



**Convention de Stockholm
sur les polluants organiques
persistants**

Distr. : générale
8 novembre 2011

Français
Original : anglais

Comité d'étude des polluants organiques persistants
Septième réunion
Genève, 10-14 octobre 2011

**Rapport du Comité d'étude des polluants organiques
persistants sur les travaux de sa septième réunion**

Additif

**Évaluation de la gestion des risques concernant
l'hexabromocyclododécane**

À sa septième réunion, le Comité d'étude des polluants organiques persistants a adopté une évaluation de la gestion des risques concernant l'hexabromocyclododécane sur la base du projet figurant dans le document UNEP/POPS/POPRC.7/5, tel que modifié. Le texte de cette évaluation de la gestion des risques est reproduit dans l'annexe du présent additif. Il n'a pas été officiellement édité.

Annexe

Hexabromocyclododécane

ÉVALUATION DE LA GESTION DES RISQUES

14 Octobre 2011

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	4
1. Introduction.....	5
1.1 Identité chimique de la substance	5
1.2 Conclusion du Comité d'étude concernant les informations demandées à l'Annexe E....	7
1.3 Sources des données	8
1.4 Statut de la substance chimique au regard des conventions internationales	8
1.5 Mesures de réglementation prises au niveau national ou régional.....	8
2. Informations récapitulatives pertinentes pour l'évaluation de la gestion des risques.....	9
2.1 Mesures de réglementation possibles.....	10
2.2 Efficacité des mesures de réglementation possibles par rapport aux objectifs de réduction des risques.....	11
2.3 Informations sur les solutions de remplacement possibles (produits et procédés).....	14
2.3.1 Polystyrène expansé et polystyrène extrudé ignifugés	16
2.3.2 Solutions de remplacement pour les produits en polystyrène-choc	20
2.3.3 Solutions de remplacement pour les enduits d'envers de textiles.....	20
2.4 Résumé des informations concernant l'impact sociétal d'une mise en œuvre des mesures de réglementation possibles	21
2.4.1 Santé publique, hygiène du milieu et bien-être des travailleurs	21
2.4.2 Biote (biodiversité).....	22
2.4.3 Aspects économiques, en particulier coûts et avantages pour les producteurs et les consommateurs.....	22
2.4.4 Évolution vers le développement durable.....	24
2.5 Autres considérations.....	24
3. Synthèse des informations	25
3.1 Résumé des informations contenues dans le descriptif des risques	25
3.2 Résumé des informations contenues dans l'évaluation de la gestion des risques	25
3.3 Mesures de gestion des risques suggérées	26
4. Conclusion générale.....	27
Références	28

Résumé

1. L'hexabromocyclododécane (HBCD ou HBCDD) a été proposé comme substance candidate à l'inscription comme polluant organique persistant (POP) par la Norvège en 2008. En 2010, le Comité d'étude des polluants organiques persistants a décidé, à sa sixième réunion, qu'en raison de sa propagation à longue distance dans l'environnement, le HBCD est susceptible d'avoir de considérables effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement qui justifient la prise de mesures au niveau mondial. Selon l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), il répond aux critères relatifs aux POP énoncés dans le Protocole sur les polluants organiques persistants.
2. Le HBCD est fabriqué en Chine, aux États-Unis, en Europe et au Japon. Actuellement, la production connue est d'environ 28 000 tonnes par an (entre 9 000 et 15 000 pour la Chine et 13 426 pour l'Europe et les États-Unis). Les informations disponibles semblent indiquer une hausse de l'utilisation de cette substance. L'Europe et la Chine en sont les plus grands consommateurs.
3. Le HBCD s'utilise comme additif dans certains matériaux pour retarder leur inflammation et ralentir la propagation d'un éventuel feu dans les véhicules, bâtiments ou articles qui en contiennent et les endroits où ils sont entreposés. On le trouve principalement dans des isolants et produits de construction en mousse de polystyrène expansé ou extrudé, des textiles et des appareils électriques et électroniques (polystyrène choc). Dans les textiles, on s'en sert dans l'enduit d'envers de tissus d'ameublement et d'autres revêtements d'intérieur, y compris l'habillage intérieur des voitures. On ignore le volume des importations et exportations mondiales d'articles qui en contiennent.
4. Des rejets de HBCD dans l'environnement peuvent se produire au cours de la production, de la fabrication, de la transformation, du transport, de l'utilisation, de la manutention, du stockage ou du confinement et de l'élimination de cette substance ou de produits qui en contiennent. Il peut s'agir de rejets provenant de sources ponctuelles ou d'émissions diffuses résultant de l'utilisation de produits manufacturés (par exemple, panneaux isolants ou textiles traités) ou du vieillissement et de l'abrasion de tels produits au cours de leur vie utile. Plusieurs études ont montré la présence de HBCD dans l'air et dans la poussière à l'intérieur de bâtiments et de voitures aussi bien vieilles que neuves. Le brûlage et l'incinération sauvages de HBCD ou de produits qui en contiennent peuvent conduire à des dégagements de dioxines et furanes polybromés qui se forment en tant que sous-produits.
5. Selon les estimations disponibles, les émissions dans l'environnement qui ont lieu lors de la fabrication et de l'utilisation du HBCD sont faibles par rapport à celles émanant des produits et des déchets. Bien que les estimations concernant les quantités dégagées durant leur vie utile par les articles contenant cette substance soient très incertaines, les émissions dans l'air intérieur dues aux produits en polystyrène expansé ou extrudé se trouvant dans les bâtiments sont considérées peu importantes.
6. Les matériaux contenant du HBCD peuvent être une source de rejets à long terme dans l'environnement. Le gros de la production de HBCD va dans des articles, principalement en polystyrène expansé ou extrudé, utilisés dans le secteur du bâtiment. Les émissions futures de ces articles n'ont pas été évaluées. La durée de vie des mousses de polystyrène dont on se sert en construction serait d'environ 30 à 50 ans. L'utilisation de HBCD dans les panneaux isolants et les quantités de cette substance ainsi incorporées dans les bâtiments ne cessent de croître. Il est donc probable que les rejets concomitants augmenteront, en particulier à partir de 2025, avec le nombre de bâtiments contenant du polystyrène expansé ou extrudé traité au HBCD qu'il faudra rénover ou démolir. Le temps de basculement variera entre 10 et 50 ans selon les régions.
7. Les déchets contenant du HBCD comprennent des déchets de fabrication, de construction, de rénovation et d'autres provenances (appareils électriques et électroniques, textiles, véhicules de transport, etc.). On ignore les pourcentages de ces déchets mis en décharge, incinérés, abandonnés dans l'environnement ou recyclés. Ceux qui se retrouvent dans les flux de déchets municipaux ont des chances d'être mis en décharge ou incinérés. Dans les pays en développement, les appareils électriques et électroniques contenant du HBCD et d'autres substances toxiques sont souvent recyclés dans des conditions menant à des niveaux relativement importants de rejet de HBCD dans l'environnement, de contamination des sites et d'exposition des travailleurs. Les articles et déchets électroniques contenant du HBCD aboutissent bien souvent dans des sites de brûlage à ciel ouvert ou des décharges sauvages.

8. Pour pouvoir abandonner progressivement le HBCD, on pourrait, entre autres, utiliser d'autres retardateurs de flamme, résines et matériaux, ou revoir la conception des produits. Des produits capables de le remplacer dans le polystyrène-choc et les enduits d'envers sont déjà disponibles sur le marché. Ces solutions de remplacement chimiques non halogénées peuvent être considérées comme meilleures pour l'environnement et la santé. Aucun substitut direct n'existe actuellement pour tous les procédés de production de polystyrène expansé ou extrudé mais il devrait y en avoir un dans le commerce d'ici 2012. Par ailleurs, des efforts de collaboration entre différentes parties prenantes sont menés dans plusieurs régions pour développer d'autres substances chimiques, mais il faudra un certain temps aux fabricants de mousse de polystyrène pour introduire les solutions de remplacement identifiées. Plusieurs autres matériaux pouvant s'utiliser à la place du polystyrène expansé ou extrudé traité au HBCD sont également disponibles dans le commerce : mousses phénoliques, matelas de laine de verre ou de roche, verre cellulaire/mousse de verre, et isolants en vrac constitués de laine de roche, fibre de verre, cellulose ou mousse de polyuréthane. Dans certains pays, on utilise du polystyrène expansé ou extrudé non ignifugé en combinaison avec des techniques alternatives de construction et des barrières thermiques mais la possibilité de faire appel à cette solution dépend des codes nationaux en matière de construction.

9. La mesure de réglementation suggérée est d'inscrire le HBCD à la Convention. Pour tenir compte de certaines utilisations critiques temporaires, on pourrait accorder une dérogation spécifique pour son emploi dans le polystyrène expansé et extrudé, en stipulant des conditions pour la production et les utilisations considérées. Une telle mesure permettrait de mettre effectivement un terme à l'utilisation de HBCD comme retardateur de flamme dans des applications textiles à coefficient d'émission élevé et dans le polystyrène-choc, pour lesquels des solutions de remplacement sont largement disponibles, ainsi que dans le polystyrène expansé ou extrudé, lorsque des substituts directs seront introduits.

1. Introduction

10. Le 18 juin 2008, la Norvège, en tant que Partie à la Convention de Stockholm, a présenté une proposition tendant à inscrire l'hexabromocyclododécane (HBCD ou HBCDD) comme polluant organique persistant (POP) potentiel à l'Annexe A de la Convention (UNEP/POPS/POPRC.5/INF/16).

1.1 Identité chimique de la substance

11. Le HBCD du commerce est une substance solide de couleur blanche. Dans les informations fournies par les fabricants et importateurs, il porte deux noms différents, à savoir : hexabromocyclododécane (n° CAS 25637-99-4, n° CE 247-148-4) et 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane (n° CAS 3194-55-6, No. CE 221-695-9). La proposition norvégienne mentionne les deux. Dans sa formule développée, on le représente sous la forme d'une structure cyclique à laquelle les atomes de brome sont attachés (voir Tableau 1). De formule moléculaire C₁₂H₁₈Br₆, il a une masse molaire de 641 g/mol. En fonction du fabricant et de la méthode de production utilisée, le HBCD technique peut contenir de 70 à 95 % de γ -HBCD et de 3 à 30 % d' α - et β -HBCD (CE 2008; Conseil des ministres des pays nordiques 2008). Chacun de ces stéréoisomères possède son propre numéro CAS : 134237-50-6 pour l' α -HBCD, 134237-51-7 pour le β -HBCD, et 134237-52-8 pour le γ -HBCD. On trouvera d'autres informations relatives à l'identité chimique du HBCD dans le tableau 2 et dans le document complémentaire du descriptif des risques se rapportant à cette substance (UNEP/POPS/POPRC.6/INF/25).

Tableau 1. Informations relatives à l'identité chimique du HBCD

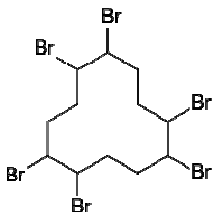
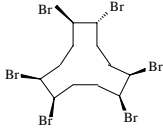
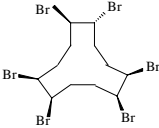
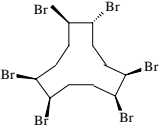
Structure chimique			
<p>Formule développée¹: Formule développée du 1,2,5,6,9,10-HBCD, n° CAS 3194-55-6 (Note : bien qu'incorrect du point de vue chimique, puisqu'il ne précise pas la position des atomes de brome, le n° CAS 25637-99-4 est également utilisé). À titre d'information supplémentaire, les structures et numéros CAS des diastéréoisomères qui constituent le 1,2,5,6,9,10-HBCD sont fournis ci-dessous, bien que ceux-ci apparaissent toujours sous forme de mélanges dans le produit technique.</p>			
<p>Éléments chiraux du HBCD du commerce</p>	 Alpha-HBCD n° CAS : 134237-50-6	 bêta-HBCD n° CAS : 134237-51-7	 gamma-HBCD n° CAS : 134237-52-8

Tableau 2 : Identité de la substance chimique

Identité chimique	
Nom chimique :	Hexabromocyclododécane et 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane
Numéro CE :	247-148-4; 221-695-9
Numéro CAS :	25637-99-4; 3194-55-6
Appellation UICPA :	Hexabromocyclododécane
Formule moléculaire :	C ₁₂ H ₁₈ Br ₆
Masse moléculaire :	641.7
Appellations commerciales / autres synonymes :	Cyclododécane, hexabromo; HBCD; Bromkal 73-6CD; Nikkafainon CG 1; Pyroguard F 800; Pyroguard SR 103; Pyroguard SR 103A; Pyrovatex 3887; Great Lakes CD-75P™; Great Lakes CD-75; Great Lakes CD75XF; Great Lakes CD75PC (compacted); Dead Sea Bromine Group Ground FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Standard FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Compacted FR 1206 I-CM.
Stéréoisomères et pureté des produits commerciaux :	En fonction du fabricant et de la méthode de production utilisée, le HBCD de qualité technique peut contenir de 70 à 95 % de γ-HBCD et de 3 à 30 % d'α- et β-HBCD (CE 2008). Chacun de ces stéréoisomères possède son propre numéro CAS. Heeb <i>et al.</i> (2005) en ont trouvé deux autres dans le HBCD commercial, en l'occurrence du δ-HBCD et de l'ε-HBCD à des concentrations respectives de 0,5 % et 0,3 %. Ces impuretés sont considérées comme achirales. Selon les mêmes auteurs, le 1,2,5,6,9,10-HBCD possède six centres stéréogènes, ce qui devrait, en théorie, permettre la formation de 16 stéréoisomères.

12. Le HBCD est commercialisé sur le marché mondial depuis la fin des années 60. Il serait produit en Chine, aux États-Unis, en Europe et au Japon. Actuellement, la production connue est d'environ 28 000 tonnes par an (la Chine en a produit entre 9 000 et 10 000 tonnes en 2009 et 15 000 tonnes en 2010 et les entreprises européennes et américaines membres du BSEF en ont produit 13 426 tonnes en 2009). On ne possède aucune information sur la production japonaise. Pareillement, aucune information sur la production des autres pays n'a été reçue.

13. D'après les réponses obtenues auprès des Parties et des observateurs, l'Europe et la Chine semblent actuellement être les plus grands consommateurs de cette substance. Les statistiques communiquées par le secteur montrent qu'en 2001, l'Europe a consommé 9 500, soit plus de la moitié, des 16 500 tonnes écoulées sur le marché mondial. La demande mondiale de HBCD a augmenté de 28 % en 2002, passant à 21 447 tonnes, et a encore augmenté de façon marginale en 2003, atteignant 21 951 tonnes (BSEF 2010). En 2006, la production et les importations de HBCD des États-Unis se seraient élevées à un total situé entre 4 540 et 22 900 tonnes (USEPA 2010). Le volume total de HBCD utilisé par l'UE au cours de la même année a été estimé à environ 11 580 tonnes, soit plus qu'elle n'en produit, ce qui laisse entendre une importation nette d'environ 6 000 tonnes (ECHA 2009). Le Japon a déclaré en avoir fabriqué et importé un total de 2 844 tonnes en 2008 et de 2 613 tonnes en 2009. Plusieurs autres pays, dont les suivants, ont déclaré en importer, pur ou incorporé dans des produits : Canada (100-1 000 tonnes), Australie (<100 tonnes), Pologne (500 tonnes importées annuellement de Chine), Roumanie (185 tonnes) et Ukraine (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Les informations disponibles semblent indiquer une hausse de l'utilisation de HBCD (ECHA 2009, UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

14. Le HBCD s'utilise comme additif dans certains matériaux pour retarder l'apparition et ralentir la propagation d'un éventuel incendie dans les véhicules, bâtiments ou articles qui en contiennent et les endroits où ils sont entreposés (BSEF 2010, voir UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 pour un aperçu). Au niveau mondial, il se rencontre principalement dans des isolants et produits de construction en polystyrène expansé¹ ou extrudé² (auxquels on peut imputer plus de 90 % de la consommation de HBCD) et, dans une moindre mesure, des produits textiles³ et des appareils électriques et électroniques contenant du polystyrène-choc⁴ (BSEF 2011, UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 et références citées dans ce document, entre autres, ECHA 2009, OCDE 2007, INE-SEMARNAT 2004, Lowell Center For Sustainable Production (LCSP) 2006 et BSEF 2010). Aux États-Unis, les données communiquées en application du règlement sur la mise à jour des inventaires montrent que le traitement des tissus, textiles et vêtements représente moins de 1 % des applications commerciales et grand public de cette substance (USEPA 2010). Dans l'industrie textile, on l'utilise dans l'enduit d'envers de tissus d'ameublement et d'autres revêtements d'intérieur, y compris l'habillage intérieur de voitures (Japon 2011, LCSP 2006). D'autres utilisations mineures ont également été signalées (KEMI 2006 et UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

15. Dans l'ensemble, les réponses des Parties, des observateurs et de l'ECHA (2009) ne permettent pas de connaître le volume des importations et exportations de HBCD incorporé dans des articles ignifugés. De manière générale, les mousses de polystyrène, étant spécialement conçus pour le marché local, ne sont pas exportées (SWEREA 2010, BSEF 2011).

