

GUIDE

Orientations sectorielles pour les inventaires des POP et autres substances chimiques préoccupantes dans les bâtiments/la construction, les équipements électriques et électroniques et les véhicules

GGKP, 2024



CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Les résultats, interprétations et conclusions exprimés dans ce document ne reflètent pas nécessairement les opinions du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), du Green Growth Knowledge Partnership (GGKP), du Secrétariat de la Convention de Stockholm, des parties prenantes du projet ou des pays concernés par le projet.

En cas d'incohérence ou de conflit entre les informations contenues dans ce matériel non-constrainment et la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP), le texte de la Convention prévaut, en tenant compte du fait que l'interprétation de la Convention de Stockholm reste la prérogative des Parties.

Bien que des efforts raisonnables aient été faits pour s'assurer que le contenu de cette publication soit factuellement correct et correctement référencé, le FEM, le GGKP et les contributeurs individuels n'acceptent pas la responsabilité de l'exactitude ou de l'exhaustivité du contenu et ne peuvent être tenus responsables de toute perte ou dommage qui pourrait être occasionné, directement ou indirectement, par l'utilisation ou la confiance accordée au contenu de cette publication.

Cette version en français a été traduite par GGKP avec l'assistance d'une traductrice professionnelle (Gennike Mayers). Bien que tous les efforts aient été faits pour assurer l'exactitude de la traduction, en cas de divergences ou d'incohérences, la version originale en anglais (GGKP (2024). *Sectoral Guidance for Inventories of POPs and Other Chemicals of Concern in Buildings/Construction, Electrical and Electronic Equipment and Vehicles*. Geneva: Green Growth Knowledge Partnership) prévaudra sur toutes ses versions traduites.

Citation recommandée : [GGKP \(2024\). Orientations sectorielles pour les inventaires des POP et autres substances chimiques préoccupantes dans les bâtiments/la construction, les équipements électriques et électroniques et les véhicules. Genève : Green Growth Knowledge Partnership.](#) Cette citation garantit une reconnaissance et une attribution appropriées conformément aux normes applicables.

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été élaboré dans le cadre du projet GEF ID 10785 intitulé « Global Development, Review and Update of National Implementation Plans (NIPs) under the Stockholm Convention (SC) on Persistent Organic Pollutants (POPs) » et financé par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM).

Ce rapport a été rédigé par Roland Weber, consultant international spécialisé dans les polluants organiques persistants (POP) et les plans nationaux de mise en œuvre pour la réduction et le contrôle des POP, avec des contributions substantielles du Service des produits chimiques et de la santé du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Le Green Growth Knowledge Partnership (GGKP) a facilité la conception, la mise en page et la diffusion de ce rapport, garantissant son accessibilité et son alignement sur les objectifs mondiaux de partage des connaissances.

Le FEM est une famille de fonds dédiés à la lutte contre la perte de biodiversité, le changement climatique, la pollution et les atteintes à la santé des terres et des océans. Ses subventions, ses financements mixtes et son soutien aux politiques aident les pays en développement à faire face à leurs principales priorités environnementales et à adhérer aux conventions internationales sur l'environnement. Au cours des trois dernières décennies, le FEM a fourni plus de 23 milliards de dollars et mobilisé 129 milliards de dollars de cofinancement pour plus de 5 000 projets nationaux et régionaux.

