, 2002.
- ACCBFRIP. 2005. Tetrabromobisphenol-A (TBBPA): A 28-day sediment toxicity test with *Chironomus riparius* using spiked sediment. Wildlife International, Ltd. Project Number: 439A-130. July 12, 2005
- Canada. 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. L.C., 1999, ch. 33. *Gazette du Canada*, Partie III, vol. 22, n° 3. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/C-15.31/>
- Canada. 2000. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Règlement sur la persistance et la bioaccumulation*. C.P. 2000-348, 29 mars 2000, DORS/2000-107. Accès : <http://publications.gc.ca/gazette/archives/p2/2000/2000-03-29/pdf/g2-13407.pdf>
- Canada. 2008. Évaluation préalable finale pour le Défi concernant le Phénol, 4,4'-(1-méthyléthylidène)bis (Bisphénol-A).
- Canada. 2013. Rapport d'évaluation préalable : 2,2',6,6-Tétrabromo-4,4'-isopropylidènediphénol, 4,4'-Isopropylidènebis[2-(2,6-dibromophénoxy) éthanol], 1,1'-Isopropylidènebis[4-(allyloxy)-3,5- dibromobenzène].
- [CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1998. Protocole d'élaboration de recommandations pour les résidus dans les tissus en vue de protéger les espèces fauniques consommant le biote aquatique au Canada. Winnipeg (Man.) : Conseil canadien des ministres de l'environnement.
- [CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2007. Protocole d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux en vue de protéger la vie aquatique. In: *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux*, 1999. Winnipeg (Man.) : Conseil canadien des ministres de l'environnement.
- Chu, S. and R. J. Letcher, 2013. Halogenated phenolic compound determination in plasma and serum by solid phase extraction, dansylation derivatization and liquid chromatography-positive electrospray ionization-tandem quadrupole mass spectrometry. *J. Chromatography A*. 1320:11-117

- Danish Environmental Protection Agency. 1999. Brominated flame retardants. Substance flow analysis and assessment of alternatives. Rapport préparé par Carsten Lassen et Søren Løkke, COWI Consulting Engineers and Planners, et Lina Ivar Andersen, Danish Institute of Fire Technology. Juin 1999.
- de Boer, J., Allchin, C., Zegers, B., Boon, J.P., Brandsma, S.H., Morris, S., Kruijt, A.W., van der Veen, I., van Hesselingen, J.M., Haftka, J.J.H. 2002. HBCD and TBBP-A in sewage sludge, sediments and biota, including interlaboratory study. RIVO Report No.: C033/02. Septembre 2002. [cité par Royaume-Uni, 2005].
- [DEFRA] United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2002. Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks for octabromodiphenyl ether. Rapport final du Risk & Policy Analysts Limited. Juin 2002.
- [EC] Environnement Canada. 2001. Données recueillies conformément à l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et à l'*Avis concernant certaines substances inscrites sur la Liste intérieure de substances (LIS)*, *Gazette du Canada*, vol. 135, n° 46.
- [EC] Environnement Canada. 2014. Federal Environmental Quality Guidelines for Bisphenol A. Gatineau, (Qc) : Environnement Canada, Bureau national des recommandations et des normes.
- Escher, B.I., Sigg, L. 2004. Chemical speciation of organics and of metals at biological interphases. In: van Leeuwen, H.P., Koster, W. (éd.) *Physicochemical kinetics and transport at biointerfaces*. John Wiley & Sons Ltd. p. 205-269.
- [GC] Gouvernement du Canada. 2000. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*: *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation*, P.C. 2000-348, 29 mars, 2000, SOR/2000-107. Accès: <http://www.gazette.gc.ca/archives/p2/2000/2000-03-29/pdf/g2-13407.pdf>.
- [GC] Gouvernement du Canada. 2008. Évaluation préalable du Défi: Phenol, 4,4'-(1-méthylethylidène)bis- (Bisphenol A).
- [GC] Gouvernement du Canada. 2008. Évaluation préalable : Phenol, 4,4'-(1-méthylethylidène) bis[2,6-dibromo-, Ethanol, 2,2'-[(1-méthylethylidène)bis[(2,6-dibromo-4,1-phenylene)oxy]]bis, Benzene, 1,1'-(1-méthylethylidène)bis[3,5-dibromo-4-(2-propényloxy)-.
- Great Lakes Chemical Corporation. 1989a. Acute toxicity of tetrabromobisphenol A to Eastern oysters (*Crassostrea virginica*) under flow-through conditions. Springborn Life Sciences, Inc. Report #89-1-2898, Study #1199-0688-6106-504. February 15, 1989.
- Great Lakes Chemical Corporation. 1989b. The subchronic toxicity of sediment-sorbed tetrabromobisphenol A to *Chironomus tentans* under flow-through conditions. Amended Final Report. Springborn Laboratories, Inc. Report #89-08-3067, Study #1199-1287-6107-128. October 6, 1989.
- Great Lakes Chemical Corporation. 1989c. The toxicity of tetrabromobisphenol A (TBBPA) to fathead minnow (*Pimephales promelas*) embryos and larvae. Springborn Laboratories, Inc. Report #89-2-2937, Study #1199-1287-6108-120. August 17, 1989.
- Great Lakes Chemical Corporation. 1989d. The chronic toxicity of tetrabromobisphenol A (TBBPA) to *Daphnia magna* under flow-through conditions. Springborn Laboratories, Inc. Report #89-01-2925, Study #1199-1287-6108-130. August 15, 1989.
- Gustafsson, K., Wallen, M. 1988. Status report on tetrabromobisphenol A (CAS no. 79-94-7). Solna (Suède) : Clearing house Sweden, National Chemicals Inspectorate. Rapport inédit. [cité dans OMS, 1995].
- Ismail, N., Pleskach, K., Marvin, C., Whittle, M., Keir, M., Helm, P., Tomy, G.T. 2006. Temporal trends of flame retardants in Lake Ontario lake trout (1979-2004). *Organohalogen Compounds* 68:1808-1811.
- Kuiper R.V., E.J. van den Brandhof, P.E.G. Leonards, L.T.M. van der Ven, P.W. Webster and J.G. Vos. 2007. Toxicity of tetrabromobisphenol A (TBBPA) in zebrafish (*Danio rerio*) in a partial life-cycle test. *Arch. Toxicol.* 81: 1-9.
- Larsen, G., Casey, F., Bergman, Å., Hakk, H. 2001. Mobility, sorption and fate of tetrabromobisphenol A (TBBPA) in loam soil and sand. In: *Résumés du 2nd International Workshop on Brominated Flame Retardants*. Atelier tenu du 14 au 16 mai 2001, à Stockholm, Suède. Stockholm. p. 213-216.
- Lee, H.B., Peart, T.E. 2002. Organic contaminants in Canadian municipal sewage sludge. Part I. Toxic or endocrine-disrupting phenolic compounds. *Water Quality Research Journal of Canada* 37:681-696.
- Letcher, R.J., Chu, S. 2010. High-sensitivity method for determination of tetrabromobisphenol-S and tetrabromobisphenol-A derivative flame retardants in great lakes herring gull eggs by liquid chromatography-atmospheric pressure photoionization-tandem mass spectrometry. *Environ. Sci. Technol.* 44:8615-8621.
- [OMS] Organisation mondiale de la Santé. 1995. Tetrabromobisphenol A and derivatives. Critères d'hygiène de l'environnement n° 172. Genève (Suisse) : Programme international sur la sécurité des substances chimiques.
- Quade, S.C. 2003. Determination of tetrabromobisphenol A in sediment and sludge. Thèse de maîtrise en sciences, Université de Guelph, Guelph (Ont.)
- Ronen, Z., Abeliovich, A. 2000. Anaerobic-aerobic process for microbial degradation of tetrabromobisphenol A. *Applied and Environmental Microbiology* 66:2372-2377.
- Sample, B.E., Opreko, D.M., Suter, G.W. II. 1996. Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. Oak Ridge (TN) : Health Sciences Research Division. Présenté au United States Department of Energy. Contract No. DE-AC05-84OR21400.
- Tada, Y., Fujitani, T., Yano, N., Takahashi, H., Yuzawa, K., Ando, H., Kubo, Y., Nagasawa, A., Ogata, A., Kamimura, H. 2006. Effects of tetrabromobisphenol A, brominated flame retardant, in ICR mice after prenatal and postnatal exposure. *Food Chem. Toxicol.* 44:1408-1413.