1.2 Conclusions du Comité d'étude concernant les informations demandées à l'Annexe E

16. À sa sixième réunion en octobre 2010, le Comité d'étude des polluants organiques persistants a évalué le projet de descriptif des risques liés au HBCD établi conformément à l'Annexe E (UNEP/POPS/POPRC.6/13) et l'a adopté (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Il a conclu que « le HBCD est une substance synthétique ne possédant aucune source naturelle connue qui continue d'être utilisée dans de nombreux pays, y compris dans des articles et produits importés. Les rejets de cette substance sont en hausse dans toutes les régions étudiées, telles que l'Europe et l'Asie (Japon). Il est persistant dans l'environnement, se bioaccumulant et se bioamplifiant par ailleurs chez les poissons, les oiseaux et les mammifères. Certaines des concentrations mesurées dans le biote..., en particulier chez les animaux des niveaux trophiques supérieurs tels que les oiseaux et les mammifères, suscitent des préoccupations considérables aux plans de la santé humaine et de l'environnement. Le HBCD est [donc], en raison de sa propagation à longue distance dans l'environnement, susceptible d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et l'environnement qui justifient l'adoption de mesures

¹ 0,5-0,7 % HBCD poids humide (Canada, PlasticsEurope/Exiba 2011)

² 0,8-2,5 % HBCD poids humide (BFRIP 2005, XPSA et ACPI, PlasticsEurope/Exiba 2011)

³ 10-15 % HBCD poids humide (Commission européenne 2008)

⁴ 1-7 % HBCD poids humide (ECHA 2009)

au niveau mondial ». Le Comité a en outre décidé de créer un groupe de travail spécial chargé de réaliser, conformément à l'Annexe F de la Convention, une évaluation de la gestion des risques comprenant une analyse des mesures de réglementation éventuelles de l'hexabromocyclododécane, pour examen à sa réunion suivante.

1.3 Sources des données

17. La présente évaluation de la gestion des risques a été établie à partir des informations au titre de l'Annexe F fournies par les Parties et les observateurs, y compris les fabricants et utilisateurs industriels de HBCD.

18. Seize Parties et pays observateurs (Allemagne, Brésil, Burundi, Canada, Chine, Colombie, Costa Rica, Équateur, Finlande, Japon, Maurice, Nigéria, Norvège, République tchèque, Roumanie et Suède) ainsi que cinq observateurs non gouvernementaux (Bromine Science and Environmental Forum (BSEF), PlasticsEurope/Exiba, Instituto do Meio Ambiente (IMA) du Brésil, Extruded Polystyrene Foam Association (XPSA) et Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP)) ont fourni des informations. Ces dernières sont disponibles sur le site web de la Convention.

1.4 Statut de la substance chimique au regard des conventions internationales

19. Le HBCD fait partie du groupe des retardateurs de flamme bromés de la liste de substances prioritaires de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR), qui se compose de représentants des 15 parties contractantes et de la Commission européenne. Il figure également dans la liste des substances dangereuses prioritaires de la Commission d'Helsinki (HELCOM).

20. En décembre 2009, l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) a jugé, sur la base d'une étude technique (ECE/EB.AIR/WG.5/2009/7), que le HBCD répondait aux critères relatifs aux POP énoncés dans le Protocole sur les polluants organiques persistants. En 2010, les options de gestion disponibles pour le HBCD ont été évaluées en vue de définir un point de départ pour les négociations ultérieures, qu'il est prévu d'entamer en décembre 2011.

1.5 Mesures de réglementation prises au niveau national ou régional

21. Pour l'Union européenne, le HBCD fait partie des substances PBT (persistantes, bioaccumulables et toxiques) extrêmement préoccupantes visées à l'article 57 d) du règlement REACH (ECHA 2008b). En février 2011, l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) l'a inclus dans sa liste des substances soumises à autorisation au titre de ce règlement. À partir de 2015, une autorisation sera nécessaire pour pouvoir l'utiliser. Pour garantir une transition en douceur une fois qu'une solution de remplacement sera disponible, les fabricants européens de polystyrène devront envisager de demander l'autorisation de continuer à en utiliser après août 2015⁴. Une proposition visant à classer et étiqueter le HBCD comme potentiellement toxique pour la reproduction est actuellement à l'étude au sein de l'UE (Proposal for Harmonised Classification and Labelling, Based on the CLP Regulation (EC) n° 1272/2008, Annex VI, Part 2 Substance Name: Hexabromocyclododecane Version 2, Sep. 2009) (KEMI 2009). Selon le Comité d'évaluation des risques, il devrait être classé comme susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus (Repr 2 H361) et aux enfants nourris au sein (Lact. H362) (RAC 2010). Dans l'Union européenne, il est considéré comme dangereux pour l'environnement, très toxique pour les organismes aquatiques, et susceptible d'entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique (N:R50/53).

22. La Directive 2002/96/CE sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) de l'Union européenne exige que toutes les matières plastiques contenant des retardateurs de flamme bromés soient retirées des circuits imprimés des appareils électriques et électroniques avant leur récupération ou recyclage.

23. La Directive 89/106/CEE du Conseil sur les produits de construction mentionne, dans son Annexe 1, l'hygiène, la santé et l'environnement au nombre des exigences essentielles à spécifier dans les normes harmonisées relatives à ces produits, au même titre que la résistance mécanique et la stabilité, la sécurité en cas d'incendie, la sécurité d'utilisation, la protection contre le bruit, l'économie d'énergie et l'isolation thermique. Cette exigence essentielle reconnaît les réglementations nationales concernant les substances dangereuses susceptibles de polluer l'air intérieur des bâtiments, le sol ou les eaux superficielles ou souterraines, ou d'avoir un impact sur l'environnement, qui pourraient s'échapper de ces produits. La directive s'applique aux propriétés de ces produits une fois qu'ils sont installés dans les bâtiments et non à celles qu'ils présentent au cours des opérations de fabrication, de démolition ou d'élimination. Le HBCD apparaît dans la liste indicative de substances dangereuses

réglementées qui devrait être prise en compte dans les normes relatives aux produits (http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/documents/legislation/cpd/index_en.htm).

24. En Ukraine, le HBCD figure dans le registre national des facteurs dangereux établi par le Ministère de la santé, qui contient une liste des substances chimiques utilisées sur son territoire par l'industrie. L'homologation du HBCD est valide jusqu'en 2014. Le Comité national de réglementation en matière d'hygiène est chargé d'administrer les mesures d'évaluation des risques et la réglementation sanitaire correspondante au niveau national.

25. Au Japon, le HBCD a été inclus, en raison de sa persistance et de sa forte bioaccumulabilité, dans la liste des substances chimiques devant faire l'objet d'une surveillance dans le cadre de la loi sur l'évaluation des substances chimiques et la réglementation de leur fabrication, etc. (communément appelée « loi sur le contrôle des substances chimiques »). Au titre de cette loi, les Ministres japonais de la santé, du travail et des affaires sociales, de l'économie, du commerce et de l'industrie, et de l'environnement ont, en septembre 2010, ordonné aux fabricants et aux importateurs de cette substance de la soumettre à des essais de reproduction aviaire (Directive 206 de l'OCDE concernant les essais) de leur en communiquer les résultats au plus tard à la fin du mois de mars 2012.

26. Aux États-Unis, l'USEPA compte proposer, au titre de la loi sur la réglementation des substances toxiques, une règle relevant de la section 5 a) 2) relative aux nouvelles utilisations importantes, pour l'incorporation de HBCD dans les textiles de consommation courante. La règle ne devrait pas s'appliquer aux textiles automobiles, dont l'utilisation se poursuit. Elle imposerait à toute personne qui a l'intention de fabriquer, d'importer ou de transformer du HBCD pour traiter certains textiles de consommation courante de le notifier à l'USEPA au moins 90 jours à l'avance pour permettre à l'USEPA d'évaluer l'activité envisagée et, le cas échéant, de l'interdire ou de la restreindre.

27. En Norvège, une proposition visant à interdire le HBCD du territoire national est actuellement à l'étude au sein du ministère de l'environnement (Norvège 2011).

28. Le Canada entreprend actuellement une évaluation des risques présentés par cette substance. À l'issue de cette évaluation, qui devrait s'achever en 2011, il se penchera sur les mesures de réglementation à mettre en place.

2. Informations récapitulatives pertinentes pour l'évaluation de la gestion des risques

29. Des rejets de HBCD dans l'environnement peuvent se produire au cours de la production, de la fabrication, de la transformation, du transport, de l'utilisation, de la manutention, du stockage ou du confinement et de l'élimination de cette substance ou de produits qui en contiennent. Il peut s'agir de rejets provenant de sources ponctuelles ou d'émissions diffuses résultant de l'utilisation de produits manufacturés. Par ailleurs, le brûlage et l'incinération de HBCD ou de produits qui en contiennent peuvent conduire à des dégagements de dioxines et furanes polybromés qui se forment en tant que sous-produits. Ces rejets, qui dépendent des conditions de combustion, sont peu importants dans les incinérateurs les plus récents qui, toutefois, ne se rencontrent pas partout.

30. Dans son évaluation des risques (CE 2008), l'Union européenne estime que les quantités de HBCD émises dans l'environnement lors de la fabrication et de l'utilisation de cette substance sont faibles, ne représentant que 0,1 % du volume de la production et des importations (8,7 tonnes sur un total de 8 000 à 9 000 tonnes), comparées aux rejets provenant des produits et des déchets. Elles sont néanmoins préoccupantes pour certains compartiments de l'environnement. 99,9 % du HBCD produit ou importé par les pays de l'Union aboutirait dans des articles, le plus souvent en polystyrène expansé ou extrudé, utilisés dans le secteur du bâtiment. Ces articles sont supposés avoir une très longue durée de vie. Les émissions qu'ils sont susceptibles de produire plus tard (par exemple, lors de la réparation ou de la démolition de bâtiments, routes, lignes ferroviaires ou autres constructions) n'ont pas été évaluées. Selon le rapport d'évaluation des risques, il est très probable que de telles émissions se produiront mais il n'existe aucun moyen de les quantifier. À moins d'un recyclage quasi-total de tous les matériaux de construction en polystyrène usagés, il serait possible qu'à la fin de leur vie utile, ces derniers produisent plus d'émissions que lors de leur fabrication. Les risques à long terme liés à l'utilisation de HBCD dans des articles à longue durée de vie pourraient donc avoir été gravement sous-estimés.

31. Une partie des rejets de HBCD est due à des produits (CE 2008, Miyake et al. 2009, et Kajiwara et al. 2009) mais les estimations des quantités dégagées par ces derniers durant leur vie utile sont très incertaines (ECHA 2009). Il n'est pas à exclure que l'utilisation de HBCD comme additif retardateur de flamme dans des produits textiles provoque, au lavage de ces derniers, une contamination des eaux superficielles. On peut en outre s'attendre, durant la vie utile des tissus, à des

émissions causées par leur vieillissement (CE 2008). Il a été estimé que les quantités de HBCD que les articles en polystyrène expansé ou extrudé rejettent dans l'air intérieur lorsqu'on les secoue sont négligeables (ECHA 2009). Les panneaux installés dans les bâtiments constituent toutefois une source plus importante d'émissions diffuses (SWEREA 2010, KLIF 2011a, ECHA 2008). Plusieurs études ont montré la présence de HBCD dans l'air et dans la poussière à l'intérieur de bâtiments (Abdallah et al. 2008a et b, Abdallah 2009, Goosey et al. 2008, Stapleton et al. 2008, Stuart et al. 2008, Takigami et al. 2009 a et b) et de voitures aussi bien vieilles que neuves (Harrad et Abdallah 2011). D'après les informations communiquées par le Japon (2011), les nouveaux modèles de voitures ne contiennent plus de tissus traités au HBCD.

32. Les résultats d'une analyse des flux de substance effectuée au Japon (Managaki et al. 2009) indiquent que les matériaux de construction continueront à émettre du HBCD pendant des dizaines d'années et qu'ils peuvent constituer des sources durables de propagation de cette substance par lixiviation ou évaporation dans l'environnement, sans compter les rejets plus importants qu'ils produiront lorsque les bâtiments concernés seront démolis ou rénovés. L'augmentation des quantités de HBCD en circulation peut également, selon cette étude, conduire à des problèmes au niveau du recyclage des matériaux de construction quand on se mettra à démolir ou rénover les bâtiments actuels. Ces résultats sont corroborés par ceux obtenus en Suisse (Morf et al. 2008), qui font également ressortir la gestion des déchets et les décharges comme des sources à long terme de rejets de HBCD. Le volume de ces rejets dépend toutefois de la stratégie de gestion des déchets (incinération ou mise en décharge contrôlée ou non contrôlée) choisie par chaque pays.

33. Les quantités de HBCD rejetées par les déchets dépendent de la manière dont ceux-ci sont éliminés. À la fin de leur vie utile, les produits contenant du HBCD sont généralement mis en décharge, incinérés, recyclés, ou jetés dans l'environnement (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). On ne possède pas de statistiques sur ces différents types de traitement. Les déchets qui se retrouvent dans les flux municipaux ont des chances d'être mis en décharge ou incinérés (CE 2008). Les déchets solides contenant du HBCD comprennent, entre autres, les matériaux mis au rebut au cours des processus de transformation, les particules se détachant des produits finis au fil de leur usure ou vieillissement, et des produits en fin de vie. Les produits et matériaux mis en décharge se dégraderont sous l'effet des intempéries, diffusant ainsi des particules de HBCD principalement dans le sol et, dans une moindre mesure, dans les eaux et dans l'air (ECHA 2009, Environnement Canada 2010b). Une possibilité de formation d'autres sous-produits existe lors de l'incinération (voir plus bas).

34. La majorité des déchets contenant du HBCD sont des panneaux isolants. La durée de vie des mousses de polystyrène utilisées dans le secteur du bâtiment serait de 30 à 50 ans (ECHA 2009, Plastics Europe 2009, SWEREA 2010). Il semble qu'on s'en débarrasse dans la plupart des cas en les mettant en décharge ou en les incinérant mais des rejets de HBCD dans la poussière se produiront également lors de la démolition de bâtiments contenant des panneaux isolants ignifugés. L'utilisation de HBCD dans les panneaux isolants et les quantités de cette substance ainsi incorporées dans les bâtiments ne cessent de croître. Il est donc probable que les rejets concomitants augmenteront, en particulier à partir de 2025, avec le nombre de bâtiments contenant du HBCD qu'il faudra rénover ou démolir. Ce temps de basculement variera d'une région du monde à l'autre, allant de 10 à 50 ans. En Europe, le polystyrène expansé occupe 35 % du marché des isolants pour le secteur du bâtiment (www.eumeps.org).

2.1 Mesures de réglementation possibles

35. L'objectif de la Convention de Stockholm (article 1) est de protéger la santé humaine et l'environnement contre les polluants organiques persistants. Dans le cas du HBCD, cela peut se faire en l'incluant dans cette Convention, le cas échéant en stipulant des conditions pour certaines de ses utilisations. Lors de l'étude des mesures de réglementation possibles, il convient de prendre en considération non seulement les rejets se produisant lors de la fabrication et de l'utilisation de cette substance et des articles qui en contiennent, mais aussi ceux que la gestion des déchets d'articles en fin de vie peut occasionner.

36. Au nombre des mesures permettant de cesser progressivement le recours au HBCD, on pourrait inclure l'utilisation de retardateurs de flamme et de résines ou matériaux de substitution ainsi que la révision de la conception des produits (LCSP 2006). Une réévaluation des exigences en matière de sécurité incendie, par exemple pour les endroits ne présentant aucun risque d'incendie (comme dans le cas des applications souterraines, bien que le risque d'incendie puisse ne pas être nul durant la construction et le stockage des matériaux avant le début des travaux) permettrait en outre de réduire les besoins de matériaux isolants ignifugés. Il est possible de réduire les émissions de HBCD produites au cours des processus faisant appel à cette substance ou à des matériaux qui en contiennent et durant la phase de gestion des déchets.

