

Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants et leur utilisation dans les produits manufacturés

Analyse de certains ignifugeants contenus dans les
meubles de bureau et de maison

Rapport sommaire – Phase II

Décembre 2015



cec.org

Citer comme suit :

CCE (2015), *Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants que contiennent des produits manufacturés utilisés à l'intérieur – Analyse de certains ignifugeants contenus dans les meubles de bureau et de maison*, Commission de coopération environnementale, Montréal, Canada, 16 p.

Le présent document a été établi par Intertek Testing Services NA, Ltd., pour le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE) de l'Amérique du Nord. L'information qu'il contient ne reflète pas nécessairement les vues de la CCE ni des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis.

Le document peut être reproduit en tout ou en partie sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, à condition que ce soit à des fins non lucratives et que la source soit mentionnée. La CCE souhaiterait néanmoins recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit inspiré du présent document.

Sauf indication contraire, le contenu de cette publication est protégé en vertu d'une licence Creative Common : Paternité - Pas d'utilisation commerciale - Pas de modification.



© Commission de coopération environnementale, 2015

ISBN 978-2-89700-133-9 (version électronique)

Available in English : ISBN 978-2-89700-131-5 (e-version);

Disponible en español : ISBN 978-2-89700-132-2 (versión electrónica)

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives Canada, 2015

Renseignements sur la publication :

Type de publication : rapport de projet

Date de parution : décembre 2015

Langue d'origine : anglais

Procédures d'examen et d'assurance de la qualité :

Révision finale par les Parties : octobre 2015

QA257

Projet : Plan opérationnel pour 2013 et 2014 / *Méthodes d'identification et de suivi des produits chimiques commerciaux en Amérique du Nord*

Renseignements supplémentaires :

Commission de coopération environnementale

393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9

t 514.350.4300 f 514.350.4314

info@cec.org / www.cec.org



Table des matières

Liste des abréviations et acronymes.....	v
Résumé.....	vi
Introduction	1
Objectifs de l'étude	1
Méthodologies	2
Évaluation préliminaire par fluorescence X (FX)	3
Analyses de laboratoire par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM)	3
Sommaire des résultats.....	4
Évaluation préliminaire par FX	4
Résultats du dosage des ignifugeants	5
<i>Tendances relatives aux produits, par pays.....</i>	<i>5</i>
<i>Tendances relatives aux types d'échantillon, par pays.....</i>	<i>6</i>
<i>Répartition des ignifugeants dans les échantillons.....</i>	<i>7</i>
<i>Présence d'ignifugeants dans la mousse et dans le rembourrage</i>	<i>8</i>
Corrélation entre les résultats de la FX et de la CG/SM.....	8
Conclusion	9
Bibliographie.....	10

Liste des tableaux

Tableau 1. Ignifugeants évalués au cours de la phase 2.....	2
Tableau 2. Description des catégories d'échantillons	3
Tableau 3. Sommaire des résultats généraux de l'évaluation préliminaire par FX des produits achetés dans les trois pays	4
Tableau 4. Sommaire des résultats de l'évaluation préliminaire par FX selon le pays	5
Tableau 5. Résultats détaillés de l'évaluation préliminaire par FX à l'échelle nord- américaine.....	5
Tableau 6. Pourcentage de produits contenant des ignifugeants : total nord-américain et total par pays.....	6
Tableau 7. Nombre et fréquence de détection des échantillons contenant du TCPP, TDCPP ou TPP dans les trois pays.....	7
Tableau 8. Répartition des agents ignifugeants détectés selon le type d'échantillon	7
Tableau 9. Répartition des ignifugeants détectés dans les échantillons de mousse et de rembourrage	8