Le GGKP est une communauté mondiale d'organisations et d'experts qui s'engagent à générer, gérer et partager les connaissances en matière de croissance verte. Dirigé par le Global Green Growth Institute (GGGI), l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI) et le Groupe de la Banque mondiale, le GGKP rassemble plus de 90 organisations partenaires. Pour plus d'informations, consultez le site www.greengrowthknowledge.org.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Abréviations et acronymes | 4 |
| Liste des Tableaux | 6 |
| Liste des Figures | 6 |
| Listed des Encadrés | 6 |
| 1 Introduction et méthode | 7 |
| 1.1 De l'analyse individuelle des POP à une approche sectorielle de l'inventaire des POP | 7 |
| 1.2 Option de traiter d'autres produits chimiques préoccupants (CoC) inscrits dans d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AEM) ou cadres internationaux | 8 |
| 1.3 Méthodologies pour l'élaboration de l'inventaire dans des secteurs spécifiques contenant plusieurs POP | 8 |
| 1.3.1 Portée du présent document..... | 8 |
| 1.3.2 Élaboration d'un inventaire des POP..... | 9 |
| 1.4 Présence de POP dans les secteurs | 10 |
| 1.5 Options pour étudier les CoC supplémentaires visés par d'autres mesures prises au niveau mondial dans le cadre d'AEM sélectionnés et qui concernent les trois secteurs | 12 |
| 2 Inventaire des POP dans le secteur du bâtiment et de la construction et options pour évaluer d'autres CoC | 13 |
| 2.1 Introduction au secteur du bâtiment et de la construction et inventaire des POP et autres CoC..... | 13 |
| 2.1.1 Contexte | 13 |
| 2.1.2 Évaluation et inventaire des POP et autres CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction | 14 |
| 2.2 Les POP actuellement utilisés dans l'évaluation du secteur de la construction | 18 |
| 2.2.1 DécaBDE dans les bâtiments et la construction | 18 |
| 2.2.2 PCCC dans les bâtiments et la construction | 19 |
| 2.2.3 UV-328 dans les bâtiments et la construction | 19 |
| 2.2.4 APFO, SPFO, PFHxS et autres PFAS dans les bâtiments et la construction | 20 |
| 2.3 Anciens POP utilisés dans le secteur de la construction et stocks actuels dans les bâtiments | 20 |
| 2.3.1 HBCD dans les bâtiments et la construction | 20 |
| 2.3.2 PentaBDE dans les bâtiments et la construction | 21 |
| 2.3.3 Dechlorane Plus dans les bâtiments et la construction..... | 21 |
| 2.3.4 Les PCB et les PCN dans les bâtiments et la construction..... | 21 |
| 2.3.5 PCP et autres pesticides POP dans les bâtiments et la construction | 22 |
| 2.4 Candidats POP dans les bâtiments et la construction..... | 22 |
| 2.4.1 Les PCCP (candidat POP) dans les bâtiments et la construction | 23 |
| 2.5 Évaluation de divers CoC présents dans les bâtiments et la construction | 23 |
| 2.5.1 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les composés de goudron et de bitume, et noir de carbone | 24 |
| 2.5.2 Phtalates spécifiques dans les bâtiments et la construction | 25 |
| 2.5.3 Ignifugeants organophosphorés halogénés pour les bâtiments et la construction | 25 |
| 2.5.4 Métaux et métalloïdes spécifiques dans les bâtiments et la construction | 26 |
| 2.5.5 Tributylétain dans les bâtiments et la construction | 27 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.5.6 | Amiante dans les bâtiments et la construction | 28 |
| 2.5.7 | Chlorofluorocarbones (CFC), hydrochlorofluorocarbones (HCFC) et hydrofluorocarbones (HFC) dans les bâtiments et la construction | 28 |
| 2.5.8 | Nanomatériaux fabriqués et nanoparticules dans les bâtiments et la construction | 29 |
| 3 | Inventaire des POP dans le secteur de l'électronique et options pour évaluer d'autres CoC | 30 |
| 3.1 | Introduction au secteur de l'électronique et à la nécessité d'inventorier les POP et autres CoC..... | 30 |
| 3.1.1 | Contexte | 30 |
| 3.1.2 | Évaluation et inventaire des POP et autres CoC pertinents pour le secteur des EEE/DEEE | 30 |
| 3.2 | Inventaire des POP actuellement utilisés intentionnellement dans le secteur des EEE | 35 |
| 3.2.1 | DecaBDE dans les EEE..... | 35 |
| 3.2.2 | PCCC in EEE..... | 35 |
| 3.2.3 | APFO et substances connexes dans les EEE | 36 |
| 3.2.4 | UV-328 in EEE..... | 36 |
| 3.3 | POP utilisés auparavant dans les EEE qui sont encore présents dans les stocks de EEE et DEEE | 36 |
| 3.3.1 | C-OctaBDE (hexaBDE/heptaBDE) et le c-PentaBDEs (tétraBDE/pentaBDE) dans les (D)EEE..... | 36 |
| 3.3.2 | Dechlorane Plus dans les (D)EEE..... | 37 |
| 3.3.3 | HBCD dans les (D)EEE | 37 |
| 3.3.4 | Hexabromobiphényle (HBB) dans les (D)EEE | 37 |
| 3.3.5 | PCB et PCN dans les (D)EEE | 38 |
| 3.4 | Candidats POP utilisés dans les EEE..... | 38 |
| 3.4.1 | PCCM (candidat POP) dans les (D)EEE | 38 |
| 3.5 | Évaluation des autres CoC utilisés ou présents dans les EEE/DEEE | 38 |
| 3.5.1 | Métaux et métalloïdes spécifiques dans les (D)EEE | 40 |
| 3.5.2 | SPFA autres que les POP-SPFA dans les (D)EEE | 41 |
| 3.5.3 | Phtalates spécifiques dans les (D)EEE | 41 |
| 3.5.4 | Ignifugeants organophosphorés halogénés dans les (D) EEE..... | 42 |
| 3.5.5 | CFC, HCFC et HFC (gaz fluorés) dans les (D)EEE..... | 42 |
| 4 | Inventaire des POP dans le secteur des transports et options pour évaluer d'autres CoC | 43 |
| 4.1 | Introduction au secteur des transports et à la nécessité d'évaluer les POP et autres CoC | 43 |
| 4.1.1 | Contexte | 43 |
| 4.1.2 | Évaluation et inventaire des POP et autres CoC pertinents pour le secteur des transports | 43 |
| 4.2 | Inventaire des POP actuellement utilisés intentionnellement dans le secteur des transports | 47 |
| 4.2.1 | DécaBDE dans les véhicules | 47 |
| 4.2.2 | PCCC dans les véhicules..... | 48 |
| 4.2.3 | UV-328 dans les véhicules..... | 48 |
| 4.2.4 | APFO, SPFO, PFHxS et composés apparentés dans les véhicules..... | 49 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3 | Évaluation des POP utilisés auparavant dans le secteur des transports | 49 |
| 4.3.1 | C-PentaBDE dans les véhicules | 49 |
| 4.3.2 | HBCD dans les véhicules..... | 50 |
| 4.3.3 | HBB dans les véhicules | 50 |
| 4.3.4 | Dechlorane Plus dans les véhicules..... | 50 |
| 4.3.5 | PCB dans les véhicules | 50 |
| 4.4 | Candidat POP dans le secteur des transports | 51 |
| 4.4.1 | Les PCCM (candidat POP) dans les véhicules..... | 51 |
| 4.5 | Évaluation d'une sélection de CoC présents dans le secteur des transports | 51 |
| 4.5.1 | Certains métaux et métalloïdes dans les véhicules | 52 |
| 4.5.2 | SPFA autres que les POP-SPFA dans les véhicules | 53 |
| 4.5.3 | Certains ignifugeants au phosphore (PFR) dans les véhicules..... | 53 |
| 4.5.4 | Certains phtalates dans les véhicules | 54 |
| 4.5.5 | CFC, HCFC et HFC dans les véhicules..... | 54 |
| 4.5.6 | Amiante dans les véhicules..... | 54 |
| 4.5.7 | Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les véhicules | 54 |
| 5 | Annexe: Études de cas des inventaires sectoriels de POP | 55 |
| 5.1 | Annexe 1: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur du bâtiment et de la construction dans le pays A..... | 55 |
| 5.2 | Annexe 2: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur électronique au Nigéria | 55 |
| 5.3 | Annexe 3: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur des transports au Nigéria | 55 |
| | Références | 56 |

Abréviations et acronymes

| | |
|----------------------|---|
| ABS | Acrylonitrile butadiène styrène |
| ABSy | Systèmes de freinage antiblocage |
| AEM | Accords multilatéraux sur l'environnement |
| APFO | Acide perfluoroctanoïque; Perfluoroctanoate |
| ASR | Résidus de broyage automobile |
| BBP | Phtalate de benzyl butyle |
| BFR | Ignifugeant bromé |
| c-DécaBDE | Décabromodiphényléther commercial |
| c-OctaBDE | Octabromodiphényléther commercial |
| c-PentaBDE | Pentabromodiphényléther commercial |
| CAS | Chemical Abstracts Service |
| C&D | Déchets de construction et de démolition |
| CEE | Commission économique pour l'Europe des Nations unies |
| CFC | Chlorofluorocarbones |
| CMR | Cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction |
| CoC | Produits chimiques préoccupants (Chemicals of concern en anglais) |
| CP | Paraffines chlorées |
| DBP | Dibutyl phthalate |
| DécaBDE; BDE-209 | Décabromodiphényléther; Éther décabromodiphénylique |
| DDT | Dichlorodiphényltrichloroéthane |
| DEEE | Déchets d'équipements électriques et électroniques |
| DEHP | Bis(2-ethylhexyl) phthalate |
| DIBP | Phtalate de diisobutyle |
| DP | Dechlorane Plus |
| ECHA | Agence européenne des produits chimiques |
| EDC | Produits chimiques perturbateurs endocriniens |
| EEE | Équipement électrique et électronique |
| EPI | Problème de politique émergent (emerging policy issue en anglais) |
| EPS | Polystyrène expansé |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| FR | Ignifugeant |
| FSPFO | Fluorure de perfluoroctane sulfonyle |
| GER | Gestion écologiquement rationnelle |
| GES | Gaz à effet de serre |
| GWP | Potentiel de réchauffement climatique |
| HAP | Hydrocarbures aromatiques polycycliques |
| HBB | Hexabromobiphényle |
| HBCD(D) ¹ | Hexabromocyclododécane |
| HCFC | Hydrochlorofluorocarbures |
| heptaBDE | Éther d'heptabromodiphényle |
| hexaBDE | Hexabromodiphényléther |
| HFC | Hydrofluorocarbones |
| HIPS | Polystyrène à haute résistance |
| MPE | Meilleures pratiques environnementales |

¹ Abréviation de l'hexabromocyclododécane dans la Convention: HBCD, tandis que dans les ouvrages scientifiques, on utilise le HBCDD.