37. Dans le cadre du processus de l'Annexe F, les Parties et observateurs se sont penchés sur un certain nombre d'utilisations du HBCD. Des solutions de remplacement sont d'ores et déjà disponibles et utilisées dans de nombreux pays dans la production de polystyrène-choc et d'enduits d'envers ignifugés pour les applications textiles. Dans certaines régions, on utilise des produits chimiques de remplacement pour ignifuger le polystyrène expansé mais ces produits ne conviennent pas à certains processus de fabrication (voir section 2.3.1). Par contre, l'utilisation d'autres matériaux isolants et d'autres méthodes de construction est largement répandue. Ces utilisations et les solutions de remplacement envisageables seront examinées plus avant dans la section 2.3.

38. Au cas où la réglementation prévoirait des dérogations spécifiques ou des buts acceptables, il pourrait être nécessaire de mettre en place des mesures de réduction des émissions et de faire appel aux meilleures techniques disponibles ainsi qu'aux meilleures pratiques environnementales pour réduire les rejets de HBCD dans l'environnement. Les fabricants européens de HBCD et de polystyrène ont, en 2006, lancé des programmes volontaires de réduction des émissions ciblant les utilisateurs de première ligne (Self-Enforced Control of Use to Reduce Emissions (SECURE) et Voluntary Emissions Control Action Programme (VECAP)). La plupart des entreprises européennes de la filière polystyrène appliquent ces mesures (EBFRIP 2009a). Le rapport d'activité du VECAP pour 2010 indique que 95 % des déchets d'emballage sont traités au moyen des meilleures techniques d'élimination disponibles (VECAP 2011). Par ailleurs, l'utilisation des meilleures pratiques lors de la manutention a fait passer les rejets potentiels totaux des entreprises membres étudiées de 2 017 kg en 2008 à 309 kg en 2009 et 560 kg en 2010 (cette hausse s'explique par une modification des paramètres et hypothèses de départ de l'étude au regard de la constatation que les utilisateurs ne disposent pas tous d'un système de ventilation). Les fabricants japonais de rideaux et stores ont également mis au point une méthode de coagulation-sédimentation réduisant les rejets aquatiques de HBCD lors de la teinture (Japon 2011).

39. Si on inscrit le HBCD à la Convention, il convient d'introduire des mesures de gestion des déchets conformément aux dispositions de l'article 6 1) d) ii) pour garantir l'élimination des produits contenant du HBCD (polystyrène expansé ou extrudé, polystyrène-choc, textiles) d'une manière permettant de détruire les polluants organiques persistants qu'ils contiennent ou d'une autre manière respectueuse de l'environnement. Cela implique l'identification des matériaux contenant cette substance, par exemple lors de la rénovation ou du démantèlement de bâtiments, pour faciliter la destruction des polluants organiques persistants contenus dans les déchets et éviter les pratiques de gestion inappropriées menant au recyclage de ces polluants organiques persistants.

2.2 Efficacité des mesures de réglementation possibles par rapport aux objectifs de réduction des risques

40. L'inscription du HBCD à la Convention réduirait effectivement les rejets de cette substance. elle obligerait à introduire, soit d'autres techniques de construction ou matériaux d'isolation permettant d'obtenir le niveau de sécurité incendie voulu, soit un substitut du HBCD pour les fabricants. Dans le cas des textiles et du polystyrène-choc, des solutions de remplacement sont déjà disponibles sur le marché mais le HBCD continue d'être utilisé, surtout dans l'industrie textile.

41. Selon le document UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2, les rejets de HBCD se poursuivent sur toute la durée du cycle de vie des produits qui en contiennent. Les estimations faites dans l'Union européenne indiquent que les rejets de HBCD dans l'environnement sont relativement faibles durant la production et la fabrication. L'ECHA (2008a) estime que ceux produits durant la fabrication et l'utilisation de panneaux isolants (95 % de la consommation de HBCD) et de textiles (2 % de la consommation) sont du même ordre de grandeur. Les émissions diffuses produites par les mousses lors de leur mise en place et de leur enlèvement ainsi que par les déchets d'emballage contribuent également à la présence de HBCD dans l'environnement. Les déchets de mousses de polystyrène et le recyclage d'appareils électriques et électroniques dans les pays en développement produisent, en particulier, d'importants rejets.

42. Les techniques de lutte contre les émissions et de gestion de déchets appliquées sur les sites de production ne suffiront pas, à elles seules, à résoudre le problème sanitaire et écologique posé par le HBCD puisque les émissions diffuses et les rejets dans les réserves d'eau et les égouts dus à l'utilisation et à l'usage de produits contenant cette substance, de même que les rejets qu'ils occasionnent une fois arrivés à l'état de déchets, suscitent également des préoccupations importantes. Plusieurs études ont montré la présence de HBCD dans la poussière à l'intérieur de maisons d'habitation, bureaux et véhicules (Abdallah et al. 2008a et b, Abdallah 2009, Goosey et al. 2008, Stapleton et al. 2008, Stuart et al. 2008, Takigami et al. 2009a et b).

43. Les produits recyclés contenant du HBCD, en particulier des panneaux de polystyrène expansé ou extrudé, sont tout aussi capables d'en émettre que les produits vierges. D'après l'analyse des flux

de substance réalisée par la Suisse, les matériaux contenant du HBCD sont recyclés en plus grandes quantités que ceux utilisant d'autres retardateurs de flamme bromés. En Suisse, on prévoyait que le taux de recyclage des matériaux d'isolation contenant du HBCD passerait de 30 % en 2005 à 60 % en 2010 (Geopartner 2007).

44. Les déchets de polystyrène expansé se recyclent généralement s'ils n'ont pas été contaminés par d'autres matériaux. Les opérations de récupération des métaux ou matières plastiques contenus dans les appareils électroniques et les véhicules sont également des sources potentielles de rejets. La Directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques de l'UE (2002/96/CE) exige que toutes les matières plastiques contenant des retardateurs de flamme bromés soient retirées des circuits imprimés des appareils électriques et électroniques avant leur récupération ou recyclage. Elle ne touche toutefois qu'une petite partie des déchets contenant du HBCD. Les quantités recyclées varient d'un pays à l'autre mais peuvent être importantes (30 % du polystyrène expansé pour les pays de l'UE, selon les estimations (ECHA 2009)). En Europe, il existe actuellement des possibilités de recycler le polystyrène expansé de manière économique, dont il est fait usage. Les déchets de polystyrène expansé peuvent être broyés et réinjectés dans le cycle de fabrication de ce matériau, éventuellement en les mélangeant à des billes neuves de polystyrène expansé, pour obtenir de nouveaux produits, ou fondus et extrudés pour obtenir du polystyrène compact pouvant servir à fabriquer des bacs à fleurs, des cintres, des substituts du bois ou des articles thermoformés à partir de plaques, tels que plateaux, etc. Mélangé à d'autres plastiques, le polystyrène expansé peut être recyclé en piquets de clôture, panneaux de signalisation routière, etc. (EUMEPS 2011) mais le HBCD est alors susceptible de passer dans des articles difficiles à identifier, comme le Comité d'étude des polluants organiques persistants l'a constaté dans le cas du recyclage de produits contenant du penta- et de l'octaBDE. Les fragments de polystyrène expansé peuvent également être fondus et réutilisés pour le drainage et le traitement des sols. En agriculture et horticulture, on se sert de granules fabriquées à partir de déchets de polystyrène expansé pour améliorer la texture des sols (UNEP/POPS/POPRC.6/10, Vogdt 2009).

45. Dans les flux contrôlés de déchets, on peut envisager de trier les matériaux contenant du HBCD, mais cela ne sera pas toujours techniquement faisable, étant donné qu'il n'est pas possible d'identifier ces matériaux sans équipement technique et qu'ils sont parfois mélangés à d'autres matériaux. Ces difficultés peuvent entraver la collecte et le recyclage des isolants en polystyrène expansé à la fin de leur vie utile, qui est estimée à environ 30 à 50 ans. En Europe, les produits ignifugés ont, en 2007, représenté 60 % de la demande totale de polystyrène expansé et 92 % de celle de polystyrène extrudé (PlasticsEurope/Exiba 2011). L'étiquetage de ces produits ou de certains de leurs constituants pourrait constituer une aide précieuse pour l'identification de ceux qui contiennent du HBCD et leur séparation à la fin de leur vie utile (KEMI 2006). Les quantités concernées peuvent être importantes, en particulier pour les mousses isolantes, qui sont en usage depuis les années 80.

46. À l'heure actuelle, les plus importantes sources de rejets de HBCD dans les déchets sont, en ce qui concerne l'Europe, les textiles et les articles en polystyrène-choc ignifugés (CE 2011). Dans les pays en développement, le recyclage d'appareils électriques et électroniques contenant du HBCD et d'autres substances toxiques se fait souvent dans des conditions qui entraînent des rejets relativement plus importants de HBCD dans l'environnement ainsi qu'un niveau plus élevé de contamination des sites (Zhang et al. 2009) et d'exposition des travailleurs (Tue et al. 2010). Les déchets électroniques et autres contenant du HBCD y sont souvent brûlés à l'air libre ou abandonnés dans des décharges sauvages (Malarvannan et al. 2009, Polder et al 2008c).

47. L'incinération contrôlée constitue un moyen de se débarrasser des déchets contenant du HBCD (ECHA 2009, PlasticsEurope/Exiba 2011). Ce dernier se décompose au cours de l'opération. Au cours d'une étude de co-combustion dans une installation pilote fonctionnant à haute température (> 900°C), l'addition de mousses a conduit à une forte hausse de la teneur en brome (allant jusqu'à six fois plus) de la charge de l'incinérateur mais n'a eu aucun effet notable sur le danger global posé par les gaz bruts et les émissions en provenance de l'incinérateur. Le supplément de brome a toutefois été quasi-totalement libéré dans les gaz bruts, les concentrations dans les cendres lourdes demeurant inchangées (APME). Les résultats des expériences confirment que le HBCD contenu dans les matériaux peut, dans certaines conditions, conduire à la formation de polybromodibenzo-p-dioxines (PBDD) et de polybromodibenzofuranes (PBDF), y compris dans les installations d'incinération de déchets municipaux dernier cri (APME, NCM 2004). L'apparition de dioxines et furanes polybromés et -chlorés mélangés est principalement due à une synthèse *de novo*, comme pour les PCDD/F (Schuler et Jager, 2004). Toutefois, les températures très élevées auxquelles les incinérateurs de la dernière génération fonctionnent détruiront probablement les éventuels PBDD et PBDF produits et leurs systèmes de traitement des gaz de combustion contiendront les émissions dans l'environnement. L'efficacité de l'incinération et les conditions de fonctionnement des systèmes de traitement des gaz de combustion revêtent une grande importance pour les émissions résultantes de dioxines (NCM 2004) et de retardateurs de flamme bromés (y compris le HBCD) qui, dans des conditions de combustion

contrôlées, peuvent être détruites avec une grande efficacité (Weber et Kuch 2003). Le brûlage incontrôlé, les incendies accidentels, les usines de pyrolyse ou gazéification et les incinérateurs présentant un défaut de fonctionnement peuvent donc être des sources d'émissions de sous-produits bromés (Weber et Kuch 2003, ECHA 2009). Desmet et al. (2005) ont également mis en évidence la formation de bromophénols, qui sont des précurseurs connus des PBDD et PBDF, au cours de la combustion de produits en polystyrène extrudé contenant du HBCD. Ils ne se sont pas penchés sur la formation de dioxines et furanes bromés mais ont fait remarquer qu'il y avait de grandes chances que ces bromophénols donnent naissance à divers dioxines et furanes bromés, bien qu'ils n'aient pas été mesurés.

48. On prévoit qu'un nombre plus élevé d'incinérateurs de dernière génération seront disponibles dans certains pays au cours des années à venir, ce qui permettra de réduire la proportion de matériaux contenant du HBCD dont on se débarrasse par enfouissement. En attendant, la mise en décharge reste le moyen le plus courant d'éliminer les déchets, ce qui conduit à une accumulation de matériaux contenant du HBCD dans les décharges. Au Japon, les déchets contenant du HBCD (par exemple, polystyrène expansé et extrudé et ASR⁵) font l'objet d'une valorisation énergétique et matière, afin de promouvoir le développement durable.

Exigences en matière de résistance au feu

49. Le polystyrène et ses copolymères ont tendance à se dépolymériser aux températures de combustion, ce qui donne lieu à des dégagements de composés volatils et d'hydrocarbures à forte densité énergétique. La réaction d'un matériau au feu dépend aussi des charges, revêtements, stratifications, pigments, colorants et autres ingrédients qu'il comporte. L'inflammabilité des polymères se mesure principalement à leur allumabilité, facilité d'extinction, pouvoir propagateur de flamme, débit calorifique et dégagement de fumée, qui caractérisent le comportement des matériaux en cas d'incendie (Weil et Levchik 2009). Les matériaux intrinsèquement inflammables peuvent donc avoir besoin d'être ignifugés pour les conformer aux réglementations en matière de résistance au feu en vigueur dans les pays considérés pour une utilisation donnée. Dans les législations nationales, les exigences sont normalement définies en termes globaux et relatifs et ne sont pas rattachées à l'utilisation de retardateurs de flamme spécifiques. Elles énoncent des critères vérifiables, souvent établis avec l'aide d'organismes de normalisation tels que l'ISO, le Comité européen de normalisation (CEN) et Underwriters Laboratories (UL) (KEMI 2006), permettant de s'assurer qu'elles ont été respectées.

50. Dans le système européen de classification de la réaction au feu des produits et matériaux de construction, les exigences portent non pas sur les matériaux individuels présents dans un produit, mais sur l'ensemble du produit dans les conditions d'utilisation prévues. Il est toutefois courant d'avoir des réglementations nationales spécifiques pour la résistance au feu des matériaux d'isolation à nu, qui ne reflète pas nécessairement leur comportement en situation réelle.

51. Les exigences varient donc d'un pays de l'UE à l'autre, en fonction de l'application à laquelle on destine ces matériaux et des conditions dans lesquelles ils seront utilisés (par exemple, nombre d'étages du bâtiment). Des critères relatifs aux performances des éléments de construction se trouvent au cœur de la nouvelle Directive « produits de construction » (DPC) de l'UE. Il a été avancé que cette approche axée sur les résultats d'ensemble permettrait une amélioration à moindre coût de la sécurité incendie (EUMEPS 2011).

52. De nombreux pays ont mis en place des normes concernant le comportement au feu des matériaux de construction ou des critères de performance pour les éléments de construction tels que les planchers, murs et plafonds (SWEREA 2010, KLIF 2011a, KLIF 2011b). Les règlements en matière de sécurité incendie des pays suivants : Allemagne, Autriche, Canada, Chine, Danemark, Hongrie, Islande, Pays-Bas, République tchèque, Slovaquie, Slovénie et Suisse imposent l'utilisation de retardateurs de flamme pour toutes les applications dans le secteur du bâtiment, quelles qu'elles soient (Allemagne, PlasticEurope/Exiba 2011). Les produits en polystyrène expansé stockés doivent également être ignifugés dans le but de retarder l'apparition et ralentir la propagation d'un éventuel incendie. En Italie, au Portugal et au Royaume-Uni, les mousses de polystyrène sont généralement ignifugées (BSEF 2011). Au Royaume-Uni, il n'existe aucun règlement officiel interdisant l'utilisation de polystyrène expansé ou extrudé non ignifugé mais, d'après les professionnels du secteur des matières plastiques, ceux-ci occupent la quasi-totalité du marché en raison des exigences des compagnies d'assurance. D'autres matériaux non combustibles tels que la laine de roche ou de verre sont utilisés pour certaines applications demandant un niveau de sécurité incendie élevé. En Finlande,

⁵ ASR (automobile shredder residues) : résidus de déchetage d'automobiles, terme désignant ce qui reste des carcasses de voitures après démantèlement, déchetage et extraction des métaux et autres matériaux récupérables.

en Norvège et en Suède, on fait parfois appel à des mousses de polystyrène ignifugées pour certaines applications dans le secteur du bâtiment, bien que ce ne soit pas obligatoire. La Suède et la Norvège, qui ont adopté une approche axée sur les performances du produit final dans leurs réglementations, consomment beaucoup moins de retardateurs de flamme bromés que les pays qui ont des exigences plus spécifiques portant sur les matériaux (KLIF 2011a). Dans ces deux pays, l'industrie a pu volontairement retirer du marché les produits contenant du HBCD, grâce à la possibilité de recourir à d'autres techniques de construction, même pour les applications utilisant du polystyrène expansé.