Liste des abréviations et acronymes

Br	brome
CCE	Commission de coopération environnementale
Cl	chlore
DBDPE	1,1'-(éthane-1,2-diyl)bis[pentabromobenzène]; ou décabromodiphényléthane
EC	Environnement Canada
g	grammes
CG/SM	chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse
HBCD	hexabromocyclododécane
kg	kilogrammes (1000 grammes, ou 1×10^3 grammes)
ng	nanogrammes (ou 1×10^{-9} grammes)
P	phosphore
PIP	phénol isopropylé, phosphate (3:1)
ppm	parties par million
PPAQ	plan de projet d'assurance de la qualité
Semarnat	<i>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales</i> (ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles, Mexique)
TBB	acide 2,3,4,5-tétabromo-benzoïque de 2-éthylhexyle
TBE	1,1'-(éthane-1,2-diylbisoxo)bis(2,4,6-tribromobenzène)
TBEP	phosphate de tris(2-butoxyéthyle)
TBPH	tétabromophtalate de bis(2-éthylhexyle)
TCEP	phosphate de tris(2-chloroéthyle)
TCP	phosphate de tris(méthylphényle)
T CPP	phosphate de tris(2-chloro-1-méthyléthyle), mélange d'isomères (contient la substance CAS n° 6145-73-9)
IsomèreT CPP	phosphate de tris(2-chloropropyle) (isomère du T CPP)
TDCPP	phosphate de tris[2-chloro-1-(chlorométhyl)éthyle]
TEP	phosphate de triéthyle
CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i> (Service d'information sur les produits chimiques, États-Unis)
TPP	phosphate de triphényle
FX	fluorescence X

Résumé

Le Canada, le Mexique et les États-Unis, dans l'exercice de leurs attributions à titre de Parties à la Commission de coopération environnementale (CCE), ont manifesté un intérêt commun pour la réalisation d'une étude de cas en vue d'étoffer les connaissances concernant la présence de 16 nouveaux ignifugeants dans des produits de consommation. En conséquence, un projet intitulé *Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants et leur utilisation dans les produits manufacturés* (CCE, 2014) a été financé dans le cadre du Plan opérationnel de la CCE pour 2013 et 2014 et sa réalisation a été confiée à une équipe de projet composée de représentants du Secrétariat de la CCE, de Santé Canada (SC), d'Environnement Canada (EC), de l'*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático* (INECC, Institut national de l'écologie et des changements climatiques) relevant du *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (Semarnat, ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles du Mexique), et de l'*Environmental Protection Agency* (EPA, Agence de protection de l'environnement des États-Unis). Le présent rapport rend compte des résultats de la phase 2 du projet, qui a consisté à échantillonner des produits ciblés et à analyser une liste restreinte de nouveaux ignifugeants. La phase 2 a été réalisée en deux parties : 1) une technique d'évaluation préliminaire a été utilisée pour déterminer la présence dans les échantillons de brome, de chlore et de phosphore, éléments pouvant indiquer la présence de l'un des 16 ignifugeants étudiés; 2) les échantillons retenus ont ensuite été soumis à une analyse quantitative. Les résultats de l'évaluation préliminaire par fluorescence X et des analyses de laboratoire par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse sont présentés et des tendances générales sont décrites selon le type de produit, la catégorie d'échantillons et le pays.

Introduction

Face à un volume croissant de données scientifiques, les communautés internationales reconnaissent que certaines substances chimiques contenues dans divers produits de consommation peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement et sur la santé humaine. Ces substances sont introduites dans les produits de consommation pour diverses raisons qui sont liées à l'utilisation des produits. Les ignifugeants suscitent des préoccupations particulières parce que plusieurs études ont relevé des effets néfastes sur la santé occasionnés par ces substances. Le fait que l'on ait décelé des ignifugeants à divers endroits et, notamment, tant dans l'environnement (Segev, 2009) que chez les espèces sauvages (Hale, 2001) et chez les humains (Hooper, 2000) a conduit à une intensification des préoccupations.

Le Canada, le Mexique et les États-Unis, dans l'exercice de leurs attributions à titre de Parties à la Commission de coopération environnementale (CCE), ont manifesté un intérêt commun pour la réalisation d'une étude de cas en vue d'approfondir les connaissances sur la mesure dans laquelle les produits de consommation peuvent être traités au moyen d'agents ignifugeants. Les trois pays s'intéressaient particulièrement à plusieurs « nouveaux » ignifugeants mis au point comme produits de remplacement d'ignifugeants plus anciens ou à utilisation réglementée.

Un projet intitulé *Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants et leur utilisation dans les produits manufacturés* (CCE, 2014) a été financé dans le cadre du Plan opérationnel de la CCE pour 2013 et 2014. L'équipe de projet est composée de représentants du Secrétariat de la CCE, de Santé Canada (SC), d'Environnement Canada (EC), de l'*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático* (INECC, Institut national de l'écologie et des changements climatiques), qui relève du *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (Semarnat, ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles du Mexique), et de l'*Environmental Protection Agency* (EPA, Agence de protection de l'environnement des États-Unis).