| | |
|-----------|--|
| MTD | Meilleures techniques disponibles |
| NIAS | Substances ajoutées involontairement |
| -OctaBDE | Éther d'octabromodiphényle commercial |
| ONS | Office national de la statistique |
| OPFR | Ignifugeant organophosphorés |
| PBDDs | Dibenzo- <i>p</i> -dioxines polybromées |
| PBDE | Éthers diphenyliques polybromés |
| PBDFs | Dibenzofuranes polybromés |
| PCB | Biphényles polychlorés |
| PCCC | Paraffines chlorées à chaîne courte |
| PCDD | [Polychlorodibenzoibeno-[<i>p</i>][<i>-dioxines</i>]] |
| PCCM | Paraffines chlorées à chaîne moyenne |
| PCDF | polychlorodibenzo- <i>p</i> -dibenzofuranes |
| PCN | Naphtalènes polychlorés |
| PCP | Pentachlorophénol et ses sels et esters |
| PeCB | Pentachlorobenzène |
| -PentaBDE | Éther de pentabromodiphényle commercial |
| PFASs | Peralkylates et polyfluorés |
| PFBS | Perfluorobutane sulfonate |
| PFHxs | Acide perfluorohexane sulfonique |
| PIR | Polyisocyanurate |
| PNM | Plan national de mise en œuvre |
| PNUE | Programme des Nations Unies pour l'environnement |
| POPRC | Comité d'examen des POP |
| POP | Polluants organiques persistants |
| PUR | Polyuréthane |
| PVC | Polychlorure de vinyle |
| RBA | Résidus de broyage automobile |
| RMN | Résonance magnétique nucléaire |
| RoHS | Restriction des substances dangereuses |
| SACO | Substances appauvrissant la couche d'ozone |
| SAICM | Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques |
| SC | Convention de Stockholm |
| SF6 | Hexafluorure de soufre |
| SPFO | Acide perfluorooctane sulfonique; Perfluorooctane sulfonate |
| t | Tonnes; tonnes métriques |
| tétraBDE | Tétrabromodiphénylether |
| UE | Union européenne |
| USEPA | United States Environmental Protection Agency |
| UV-328 | 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphénol |
| VHU | Véhicules hors d'usage |
| XPS | Polystyrène extrudé |

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Liste des documents d'orientation sur les POP de la Convention de Stockholm... | 8 |
| Tableau 2 : POP présents dans les trois secteurs et leur utilisation | 11 |
| Tableau 3 : POP utilisés dans le secteur du bâtiment et de la construction, informations d'inventaire pouvant être recueillies, sources de données et niveau de priorité estimé | 15 |
| Tableau 4 : Concentration de POP dans les polymères/plastiques* dans le secteur du bâtiment (PNUE 2021b avec des ajouts) | 18 |
| Tableau 5 : HBCD dans les applications de EPS et de XPS dans les bâtiments (PNUE 2017c) | 20 |
| Tableau 6 : Autres CoC dans les bâtiments et la construction liés aux AEM ou à la SAICM . | 23 |
| Tableau 7 : Aperçu des applications et des occurrences documentées de plomb dans les produits potentiellement pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction (PNUE 2021f) .. | 26 |
| Tableau 8 : Aperçu des applications et occurrences documentées de composés du tributylétain dans les produits pouvant être pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction (PNUE 2021f) | 27 |
| Tableau 9 : Résumé des noms et des identités chimiques des minéraux amphiboliques de l'amiante | 28 |
| Tableau 10 : POP utilisés dans le secteur de l'électronique, informations sur les stocks pouvant être recueillies, sources potentielles de données et niveau de priorité estimé | 33 |
| Tableau 11 : Concentrations d'hexa/heptaBDE (de c-octaBDE) et de décaBDE dans les polymères des catégories pertinentes d'EEE (PNUE 2021a; données provenant d'Europe; Wäger <i>et al.</i> , 2010; Hennebert & Filella 2018)..... | 35 |
| Tableau 12 : CoC sélectionnés (autres que les POP) dans les EEE liés aux AEM ou à la SAICM | 39 |
| Tableau 13 : POP utilisés dans le secteur des transports, informations d'inventaire pouvant être recueillies, sources de données potentielles et niveau de priorité estimé | 45 |
| Tableau 14 : Aperçu non exhaustif du secteur des transports où le décaBDE a été/est utilisé, utilisations finales et applications identifiées (PNUE 2021a) | 47 |
| Tableau 15 : CoC sélectionnés (autres que les POP) dans les véhicules liés aux AEM et à la SAICM | 51 |

Liste des Figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Approche en cinq étapes pour l'élaboration des inventaires de POP (PNUE 2020a) | 10 |
|---|----|

Liste des Encadrés

| | |
|--|----|
| Encadré 1 : Formule de calcul pour l'estimation des PBDE dans un véhicule de taille moyenne (PNUE 2021b) | 48 |
|--|----|

1 Introduction et méthode

Les polluants organiques persistants (POP) industriels sont présents dans les plastiques et le bois des bâtiments et de la construction, dans les plastiques des équipements électriques et électroniques (EEE), des véhicules/transport, des textiles et d'autres biens de consommation. Ces utilisations entraînent une exposition humaine à l'intérieur des bâtiments, des rejets dans l'environnement et la contamination de la chaîne alimentaire, ainsi que la production de déchets contaminés par des POP et des cycles de recyclage, en particulier pour les plastiques (PNUE 2023a). Il est impératif de limiter au maximum l'exposition à ces produits et utilisations, car les POP peuvent entraîner des malformations congénitales, le cancer, un dysfonctionnement du système immunitaire et des problèmes de reproduction chez l'homme et dans la faune (Carpenter, 2013). Le transfert vers les procédés de recyclage doit être éliminé. Pour la gestion écologiquement rationnelle des POP et des matériaux contenant des POP, il faut élaborer des inventaires robustes afin de faciliter le contrôle des produits contenant des POP en fin de vie et réduire et minimiser l'exposition des humains et les rejets dans l'environnement.

1.1 De l'analyse individuelle des POP à une approche sectorielle de l'inventaire des POP

Un inventaire des POP rassemble des renseignements sur la production passée et présente, les utilisations actuelles, les stocks et les déchets d'un produit chimique inscrit sur la liste de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants au pays. Comme de nombreux POP sont utilisés dans la fabrication de produits/articles qui peuvent avoir une longue durée de vie, un inventaire complet devrait estimer la quantité de POP dans les produits/articles dans le pays (p. ex., dans les bâtiments, les EEE ou les véhicules) tout au long du cycle de vie, contribuant ainsi aux dispositions de l'article 6 de la Convention sur la gestion des déchets. Un inventaire pourrait également porter sur les sites qui ont été contaminés par la production, l'utilisation ou le rejet accidentel de POP.

L'objectif principal de l'élaboration d'un inventaire est d'obtenir des renseignements pour réglementer et gérer les POP et les déchets de POP de manière appropriée et pour mettre à jour le plan national de mise en œuvre (PNM) d'un pays et les plans d'action connexes pour la gestion et la destruction des POP afin de se conformer aux exigences de la Convention de Stockholm (p. ex., rapport à l'article 15; Article 6 sur les déchets). Les directives générales sur les inventaires des POP (PNUE 2020a) exposent de manière plus détaillée les objectifs.