53. Aux États-Unis et au Canada, les isolants employés dans le secteur du bâtiment font l'objet de nombreux règlements et normes nationaux ou infranationaux (LSCP 2006). L'exigence la plus courante pour les matériaux de construction est l'essai en tunnel ASTM E 84 (Weil et Levchik 2009). La norme UL-94 permet de classer les matières plastiques en cinq catégories, selon leur inflammabilité.

54. En Australie, le recours à des polystyrènes ignifugés est facultatif dans certains cas où les exigences officielles concernant la résistance au feu sont minimales. Toutefois, ceux qui utilisent du polystyrène expansé ou extrudé à la place d'autres matériaux choisissent volontairement des produits traités (KLIF 2011b).

55. Dans le cas du polystyrène-choc, les exigences dépendent de l'application. Aux États-Unis, celui utilisé dans la fabrication de téléviseurs, la filière qui en consomme probablement le plus, doit répondre à la norme UL-94V-0, dont les exigences sont plus strictes que celles des normes européennes. Pour être classé UL-94 V-0, il doit contenir environ 10 % (poids humide) d'ignifugeant combiné à de l'oxyde d'antimoine. Le traitement du polystyrène-choc se fait généralement à 220-230°C. Comme le HBCD de qualité ordinaire n'est pas suffisamment stable à ces températures, on lui préfère d'autres composés bromés possédant une plus grande stabilité thermique, bien que des versions stabilisées du HBCD pouvant s'utiliser des températures plus élevées existent également sur le marché (Weil et Levchik 2009).

56. La demande de textiles ignifugés provient principalement des fabricants de vêtements de travail, mobilier institutionnel rembourré, revêtements de sol institutionnels et commerciaux, véhicules de transport, vêtements militaires et literie. Des réglementations relatives à l'inflammabilité des meubles rembourrés sont en place au Royaume-Uni (norme BS 5852) et dans l'État de Californie. Aux États-Unis, les matelas fabriqués ou importés après le 1er juillet 2007 doivent désormais passer un essai d'allumabilité par une flamme nue. On ignore s'il est fait usage de HBCD dans ce domaine, étant donné qu'il existe de nombreuses autres méthodes permettant de satisfaire à la norme, dont l'utilisation d'un matériau barrière placé sous le couil (Weil et Levchik 2009).

57. Les réglementations en matière de protection incendie sont examinées plus en détail dans KLIF (2011a et b).

2.3 Informations sur les solutions de remplacement possibles (produits et procédés)

58. Le Comité d'étude des polluants organiques persistants a conclu que le HBCD est susceptible, du fait de sa propagation à longue distance dans l'environnement, d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine et l'environnement justifiant l'adoption de mesures au niveau mondial (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Pour réduire les risques qu'il fait courir à la santé humaine et à l'environnement, il est nécessaire de réduire au minimum son utilisation dans différentes applications. Le but de toute stratégie de réduction des risques relative au HBCD devrait être de réduire, voire éliminer, les émissions et rejets de cette substance en prenant en considération la liste indicative figurant à l'Annexe F de la Convention et, plus particulièrement, la faisabilité technique des mesures de réglementation et solutions de remplacement possibles, les inconvénients et avantages des substances considérées, et la poursuite de leur production et utilisation. Lors de l'étude de toute stratégie de ce genre, il importe de déterminer s'il existe des solutions de remplacement dans les secteurs concernés. À cet égard, le remplacement du HBCD par une autre substance ou une solution de remplacement non chimique doit tenir compte des facteurs suivants

- Faisabilité (possibilité pratique d'appliquer une technologie de remplacement existante ou dont la mise au point est prévue)
- Coûts, y compris les coûts environnementaux et sanitaires
- Risques (innocuité des solutions de remplacement)
- Disponibilité et accessibilité des substituts dans les secteurs concernés

59. Les informations communiquées par les Parties et les observateurs font ressortir l'existence d'un besoin de matériaux isolants et, en particulier, de matériaux isolants ignifugés, pour satisfaire aux normes d'efficacité énergétique et de protection incendie en vigueur dans certains pays. Toutefois, les dispositions relatives à la sécurité ne stipulent pas l'utilisation de substances ou groupes de substances ignifugeantes spécifiques, ce qui laisse le choix aux fabricants.

60. Des solutions de remplacement techniquement faisables sont disponibles dans le commerce pour la plupart des applications dans lesquelles le HBCD est utilisé. Des substituts chimiques directs devraient bientôt être disponibles pour la production de polystyrène expansé et de polystyrène extrudé en une seule étape. Parmi les solutions possibles, on peut citer l'utilisation d'autres retardateurs de flamme, résines ou matériaux et le remaniement de la conception des produits. Plusieurs des substituts proposés sont dépourvus d'halogènes et sont donc considérés comme de meilleures solutions du point de vue écologique et sanitaire dans les évaluations réalisées à ce sujet, à savoir ECHA 2009, SWEREA 2010 et KLIF 2010 (Tableau 3). Cependant, ils peuvent comporter d'autres risques comme, par exemple, la présence de substances dangereuses ou de poussières, dont il faut tenir compte (LCSP 2006, KLIF 2011c).

61. Lors de l'étude des solutions de remplacement chimiques, il convient également de faire la distinction entre les ignifugeants de type additif et ceux qui forment des liaisons covalentes avec le matériau et qui, de ce fait, sont moins susceptibles de s'échapper dans l'environnement. Il convient en outre de tenir compte de l'inflammabilité intrinsèque des résines et matériaux considérés et de trouver, si possible, des matériaux isolants incombustibles ainsi que d'autres techniques de construction.

62. On trouvera dans les pages qui suivent une discussion des différentes stratégies, de l'existence de solutions de remplacement et de l'adéquation de ces dernières, après un aperçu des solutions de remplacement techniquement faisables qui sont disponibles sur le marché (tableau 3). Certaines d'entre elles, à l'exemple du décaBDE, ne sont pas autorisées dans tous les pays. Des informations supplémentaires sont également disponibles dans DEPA (2010), SWEREA (2010), KLIF (2011a) et KLIF (2011b).

Tableau 3. Résumé des solutions de remplacement du HBCD qui sont techniquement faisables et disponibles sur le marché (d'après SWEREA 2010 et informations communiquées au titre de l'Annexe F)

Matériaux	Applications	Solutions de remplacement chimiques	Matériaux de substitution et techniques de remaniement de la conception des produits
Polystyrène expansé et polystyrène extrudé	Isolation des fondations, murs et plafonds Terrasse, parking couvert, etc.	Aucun substitut direct n'est actuellement disponible sur le marché pour tous les procédés de fabrication et toutes les régions Pour la production de polystyrène expansé en deux étapes, pour laquelle le HBCD ne convient pas, d'autres retardateurs de flamme sont utilisés.	Polystyrène expansé ou polystyrène extrudé non ignifugé assorti de barrières thermiques Mousses de polyisocyanurates contenant des mousses de polyuréthane modifiées Mousses phénoliques Matelas souples en laine de roche, fibre de verre, cellulose ou mousse polyuréthane, en panneaux ou rouleaux Verre cellulaire/mousse de verre Panneaux en polyester Laine de roche, fibre de verre, cellulose ou mousse de polyuréthane en vrac Isolants réflecteurs

Matériaux	Applications	Solutions de remplacement chimiques	Matériaux de substitution et techniques de remaniement de la conception des produits
Polystyrène-choc	Boîtiers d'appareils électroniques Câblage	déca-BDE phosphate de tris(tribromonéopentyl) + trioxyde d'antimoine TBBPA-DBPE + trioxyde d'antimoine Tris(2,4,6-tribromophénoxy)-1,3,5 triazine + trioxyde d'antimoine 1,2-bis(pentabromophényl)éthane + trioxyde d'antimoine Éthylènebis(tétrabromophthalimide) + trioxyde d'antimoine	Mélanges poly(phénylène éther)/polystyrène-choc ou polycarbonate/acrylonitrile butadiène styrène avec ignifugeants phosphorés
Enduits d'envers de textiles	Vêtements de protection Revêtements de sol Rideaux Tissus matelassés Tentes Aménagement intérieur des véhicules de transport public (bus, trains, avions, etc.) Autres textiles techniques	déca-BDE, décabromodiphényléthane, éthylène bis(tétrabromophthalimide), paraffines chlorées, polyphosphates d'ammonium	Matériaux intrinsèquement ininflammables : laine Fibres intrinsèquement retardatrices de flamme : rayon, polyester, aramides et autres fibres synthétiques Autres textiles contenant du triphosphate d'ammonium (APP) Textiles intumescents

2.3.1 Polystyrène expansé et polystyrène extrudé ignifugés

63. L'application la plus courante du HBCD est la production d'isolants en polystyrène expansé ou extrudé. On peut éventuellement y mettre fin en utilisant d'autres retardateurs de flamme, d'autres matériaux d'isolation ou d'autres techniques de construction permettant d'obtenir le même niveau de protection incendie sans recourir à un retardateur de flamme.

64. La première considération serait d'éviter le recours à des matériaux ignifugés dans les cas où il n'existe aucun danger d'incendie, par exemple lorsque l'isolant est placé dans un mur à double paroi fait d'un matériau incombustible (tel que la pierre ou le béton) ou entre les fondations et le sol. Ces modifications de la conception pourraient être apportées par le fabricant du produit final (LCSP 2006, KLIF 2011c), sous réserve du code de la construction. Par ailleurs, on pourrait par exemple utiliser du polystyrène expansé ou extrudé ignifugé dans d'autres applications souterraines telles que la protection contre le gel du sol ou le remblayage de routes/voies ferrées/ponts en terrain meuble. À l'heure actuelle, de telles utilisations ont lieu dans l'UE, en Scandinavie, aux États-Unis, au Canada, au Japon, en Thaïlande et en Jamaïque (CE 2011, EPS 2011). En Norvège, l'utilisation de Geofam ignifugé en remblayage a cessé en 2004 et depuis, aucun incendie accidentel de polystyrène expansé ne s'est plus déclaré (Aabye et Frydenlund 2011). Sur les chantiers de construction, la protection incendie est assurée au moyen de mesures comme, par exemple, la surveillance, la mise en place de clôtures et l'utilisation précautionneuse des chalumeaux et postes de soudure.

Substituts directs pour l'ignifugation du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé

65. D'après les informations communiquées au titre de l'Annexe F, il n'existait auparavant aucun produit commercialement et techniquement viable pouvant se substituer directement au HBCD pour le polystyrène extrudé et le procédé de fabrication en une seule étape du polystyrène expansé, qui est le plus courant, du moins en Europe et en Amérique du Nord. Un tel produit (Emerald 3000) a été annoncé en mars 2011. Dans la méthode de fabrication en une seule étape du polystyrène expansé, tous les additifs sont mélangés à la suspension aqueuse de styrène avant la polymérisation. La méthode en deux étapes consiste à effectuer la polymérisation avant d'incorporer, dans un deuxième temps, l'additif retardateur de flamme et le pentane. Elle nécessite un retardateur de flamme capable de pénétrer dans les billes obtenues à l'issue de la première phase, ce qui élimine l'option du HBCD, celui-ci n'y parvenant que difficilement.

66. Tous les fabricants européens et la plupart des fabricants nord-américains de polystyrène expansé utilisent la première méthode, pour laquelle aucun substitut du HBCD répondant aux critères techniques (propriétés de la mousse, profil environnemental) et de performance (retardement de l'apparition des flammes et ralentissement de leur propagation) n'existe encore sur le marché. D'après l'industrie du HBCD, les polymères styréniques purs tels que le polystyrène-choc, le polystyrène expansé et le polystyrène extrudé nécessitent des retardateurs de flamme bromés pour avoir les qualités de résistance au feu voulues. Les fabricants de polystyrène se sont alliés à ceux d'ignifugeants pour trouver des solutions de remplacement du HBCD. L'USEPA est également en train d'examiner avec l'industrie de nouvelles possibilités de remplacer le HBCD dans les mousses de polystyrène, mais leurs conclusions n'ont pas encore été rendues publiques.

67. Comme mentionné précédemment, Great Lakes Solutions a, en mars 2011, déclaré vouloir produire à plus grande échelle un retardateur de flamme bromé de masse moléculaire élevée constitué d'un copolymère styrène-butadiène (Emerald™ 3000) qui a été mis au point par Dow Chemicals (DOW 2011) et qui se prête à l'ignifugation des produits en polystyrène expansé et polystyrène extrudé. On pense toutefois que l'industrie mettra plusieurs années à se convertir à cette technologie. D'après l'évaluation des dangers effectuée par le secteur, cette substance serait persistante, mais pas bioaccumulable ni toxique. Les produits utilisés en remplacement du HBCD dans le polystyrène expansé et extrudé feront l'objet d'une évaluation des dangers dans le cadre du programme Design for Environment de l'USEPA.

68. Deux installations nord-américaines, et peut-être d'autres en dehors de l'Europe, fabriquent du polystyrène expansé selon la méthode en deux étapes. On ne sait pas ce qui est actuellement utilisé comme additif dans ce procédé « sans HBCD » mais on sait que, par le passé, il faisait appel au tétrabromocyclooctane et au dibromoéthylidibromocyclohexane (LSCP 2006). Ces substances sont également préoccupantes du point de vue de la santé et de l'environnement.

69. Les fabricants japonais de polystyrène expansé se sont fixé l'objectif de trouver une solution de remplacement du HBCD d'ici à la fin de l'année 2012. Les fabricants de polystyrène extrudé s'efforcent également de réduire leur consommation de cette substance en réexaminant non seulement la teneur en HBCD de leurs produits, mais aussi la nécessité d'ignifuger ces derniers (Japon 2011).

Solutions de remplacement pour les produits en polystyrène expansé ou extrudé

70. Les isolants retardateurs de flamme en polystyrène expansé et polystyrène extrudé utilisés dans le secteur du bâtiment peuvent être remplacés par d'autres matériaux qui, d'après KLIF (2011b) peuvent présenter les mêmes caractéristiques d'isolation, de protection incendie et de résistance à l'humidité et être tout aussi rigides ou, au contraire, plus souples que le polystyrène. Selon certains, cette approche serait plus difficile que le simple remplacement de l'ignifugeant étant donné qu'elle exerce un effet global plus important sur le coût et les performances des produits (LCSP 2006).

71. Les propriétés du polystyrène expansé en font un matériau particulièrement bien adapté pour l'isolation des murs extérieurs, toits plats et planchers, ainsi que pour les éléments sandwich mais des isolants ignifuges communément utilisés de par le monde peuvent le remplacer dans ses principales applications : mousses de polyisocyanate, mousses phénoliques, matelas souples, fibre de verre, verre cellulaire, panneaux de polyester, laine de mouton, isolants minces (feuilles, films ou papiers) thermorélecteurs (SWEREA 2010), mousses de polyuréthane et, finalement, isolants en vrac pouvant être déversés, projetés ou soufflés à l'intérieur d'une structure durant la construction. Ces derniers peuvent toutefois contenir des retardateurs de flamme possédant un profil environnemental ou sanitaire douteux, tel que l'acide borique. Les isolants en vrac, constitués de flocons de fibres, de mousse ou d'autres matériaux isolants (Département américain de l'environnement (USDOE) 2010), peuvent se conformer à tout espace sans toucher à sa structure ni à sa finition et, de ce fait, se prêtent bien aux opérations de rénovation et à l'isolation des endroits difficiles d'accès. Les plus courants sont composés de cellulose, fibre de verre ou laine minérale (laine de roche ou de laitier) fabriquées à partir de matériaux recyclés : la cellulose est principalement tirée de vieux journaux, la fibre de verre contient, dans la plupart des cas, entre 20 et 30 % de verre recyclé, et la laine de roche s'obtient généralement à partir de matériaux contenant 75 % de résidus industriels. On trouve également des isolants en vrac faits d'autres matériaux tels que la vermiculite ou la perlite. Le remplacement du polystyrène par du verre cellulaire, de la perlite ou des fibres de bois est considéré comme techniquement faisable dans toutes les applications essentielles, sauf les panneaux sandwich. Les nombreux matériaux disponibles sur le marché diffèrent par leurs propriétés d'isolation thermique, leurs domaines d'application et les méthodes d'installation qu'ils exigent (US DOE 2010, KLIF 2011b). Il en est de même de leur résistance au feu, mais il existe des solutions de remplacement qui offrent le même niveau de protection incendie, voire plus, que le polystyrène expansé ignifugé (KLIF 2011b, 2011c).