Ce projet a été conçu pour être exécuté en deux phases. La réalisation de la phase 1 a été confiée à la société Eastern Research Group, Inc. (ERG) (CCE, 2015). Les deux principaux objectifs de cette phase étaient les suivants : 1) déterminer les produits contenant au moins un ignifugeant figurant sur une liste initiale de 46 agents d'intérêt commun; 2) recueillir des renseignements et des points de vue relativement à l'utilisation future d'ignifugeants dans les produits en mousse. Un troisième objectif consistait à recueillir des renseignements sur la quantité d'ignifugeant dont la présence était déclarée dans divers produits. Enfin, la phase 1 devait permettre d'établir un document d'orientation ayant pour objet de recommander des articles à acheter et dans lesquels étudier les ignifugeants, en appliquant un plan d'échantillonnage et des processus d'analyse généralement admis. Pour la phase 2 du projet, la CCE a retenu les services de la société Intertek en et a chargé celle-ci de procéder à un échantillonnage ciblé de produits et d'analyser ces derniers pour caractériser et quantifier de nouveaux ignifugeants figurant sur une liste restreinte de substances établie en fonction des résultats des travaux de la société ERG. Les 16 ignifugeants recommandés ont été sélectionnés en collaboration par la CCE et les représentants des pays membres. Le reste du présent rapport sommaire traite des résultats de la phase 2 du projet *Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants et leur utilisation dans les produits manufacturés*.

Objectifs de l'étude

Les objectifs de la phase 2 du projet étaient les suivants :

1. élaborer et appliquer un plan de projet d'assurance de la qualité (PPAQ);
2. acheter/se procurer des produits fabriqués d'utilisation courante par les consommateurs;
3. préparer des échantillons à partir de ces produits aux fins d'analyse;
4. déterminer la présence et la concentration des ignifugeants ciblés dans les produits étudiés en procédant au besoin à des analyses qualitatives et quantitatives.

Les essais mentionnés à l'objectif 4 ont été effectués en deux parties. Initialement, une technique d'évaluation préliminaire — la fluorescence X (FX) — a été utilisée pour déceler la présence de brome (Br), de chlore (Cl) et de phosphore (P), éléments chimiques pouvant indiquer la présence de l'un des 16 ignifugeants ciblés (voir la liste de ces ignifugeants au tableau 1, ci-dessous). Ensuite, une analyse quantitative a été effectuée sur des échantillons présentant des concentrations de Br, Cl ou P qui dépassaient un certain seuil. L'analyse quantitative a servi à déterminer la nature des ignifugeants présents dans les échantillons et à en mesurer la concentration.

Tableau 1. Ignifugeants évalués au cours de la phase 2

N ^o CAS*	Acronyme	Ignifugeant — appellation chimique
13674-84-5	TCPP	Phosphate de tris(2-chloro-1-méthyléthyle), mélange d'isomères (contient la substance CAS n ^o 6145-73-9)
6145-73-9	ISOMÈRE TCPP	Phosphate de tris(2-chloropropyle) (isomère du TCPP)
13674-87-8	TDCPP	Phosphate de tris[2-chloro-1-(chlorométhyl)éthyle]
26040-51-7	TBPH	Tétrabromophtalate de bis(2-éthylhexyle)
84852-53-9	DBDPE (DBE-209)	1,1'-(Éthane-1,2-diyl)bis[pentabromobenzène]; ou décabromodiphényléthane
183658-27-7	TBB	Acide 2,3,4,5-tétrabromo-benzoïque de 2-éthylhexyle
78-40-0	TEP	Phosphate de triéthyle
78-51-3	TBEP	Phosphate de tris(2-butoxyéthyle)
1330-78-5	TCP	Phosphate de tris(méthylphényle)
26446-73-1		Phosphate de bis(méthylphényle) et de phényle
68937-41-7	PIP	Phénol isopropyllé, phosphate (3:1)
77098-07-8		Esters d'acide 3,4,5,6-tétrabromophtalique, mélangés avec le 2,2'-oxydiéthanol et le propylèneglycol
20566-35-2		3,4,5,6-Tétrabromophtalate de 2-(2-hydroxyéthoxy)éthyle et de 2-hydroxypropyle
115-96-8	TCEP	Phosphate de tris(2-chloroéthyle)
37853-59-1	TBE	1,1'-(Éthane-1,2-diylbisoxy)bis(2,4,6-tribromobenzène)
25637-99-4	HBCD	Hexabromocyclododécane
115-86-6	TPP	Phosphate de triphényle

*Numéro d'inscription au registre du *Chemical Abstracts Service* (CAS, Service d'information sur les produits chimiques).