Une série de documents d'orientation sur les inventaires², prévus par la Convention de Stockholm pour chaque POP (voir le tableau 1), a été élaborée pour aider les Parties à rédiger et à mettre à jour leurs PNM. Dans les inventaires des POP, les POP individuels sont souvent traités en fonction des documents d'orientation sur l'inventaire. Il est toutefois prudent qu'une équipe d'inventaire des POP recueille des renseignements complets sur tous les POP présents et pertinents pour un secteur particulier. En outre, dans la gestion finale des déchets d'un secteur, il faut disposer de renseignements sur tous les POP potentiellement pertinents.

Cette orientation vise à faciliter une évaluation sectorielle des inventaires de POP afin d'améliorer la coordination dans le domaine de la collecte d'informations. Il est important que l'approche sectorielle assure que toutes les parties prenantes dans les différents secteurs ou ministères gouvernementaux soient contactées par une seule équipe d'inventaire pour les données des POP, ce qui permettrait d'économiser du temps et de l'argent dans le processus d'élaboration de l'inventaire.

² <http://www.pops.int/Implementation/NationalImplementationPlans/Guidance/tabid/7730/Default.aspx>

Tableau 1 : Liste des documents d'orientation sur les POP de la Convention de Stockholm

| Titre | Source |
|--|------------|
| Directives générales sur l'inventaire des POP | PNUE 2020a |
| Guide sur la préparation des inventaires de PBDE, y compris le décaBDE | PNUE 2021a |
| Guide pour la préparation des inventaires de l'hexabromocyclododécane (HBCD) | PNUE 2021b |
| Guide sur la préparation des inventaires de PCN | PNUE 2021c |
| Guide pour la préparation des inventaires de PCP | PNUE 2021d |
| Directives détaillées sur la préparation des inventaires de PCCC | PNUE 2019a |
| Projet de directives sur la préparation des inventaires du SPFO et des produits chimiques connexes | PNUE 2017a |
| Directives sur la préparation des inventaires de SPFO, d'APFO et de PFHxS | PNUE 2023b |
| Directives sur l'échantillonnage, le dépistage et l'analyse des POP | PNUE 2021e |

1.2 Option de traiter d'autres produits chimiques préoccupants (CoC) inscrits dans d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AEM) ou cadres internationaux

Les POP ne constituent qu'une catégorie de CoC dans ces secteurs. [Les autres CoC pertinents sont traités, par exemple, par les Conventions de Bâle et de Rotterdam, la Convention de Minamata sur le mercure et le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrisse la couche d'ozone.] En outre, une gamme de produits chimiques a été désigné comme « questions stratégiques émergentes » dans le cadre de l'Approche stratégique pour la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) (p. ex., substances dangereuses dans le cycle de vie des produits électriques et électroniques, plomb dans les peintures et produits chimiques perturbateurs endocriniens) ou « Autres sujets de préoccupation » (substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA)).

Lors de l'élaboration des inventaires des POP, la collecte d'informations sur les autres CoC peut être envisagée comme une option en tenant compte de l'approche synergique des autres AEM concernant les produits chimiques et les déchets, et visant à la gestion intégrée des POPs et des autres CoC le cas échéant.

Dans les trois secteurs (EEE, transport et construction/bâtiments), la plupart des POP se trouvent dans le plastique et d'autres polymères, qui représentent une part importante du stock global de plastique à l'échelle mondiale : environ 30 % de la production de plastique est utilisée dans ces trois secteurs (Geyer *et al.*, 2017). Compte tenu de la longue durée de vie de ces trois secteurs (Geyer *et al.*, 2017), plus de 50 % des stocks de plastique se trouvent probablement dans ces secteurs aujourd'hui et deviendront plus pertinents pour la gestion et le recyclage du plastique à l'avenir. Seule une partie des plastiques de ces secteurs est touchée par les POP. Un inventaire des POP et des plastiques dans ces secteurs peut contribuer à une gestion écologiquement rationnelle (GER) et à une économie circulaire plus sûre pour le plastique, ce qui est l'objectif de différents organismes et programmes des Nations Unies.³

1.3 Méthodologies pour l'élaboration de l'inventaire dans des secteurs spécifiques contenant plusieurs POP

1.3.1 Portée du présent document

La démarche suivie pour ces directives consiste à appuyer la collecte de renseignements sur les inventaires dans trois secteurs où il y a présence multiple de POP et d'autres CoC, ce qui facilite la collecte de données et l'aperçu des secteurs :

- Les POP dans le secteur du bâtiment et de la construction et les options pour évaluer d'autres CoC (section 2)

³ <https://buildingcircularity.org/plastics/>; <https://www.unido.org/events/circular-economy-solutions-address-plastic-pollution>; <https://www.undp.org/publications/plastics-and-circular-economy-community-solutions>

- Les POP dans le secteur des EEE et options pour évaluer d'autres CoC (section 3)
- Les POP dans le secteur des transports et les options pour évaluer d'autres CoC (section 4)

Ces secteurs sont considérés comme particulièrement préoccupants en raison de la présence de multiples POP et du risque d'exposition connexe aux mélanges de POP et autres CoC qui peuvent nuire à la santé humaine (Imm *et al.*, 2003; Takahashi *et al.*, 2017; Lucattini *et al.*, 2018). Les secteurs ont été choisis parce que ces multiples POP ont une incidence sur de grandes catégories de matériaux et de déchets pertinents pour l'économie circulaire. En outre, les produits chimiques dangereux dans le cycle de vie des EEE sont un nouveau sujet d'intérêt pour la SAICM. Un rapport de la SAICM sur les « CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction» donne un aperçu des défis que posent les CoC dans ce secteur vers une économie circulaire (PNUE 2021f).

1.3.2 Élaboration d'un inventaire des POP

Les Parties sont tenues de prendre des mesures pour éliminer ou réduire les rejets de POP afin de prévenir et de minimiser les effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement. La préparation d'un inventaire qui donne une image complète de l'utilisation des POP nécessite diverses sources et méthodes de collecte de données. Les directives générales sur l'inventaire des POP (PNUE 2020a) décrivent une méthode générale à suivre pour établir un inventaire, qui consiste en cinq étapes (figure 1; pour plus de détails voir PNUE 2020a). Cette approche est également utilisée dans les documents d'orientation sur l'inventaire des différents POP (tableau 1) et elle est recommandée pour la collecte de données sur les POP pour les trois secteurs, en tenant compte des documents d'orientation détaillés sur les inventaires.

Plusieurs méthodes de collecte des données peuvent être sélectionnées et utilisées pour recueillir des renseignements sur les inventaires des POP (étape 2), c.-à-d. méthode indicative, méthode qualitative et méthode quantitative. Pour plus de renseignements sur ces méthodologies, veuillez consulter la section 2.3 des « Directives générales sur l'élaboration d'un inventaire des POP» (PNUE 2020a).