Les mousses de polyisocyanurate contiennent des mousses de polyuréthane modifiées qui font appel à des retardateurs de flamme chimiques tels que le phosphate de trichloroisopropyle (TCPP) et le phosphate de trichloroéthyle (TCEP). Le premier a fait l'objet d'une évaluation des risques réalisée par l'UE (ECB 2008) qui porte uniquement sur les risques courus par les travailleurs, tandis que le deuxième, dont le processus de fabrication fait intervenir de l'oxyde d'éthylène (qui est cancérigène), semble être reprotoxique, est présent dans l'Arctique, ce qui indique qu'il peut se propager à longue distance, et est considéré par le California Office of Environmental Health Hazard Assessment comme une substance cancérigène. Du fait qu'elles contiennent des retardateurs de flamme chlorés et bromés, les mousses de polyisocyanurate peuvent avoir des incidences sur la santé et ne peuvent donc pas être considérées comme des solutions de remplacement acceptables (LCSP 2006).

Les mousses phénoliques apparaissent dans des produits utilisés comme isolants de toiture, de mur creux ou vide sanitaire, de mur extérieur et de sol. Le plus souvent, elles font office de liants dans des produits en fibre de verre. Une des préoccupations qu'elles suscitent tient à l'utilisation de formaldéhyde dans la fabrication des monomères phénoliques. Le formaldéhyde est classé par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme cancérigène pour l'homme (LCSP). Il est nécessaire d'en tenir compte dans les installations de production, en mettant en place des dispositifs de réduction des émissions et des règles de sécurité pour protéger les travailleurs. Toutefois, il est possible, d'après KLIF (2011c), de produire des monomères phénoliques sans recourir au formaldéhyde, des produits de remplacement étant disponibles.

Les matelas souples font tout autant partie des solutions techniques que des matériaux de remplacement. Généralement faits de laine de verre ou de roche, ils peuvent être posés dans les espaces entre les montants, solives et poutres, étant livrés en panneaux ou rouleaux de différentes largeurs correspondant aux distances normales entre ces derniers. Les rouleaux peuvent être découpés à la main aux dimensions voulues. Les matelas souples sont disponibles avec ou sans pare-vapeur intégré. Des panneaux dotés d'un revêtement spécial résistant au feu sont disponibles pour les endroits où l'isolation est laissée nue.

Le verre cellulaire et la mousse de verre peuvent s'utiliser à la place du polystyrène expansé ou extrudé pour l'isolation de toitures chaudes, de toits terrasses, d'étages de parking, de façades ventilées, de surfaces intérieures et de planchers de bâtiments industriels, ainsi que pour l'isolation périmétrique. Ils possèdent une structure cellulaire fermée, sont faits de verre recyclé dépourvu de liants, sont disponibles en différentes densités pour différentes charges, et sont ininflammables et insensibles à l'eau.

La fibre de verre est une fibre vitreuse artificielle. En vrac, elle est généralement appliquée par soufflage ou projection à l'aide d'un équipement spécial et peut servir à remplir un mur creux ou un espace de forme irrégulière.

Les isolants minces thermoréfléchissants sont constitués de feuilles de papier, de plastique (films à bulles en polyéthylène, en particulier) ou de carton recouvertes d'un film réfléchissant. Ils peuvent être posés dans les espaces entre les montants, solives et poutres, et sont généralement utilisés pour éviter le réchauffement sous la toiture.

Au nombre des autres matériaux d'isolation, on trouve l'ouate de polyester en panneaux et la laine de mouton, qui peuvent également être posés entre les montants, solives et poutres.

72. La fibre de verre, la laine de verre et les laines minérales sont classées dans la catégorie des fibres vitreuses artificielles. Elles peuvent également avoir des incidences sur la santé des travailleurs. Les particules fibreuses en suspension dans l'air peuvent irriter les yeux, le nez, la gorge et certaines parties des poumons. Des études sur des animaux ont montré que l'inhalation répétée de fibres vitreuses artificielles peut être une cause d'inflammation et de fibrose pulmonaire (ATSDR 2004). Il existe des vêtements et équipements de protection (masques respiratoires, lunettes, gants, etc.) dont les travailleurs du bâtiment se servent pour éviter le contact avec ces fibres. Comme les matériaux dont il s'agit sont intégrés aux murs, fondations et plafonds, ces précautions ne sont importantes que pour les travailleurs assurant la construction, la rénovation ou la démolition d'un bâtiment. La fibre de verre peut en outre contenir des liants à base de phénol-formaldéhyde, une substance dangereuse que l'on sait capable de s'échapper petit à petit de l'isolant, au fil des années.

73. Le remplacement du HBCD dans les produits de construction peut être facilité par des changements aux niveaux de la conception, c'est-à-dire des solutions techniques adoptées, et des pratiques. Dans de nombreux pays, on utilise des panneaux de polystyrène expansé non ignifugé en combinaison avec d'autres matériaux destinés à les empêcher de s'enflammer (KLIF 2011a). Cela peut être une barrière anti-feu ou un autre dispositif pouvant faire écran contre la chaleur. Les modifications nécessaires pourraient être faites par le fabricant du produit final (LCSP 2006). Il est, par exemple,

possible qu'avec des barrières thermiques, on puisse remplir les critères de sécurité incendie sans utiliser de polystyrène expansé ou extrudé ignifugé. Les barrières thermiques sont des parements ou revêtements séparant l'isolant de l'espace intérieur. L'isolant peut, par exemple, être placé entre deux parois faites de matériaux non combustibles, tels que la pierre ou le béton, ou entre les fondations et le sol (LCSP 2006, KLIF 2011c). Cette technique est applicable aux murs de façade, dalles de sol et toitures-terrasses (KLIF 2001c). Pour les toits métalliques, on place une barrière thermique entre le polystyrène et la couverture. Dans les cas où l'isolant est en contact direct avec le sol, il est inutile de faire appel à un produit ignifugé puisqu'il est d'habitude recouvert d'une chape de béton qui le protège efficacement du feu (KLIF 2011c). Parmi les matériaux pouvant servir de barrière thermique, on peut citer les plaques de plâtre, les enduits de plâtre ou de ciment, les panneaux de perlite, l'ouate de cellulose appliquée par projection, les revêtements en fibre minérale ou plâtre, et certains types de contreplaqués. Tous ces matériaux sont, à l'heure actuelle, couramment utilisés dans des bâtiments résidentiels et commerciaux (LCSP 2006, SWEREA 2010).

74. Les barrières thermiques sont soumises au code de la construction applicable dans chaque pays (SWEREA 2010). Pour l'heure, elles sont utilisées en Espagne, Finlande, Norvège et Suède où les exigences en matière de protection incendie sont fixées par le code de la construction. Dans ces pays, le code de la construction, qui spécifie quels types d'isolants peuvent être utilisés pour quels types de construction, prend également en considération les aspects et solutions techniques tels que le recours à des barrières thermiques et la manière dont l'isolation du bâtiment est assurée, d'où la possibilité de satisfaire aux normes de sécurité incendie, même avec du polystyrène non ignifugé. Il convient toutefois de noter que l'utilisation de barrières thermiques peut, dans l'immédiat, ne pas être compatible avec les normes techniques, codes et politiques en matière de construction (SWEREA 2010) de certains pays. De plus, les règlements en matière de protection incendie de certains pays exigent l'ignifugation de tous les produits en polystyrène expansé ou extrudé, quel que soit l'usage dont on en fait, pour qu'ils puissent être stockés et transportés sans danger.

75. Les matériaux ou techniques d'isolation envisageables comme solutions de remplacement peuvent avoir des caractéristiques (telles que le taux d'absorption d'eau, la résistance mécanique (en compression) et l'intégrité structurelle durant la vie utile) plus ou moins favorables que celles du polystyrène expansé ou extrudé dans certaines situations particulières (ECHA 2009, US DOE 2010). Les informations reçues montrent que des matériaux capables de remplacer le polystyrène expansé ou extrudé sont disponibles pour toutes les utilisations, sauf quelques applications exigeantes du polystyrène extrudé en milieu humide et dans le domaine du maintien de la chaîne de froid en Amérique du Nord (XPSA/CPIA 2011). Les solutions de remplacement peuvent également poser des problèmes en matière d'environnement, tels que la facture énergétique de leur transport ou les risques sanitaires et écologiques particuliers, souvent piètrement connus, qu'elles peuvent comporter. Si l'on ne tient pas compte des rejets dans l'environnement extérieur, les effets d'un quelconque matériau isolant sur la santé intéressent en premier lieu les travailleurs, puisque le matériau en question est intégré aux murs, fondations et plafonds. Il est donc nécessaire de se pencher sur l'exposition aux isolants de remplacement durant la réparation, la rénovation et la démolition des bâtiments qui en contiennent. Les incidences écologiques et sanitaires de plusieurs de ces matériaux ont été récemment évaluées dans un rapport norvégien dont la conclusion est que les substances chimiques contenues dans ces derniers sont moins problématiques que le HBCD du fait qu'elles sont toutes non halogénées et qu'aucune n'est classée comme toxique, bioaccumulable et persistante ou comme polluant organique persistant (KLIF 2011c), mais la majorité des agents ignifugeants de remplacement utilisés pour les mousses rigides de polyuréthane sont halogénés.

76. Le remplacement des isolants en polystyrène expansé ou extrudé par d'autres matériaux peut, par ailleurs, avoir un impact sur le coût et les performances des produits et nécessiter une approche différente de la construction. Toutefois, les pratiques de construction actuellement en usage en Suède et en Norvège, où la plupart des produits en polystyrène expansé ou extrudé utilisés dans les bâtiments sont dépourvus de HBCD, donnent à penser que la protection des matériaux de construction et des bâtiments contre les incendies peut s'obtenir à un coût raisonnable, sans recourir au HBCD et sans bouleverser les techniques de construction traditionnelles. Selon une analyse norvégienne, les solutions de remplacement se comporteraient aussi bien, voire mieux que le polystyrène expansé ou extrudé au plan de la sécurité incendie et des autres exigences. Ces solutions, y compris le polystyrène expansé sans ignifugeant combiné à des barrières thermiques, ont généralement une meilleure résistance au feu et ne sont pas en reste quant au pouvoir isolant et à la résistance à l'humidité requis pour la plupart des applications en climat aussi bien chaud que froid (KLIF 2011c). D'après KLIF (2011c), leur prix varierait, pour les moins chères, dans une fourchette commençant à peu près au même niveau et pouvant aller jusqu'à 30 % de plus que celui du polystyrène expansé ignifugé.

2.3.2 Solutions de remplacement pour les produits en polystyrène-choc

77. Le HBCD ne se rencontre pas très souvent dans le polystyrène-choc, ce qui laisse raisonnablement supposer que d'autres retardateurs de flamme sont disponibles pour cette application (Tableau 3). On s'en sert surtout dans le polystyrène-choc de qualité UL94 V-2 où les retardateurs de flamme aliphatiques sont plus efficaces que leurs équivalents aromatiques. L'agent ignifugeant le plus largement utilisé pour le polystyrène-choc est le décabromodiphényléther (décaBDE), en raison de son faible coût et de sa forte teneur en brome (Weil et Levchik 2009). Il est également utilisé dans les isolants de câbles électroniques. On ne le conseillerait toutefois pas comme solution de remplacement du HBCD vu les préoccupations suscitées par ses incidences sur la santé et l'environnement (EC 2002, US EPA 2010) et le fait qu'il peut perdre des atomes de brome pour donner des composés tels que le penta- et l'octaBDE (UNEP/POPS/POPRC.6/2). Dans l'UE, l'introduction de la Directive relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses (Directive RoHS) et de la Directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (Directive DEEE) a mis un terme à son utilisation en électronique. Aux États-Unis, l'industrie prévoit d'abandonner la plupart de ses utilisations d'ici 2013. La Norvège a, en 2004, interdit la fabrication, l'importation, l'exportation, la vente et l'utilisation de produits et préparations contenant un taux pondéral de 0,1 % de décaBDE ou plus.

78. Au nombre des autres produits chimiques pouvant remplacer le HBCD dans le polystyrène-choc figurent différents retardateurs de flamme qui s'utilisent en combinaison avec de l'oxyde d'antimoine, dont le phosphate de tris(tribromonéopentyl), le diphenol tétrabromé A, bis(éther dibromopropyle-2,3) (TBBPA-DBPE), le tris(2,4,6-tribromophénoxy)-1,3,5 triazine, le 1,2-bis(pentabromophényl)éthane, et l'éthylènebis(tétrabromophthalimide).

79. Des substituts du polystyrène-choc sont également disponibles sur le marché, ce qui permet d'éviter le problème de trouver un produit de remplacement du HBCD. Dans les appareils électriques, il peut notamment être remplacé par une variété de matériaux : mélanges polycarbonate - acrylonitrile butadiène styrene (PC/ABS), polystyrène - poly(phénylène éther) (PS/PPE) et poly(phénylène éther) – polystyrène-choc (PPE/HIPS⁶) sans retardateurs de flamme ou avec des retardateurs de flamme phosphorés non halogénés (Brésil 2011, DEPA 2010). Les composés aromatiques phosphorés, le dirésorcine (phosphate de dirésorcine), le biphenol A (phosphate de dirésorcine), le phosphate de diphenyle polymérique, le phosphate de diphenyle et de monocrésyle et le phosphate de triphenyle (Kemi 2006) semblent nécessiter un co-additif pour empêcher la migration du composé phosphoré vers la surface du matériau. Les substituts phosphorés s'utilisent à des taux plus élevés (ECHA 2009). Les copolymères avec et sans retardateurs de flamme sont d'usage courant dans l'industrie électronique. Ils ont une plus grande résistance aux chocs et sont intrinsèquement moins inflammables, du fait qu'ils forment une mousse carbonneuse isolante sous l'action de la chaleur (DEPA 2010).

2.3.3 Solutions de remplacement pour les enduits d'envers de textiles

80. Le HBCD s'utilise comme retardateur de flamme dans l'enduit d'envers de tissus pour meubles rembourrés et sièges de véhicules de transport, draperies, revêtements muraux, couilins de matelas et autres textiles d'intérieur (LCSP 2006, ECHA 2009, SWEREA 2010), généralement à des concentrations plus élevées (de 6 à 25 %) que pour les autres applications (CEFIC/EFRA 2006, EC 2008). Comme il est relativement coûteux, les entreprises s'en servent surtout pour les cas où les autres retardateurs de flamme ne permettent pas d'obtenir les résultats voulus (ECHA 2008b).

81. Dans le secteur des textiles, il est possible d'éviter le recours à des agents ignifugeants en faisant appel à des fibres dont l'inflammabilité est faible, voire nulle. C'est le cas de certaines fibres naturelles, telles que la laine, qui peuvent donc servir de matériau barrière dans les meubles (Norvège 2011, SWEREA 2010). Le rayon combiné à un additif phosphoré, ainsi que le polyester et les fibres aramides, parmi d'autres, sont également intrinsèquement résistants au feu (Weil et Levchik 2009). Sinon, il existe de nombreuses substances chimiques qui peuvent se substituer directement au HBCD dans les applications textiles. Pour les enduits d'envers, ce sont, entre autres, le décaBDE, le décabromodiphényléthane, l'éthylènebis(tétrabromophthalimide), les paraffines chlorées et les polyphosphates d'ammonium (ECHA 2009, KLIF 2011a). Les préoccupations concernant le décaBDE ont été exposées plus haut. Les paraffines chlorées à chaîne longue sont reprotoxiques pour l'homme, se sont révélées toxiques pour le foie et les reins en exposition chronique et sont potentiellement cancérogènes (ECHA 2009). Pour certains groupes de textiles, les polyphosphates d'ammonium conviennent également.

82. La protection des textiles contre le feu peut également se faire au moyen de systèmes intumescents (KLIF 2010). On entend par intumescence la formation d'une mousse carbonneuse qui

⁶ PPE/HIPS: mélange poly(phénylène éther) – polystyrène-choc

fait office d'isolant thermique. Un système intumescent comporte généralement une source de carbone pour la structure, une source d'acide, et un produit qui, en se décomposant, libère des gaz pouvant servir d'agent gonflant (Weil et Levchik 2009). L'épaisseur de la mousse produite peut être de 10 à 100 fois plus élevée que celle de l'enduit. Grâce à sa faible conductivité thermique, cette mousse isole le substrat, ce qui permet de réduire efficacement l'inflammabilité de celui-ci et l'exposition aux gaz de combustion (KEMI 2006). Plusieurs systèmes intumescents pour applications textiles sont sur le marché depuis une vingtaine d'années et ils ont fait la preuve de leur énorme potentiel. On en trouve, entre autres, dans des mousses imprégnées de graphite, des traitements de surface et des matériaux polymères utilisés comme barrières (SWEREA 2010). Ils peuvent ne pas être applicables aux mêmes groupes de textiles que les enduits d'envers contenant des retardateurs de flamme.