Méthodologies

Intertek a sélectionné en moyenne 45 articles d'ameublement dans chaque pays (Canada, Mexique et États-Unis). Les articles ont été achetés entre décembre 2014 et avril 2015 auprès d'au moins trois importants détaillants dans chaque pays; pour chaque pays, environ 10 fauteuils de bureau et 35 produits rembourrés (sofas ou chaises) ont été choisis. Les produits sélectionnés se situaient à l'extrémité faible à moyenne de la fourchette de prix. Nous en avons fait une description la plus précise possible au moyen d'images illustrant

leur aspect physique et d'informations sur le type d'utilisation, la marque de commerce et le détaillant. D'après les renseignements disponibles sur le point d'origine, il y avait 54 articles provenant de Chine, quatre autres provenant d'Asie, six provenant du Canada et cinq provenant des États-Unis. Dans le cas des 63 autres articles, il a été impossible de déterminer le pays d'exportation ou de fabrication. En raison de ce manque général de renseignements sur le pays d'origine, ainsi que de la petite taille de l'échantillon, aucune corrélation n'a été faite entre l'origine et les résultats quantitatifs.

Chaque article (p. ex. sofa, chaise) a été photographié avant sa déconstruction, puis a été séparé en échantillons homogènes en vue de l'évaluation préliminaire (voir la définition des catégories d'échantillons au tableau 2). Les échantillons homogènes individuels ont également été photographiés.

Tableau 2. Description des catégories d'échantillons

Catégorie d'échantillons	Description
Tissu	Matériel souple, souvent tissé, composé d'un réseau de fibres naturelles ou synthétiques
Mousse	Substance formée par le piégeage de poches de gaz dans un matériel solide
Autre	Comprend le cuir, l'imitation de cuir, le plastique, les sangles et les tubes
Matelassage	Matériel fibreux, habituellement fabriqué en feuilles à partir de matériel tel que du coton, de la laine et/ou des fibres synthétiques
Bourre	Matériel fibreux libre utilisé pour le bourrage

Évaluation préliminaire par fluorescence X (FX)

Un analyseur FX portatif de modèle Olympus Delta a été utilisé pour l'évaluation préliminaire de tous les échantillons. Si les résultats de ces essais indiquaient des concentrations de Cl, P ou Br supérieures à un seuil établi de 300 parties par million (ppm), les échantillons étaient soumis à des analyses plus précises de détermination et de quantification des ignifugeants. Les échantillons dont les concentrations de Cl, Br et P étaient inférieures à 300 ppm n'étaient soumis à aucune autre analyse.

Analyses de laboratoire par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM)

Les échantillons nécessitant des analyses additionnelles ont été préparés par extraction au moyen d'un solvant organique, puis les ignifugeants ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM). Ces échantillons ont été réduits en petites pièces, placés dans un flacon auquel du dichlorométhane a été ajouté, et l'extraction a été effectuée par sonication pendant une heure à une température de 50–55 °C. Après la sonication, on a laissé les échantillons refroidir jusqu'à la température de la pièce, on les a filtrés pour en retirer les particules et l'on a procédé au dosage à l'aide d'un système de CG Agilent 6890N couplé à un discriminateur de masse Agilent 5975.

Sommaire des résultats

Évaluation préliminaire par FX

Chacun des 132 articles achetés aux fins des essais a produit au moins un résultat positif lors de l'évaluation préliminaire parce que la concentration de Cl, P et/ou Br dépassait le seuil de 300 ppm dans au moins un échantillon prélevé (tissu, mousse, matelassage, bourre, autre). Une comparaison des données montre que le facteur indiquant le mieux qu'un produit contient peut-être un ignifugeant est la présence de composés chlorés. Plus précisément, chacun des 132 articles contenait au moins un échantillon où les concentrations de Cl dépassaient 300 ppm (>300 ppm), alors qu'en moyenne, environ 40 % des articles soumis aux essais contenaient au moins un échantillon où les concentrations de P étaient >300 ppm, et 39 % des articles contenaient au moins un échantillon où les concentrations de Br étaient >300 ppm. Le tableau 3 présente sous forme sommaire les résultats de l'évaluation préliminaire par FX de tous les produits achetés au Canada, au Mexique et aux États-Unis.