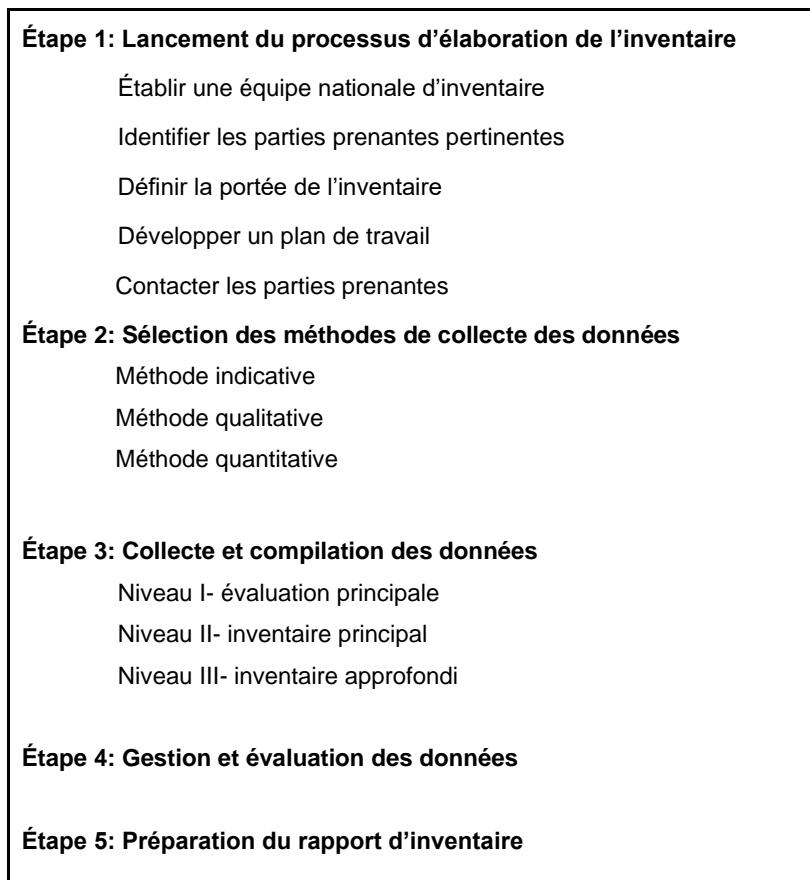
La collecte de données relatives aux stocks (étape 3) est un processus à plusieurs étapes qui peut comprendre une approche par paliers (figure 1). Cette approche offre une souplesse aux Parties ayant des priorités et des capacités variables et⁴ permet de faire évoluer le travail en fonction des conclusions (PNUE 2020a). Une évaluation initiale (niveau I) est effectuée pour avoir un aperçu des utilisations et des parties prenantes pertinentes à contacter dans le secteur clé faisant l'objet de l'enquête. Les méthodes de niveau I reposent habituellement sur la littérature disponible, des recherches sur Internet et des statistiques en combinaison avec des calculs fondés sur des renseignements déjà existants, tels que des profils de risque et des documents d'évaluation de gestion des risques adoptés par le comité d'examen des POP.

L'inventaire principal (niveau II) suit l'évaluation du niveau I et génère des données détaillées sur les principaux secteurs par le biais d'entretiens et de questionnaires aux parties prenantes nationales, et identifie en outre les informations manquantes. Cela inclurait des actions telles que la collecte d'informations détaillées auprès de l'organisme national de statistique, des douanes, de l'industrie et d'autres parties prenantes, et éventuellement des visites sur place.

Si nécessaire et si les ressources sont disponibles, un inventaire plus approfondi, y compris l'échantillonnage et l'analyse (niveau III), peut être effectué après évaluation des données recueillies lors du niveau II de l'inventaire. Les méthodes de niveau supérieur impliquent des activités de collecte de données plus intensives en ressources et donnent souvent des résultats plus précis. Pour certaines applications, des actions spécifiques à un pays ou une région pourraient être envisagées; par exemple, en coopération avec les centres régionaux.

⁴ La complexité vient de l'utilisation des statistiques (au niveau le plus bas) à la collecte de données intensive en ressources et au suivi spécifique par pays (aux niveaux les plus élevés).

Figure 1 : Approche en cinq étapes pour l’élaboration des inventaires de POP (PNUE 2020a)



Cette orientation sectorielle vise à rationaliser et harmoniser les inventaires des POP. Il aide les équipes d’inventaire à coordonner la collecte de données et l’élaboration des inventaires dans les trois secteurs. Les intervenants sont sollicités pour obtenir tous les renseignements pertinents sur les POP de manière coordonnée, ce qui réduit le temps et les efforts des équipes d’inventaire et des intervenants. Les lignes directrices appuient également la phase de planification en donnant un aperçu de l’utilisation des POP dans divers secteurs (voir le tableau 3, le tableau 10 et le tableau 13) L’évaluation des trois secteurs peut inclure d’autres CoC pertinents pour la gestion des matériaux des secteurs, en particulier en fin de vie et le recyclage (voir section 1.5).

Après avoir recueilli et compilé les données des trois secteurs, l’information recueillie devrait être analysée et évaluée (étape 4) et intégrée aux rapports d’inventaire des groupes de POP individuels (étape 5) et au rapport du PNM (figure 1). Les hypothèses et estimations doivent être marquées et les incertitudes décrites. Les lacunes dans les données devraient également être mises en évidence et les limites de la validation des informations et les suggestions pour recueillir d’autres données pouvant nécessiter un échantillonnage et une analyse (niveau III) devraient être consignées.

Pour établir la partie inventaire sur les déchets, il est crucial d’utiliser une classification uniforme des déchets pour assurer la comparabilité des informations d’inventaire recueillies auprès de diverses sources et au fil du temps. La classification des déchets devrait également aider à atteindre les objectifs de l’inventaire, par exemple pour planifier les installations d’élimination. Ceci est clair pour les trois secteurs considérés dans ce guide avec les flux de déchets connexes : les déchets de construction et de démolition (C&D), les déchets électroniques et les véhicules hors d’usage (VHU).

1.4 Présence de POP dans les secteurs

À ce jour, 34 substances ou groupes de substances sont inscrits comme POP par la Convention de Stockholm. Ils sont regroupés en pesticides, produits chimiques industriels et POP non intentionnels. Quinze des POP industriels sont présents dans au moins un des trois secteurs visés par les

présentes directives sectorielles (tableau 2). Pour la plupart de ces POP détaillés, des documents d'orientation sur l'inventaire sont disponibles et peuvent être consultés pour une évaluation détaillée de l'inventaire (tableau 1).

Le PCCM candidat au POP proposé pour inscription par le Comité d'examen des POP (POPRC)⁵ (tableau 2) à la COP12 en 2025 est inclus dans l'évaluation et les directives actuelles. Les POP qui sont encore utilisés et ceux qui l'étaient auparavant pour les trois secteurs sont distingués dans les sections sectorielles individuelles. Pour les POP dont la production a cessé, seuls le stock actuel en cours d'utilisation et les déchets et le recyclage doivent être évalués, tandis que pour les POP qui sont encore utilisés dans la production, il faut évaluer tout le cycle de vie, y compris la production, l'importation et l'utilisation actuelle. Pour ces POP, la période de production/utilisation est mentionnée afin que l'inventaire puisse cibler les bâtiments construits ou les EEE et les véhicules produits pendant ces périodes.