83. D'après les informations communiquées par le Japon, les nouveaux modèles de voitures de ce pays ne comportent plus de tissus contenant du HBCD. Toutefois, l'offre de tels tissus se maintiendra pendant quelque temps, ceux-ci étant encore utilisés dans les pièces détachées pour les modèles plus anciens.

2.4 Résumé des informations concernant l'impact sociétal d'une mise en œuvre des mesures de réglementation possibles

84. Vu la persistance, la bioaccumulabilité et la toxicité du HBCD ainsi que son potentiel de propagation transfrontière à longue distance, propriétés qui ont été démontrées dans le descriptif des risques approuvé par le Comité d'étude des polluants organiques persistants de la Convention de Stockholm, l'élimination de cette substance devrait avoir un impact positif sur le développement durable au niveau mondial. Si la production de HBCD, son utilisation et la gestion des déchets qui en contiennent ne sont pas réglementées, et que sa production et son utilisation se poursuivent au rythme actuel ou s'accroissent, ses concentrations dans l'environnement, y compris chez les animaux et les êtres humains, continueront probablement à augmenter même dans les régions très éloignées des foyers de production et d'utilisation.

2.4.1 Santé publique, hygiène du milieu et bien-être des travailleurs

85. Il importe de maintenir le niveau de sécurité incendie en utilisant d'autres retardateurs de flamme, d'autres matériaux ou d'autres techniques de construction pour réduire au minimum les pertes de vies humaines, les dommages corporels et matériels, et les émissions nocives produites par des incendies accidentels.

86. Les mesures de réglementation visant à réduire les utilisations du HBCD devraient normalement avoir un impact positif sur la santé humaine et l'environnement au niveau mondial. Chez l'homme, le HBCD se rencontre dans le sang, le plasma et les tissus adipeux. Les principales sources d'exposition connues à l'heure actuelle sont l'alimentation et les poussières. L'imposition de mesures de réglementation entraînerait probablement une baisse des taux de HBCD dans les produits agricoles tels que le poisson d'élevage (et sauvage), le lait et les produits laitiers, et divers produits à base de viande. À court terme, le bénéfice le plus important serait l'élimination ou, du moins, la réduction des quantités présentes dans les poussières à l'intérieur des bâtiments. Il en résulterait une diminution de l'exposition due à ces dernières et aux aliments, en particulier pour les enfants qui, comme l'ont montré les études, ingèrent plus de poussière que les adultes. L'exposition des ouvriers travaillant dans les usines de polystyrène expansé ignifugé et des recycleurs d'appareils électriques et électroniques des pays en développement s'en trouverait également réduite (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

87. Bien qu'on possède peu d'informations sur la toxicité du HBCD pour l'homme, il a été établi qu'il est susceptible de constituer un risque pour les enfants en bas âge et à naître (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2, RAC 2010), en raison notamment de ses effets toxiques pour le système neuroendocrinien et le développement qu'on a observés lors d'études chez des animaux. L'abandon progressif ou l'arrêt de son utilisation aurait également des retombées particulièrement bénéfiques pour les populations autochtones de l'Arctique qui, étant tributaires de sources d'alimentation traditionnelles, risquent beaucoup plus que les autres communautés de se trouver exposées à cette substance. Les risques particuliers que posent les polluants organiques persistants pour les écosystèmes et communautés autochtones de l'Arctique sont reconnus dans le préambule de la Convention.

88. Il est essentiel de faire en sorte qu'il n'y ait plus de HBCD dans les articles et les déchets pour réduire l'exposition de l'environnement, des espèces sauvages et des êtres humains par le biais de l'alimentation et de l'eau et celle des travailleurs des pays en développement durant les opérations de recyclage et d'élimination, en particulier le brûlage en plein air, de déchets (Malarvannan et al. 2009, Polder et al. 2008, Tue et al. 2010, Zhang et al. 2009).

89. L'utilité globale des règlements en matière de protection incendie qui exigent l'emploi de retardateurs de flamme a été remise en question par certains scientifiques qui font valoir que ces produits peuvent accroître les rejets de gaz toxiques et de suie se trouvant à l'origine de la plupart des décès et dommages corporels dus au feu (EHP 2010). La combustion de matériaux contenant du HBCD et d'autres retardateurs de flamme halogénés lors des incendies accidentels et du brûlage de déchets qui en contiennent peut accroître la toxicité des produits volatils de combustion en stimulant les rejets de monoxyde de carbone, de gaz acides tels que le bromure d'hydrogène et de dioxines et furanes bromés et chlorés (Halogenated Flame Retardants 2010). L'adoption d'autres mesures de protection incendie permettant d'utiliser moins de matériaux contenant des retardateurs de flamme pourrait donc réduire les risques sanitaires courus par la population en général et les sapeurs pompiers.

2.4.2 Biote (biodiversité)

90. Il est essentiel de retirer le HBCD de la circulation pour éviter que la contamination des espèces sauvages déjà menacées n'augmente. Le HBCD est considéré comme très toxique pour les organismes aquatiques. Des effets nocifs pour les mammifères marins risquent de se produire dans les environs des sources ponctuelles ainsi que dans les endroits affichant des concentrations ambiantes élevées. Les concentrations mesurées dans le biote sont supérieures à la CSEP de 5 mg/kg poids humide déterminée par l'évaluation des risques de l'UE pour ce qui concerne les effets secondaires (CE 2008). Celles relevées chez les oiseaux des régions d'Europe présentant des concentrations ambiantes élevées ou avoisinant des sources ponctuelles se rapprochent des seuils d'effets nocifs. Les données produites par une étude sur des crécerelles d'Amérique élevées en captivité donnent lieu à des préoccupations supplémentaires concernant la possibilité d'effets sur la reproduction et le développement chez les oiseaux sauvages de régions reculées (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

2.4.3 Aspects économiques, en particulier coûts et avantages pour les producteurs et les consommateurs

91. Des matériaux et techniques de substitution économiquement faisables existent pour bon nombre des applications dans lesquelles le HBCD est utilisé. Il est maintenant possible d'employer du polystyrène expansé ou extrudé sans retardateurs de flamme pour de nombreuses applications, solution qui, de plus, n'entraîne aucun coût supplémentaire pour les fabricants. Les fabricants de panneaux en polystyrène expansé ou extrudé pour le secteur du bâtiment recommandent de les utiliser en combinaison avec un revêtement fait d'autres matériaux pour améliorer leur pouvoir isolant et leur résistance au feu, même s'ils contiennent des retardateurs de flamme (KLIF 2011c, EUMEPS 2011b). Dans les pays scandinaves, le marché est dominé par les panneaux de polystyrène sans ignifugeants. Cette situation a été rendue possible par des règlements en matière de sécurité incendie qui n'exigent pas l'ignifugation si on peut obtenir le même niveau de protection incendie par d'autres moyens (SWEREA 2010).

92. Les coûts occasionnés par un éventuel retrait du HBCD de la circulation seront faibles dans les pays qui ont déjà en grande partie cessé de s'en servir ou qui en utilisent peu (par exemple en Scandinavie et dans la plupart des pays en développement, selon les données communiquées au titre de l'Annexe F et les statistiques de consommation). Dans d'autres régions, l'impact dépendra de la disponibilité de solutions de remplacement au moment du retrait. Il sera plus grand dans les pays qui produisent et consomment beaucoup de panneaux isolants ignifugés en polystyrène expansé (notamment en Europe). En cas d'abandon subit du HBCD, la production de polystyrène expansé et extrudé ignifugé souffrira dans toutes les régions, étant donné qu'aucun ignifugeant de substitution n'existe pour ce matériau. Il existe toutefois un grand nombre de matériaux et techniques de conception de produits qui permettent d'éviter le recours au polystyrène expansé ou extrudé (tableau 3). Les coûts pour les producteurs sont donc considérés comme minimes ou modérés, sans compter que le passage à d'autres ignifugeants, d'autres matériaux ou d'autres solutions stimulera certains fabricants.

93. Les coûts d'un éventuel abandon du HBCD devraient normalement être limités pour la plupart des pays en développement, étant donné que celui-ci est surtout utilisé en Europe, aux États-Unis et en Chine. En l'absence d'un substitut direct, un impact négatif sur les fabricants européens de polystyrène expansé et de polystyrène extrudé et leurs employés est possible (PlasticsEurope/Exiba 2011), en particulier dans les domaines de l'approvisionnement en styrène et de la compétitivité des moyennes entreprises. Aux États-Unis et au Canada, une interdiction du HBCD causerait des difficultés dans au moins une application où le polystyrène extrudé ignifugé est le seul produit recommandé et accepté par les règlements en matière de construction (XPSA/CPIA 2011). Des produits qui peuvent se substituer directement au HBCD dans la fabrication de polystyrène expansé et de polystyrène extrudé seront probablement disponibles dans le commerce et mis en application sous peu (DOW 2011, BASF 2011).

94. Dans plusieurs pays, l'utilisation de polystyrène expansé ou extrudé sans retardateurs de flamme au lieu de polystyrène ignifugé nécessiterait un ajustement des politiques et une modification de l'application des normes de protection incendie. Cela prendrait du temps mais les coûts peuvent être considérés comme modérés. Dans l'UE, des initiatives sont déjà en place pour harmoniser les réglementations en la matière et le HBCD se trouve sur la liste indicative des substances à éviter pour la protection incendie des ouvrages. C'est également un important facteur poussant à une réforme de la réglementation (KLIF 2010a).

95. Pour les substituts directs, deux principaux types de coûts doivent être pris en considération :

Les coûts de reconversion, c'est-à-dire les coûts liés à la modification de la composition, y compris ceux de la recherche-développement et du remplacement éventuel du matériel. Le passage à un autre retardateur de flamme peut contraindre les installations de fabrication et de transformation à investir dans du nouveau matériel. Il est difficile d'en estimer les coûts, qui incluent généralement ceux des projets infructueux de recherche et développement d'un substitut efficace. Ce sont des coûts qui sont générés au début du cycle de vie d'un produit.

Les coûts d'exploitation, qui tiennent compte du prix du retardateur de flamme en tant que matière première. Les coûts d'exploitation quotidiens peuvent en outre être différents pour les nouvelles étapes de fabrication requises par les ignifugeants de remplacement. Pour qu'ils soient économiquement viables, ceux-ci doivent être faciles à transformer et être rentables dans les conditions de production de masse requises. Les coûts de fabrication dépendent fortement de ceux des matières premières, mais le degré de cette dépendance varie d'un retardateur de flamme à l'autre.

96. En l'absence d'une mise à jour des normes de sécurité incendie (par exemple, pour qu'elles soient axées sur les résultats d'ensemble) et de techniques permettant de se passer d'ignifugeants chimiques, le secteur des mousses de polystyrène aura peut-être besoin de temps pour s'adapter aux nouveaux retardateurs de flamme. Une dérogation temporaire pour l'utilisation de HBCD dans les mousses de polystyrène réduirait donc l'impact économique. Ce nonobstant, la pression exercée par les consommateurs et les législations nationales force déjà l'industrie à passer à des retardateurs de flamme moins dangereux (SWEREA 2010).

97. Conformément à l'article 6 1) d) ii), les produits contenant du HBCD (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polystyrène-choc, textiles) devraient être éliminés de manière à ce que les polluants organiques persistants qu'ils contiennent soient détruits ou irréversiblement transformés, de telle sorte qu'ils ne présentent plus les caractéristiques de polluants organiques persistants, ou autrement éliminés d'une manière écologiquement rationnelle. Pour les pays développés, qui sont les plus gros consommateurs mondiaux de tels produits (bâtiments et articles), leur gestion et leur élimination spécialisées une fois qu'ils sont à l'état de déchets peuvent se révéler coûteuses. La quantité à gérer dépendra du temps mis pour retirer le HBCD de la circulation. On estime que l'UE en a consommé environ 170 000 tonnes entre 1988 et 2010, ce qui laisse prévoir, compte tenu de toutes les applications de cette substance, une production totale d'environ 23 millions de tonnes de déchets pour les années antérieures à 2017⁷. À la fin de l'année 2010, elle en avait éliminé moins d'un million de tonnes et on pense qu'en 2050, il lui faudra annuellement se débarrasser de plus de 5 000 tonnes de HBCD provenant du secteur de la construction et de la démolition (CE 2011). Au rythme actuel de consommation, les quantités de HBCD incorporées annuellement dans des produits dont il faudra se débarrasser plus tard s'élèvent à 10 431 tonnes pour l'Europe et au moins 28 000 tonnes au niveau mondial. S'agissant des importations d'articles contenant du HBCD et de leurs applications dans les pays en développement, les informations communiquées au titre de l'Annexe F ne sont guère plus que des généralités.

98. Des mesures de réduction des émissions et l'adoption des meilleures pratiques peuvent être nécessaires lors de la production et de l'utilisation de HBCD dans le cadre des éventuelles dérogations spécifiques pour réduire les rejets dans l'environnement qui peuvent s'ensuivre. Dans les pays d'Europe, les coûts des programmes de réduction des émissions mis en place par les fabricants de HBCD et de polystyrène dépendent des activités de l'entreprise (BSEF 2011).

99. Pour les enduits d'envers et le polystyrène-choc, plusieurs solutions de remplacement sont déjà utilisées, ce qui laisse entendre que le recours à de telles solutions est une option économiquement viable. La viabilité économique des systèmes intumescents a toutefois été mise en doute par les fabricants de HBCD. Pour l'UE, on a estimé que le remplacement du HBCD par d'autres retardateurs de flamme bromés dans les éléments en polystyrène-choc des appareils électriques et électroniques entraînerait, au niveau de la production, des surcoûts de 1-10 millions €/an. Ceux liés au remplacement

⁷ Estimation basée sur l'hypothèse que la consommation recule continuellement à partir de 2013, pour devenir nulle en 2017.

du polystyrène-choc par des copolymères contenant des retardateurs de flamme non halogénés seraient de 5-25 millions €/an. Ces coûts peuvent baisser par la suite, à mesure que les solutions de remplacement se répandent (DEPA 2010)

100. En combustion contrôlée, l'application de mesures antipollution visant à réduire les émissions de sous-produits d'incinération et des meilleures techniques disponibles/meilleures pratiques environnementales réduit également les émissions annexes de HBCD et de dioxines et furanes bromés. Le traitement des déchets contenant du HBCD ne donne donc lieu à aucun coût supplémentaire pour le secteur.

101. Les poissons, en particulier les espèces carnassières des niveaux trophiques supérieurs, constituent une importante source d'exposition pour l'homme (Polder et al. 2008, Thomsen et al. 2003). Les plus fortes concentrations de HBCD relevées dans des échantillons alimentaires (jusqu'à 9,4 ng/g poids humide) l'ont été dans du poisson (Knutsen et al. 2008, Remberger et al. 2004, Allchin et Morris 2003). Le retrait du HBCD de la circulation est donc susceptible d'avoir un impact positif sur les pêcheries et l'aquaculture et serait généralement dans l'intérêt des consommateurs. Une contamination de poissons peut se révéler nuisible pour la pêche et l'aquaculture, qui sont des activités économiques importantes de par le monde.

2.4.4 Évolution vers le développement durable

102. La lutte contre les risques présentés par les produits chimiques joue un rôle important dans la mise en place d'une société durable. Grâce à une plus grande compréhension des mécanismes de la combustion, il est possible de prendre de meilleures décisions permettant d'assurer un niveau élevé de protection contre les incendies et les substances dangereuses (KEMI 2006). Le passage à des substituts chimiques plus écologiques ou des solutions de remplacement non chimiques (autres matériaux ou reconception des produits) constitue une démarche plus durable puisque moins dangereuse pour la santé et l'environnement. En plus d'être moins coûteuse à plus long terme pour la société, cette démarche s'inscrit dans l'optique du développement d'une économie verte, de par le fait qu'elle permet d'éviter les coûts associés aux substances chimiques dangereuses (gestion des déchets, dépenses de santé, remise en état des sites contaminés, etc.) et de stimuler la production et l'utilisation durables dans divers secteurs de l'industrie. L'utilisation plus durable des retardateurs de flamme fait l'objet d'initiatives associant les pouvoirs publics et l'industrie, dont Green Flame™, un système volontaire d'évaluation simultanée de l'innocuité des produits pour la santé et l'environnement en cas d'exposition au feu. www.sp.se/en/index/services/greenflame. Ouverte à toutes sortes de produits, cette initiative entend encourager les fabricants à concevoir des produits offrant des performances supérieures aux normes applicables en procurant des avantages concurrentiels aux entreprises qui font preuve de la compétence et de la détermination nécessaires pour mettre au point des produits de consommation courante constituant une amélioration importante en matière de sécurité incendie et de qualité environnementale.