- [USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 1993. Wildlife Exposure Factors Handbook: Volume I. EPA/600/R-93/187a. Office of Research and Development.
- Walsh G.E., M.J. Yoder, L.L. McLaughlin and E.M. Lores. 1987. Responses of marine unicellular algae to brominated organic compounds in six growth media. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 14: 215–222.
- Wollenberger L., L. Dinan and M. Breitholtz. 2005. Brominated flame retardants: activities in a crustacean development test and in an ecdysteroid screening assay. *Environ. Toxicol. Chem.* 24: 400–407.
-

Liste des acronymes et des abréviations

- BPA – Bisphénol A
- CAS – Chemical Abstracts Service
- CCME – Conseil canadien des ministres de l'environnement
- CESE – Concentration estimée sans effet
- CExx – Concentration de XX % entraînant un effet
- CMAT – Concentration maximale admissible tolérable, égale à la moyenne géométrique de la dose sans effet nocif observé (DSENO) et de la dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) pour une espèce soumise à un essai
- CMEO – Concentration minimale avec effet observé
- DJA – Dose journalière admissible
- DMENO – Dose minimale avec effet nocif observé
- DSENO – Dose sans effet nocif observé
- EC – Environnement Canada
- EC50 – de concentration moyenne efficace ; la concentration dans le milieu d'essai que l'on estime avoir un effet toxique fixée à 50% des organismes d'essai
- FA – Facteur d'application
- FBC – Facteur de bioconcentration
- GC – Gouvernement du Canada
- K_{OA} – Coefficient de partage octanol-air
- K_{OE} – Coefficient de partage octanol-eau
- PGPC – Plan de gestion des produits chimiques
- ph – poids humide
- ps – poids sec
- REP – Rapport d'évaluation préalable
- RFQE – Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement
- RFQEx – Recommandations fédérales pour la qualité des eaux
- RFQS – Recommandations fédérales sur la qualité des sédiments
- RFRAF – Recommandations fédérales sur le régime alimentaire de la faune
- TBBPA – Tétrabromobisphénol A
- VCT – Valeur critique de toxicité