Tableau 2 : POP présents dans les trois secteurs et leur utilisation

| POP (période de production et d'utilisation principale)* | Bâtiment et construction | Équipement électrique et électronique | Transport |
|---|---------------------------------|--|--------------------------------|
| c-PentaBDE (1970-2004) | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure mineure | Utilisation antérieure majeure |
| c-OctaBDE (1970-2004) | Utilisation antérieure mineure | Utilisation majeure | Utilisation antérieure mineure |
| DécaBDE (depuis les années 1970) | Utilisation majeure | Utilisation majeure | Utilisation majeure |
| HBCD (1980 à 2021) | Utilisation antérieure majeure | Utilisation antérieure mineure | Utilisation antérieure mineure |
| HBB (1970 à 1976) | | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure |
| PCCC (depuis les années 1930) | Utilisation majeure | Utilisation mineure | Utilisation mineure |
| PCCM ⁶ (depuis les années 1930) | Utilisation majeure | Utilisation | Utilisation |
| SPFO (1960 à 2012)** | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure |
| APFO (depuis les années 1960) | Utilisation antérieure | Utilisation mineure dans le produit | Utilisation |
| PFHXS (1960 à 2021) | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure |
| PCB (1940 à 1980) | Utilisation antérieure majeure | Utilisation antérieure | Utilisation antérieure mineure |
| PCN (1930 à 1970) | Utilisation antérieure mineure | Utilisation antérieure mineure | Utilisation antérieure mineure |

⁵ <http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ChemicalsProposedforListing/tabid/2510/Default.aspx>

⁶ Les PCCC sont proposées pour être inscrites comme POP à la COP12 en 2025 (PNUE 2023c)

| POP (période de production et d'utilisation principale)* | Bâtiment et construction | Équipement électrique et électronique | Transport |
|---|---------------------------------|--|--------------------------------|
| PCP (1930 à 2015) | Utilisation antérieure majeure | Non pertinent | Utilisation antérieure mineure |
| DDT, aldrine, dieldrine, endosulfan, lindane, mirex (1940 à 2000) | Utilisation antérieure | Non pertinent | Non pertinent |
| Dechlorane Plus (DP) | Utilisation | Utilisation | Utilisation |
| UV-328 | Utilisation majeure | Utilisation majeure | Utilisation majeure |

*Période principale pour la production et l'utilisation dans ces secteurs

**Production/utilisation majeure cessé en 2002 par 3M

1.5 Options pour étudier les CoC supplémentaires visés par d'autres mesures prises au niveau mondial dans le cadre d'AEM sélectionnés et qui concernent les trois secteurs

Un élément important d'une gestion efficace des POP est l'utilisation ou le développement de synergies entre les différentes conventions sur les produits chimiques et les déchets ainsi que la SAICM. Lors de l'élaboration des inventaires des POP, la collecte d'information sur les autres CoC peut être envisagée pour s'aligner sur l'approche synergique des autres AEM liés aux produits chimiques et aux déchets, visant une gestion intégrée des POPs et des CoC, le cas échéant.

Pour le contrôle/l'identification et la sélection d'autres CoC dans les présentes lignes directrices, les produits chimiques prioritaires visés par d'autres AEM pertinents aux trois secteurs ont été compilés. Il s'agit de la Convention de Bâle, la Convention de Minamata, la Convention de Rotterdam et du Protocole de Montréal, ainsi que de l'Approche stratégique pour la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) (maintenant le Cadre mondial sur les produits chimiques). Pour certaines conventions, des inventaires sont élaborés et peuvent être coordonnés pour ces secteurs dans une approche synergique (p. ex., pour le mercure), bien qu'aucune activité particulière d'inventaire n'ait été menée pour les questions préoccupantes de la SAICM. Cette approche méthodique soutient la synergie des conventions sur les produits chimiques et de la gestion internationale des produits chimiques promue par le PNUE (PNUE 2015, 2017b, 2022). Pour les CoC (autres que les POP) qui sont traités dans le cadre des AEM ou de la SAICM, des renseignements sur les utilisations dans les secteurs respectifs ont été compilés (voir les sections 2.5, 3.5 et 4.5).

2 Inventaire des POP dans le secteur du bâtiment et de la construction et options pour évaluer d'autres CoC

2.1 Introduction au secteur du bâtiment et de la construction et inventaire des POP et autres CoC

2.1.1 Contexte

Le secteur de la construction est l'un des secteurs les plus intensifs en produits chimiques, en aval de l'industrie chimique. Sous l'effet de l'urbanisation en rapide accélération, le secteur mondial de la construction devrait connaître une croissance annuelle de 3,5 %, et le marché des produits chimiques devrait croître de 6,2 % par an entre 2018 et 2023 (PNUE 2019b). Certains des produits chimiques présents dans les plastiques et autres matériaux utilisés dans le bâtiment et la construction sont des POP (p. ex., HBCD, PBDE, PCCC, PCB, PFOA) ou d'autres composés organiques persistants (PNUE 2021f). Ils polluent l'environnement intérieur et représentent une menace pour la santé humaine et l'environnement (Lucattini *et al.*, 2018; Blumenthal *et al.*, 2022).

Les déchets de construction et de démolition (C&D) sont le plus grand flux de déchets représentant plus de 30 % de tous les déchets, avec une quantité totale de 10 milliards de tonnes/an. Ils représentent la plus grande proportion de déchets mis en décharge dans le monde entier (Wu *et al.*, 2019; Acquisition *et al.*, 2021; Al-Otaibi *et al.*, 2022).

Compte tenu des volumes importants de déchets qui devront être gérés à l'avenir, les pays industrialisés sont en train de passer à une économie circulaire pour les déchets C&D. Cela implique une déconstruction contrôlée pour mieux récupérer les différentes fractions de déchets et gérer les polluants (Agence bavaroise de l'environnement 2019; USEPA 2022). Dans le cadre de l'approche de déconstruction, les matériaux plastiques provenant des bâtiments doivent également être gérés d'une manière écologiquement rationnelle avec une éventuelle séparation du plastique contenant des POP et le recyclage des fractions plastiques exemptes de POP et d'autres CoC (PNUE 2021f; PNUE 2021g). Des projets préliminaires ont été lancés pour évaluer le potentiel de recyclage du plastique issu des déchets C&D (p. ex., l'Agence allemande pour l'environnement 2021).

La durée de vie des bâtiments et des matériaux de construction peut s'étendre sur plusieurs décennies ou même sur plus d'un siècle (Li *et al.*, 2016; PNUE 2021f). Par conséquent, une part importante des matériaux plastiques et des mousse contenant des additifs pour POP utilisés au cours des 70 dernières années est toujours utilisée dans les bâtiments et la construction. La même chose s'applique aux autres substances chimiques ou matières préoccupantes. Au cours de cette longue durée de vie, divers acteurs, y compris les résidents vivant dans les bâtiments, les travailleurs et ceux qui participent à la construction, à la rénovation ou à la démolition, peuvent entrer en contact avec des produits de construction contenant des POP ou d'autres CoC.

Il est primordial de gérer de manière écologiquement rationnelle les déchets de C&D contenant des POP et d'autres CoC afin de minimiser les effets des produits chimiques existants sur la santé humaine et l'environnement. L'identification et l'inventaire des stocks de matériaux dans l'environnement bâti contenant des CoC est la première étape, qui permet un démantèlement écologiquement rationnel. Pour accroître le recyclage des matériaux et éviter la réintroduction des CoC dans les matières premières secondaires, il faudrait faire progresser la recherche et le développement de technologies permettant le recyclage et la séparation des produits de construction contenant des CoC (PNUE 2021f).