2.5 Autres considérations

103. L'USEPA a mis sur pied un partenariat multipartite pour établir les profils sanitaires et environnementaux de diverses solutions de remplacement moins dangereuses envisageables pour le HBCD. Il est en outre en train d'entreprendre une étude toxicologique du HBCD pour la base de données IRIS (Integrated Risk Information System).

<http://www.epa.gov/dfe/pubs/projects/hbcd/index.htm>

<http://www.epa.gov/iris/index.html>

104. La Commission européenne a financé un projet relatif à la réalisation d'une étude de cas préliminaire sur les options de substitution disponibles pour certains retardateurs de flamme bromés. Bien que le HBCD ne soit pas inclus parmi ces derniers, le but du projet est de fournir des données très complètes sur la viabilité de la production et de l'application, l'innocuité pour l'environnement et l'analyse du cycle de vie des retardateurs de flamme envisageables comme solutions de remplacement

<http://www.enfiro.com/index.html>

105. Les mesures volontaires prises par l'industrie pour réduire les émissions de HBCD en Europe sont exposées à l'adresse :

<http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/voluntary-emissions-reduction-programme-vecap-and-secure>

<http://www.vecap.info/>

106. Des informations sur le projet de surveillance à l'échelle européenne des taux de HBCD présents dans les tissus des poissons, les œufs d'oiseaux et les particules en suspension entre 2007 et 2016, projet mené par l'institut Fraunhofer de biologie moléculaire et écologie appliquée, Universität Trier et l'Université libre de Berlin et appuyé par le « Industry Working Group for HBCD », un

groupe sectoriel du Conseil européen de l'industrie chimique, sont disponibles à l'adresse http://www.ime.fraunhofer.de/fhg/Images/summary_environmental_HBCD_monitoring_in_European_fish_new_tcm279-177322.pdf

107. Des données de surveillance du HBCD sont disponibles pour l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie. Pour pouvoir mesurer l'efficacité des éventuelles mesures, il conviendrait d'ajouter le HBCD aux polluants organiques persistants actuellement sous surveillance.

3. Synthèse des informations

3.1 Résumé des informations contenues dans le descriptif des risques

108. L'hexabromocyclododécane (HBCD) vendu dans le commerce comme retardateur de flamme est une substance lipophile présentant une grande affinité pour les matières particulaires et une faible solubilité dans l'eau. Le HBCD technique contient, en fonction des fabricants et des méthodes de production utilisées, de 70 à 95 % de γ -HBCD et de 3 à 30 % d'isomères α et β .

109. Il se bioconcentre, se bioaccumule et se bioamplifie dans le biote. Des concentrations élevées de cette substance ont été relevées en Europe et au Japon ainsi que dans les eaux côtières du sud de la Chine, près de sites de production de HBCD, de fabrication de produits qui en contiennent, et d'élimination de déchets, en particulier les installations assurant le recyclage, la mise en décharge ou l'incinération de ces derniers.

110. Le HBCD est persistant dans l'air et est susceptible de se propager sur de longues distances. On le retrouve jusque dans des régions reculées comme l'Arctique où il est présent à des concentrations élevées dans l'atmosphère et chez les grands prédateurs.

111. Des effets nocifs pour les mammifères marins risquent de se produire dans les environs des sources ponctuelles ainsi que dans les endroits affichant des concentrations ambiantes élevées. Les concentrations mesurées dans le biote sont supérieures à la CSEP de 5 mg/kg poids humide déterminée par l'évaluation des risques de l'UE pour ce qui concerne les effets secondaires (Commission européenne 2008). Celles relevées chez les oiseaux des régions d'Europe présentant des concentrations ambiantes élevées ou avoisinant des sources ponctuelles locales se rapprochent des seuils d'effets nocifs.

112. Des études en laboratoire sur des cailles du Japon et des crécerelles d'Amérique laissent en outre penser qu'aux doses écotoxicologiquement pertinentes, il est susceptible de causer un amincissement de la coquille des œufs, un ralentissement de l'oogenèse, une baisse de la qualité des œufs et une diminution de la capacité de survie des descendants. Le HBCD est également très toxique pour les organismes aquatiques. Des études ont montré qu'il induit des effets sur la reproduction, le développement et le comportement. Les dernières avancées en matière de toxicologie du HBCD ont permis, entre autres, de mieux comprendre sa capacité de perturber l'axe hypothalamo-pituitaire-thyroïdien (HPT), le développement normal et le système nerveux central.

113. Les études disponibles montrent que son absorption à partir du tube digestif se fait rapidement chez les rongeurs. Chez l'homme, le HBCD se rencontre dans le sang, le plasma et les tissus adipeux. Les données collectées depuis les années 70 jusqu'en 2000 montrent une hausse des concentrations de cette substance dans le lait maternel humain au cours de cette période. Cette évolution semble refléter celle de la consommation de HBCD du marché.

3.2 Résumé des informations contenues dans l'évaluation de la gestion des risques

114. Le HBCD est fabriqué en Chine, aux États-Unis, en Europe et au Japon. Actuellement, la production connue de cette substance est d'environ 28 000 tonnes par an. L'Europe et la Chine en sont les plus grands consommateurs.

115. Le HBCD est commercialisé sur le marché mondial depuis les années 60. Il s'utilise comme additif dans certains matériaux pour retarder leur inflammation et ralentir la propagation d'un éventuel feu dans les véhicules, bâtiments ou articles qui en contiennent et les endroits où ils sont entreposés. On le trouve principalement dans des isolants et produits de construction en polystyrène expansé ou extrudé ainsi que, à une moindre échelle, dans des textiles et des appareils électriques et électroniques (polystyrène choc). Dans les textiles, on s'en sert dans l'enduit d'envers de tissus d'ameublement et d'autres revêtements d'intérieur, y compris l'habillement intérieur des voitures.

116. De nombreux pays ont déjà mis en place des mesures de réglementation de l'utilisation de HBCD ou sont en train d'en évaluer les risques. Dans le polystyrène-choc et les enduits d'envers, il est

possible de le remplacer par un certain nombre d'autres retardateurs de flamme disponibles sur le marché. Pour le polystyrène expansé et extrudé, un produit de remplacement appelé Emerald 3000 a été annoncé en mars 2011. La production commerciale de ce produit devrait commencer en 2012 mais on s'attend à ce que la conversion de l'ensemble de ce vaste secteur à un nouveau retardateur de flamme prenne plusieurs années, étant donné la nécessité pour les fabricants d'optimiser leurs procédés ainsi que leurs produits et d'obtenir de nouvelles certifications pour ces derniers.

117. Dans certains pays, les règlements en matière de sécurité créent un besoin de matériaux isolants ignifugés. Dans d'autres où la réglementation n'exige pas l'ignifugation des isolants et où le niveau de sécurité incendie requis est obtenu par d'autres moyens techniquement viables qui sont disponibles sur le marché, l'utilisation de HBCD a déjà effectivement cessé.

118. Des solutions de remplacement techniquement viables sont également disponibles dans le commerce pour les différents matériaux dans lesquels le HBCD est utilisé. Elles comprennent des ignifugeants, résines ou matériaux de substitution et des modifications de la conception des produits.

119. Des rejets de HBCD dans l'air, les eaux, les sols et les sédiments peuvent se produire à toutes les étapes du cycle de vie, lors de la production, de la fabrication, de la transformation, du transport, de l'utilisation, de la manutention, du stockage ou confinement et de l'élimination de la substance elle-même ou des produits qui en contiennent. Il peut s'agir de rejets provenant de sources ponctuelles ou d'émissions diffuses résultant de l'utilisation de produits manufacturés. Il a été estimé que dans l'UE, les rejets dans l'environnement durant la fabrication et la formulation du HBCD et durant l'utilisation des produits finaux sont peu importants. Les principales sources de rejets dans les effluents aqueux et les eaux superficielles au cours de l'utilisation finale sont les enduits textiles. Par contre, les estimations concernant les rejets durant l'utilisation par les consommateurs sont très incertaines.

120. Les déchets contenant du HBCD constituent des sujets de préoccupation en raison des quantités grandissantes qui s'accumulent dans les décharges et d'autres endroits, menaçant de devenir des sources à long terme d'émissions de cette substance dans l'environnement. En cas d'inscription du HBCD à la Convention, les dispositions de l'article 6 s'appliqueraient, ce qui imposerait de gérer les stocks de cette substance et les déchets qui en contiennent de manière écologiquement rationnelle. Les déchets contenant du HBCD comprennent des déchets de fabrication, des déchets de construction et de rénovation (panneaux isolants), et d'autres provenant d'applications moins courantes (appareils électriques et électroniques, textiles, etc.). La rénovation et la démolition de bâtiments donnent lieu à des craintes que les émissions produites par les matériaux de construction contenant du HBCD ne se poursuivent à moins d'être convenablement gérées par les générations futures. Les quantités de déchets provenant de tels matériaux ne cesseront de croître si l'utilisation actuelle de HBCD se poursuit.

121. Les déchets de produits et articles contenant du HBCD sont généralement recyclés. Cela peut conduire à une contamination des produits résultants, qui sera difficile à détecter. Dans les pays en développement, le recyclage d'appareils électriques et électroniques contenant du HBCD et d'autres substances toxiques se fait souvent dans des conditions qui entraînent des rejets relativement importants de HBCD dans l'environnement ainsi qu'un niveau plus élevé de contamination des sites (Zhang et al. 2009) et d'exposition des travailleurs (Tue et al. 2010). Les déchets électroniques et autres contenant du HBCD y sont souvent brûlés à l'air libre ou abandonnés dans des décharges sauvages (Malarvannan et al. 2009, Polder et al. 2008c).

122. L'incinération contrôlée est un moyen de se débarrasser des déchets contenant du HBCD. En cas de combustion incontrôlée (incendie accidentel), de co-combustion à des températures insuffisamment élevées ou de défaut de fonctionnement de l'incinérateur, des polybromodibenzo-p-dioxines (PBDD) et de polybromodibenzofuranes (PBDF) risquent de se former (ECHA 2009). Actuellement, l'enfouissement est, dans beaucoup de pays, le moyen le plus courant d'élimination des déchets, ce qui conduit à une accumulation de matériaux contenant du HBCD dans les décharges.

3.3 Mesures de gestion des risques suggérées

123. La mesure de réglementation suggérée est d'inscrire le HBCD à la Convention. Pour tenir compte de certaines utilisations critiques temporaires, on pourrait accorder une dérogation spécifique pour son emploi dans le polystyrène expansé et extrudé, en stipulant des conditions pour la production et les utilisations considérées. Une telle mesure permettrait de mettre effectivement un terme à l'utilisation de HBCD comme retardateur de flamme dans des applications textiles à coefficient d'émission élevé et dans le polystyrène-choc, pour lesquels des solutions de remplacement sont largement disponibles, et dans le polystyrène expansé ou extrudé, lorsque des substituts directs seront introduits. Dans ce dernier cas, il faudra manifestement du temps pour les essais, la validation, l'homologation, les ajustements de la capacité de production et la commercialisation, en vue d'une

transition en douceur. Plusieurs années seront donc nécessaires pour rendre commercialement disponible un volume suffisant de solutions de remplacement du HBCD permettant de couvrir les besoins du marché.

124. L'inscription du HBCD à la Convention se justifierait, vu les propriétés de polluant organique persistant de cette substance produite intentionnellement, et adresserait un message clair, à savoir qu'il faut cesser sa production et son utilisation. Toutefois, cette inscription pourrait avoir des incidences sur les pays, du fait qu'il subsiste certaines utilisations courantes pour lesquelles il faut encore introduire des substances ou autres solutions de remplacement.

125. Les stocks de HBCD et les déchets qui en contiennent seraient alors soumis aux dispositions de l'article 6.

4. Conclusion générale

126. Ayant conclu que l'hexabromocyclododécane (HBCD) est, en raison de sa propagation à longue distance dans l'environnement, susceptible d'avoir des effets nocifs importants sur la santé humaine ou l'environnement qui justifient l'adoption de mesures au niveau mondial;

127. Ayant établi une évaluation de la gestion des risques et examiné les modalités de gestion possibles;

128. Le Comité d'étude des polluants organiques persistants, conformément au paragraphe 9 de l'article 8 de la Convention, recommande à la Conférence des Parties d'envisager d'inscrire l'hexabromocyclododécane⁸ à la Convention de Stockholm en indiquant les mesures de réglementation correspondantes.

⁸ Le terme "hexabromocyclododécane" désigne l'hexabromocyclododécane (No. CAS : 25637-99-4), le 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane (No. CAS : 3194-55-6) et ses principaux diastéréoisomères : l'alpha-hexabromocyclododécane (No. CAS : 134237-50-6); le bêta-hexabromocyclododécane (No. CAS : 134237-51-7); et le gamma-hexabromocyclododécane (No. CAS : 134237-52-8).

Références

Les informations communiquées au titre de l'Annexe F conformément à l'article 8 de la Convention de Stockholm peuvent être consultées sur le site web de la Convention, à l'adresse www.pops.int/poprc

Brazil 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Burundi 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Canada 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Colombia 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, March 2011.

China 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Costa Rica 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Czech Republic 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Ecuador 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Finland 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Germany 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Japan 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, March 2011.

Nigeria 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Norway 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Mauritius 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Romania 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Sweden 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

[BSEF] 2011. Bromine Science and Environmental Forum (BSEF). Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

PlasticsEurope/Exiba 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Instituto do Meio Ambiente (IMA) Brazil 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

[XPSA/CPIA] Extruded Polystyrene Foam Association (XPSA) and Canadian Plastics Industry Association (CPIA). Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

[IPEN] International POPs Elimination Network 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

Autres références :

[Aabye, R, Frydenlund, T.E.] 40 years of experience with the use of EPS Geofam blocks in road construction. Presentation by Norwegian Public Road Administration and Geo Con at 4th International Conference on Geofam Blocks in Construction Applications. Lillestrøm, 6–8 June 2011.

Abdallah MA, Harrad S. Personal exposure to HBCDs and its degradation products via ingestion of indoor dust. *Environ Int.* 2009;35(6):870-6.

Abdallah MA, Harrad S, Covaci A. Hexabromocyclododecanes and tetrabromobisphenol- A in indoor air and dust in Birmingham, U.K: implications for human exposure. *Environ Sci Technol.* 2008a;42(18):6855-61.

Abdallah MAE, Harrad S, Ibarra C, Diamond M, Melymuk L, Robson M, Covaci A. Hexabromocyclododecanes in indoor dust from Canada, the United Kingdom, and the United States. *Environ Sci Technol.* 2008b;42(2):459-64

Allchin CR, Morris S. Hexabromocyclododecane (HBCD) diastereoisomers and brominated diphenyl ether congener (BDE) residues in edible fish from the rivers Skerne and Tees, U.K. *Organohalogen Compd.* 2003, 61, 41-44.

[APME] Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), European Extruded Polystyrene Insulation Board Association (Exiba), European Isocyanate Producers Association (Isopa) (no date). Co-combustion of Building Insulation Foams with Municipal Solida Waste. Summary report. Authors: Vehlow, J., Mark, F.E. 4 p.

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2004. Synthetic vitreous fibers. Division of Toxicology ToxFAQs. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts161.pdf>

[BASF] 2011. BASF supports new polymeric flame retardant. Press release 5 April 2011. 3 p. <http://www.basf.com/group/pressrelease/P-11-230>

[BFR] 2010. Brominated Flame Retardants in Products: Results of the Swiss Market Survey 2008. Authors: Bantelmann, E., Ammann, A., Näf, U., Tremp, J. Abstract at BFR 2010 conference. 4 p.

[BFRIP] Brominated Flame Retardant Industry Panel 2005. HPV Data Summary and Test Plan for Hexabromocyclododecane (HBCD). CAS No.3194556. <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/cyclodod/c13459rt.pdf>

[BSEF] Bromine Science and Environmental Forum. About Hexabromocyclododecane (HBCD). 2006. <http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/about-hbcd/> (accessed January 2008).

[BSEF] Bromine Science and Environmental Forum. About Hexabromocyclododecane (HBCD). 2010. <http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/about-hbcd/> (accessed June 2010).

[BUWAL] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 2004. Bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffprodukten des Schweizer Marktes. Authors: Kuhn, E., Arnet, R., Känzig, A. and Frey, T. 53 p.