Tableau 3. Sommaire des résultats généraux de l'évaluation préliminaire par FX des produits achetés dans les trois pays

Type de produit	Nombre d'articles	Nombre d'articles contenant au moins un échantillon*à concentration de Cl, P et/ou Br >300 ppm	Nombre d'articles à conc. de Cl >300 ppm	Nombre d'articles à conc. de P >300 ppm	Nombre d'articles à conc. de Br >300 ppm
Chaise	47	47 (100 %)	47 (100 %)	23 (49 %)	16 (34 %)
Fauteuil de bureau	33	33 (100 %)	33 (100 %)	15 (45 %)	12 (36 %)
Ottomane	2	2 (100 %)	2 (100 %)	1 (50 %)	0 (0 %)
Sofa	50	50 (100 %)	50 (100 %)	16 (32 %)	24 (48 %)
Total	132	132 (100 %)	132 (100 %)	55 (42 %)	52 (39 %)

*Échantillon = tissu, mousse, matelassage, bourre, autre.

Au total, 717 échantillons ont été constitués pour les 132 articles achetés. De ce nombre, 559 échantillons (soit 78 %) contenaient des concentrations de Cl, P, et/ou Br dépassant le seuil établi de 300 ppm, et ont donc été soumis à une analyse quantitative. Le tableau 4 indique le nombre et le pourcentage d'échantillons, dans chaque pays, présentant des concentrations de plus de 300 ppm d'au moins un des éléments chimiques ciblés. Les résultats indiquent que ce pourcentage d'échantillons dont les concentrations dépassaient 300 ppm était sensiblement le même dans les produits achetés au Canada, au Mexique et aux États-Unis.

Tableau 4. Sommaire des résultats de l'évaluation préliminaire par FX selon le pays

Pays	Nombre total d'échantillons	Nombre d'échantillons contenant >300 ppm de Cl, P ou Br	Pourcentage d'échantillons contenant >300 ppm de Cl, P ou Br
Canada	245	193	79 %
Mexique	177	138	78 %
États-Unis	295	228	77 %
Total	717	559	78 %

Le tableau 5 présente de façon ventilée les résultats de l'évaluation préliminaire par FX selon les catégories d'échantillons (p. ex. tissu, mousse) à l'échelle nord-américaine. Ces résultats montrent que le tissu et la mousse étaient à l'origine du plus grand nombre d'échantillons présentant des concentrations de plus de 300 ppm de Cl, P et/ou Br. Les deux catégories réunies représentaient 73 % de tous les échantillons ayant des concentrations supérieures à 300 ppm, principalement à cause de la présence de teneurs élevées en Cl. Le nombre d'échantillons dépassant le seuil de 300 ppm était considérablement plus élevé dans le cas du Cl (552) que dans celui du P (80) ou du Br (72). Il est intéressant de constater que le nombre d'échantillons présentant des concentrations de P de plus de 300 ppm était le plus élevé dans le cas de la mousse, alors que le nombre d'échantillons où le Br dépassait le seuil de 300 ppm était le plus élevé dans le cas du tissu.

Tableau 5. Résultats détaillés de l'évaluation préliminaire par FX à l'échelle nord-américaine

Catégorie d'échantillons	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons contenant >300 ppm de Cl, P ou Br	Nombre d'échantillons contenant >300 ppm de Cl	Nombre d'échantillons contenant >300 ppm de P	Nombre d'échantillons contenant >300 ppm de Br
Tissu	261	207	206	2	49
Mousse	246	203	198	74	9
Autre	65	54	53	2	10
Matelassage	67	44	44	2	1
Bourre	78	51	51	0	3
Total	717	559	552	80	72

Résultats du dosage des ignifugeants

Tendances relatives aux produits, par pays

Parmi les 16 ignifugeants initialement ciblés dans le cadre de l'étude, six substances (TCPP, TDCPP, TPP, TBEP, TBPH et TBB) ont été détectées dans les échantillons lors de l'analyse CG/SM consécutive à l'évaluation préliminaire par FX. À l'échelle nord-américaine, près de la moitié (61) des 132 articles soumis aux essais contenaient au moins l'un des 16 ignifugeants ciblés, comme l'indique le tableau 6. Des ignifugeants étaient contenus dans 53 % des chaises, 45 % des fauteuils de bureau, 100 % des ottomanes et 38 % des sofas. À l'échelle nationale, 22 % (29) des produits totaux du Canada contenaient des

ignifugeants, comparativement à 17 % (22) pour les États-Unis et à 8 % (10) pour le Mexique. En outre, la présence d'ignifugeant selon le type de produit (p. ex. les chaises par opposition aux sofas) variait d'un pays à l'autre. Le nombre de sofas et de fauteuils de bureau où des ignifugeants ont été détectés était le plus élevé au Canada et le moins élevé au Mexique. Le nombre de chaises acquises aux États-Unis contenant des ignifugeants correspondait à près du double de celui des chaises du Mexique ou du Canada. Le nombre d'ottomanes où des ignifugeants ont été détectés était égal au Mexique et aux États-Unis.