Une partie du plastique dans les bâtiments contient des POP qui sont encore produits et utilisés (section 3.2) ou certains anciens POP dont la production a cessé, mais qui sont toujours utilisés dans les bâtiments (section 4.3), ou des produits chimiques qui ont des propriétés de POP et sont actuellement évalués pour être inscrits à la Convention de Stockholm (section 2.4). On peut trouver d'autres CoC dans des matériaux de construction en plastique ou non plastique (section 2.5).

2.1.2 Évaluation et inventaire des POP et autres CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction

Le secteur du bâtiment et de la construction est un secteur d'utilisation majeur des plastiques contenant des additifs inscrits comme POP, tels que les ignifugeants bromés (HBCD et PBDE) dans les mousses isolantes (Li *et al.*, 2016; PNUE 2021a), ou les PBDE utilisés dans une vaste gamme d'autres matériaux plastiques dans la construction (Tableau 4, 2.2.1 et 2.3.2), les PCCC et les PCCM6 dans les PVC, polyuréthane (PUR) et autres polymères (Guida *et al.*, 2020; Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021) (sections 2.2 et 2.3).

Le tableau 3 présente un aperçu des POP dans les bâtiments et la construction, ainsi que de leur utilisation majeure ou mineure et de leur période d'utilisation. Elle indique également les informations à recueillir pour l'inventaire et qui sont les principaux intervenants susceptibles d'avoir des informations, comme les ministères ou les organismes nationaux de statistique (ONS). En outre, le tableau 3 fait référence aux directives respectives sur les inventaires où l'on peut trouver des renseignements détaillés sur les POP individuels et le calcul pour l'établissement des inventaires.

Outre les POP, d'autres CoC ont été et sont encore utilisés dans la construction, comme le plomb dans les peintures (problème de politique émergent de l'SAICM⁷) et d'autres matériaux en plomb, les SPFA (question préoccupante de l'SAICM⁸) et l'amiante (voir la section 2.5), qui pourraient être évalués dans une approche d'inventaire sectoriel avec les POP. Cela semble particulièrement pertinent pour les applications comme les peintures où des POP (PCCC/PCCM⁶, PCB, HBCD, SPFA, PCP), et le plomb, l'huile de goudron (HAP) et l'organoétain ont été utilisés dans la même application.

L'inventaire des POP et autres CoC dans les bâtiments et la construction est essentiel pour le GER des déchets de C&D. Les institutions gouvernementales et autres intervenants responsables de la planification, de l'orientation et de la supervision de la gestion des déchets de C&D devraient être au courant des POP et des autres CoC présents pour guider et superviser efficacement les déchets de C&D. Cela garantit une récupération optimale des ressources, y compris les plastiques et la GER des POP et d'autres matériaux contenant des CoC. L'inventaire des POP devrait compiler la quantité de plastique/produits impactés et de POP connexes, et décrire le statut actuel de gestion des déchets des différentes fractions de déchets contenant des POP.

Dans le secteur de la construction, les POP sont principalement présents dans les plastiques et autres polymères. Dans l'évaluation de l'inventaire pour le secteur de la construction, il faudrait compiler la quantité totale des catégories de matières plastiques touchées par les POP ou autres CoC et décrire dans l'inventaire la gestion actuelle des déchets des différentes fractions plastiques contenant des POP et des CoC. Cela peut contribuer à un inventaire global des matières plastiques et à la gestion des déchets plastiques contenant des POP ou d'autres CoC (PNUE 2023a).

⁷ <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

⁸ <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

Tableau 3 : POP utilisés dans le secteur du bâtiment et de la construction, informations d'inventaire pouvant être recueillies, sources de données et niveau de priorité estimé

| POP | Application dans le bâtiment et la construction | Période d'utilisation* | Information à recueillir pour l'inventaire (tout au long du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-----------------------------------|---|---|---|--|--|--------------------------|
| DecaBDE | Isolation PUR et XPS, panneaux de revêtement, films PE/PP, câbles et conduits électriques et raccords ou isolation des tuyauteries | Utilisations actuelles et antérieures. Nouvelle utilisation autorisée dans la mousse de polyuréthane (PUR) pour l'isolation des bâtiments | Importation actuelle/nouvelle utilisation pour la construction. Quantité de plastique utilisée dans la construction entre 1970 et 2020, qui contenait du décaBDE ou qui pourrait en contenir. Quantité et gestion des déchets plastiques dans les C&D. | ONS; Ministère de la construction; association des plastiques; les douanes, les producteurs et importateurs de plastique, l'agence de gestion des déchets; les ministères de la planification et des autorisations; les agences de gestion des catastrophes; | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Élevé (niveau II et III) |
| c-PentaBDE (tétraBDE et pentaBDE) | Ignifugeants dans la mousse PUR, PVC dans les câbles, fils, tapis de sol, feuilles industrielles | Utilisation antérieure (1970 à 2004) | Quantité de plastique utilisée dans la construction entre 1970 et 2004 contenant ou pouvant contenir du c-PentaBDE. Quantité et gestion des déchets de C&D. | Producteurs et importateurs de EPS/XPS | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Moyen (niveau II et III) |
| HBCD | Principal ignifugeant dans les EPS/XPS; Textiles d'intérieur (par ex. stores) | Utilisation antérieure (1970 à 2021) | Montant de EPS/XPS utilisé dans la construction 1970 à 2021; période d'utilisation de l'HBCD dans le EPS/XPS dans le pays et montant. Quantité et gestion des déchets C&D. | Producteurs et importateurs de EPS/XPS | Guide d'inventaire de l'HBCD (2021b) | Élevé (niveau II) |
| PCCC (et PCCM ⁶) | En PVC dans les câbles, les revêtements de sol et les toitures; Mousse PUR, adhésifs, caoutchouc, produits d'étanchéité, peintures et revêtements | Utilisations actuelles et antérieures. Le PCCC est exempté pour l'utilisation dans le PVC, les peintures et les adhésifs | Importation actuelle/nouvelle utilisation pour la construction. Quantité totale de PVC/PUR pulvérisé dans la construction, 1970 à nos jours; part de plastifiant contenant du PVC; quantité de PCCC/PCCM ⁶ dans ce plastiques. Quantité et gestion des déchets C&D | Ministère de la construction; association plastique; PVC, produits d'étanchéité, peintures, producteurs et importateurs, agence WM | Guide d'inventaire des PCCC (PNUE 2019a) | Élevé (niveau II et III) |
| PCB | Produits d'étanchéité, peintures, enduits, adhésifs, revêtements de sol, câbles, revêtements anticorrosion | Utilisation antérieure (1950 à 1975) | Utilisation antérieure de PCB dans les produits d'étanchéité, les peintures/revêtements et les câbles dans le pays. Utilisation actuelle restante dans | ONS; Ministère de la construction; producteurs et importateurs de produits | Guide d'inventaire des PCB (PNUE 2019f) | Moyen (niveau II et III) |