[CEFIC/EFRA] European Chemical Industry Council. European Flame Retardants Association 2006. Flame Retardants Fact Sheet. Hexabromocyclododecane (HBCD). 3 p. <http://www.cefic-efra.com/Objects/2/Files/HBCDFactsheet.pdf>

[CEFIC/EFRA] European Chemical Industry Council. European Flame Retardants Association. Flame Retardants Fact Sheet. Ammonium Polyphosphate (APP). 4 p. <http://www.cefic-efra.com/Objects/2/Files/APPFactSheet.pdf>

[DEPA] Danish Environmental Protection Agency 2010. Inclusion of HBCDD, DEHP, BBP, DBP and additive use of TBBPA in annex IV of the Commission's recast proposal of the RoHS Directive, COWI A/S. Danish Ministry of Environment, Environmental Project No. 13172010. Authors Maag J, Brandt K, Mikkelsen S, Lassen C. 87 p.

[DIOXIN] 2010a. PBDEs and their replacements: Does the benefit justify the harm? Dioxin 2010, 1-6. Authors: Blum, A., Shaw, S. et Birnbaum, L.

[DIOXIN] 2010b. PBDE, HBCD and other non-PBDE flame retardants in car dust sampled in the Czech Republic in 2009. Dioxin 2010. Authors: Stavelova M, Kalachova K, Pulkrabova J, Hradkova P, Kovar M, Demnerova K, Hajslova J.

- Desmet K, Schelfaut M, Sandra P. 2005. Determination of bromophenols as dioxin precursors in combustion gases of fire retarded extruded polystyrene by sorptive sampling-capillary gas chromatography-mass spectrometry. J Chromatogr., A 1071(1 2):125–129.**
- [DOW] DOW Chemicals 2011. Dow Announces Development of a New Polymeric Flame Retardant Technology for Polystyrene Foam Building Insulation Products. Press release 29 March, 2011. Available at <http://www.dow.com/news/corporate/2011/20110329b.htm>**
- Dumler R, Thoma H, Lenoir D, Hutzinger O. 1989. PBDF and PBDD from the combustion of bromine containing flame retarded polymers: a survey. Chemosphere 19(12):2023–2031.**
- [EC] European Commission 2002. Risk Assessment Report Volume 17 Bis(Pentabromophenyl)Ether CAS No: 1163-19-5 Einesc No: 214-604-9 Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities. 294 p.
http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assessment/REPORT/decabromodiphenyletherreport013.pdf
- [EC] European Commission. Risk assessment hexabromocyclododecane, CAS-No.: 25637-99-4, EINECS No.: 247-148-4, Final Report May 2008. 492 pp. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/hbcddreport044.pdf**
- [EC] European Commission. Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT 25 March 2011 (Update 13 April 2011). 841 p.
http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/POP_Waste_2011.pdf
- [ECB] European Chemicals Bureau 2008. TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCPP). CAS No: 13674-84-5; EINECS No: 237-158-7; Summary Risk Assessment Report. Ireland (lead) and United Kingdom. 20 p. <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/risk-assessment/SUMMARY/tcppsum425.pdf>**
- [ECHA] (European Chemicals Agency) 2008. Member state committee support document for identification of hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers as a substance of very high concern. 43 pp. Available at: http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp**
- [ECHA] European Chemicals Agency 2009. Data on Manufacture, Import, Export Uses and Releases of HBCDD as well as Information on Potential Alternatives to Its Use. December 1, 2009. http://echa.europa.eu/doc/consultations/recommendations/tech_reports/tech_rep_hbcdd.pdf**
- [EHP] San Antonio statement on brominated and chlorinated flame retardants, Environ Health Perspect 118:516 – 518 (2010). Authors: DiGangi J, Blum A, Bergman A, de Wit CA, Lucas D, Mortimer D, Schechter A, Scheringer M, Shaw SD, Webster TF (2010)**
- [EMPA] Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology 2010. RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report September 17, 2010. Authors: Wäger, P., Schlupe, M. and Müller, E. 99 p.**
- [Environment Canada]. Draft Screening Assessment Cyclododecane, 1,2,5,6,9,10-hexabromo-Chemical Abstracts Service Registry Number 3194-55-6. Environment Canada. Health Canada. August 2010a. 114 p.**
- [Environment Canada]. Risk Management Scope for Cyclododecane, 1,2,5,6,9,10 – hexabromo-(Hexabromocyclododecane; HBCD). Environment Canada. Health Canada. August 2010b. 12 p.
- [EPS 2011] 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications.
http://www.tekna.no/portal/page/portal/tekna/event?p_kp_id=20775&p_backurl=http://www.tekna.no/portal/page/portal/tekna/event&p_action=PREVIEW
- [EUMEPS] European Manufacturers of Expanded Polystyrene 2002. Building a Better Environment with EPS. <http://www.eumeps.org/show.php?ID=4469&etsid=xwctaave> (Accessed May 2011). 6 p.**
- [EUMEPS] European Manufacturers of Expanded Polystyrene 2011. Fire Safe Construction with EPS.
<http://www.eumeps.org/show.php?ID=4530&etsid=xwctaave> (Accessed May 2011). 18 p.

- [Geopartner] GEO Partner AG Resource Management 2007. **Dynamic Substance Flow Analysis Model for Selected Brominated Flame Retardants as a Base for Decision Making on Risk Reduction Measures (FABRO)**. Final report. Authors: Morf, L., Buser, A., Taverna, R. 165 p.
- Goosey E, Abdallah M, Harrad S. **Dust from Primary School and Nursery Classrooms in the UK: Its Significance as a Pathway of Exposure for Young Children to PFOS, PFOA, HBCDs and TBBP-A**. *Organohalogen Compd.* 2008; 70: 855-858.
- [Halogenated flame retardants] 2010. **Do the fire safety benefits justify the risks?** Authors: Shaw SD, Blum A, Weber R, Kurunthachalam K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum L. *Reviews on Environ Health* 25:261 - 305
- Harrad, S. et Abou-Elwafa Abdallah, M. **Brominated flame retardants in dust from UK cars-within-vehicle spatial variability, evidence for degradation and exposure implications**. *Chemosphere* 2011;82(9):1240-5
- [HBCD Industry Working Group]. **Update on research programmes on alternatives to HBCD for polystyrene insulation foams**. Submission to ECHA public consultation (2009) and to UNECE (February 2010) 7 p.
- Heeb NV, Schweizer WB, Kohler M and Gerecke AC. **Structure elucidation of hexabromocyclododecanes - a class of compounds with a complex stereochemistry**. *Chemosphere* 2005; 61: 65-73.
- Heeb NV, Schweizer WB, and Lienemann P. **Thermally-induced transformation of hexabromocyclododecane and isobutoxypenta bromocyclododecanes in flame-proofed polystyrene materials**. *Chemosphere* 2010; 80(7):701-708.
- [HSDB] **Hazardous Substances Data Bank. Comprehensive, peer-reviewed toxicology data for about 5,000 chemicals**. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> Accessed in June 2011.
- [INE-SEMARNAT] **Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Las sustancias tóxicas persistentes en Mexico. Report**. Authors: Bremauntz AF, Yarto Ramírez MY, Díaz JC. 2004, 261 pp.
- Kajiwaru N, Sueoka M, Ohiwa T, Takigami H. **Determination of flame-retardant hexabromocyclododecane diastereomers in textiles**. *Chemosphere*. 2009;74(11):1485-9.
- [KEMI] **Swedish Chemicals Agency 2006. Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD**. Author: Posner, S. 43 p. http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM1_06.pdf
- [KEMI] **Swedish Chemicals Agency 2008. Proposal for Harmonised Classification and Labelling Based on the CLP Regulation (EC) No 1272/2008, Annex VI, Part 2. Substance Name: Hexabromocyclododecan**. Dossier submitted to the European Commission 2009; 49 pp.
- [KLIF] **Climate and Pollution Agency in Norway 2011a. Exploration of management options for Hexabromocyclododecane (HBCD)**. 18 August 2010 (updated version). Author: Posner, S., Säll, L. 45 p. <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Mai/Report-to-the-8th-meeting-of-the-UNECE-Task-Force-on-Persistent-Organic-Pollutants-Montreal-18-20-May-2010-updated-18-August-2010/>
- [KLIF] **Climate and Pollution Agency in Norway. 2011b. Assessment of the consumption of HBCDD in EPS and XPS in conjunction with national fire requirements**. Authors: Posner, S., Blomqvist, P., Simonson McNamee, M., Thureson, P. 75 p. <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Mai/Assessment-of-the-consumption-of-HBCDD-in-EPS-and-XPS-in-conjunction-with-national-fire-requirements/>
- [KLIF] **Climate and pollution agency in Norway 2011c. Alternatives to the use of flame retarded EPS in buildings**. A report by COWI AS Denmark. Authors: Lasses, C., Maag, J., Hoibye, L., Vesterlykke, M., Lundegaard, T. 97 p.
- Knutsen HK, Kvale HE, Thomsen C, Frøshaug M, Haugen M, Becher G, Alexander J, Meltzer HM. **Dietary exposure to brominated flame retardants correlates with male blood levels in a selected group of Norwegians with a wide range of seafood consumption**. *Mol Nutr Food Res*. 2008;52(2):217-27.

- Leung, A.O.W., Chan, J.K.Y., Hua Xing, G., Xu, Y., Chun Wu, S., Wong, C.K.C, Leung, C.K.M., Wong, M.H, Body burdens of polybrominated diphenyl ethers in childbearing-aged women at an intensive electronic-waste recycling site in China. *Environ Sci Pollut Res* (2010) 17:1300–1313
- [LCSP] Lowell Center For Sustainable Production. **An Overview of Alternatives to Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and Hexabromocyclododecane (HBCD). Report prepared for The Jennifer Altman Foundation. University of Massachusetts , 2006. Author: Morose G. 32 pp.**
- Managaki S, Miyake Y, Yokoyama Y, Hondo H, Masunaga S, Nakai S, Kobayashi T, Kameya T, Kimura A, Nakarai T, Oka Y, Otani H and Miyake A. Emission load of hexabromocyclododecane in Japan based on the substance flow analysis. 2009.
http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/managaki/managaki200908_1.pdf
- Malarvannan, G., Kunisue, T., Isobe, T., Sudaryanto, A., Takahashi, S., Prudente, M., Subramanian, A. et Tanabe, S. 2009. Organohalogen compounds in human breast milk from mothers living in Payatas and Malate, the Philippines: levels, accumulation kinetics and infant health risk. *Environ Pollut*, 157, 1924-32.
- Miyake Y, Managaki S, Yokoyama Y, Nakai S, Kataoka T, Nagasawa E, Shimojima M, Masunaga S, Hondo H, Kobayashi T, Kameya T, Kimura A, Nakarai T, Oka Y, Otani H and Miyake A. Exposure to hexabromocyclododecane (HBCD) emitted into indoor air by drawing flameretarded curtain.
http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/masunaga/masunaga200908_3.pdf
- Morf L, Buser A, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R. Dynamic substance flow analysis as a valuable tool - a case study for brominated flame retardants as an example of potential endocrine disruptors. 2008: 62(5):424-431
- [NCM] Nordic Council of Ministers 2004. Emission measurements during incineration of waste containing bromine TemaNord. Nordic Council of Ministers 2004:529 0903-7004
Corporate Author: Nordic Council of Ministers. 55 p.
- [NCM] Nordic Council of Ministers 2008. Hexabromocyclododecane as a possible global POP. Nordic Chemicals Group and Nordic Council of Ministers, Author: Peltola-Thies J. 2008, 91 pp. <http://www.norden.org/en/publications/publications/2008-520>
- [OECD] Organization for Economic Co-operation and Development. SIDS Initial Assessment Profile for Cas. No. 25637-99-4, 3194-55-6, Hexabromocyclododecane (HBCDD). SIAM 24, 19-20 April 2007. Available from:
<http://webnet.oecd.org/Hpv/UI/handler.axd?id=ea58ac11-e090-4b24-b281-200ae351686c>
1. Polder, A., Venter, B., Skaare, J. U. et Bouwman, H. 2008. Polybrominated diphenyl ethers and HBCD in bird eggs of South Africa. *Chemosphere*, 73, 148-154.
- [RAC] Committee for Risk Assessment RAC. Opinion proposing harmonised classification and labeling at Community level of hexabromocyclododecane (HBCDD). European Chemicals Agency (ECHA), 2010
- [RAC] Committee for Risk Assessment RAC. Annex 1. Background Document to the Opinion proposing harmonized classification and labelling at Community level of Hexabromocyclododecane (HBCDD). European Chemicals Agency (ECHA), 2010.
- Remberger M, Sternbeck J, Palm A, Kaj L, Strömberg K, Brorström-Lundén E. The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden. *Chemosphere*. 2004;54(1):9-21
- Schuler D., Jager J. (2004) Formation of chlorinated and brominated dioxins and other organohalogen compounds at the pilot incineration plant VERONA, *Chemosphere* 54:49 – 59
- Stapleton HM, Allen JG, Kelly SM, Konstantinov A, Klosterhaus S, Watkins D, McClean MD, Webster TF. Alternate and new brominated flame retardants detected in U.S. house dust. *Environ Sci Technol*. 2008;42(18):6910-6.
- [Stec A et Hull R.] Fire toxicity. Woodhead publishing Limited, Oxford. 728 p. ISBN 1 84569 502 X

- Stuart H, Ibarra C, Abdallah MA, Boon R, Neels H, Covaci A. Concentrations of brominated flame retardants in dust from United Kingdom cars, homes, and offices: Causes of variability and implications for human exposure. *Environ Int.* 2008;34(8):1170-5.
- [SWEREA] Exploration of management options for HBCDD. Report. Authors: Posner S, Roos S, Olsson E. 2010. 84 pp.**
- Takigami H, Suzuki G, Hirai Y, Ishikawa Y, Sunami M, Sakai S. Flame retardants in indoor dust and air of a hotel in Japan. *Environ Int.* 2009a;35(4):688-93.
- Takigami H, Suzuki G, Hirai Y, Sakai S. Brominated flame retardants and other polyhalogenated compounds in indoor air and dust from two houses in Japan. *Chemosphere.* 2009b ;76(2):270-7.**
- Thomsen C, Frøshaug M, Leknes H and Becher G. Brominated flame retardants in breast milk from Norway. *Organohalogen compounds* 2003; 64:
- Tue, N. M., Sudaryanto, A., Tu, B. M., Isobe, T., Takahashi, S., Pham H. V. et Tanabe, S. 2010. Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. *Science of The Total Environment*, 408, 2155-2162.
- [USDOE] US Department of Energy. Insulation and Air Sealing. Accessed June 2011. http://www.energysavers.gov/your_home/insulation_airsealing/index.cfm/mytopic=11510**
- [US EPA] US Environmental Protection Agency. Initial Risk-Based Prioritization of High Production Volume Chemicals. Chemical/Category: Hexabromocyclododecane (HBCD). Risk-Based Prioritization Document 3/18/2008**
- [US EPA] US Environmental Protection Agency. Hexabromocyclododecane (HBCD) Action Plan. 12 p. http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/RIN2070-AZ10_HBCD%20action%20plan_Final_2010-08-09.pdf**
- [VECAP] Voluntary Emissions Control Action Programme 2011. Annual Progress Report 2010. European Flame Retardants Association (EFRA), the Bromine Science and Environmental Forum (BSEF). 22 p. www.vecap.info**
- [VISTA] Vista Analyse AS. Kostnader og konsekvenser av utfasing av stoffer og stoffgrupper m.v. Vista Analyse Rapport 2010/09. Author: Skjelvik, J.M.. 42 p. <http://www.miljogift.no/Portals/0/Sluttrapport%20-%20Kostnader%20og%20konsekvenser%20av%20utvalgte%20iltak.pdf>
- [Vogdt] F.U. Planung, Konstruktion, Ausführung, Kapitel 15: Umwelt und Gesundheit. Kalksandstein – Umwelt und Gesundheit. Januar 2009.
- Weber R, Kuch B. 2003. Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. *Environment International* 29: 699 -710.**
- Weil E.D., Levchik, S.V.. Flame Retardants in Commercial Use or Development for Textiles. *Journal of Fire Sciences* May 2008 vol. 26 no. 3 243-281**
- Weil E.D., Levchik, S.V.. Flame Retardants for Plastics and Textiles. Practical Applications. Hanser Publications. Munich. 2009. ISBN 978-1-56990-454-1. 297 p.**
- Zhang, X. L., Yang, F. X., Luo, C. H., Wen, S., Zhang, X. et Xu, Y. 2009. Bioaccumulative characteristics of hexabromocyclododecanes in freshwater species from an electronic waste recycling area in China. *Chemosphere*, 76, 1572-1578.