Tableau 6. Pourcentage de produits contenant des ignifugeants : total nord-américain et total par pays

Type de produit	Nombre total d'articles soumis aux essais	Nombre d'articles contenant des ignifugeants			
		Amérique du Nord	Canada	Mexique	États-Unis
Chaise	47	25 (53 %)	7 (15 %)	6 (13 %)	12 (26 %)
Fauteuil de bureau	33	15 (45 %)	10 (30 %)	2 (6 %)	3 (9 %)
Ottomane	2	2 (100 %)	0 (0 %)	1 (50 %)	1 (50 %)
Sofa	50	19 (38 %)	12 (24 %)	1 (2 %)	6 (12 %)
Total	132	61 (46 %)	29 (22 %)	10 (8 %)	22 (17 %)

Tendances relatives aux types d'échantillon, par pays

Les principaux ignifugeants détectés dans les échantillons étaient des agents organophosphorés. Le TCPP a été l'ignifugeant le plus fréquemment mesuré dans les échantillons des trois pays. Comme l'indique le tableau 7, le TCPP a été le plus fréquemment décelé dans les échantillons du Canada; les États-Unis se classaient au deuxième rang et le Mexique, au troisième rang à ce chapitre. Le TDCPP était le deuxième ignifugeant le plus courant dans les produits; les échantillons du Mexique présentaient une fréquence de détection plus élevée que ceux du Canada et des États-Unis. Le TPP était le troisième ignifugeant le plus fréquemment décelé; les échantillons du Canada présentaient les fréquences de détection les plus élevées. Le TBPH, le TBB et le TBEP ont tous été détectés dans des échantillons du Canada, mais à des fréquences relativement faibles.

Tableau 7. Nombre et fréquence de détection des échantillons contenant du TCPP, TDCPP ou TPP dans les trois pays

Échantillons	Canada	Mexique	États-Unis
Contenant > 300 ppm de Cl, Br et/ou P (évaluation par FX)	193	138	228
Contenant du TCPP	45 (23 %)	19 (14 %)	43 (19 %)
Contenant du TDCPP	8 (4 %)	11 (8 %)	5 (2 %)
Contenant du TPP	9 (5 %)	1 (1 %)	2 (1 %)
Contenant du TBPH	1 (<0,5 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Contenant du TBB	1 (<0,5 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Contenant du TBEP	2 (1 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Total	717		

Répartition des ignifugeants dans les échantillons

Le TCPP était présent dans un total de 54 articles (p. ex. chaises, sofas) à l'échelle nord-américaine. Parmi les échantillons prélevés pour ces produits, le TCPP était le plus souvent décelé dans les échantillons de mousse (91 %) et a également été détecté dans 24 % des échantillons de tissu, 11 % des échantillons de matelassage, 4 % des échantillons de bourre et 13 % des échantillons de la catégorie « autre » (tableau 8). Il importe de signaler que le nombre d'échantillons prélevés par type (mousse, tissu, etc.) n'était pas nécessairement égal pour un même produit. Dans les cas où ils ont été décelés dans les produits, le TDCPP et le TPP étaient également présents en plus grande quantité dans la mousse que dans les autres types d'échantillon; par ailleurs, lorsqu'ils étaient présents dans les produits, le TBPH, le TBB et le TBEP étaient contenus uniquement dans la mousse.

Tableau 8. Répartition des agents ignifugeants détectés selon le type d'échantillon

Agent ignifugeant	Nombre de produits où l'agent a été détecté	% de produits contenant l'agent dans la mousse	% de produits contenant l'agent dans le tissu	% de produits contenant l'agent dans le matelassage	% de produits contenant l'agent dans la bourre	% de produits contenant l'agent dans un autre type d'échantillon
TCPP	54	91 %	24 %	11 %	4 %	13 %
TDCPP	15	73 %	7 %	7 %	13 %	13 %
TPP	11	82 %	9 %	0 %	0 %	18 %
TBPH	1	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
TBB	1	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %

TBEP	2	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
------	---	-------	-----	-----	-----	-----

Présence d'ignifugeants dans la mousse et dans le rembourrage

Le tableau 9 indique la présence d'agents ignifugeants dans la mousse et dans le rembourrage selon le type de produit : chaise, fauteuil de bureau, ottomane et sofa. Pour cette comparaison, le « rembourrage » a été défini comme incluant le matériel (tissu, cuir, vinyle, etc.) utilisé pour recouvrir le meuble et il regroupait des échantillons de la catégorie « tissu » ainsi qu'un sous-ensemble d'échantillons de la catégorie « autre ». Les résultats montrent que lorsqu'un ignifugeant était présent dans une chaise, il était surtout concentré dans la mousse par opposition au rembourrage. Il en était de même pour les ottomanes et les sofas. Cependant, les résultats pour les fauteuils de bureau ne présentent pas nécessairement cette tendance et semblent être fonction du type d'ignifugeant. Par exemple, lorsque du TCPP était détecté dans ce type de produit, il se trouvait surtout dans les échantillons de mousse, alors que le TDCPP et le TPP, lorsqu'ils étaient présents, se trouvaient surtout dans le rembourrage.

Tableau 9. Répartition des ignifugeants détectés dans les échantillons de mousse et de rembourrage

Produit	Description	Nombre (et pourcentage*) de détections					
		TCPP	TDCPP	TPP	TBPH	TBB	TBEP
Chaise	Mousse	32 (76 %)	9 (100 %)	1 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	Rembourrage	10 (24 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Fauteuil de bureau	Mousse	14 (67 %)	1 (33 %)	1 (25 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	Rembourrage	7 (33 %)	2 (67 %)	3 (75 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Ottomane	Mousse	5 (83 %)	4 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	Rembourrage	1 (17 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Sofa	Mousse	25 (89 %)	4 (80 %)	7 (100 %)	1 (100 %)	1 (100 %)	2 (100 %)
	Rembourrage	3 (11 %)	1 (20 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

*Les pourcentages sont calculés selon le nombre de détections d'un ignifugeant donné dans les échantillons de mousse et de rembourrage d'un type de produit (chaises, fauteuils de bureau, ottomane, sofa).

Corrélation entre les résultats de la FX et de la CG/SM

Même si une corrélation directe entre l'évaluation par FX et le dosage par CG/SM n'a pas été clairement établie dans le cadre de notre étude, il est néanmoins possible d'avoir recours à la FX pour obtenir des indications de la présence éventuelle d'un ignifugeant chloré, organophosphoré ou bromé (Stapleton, 2011; van Bergen et Stone, 2014). Diverses causes peuvent entrer en jeu dans l'absence de corrélation forte entre les résultats de la FX et de la CG/SM, notamment la présence possible de composés additionnels contenant du Cl, P et/ou Br. De tels composés pourraient être des ignifugeants non inclus dans notre étude, ou encore d'autres composés n'ayant pas de propriétés ignifuges, mais contenant ces éléments chimiques. Il faudra

procéder à des évaluations additionnelles de la FX en tant qu’outil d’évaluation préliminaire de la présence d’ignifugeants afin de pouvoir bien comprendre les avantages et les limites de cette technique.

Conclusion

Dans le cadre de notre étude, une évaluation préliminaire par FX au moyen d’un appareil portable et des analyses de laboratoire par CG/SM ont été effectuées pour déterminer la présence de 16 ignifugeants dans des produits achetés au Canada, au Mexique et aux États-Unis. Les résultats de la FX révèlent que 78 % des échantillons (559 sur 717) prélevés dans les produits présentaient des concentrations de Cl, P et/ou Br dépassant le seuil de détection établi de 300 ppm. Le pourcentage d’échantillons dépassant le seuil de 300 ppm était sensiblement le même au Canada (79 %), au Mexique (78 %) et aux États-Unis (77 %). Les résultats des analyses par CG/SM des échantillons retenus à la suite de l’évaluation préliminaire indiquent que les ignifugeants étaient surtout concentrés dans la mousse (environ 90 % des cas). Venaient ensuite, dans l’ordre, les types d’échantillon suivants pour la concentration d’ignifugeants : tissu (7–24 %), « autre » (13–18 %), matelassage (7–11 %) et bourre (4–13 %). Les plages approximatives de concentrations observées dans les échantillons étaient les suivantes : TCPP, 100–89 000 ppm; TDCPP, 275–58 000 ppm; TPP, 200–11 500 ppm; TBEP, 750–1700 ppm; TBPH, 14 000 ppm (un résultat); TBB, 39 000 ppm (un résultat). Au total, 46 % des articles ont obtenu des résultats positifs en ce qui concerne la présence de l’un des ignifugeants à l’étude.

Une évaluation additionnelle de la répartition des ignifugeants dans les produits a permis de déterminer que les agents se trouvaient principalement concentrés dans la mousse, par opposition au rembourrage, dans le cas des chaises, des ottomanes et des sofas. Les résultats obtenus sont différents dans le cas des fauteuils de bureau, la répartition des ignifugeants entre la mousse et le rembourrage étant fonction du type même d’agent. Dans les fauteuils de bureau, lorsque le TCPP était présent, il était surtout concentré dans les échantillons de mousse, alors que le TDCPP et le TPP, lorsqu’ils ont été décelés, étaient surtout présents dans les échantillons de rembourrage. Des relations de cette nature peuvent fournir des indications générales sur le type d’ignifugeant qui est le plus susceptible d’être détecté dans les différents matériaux constitutifs d’un produit.

La FX a été un outil utile d’évaluation préliminaire permettant de dépister les échantillons qui contenaient des concentrations plus élevées d’éléments chimiques entrant dans la composition des ignifugeants ciblés. Bien qu’aucune corrélation n’ait été observée entre les résultats de l’évaluation préliminaire par FX et des analyses plus poussées par CG/SM, ce résultat n’était pas inattendu, étant donné que la FX mesure la concentration totale de Cl, P et Br que contiennent tous les éléments entrant dans la composition du matériel analysé.

Une limite additionnelle est associée aux analyses tant par FX que par CG/SM : l’absence de matériaux de référence certifiés (MRC) dans des matrices appropriées pour les échantillons analysés dans notre étude contenant les 16 ignifugeants visés. Sans MRC, il est difficile de déterminer des incertitudes absolues pour les analyses par FX et par CG/SM. Afin de définir plus précisément les incertitudes dans les analyses de laboratoire des ignifugeants, nous suggérons de procéder à des essais comparatifs interlaboratoires reposant sur une méthodologie solide d’échantillonnage et d’analyse. Cela permettrait de mieux comprendre la variabilité entre les laboratoires partenaires selon les paramètres de la création d’échantillons, des procédés d’extraction et de la méthode instrumentale.

Bibliographie

- Commission de coopération environnementale (CCE). 2014. « Enhancing Trilateral Understanding of Flame Retardants of Common Interest and Their Use in Manufactured Items ». Document d'orientation (version finale). Inédit.
- CCE. 2015. « Amélioration des connaissances trilatérales sur les ignifugeants et leur utilisation dans les produits manufacturés : Analyse de la chaîne d'approvisionnement de certains ignifugeants que contiennent des produits manufacturés utilisés à l'intérieur ». Rapport sommaire. Inédit.
- Hale, R.C., M.J. La Guardia, E.P. Harvey, T.M. Mainor, W.H. Duff et M.O. Gaylor. 2001. « Polybrominated Diphenyl Ether Flame Retardants in Virginia Freshwater Fishes (USA) ». *Environ. Sci. Tech.* 35 : 4585–4591.
- Hooper, K. et T.A. McDonald. 2000. « The PBDEs: An Emerging Environmental Challenge and Another Reason for Breast-Milk Monitoring Programs ». *Environ. Health Perspectives* 108 : 387–392.
- Segev, O., A. Kushmaro et A. Brenner. 2009. « Environmental Impact of Flame Retardants (Perspective and Biodegradability) ». *Int. J. Environ. Res. Public Health* 6 : 478–491.
- Stapleton, H.M., S. Klosterhaus, A. Keller, P.L. Ferguson, S. van Bergen, E. Cooper, T.F. Webster et A. Blum. 2011. « Identification of Flame Retardants in Polyurethane Foam Collected from Baby Products ». *Environ Sci Technol.* 45 : 5323–5331. 18 mai 2011. En ligne : <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es2007462>>.
- van Bergen, S. et A. Stone. 2014. *Flame Retardants in General Consumer and Children's Products, Hazardous Waste and Toxics Reduction Program*. Washington State Department of Ecology. En ligne : <<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/1404021.pdf>>.