| POP | Application dans le bâtiment et la construction | Période d'utilisation* | Information à recueillir pour l'inventaire (tout au long du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-------|---|---|---|---|--|--------------------------|
| | | | la construction; Quantité et gestion des déchets C&D. | d'étanchéité, peintures, câbles | | |
| PCN | Peintures et revêtements, câbles et traitement du bois | Utilisation antérieure (1940 à 1980) | Utilisation antérieure de PCN dans les produits d'étanchéité, les peintures/revêtements et les câbles dans le pays. | Producteurs de produits d'étanchéité, peintures, câbles | Guide d'inventaire du PCN (PNUE 2021c) | Faible (niveau I) |
| APFO | Peintures, laques et mastics, tapis et revêtements de sol et les systèmes d'extinction d'incendie fixes | Utilisations actuelles et anciennes | Utilisation actuelle de l'APFO dans la construction; Utilisation antérieure dans ces applications et volume d'utilisation et gestion de la fin de vie | Ministères de la construction et de l'industrie; les associations, producteurs et importateurs de peintures, de revêtements, de laques et d'agents d'étanchéité; producteurs/ importateurs de revêtements de sol en tapis synthétiques, | Guide d'inventaire de l'APFO/SPFO (PNUE 2023b) | Moyen (niveau I et II) |
| SPFO | Tapis et revêtements de sol, peintures et vernis, revêtements; mousse dans les systèmes fixes d'extinction d'incendie | Utilisations antérieures (principalement avant 2002) Mousse de lutte contre les incendies jusqu'à présent | Utilisation antérieure dans ces applications et quantité utilisée; la gestion des déchets de C & D (p. ex., tapis; mousses de lutte contre les incendies). | No. | Moyen (niveau I et II) | |
| PFHxS | Tapis et revêtements de sol, peintures, enduits, plâtre, cloisons sèches, matériaux de façade, isolation textile et plastique | Utilisation antérieure (jusqu'en 2021) | Utilisation antérieure dans ces applications et quantité utilisée; Quantité et gestion des déchets C&D. | | | |
| PCP | Utilisé comme conservateur dans le bois et les produits du bois | Utilisation antérieure (1940 à 2015; Certains pays ont choisi d'éliminer plus tôt. | Période d'utilisation du PCP dans le traitement du bois dans le pays; Quantité de bois traité; utilisation du bois traité; Quantité et gestion des déchets C&D bois traités | ONS; Ministères de la construction, des forêts et de l'agriculture; industrie du bois et importateurs | Guide d'inventaire du PCP (PNUE 2021d) | Moyen (Niveau II et III) |

| POP | Application dans le bâtiment et la construction | Période d'utilisation* | Information à recueillir pour l'inventaire (tout au long du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-----------------|--|--|---|--|-------------------------|--|
| POP-Pesticides | Utilisation de pesticides POP comme insecticides ou fongicides dans le bois dans la construction (DDT, aldrine, chlordane, dieldrine, endosulfan, lindane, mirex) | 1950 à 1990; Dans certains pays, le DDT est encore utilisé pour la pulvérisation résiduelle intérieure | Période d'utilisation des pesticides POP dans le traitement du bois dans le pays; quantité de bois traité; utilisation des surfaces de bois traitées; Quantité et gestion du bois traité dans les déchets C&D | ONS; Ministères de la construction, des forêts et de l'agriculture; industrie du bois et importateurs | No. | De faible à élevée selon la région (niveau II) |
| Dechlorane Plus | FR dans les polymères des matériaux de toiture et autres matériaux de construction, papier peint en PVC non tissé, peinture au latex, planchers stratifiés, panneaux de fibres, produits d'étanchéité, tuyaux de canalisation, mousse insonorisante et EPS | De 1960 à 2024 (dernière production arrêtée en 2023). | Volume de DP utilisé dans la construction jusqu'à maintenant. Période d'utilisation du DP dans les matériaux de toiture et de PVC dans le pays et volume. Volume et gestion des déchets C&D. | Ministère de la construction; association plastique et PVC; producteurs et importateurs de plastique et applications dans la colonne 2 | No. | Moyen (Niveau I et III) |
| UV-328 | Absorbeur UV dans les matériaux polymères, les charges, les peintures, laques, vernis, adhésifs, revêtements de bois | De 1970 à aujourd'hui | Volume d'UV-328 utilisé dans la construction. Période d'utilisation de l'UV-328 dans un pays en fonction des applications indiquées à la colonne 2; quantité et gestion des déchets C&D. | Ministère de la construction; Association de l'industrie; producteurs et importateurs des demandes dans la colonne 2 | No. | Moyen (Niveau I et III) |

*Les plastiques et la plupart des autres utilisations dans le bâtiment ont une longue durée de vie allant de plusieurs décennies à plus d'un siècle.

** Les détails sur les parties prenantes pouvant être consultées sont compilés dans les documents d'orientation des inventaires individuels.

2.2 Les POP actuellement utilisés dans l'évaluation du secteur de la construction

Les POP qui sont encore utilisés dans le secteur de la construction sont le décaBDE, l'APFO, les PCCC et l'UV-328 (tableau 3). Pour ces POP, l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et du cycle de vie (production – importation/exportation – utilisation – fin de vie) devrait être évalué dans un inventaire afin de traiter et de contrôler adéquatement les POP individuels et les matériaux impactés utilisés dans le secteur de la construction.

2.2.1 DécaBDE dans les bâtiments et la construction

Le décaBDE était un des principaux ignifugeants utilisés dans la construction jusqu'en 2017, date à laquelle il a été inscrit sur la liste de la Convention de Stockholm. On estime que 20 % de la production totale de c-déca-BDE, soit environ 320.000 tonnes, a été utilisée dans les bâtiments (Abbasi *et al.*, 2019). En supposant une concentration de 5 à 10 % de c-DécaBDE dans les polymères de construction (tableau 4), cela se traduit par 3,2 à 6,4 millions de tonnes de polymères contenant du décaBDE dans les bâtiments, ce qui souligne la nécessité d'un inventaire et d'une gestion appropriés.

Le décaBDE a été utilisé dans une vaste gamme de plastiques, notamment le polystyrène extrudé (XPS), la mousse isolante PE, les feuilles de plastique PE, PP et PVC (tableau 4). Le décaBDE a également fait l'objet d'une exemption spécifique pour son utilisation dans les isolants en mousse PUR utilisés dans la construction, et il pourrait donc continuer à être utilisé (PNUE 2021a). En raison de la longue durée de vie, la plus grande partie des polymères contenant des PBDE utilisés au cours des 40 dernières années dans le secteur de la construction est encore largement utilisée. Par conséquent, les éléments suivants devraient être évalués pour le décaBDE dans l'inventaire des POP dans les bâtiments :

- Si le décaBDE est encore utilisé dans la nouvelle mousse PUR utilisée pour la construction et quantité estimée.
- Si le décaBDE est encore utilisé dans d'autres nouvelles utilisations du plastique non exemptées (voir le tableau 4) et quantité estimée.
- Volume de tous les polymères contenant du décaBDE actuellement utilisés dans les bâtiments installés au cours des 50 dernières années (voir le tableau 4).
- Quantité de déchets plastiques dans les déchets de construction et de démolition (total) et proportion de plastique contenant du décaBDE et d'autres POP utilisés actuellement ou antérieurement (voir ci-dessous).

Veuillez noter que la proportion de polymères individuels contenant des PBDE n'est pas connue et doit être évaluée par un inventaire de niveau III pour un pays.

Tableau 4 : Concentration de POP dans les polymères/plastiques* dans le secteur du bâtiment (PNUE 2021b avec des ajouts)

| POP | Utilisations | Contenu (% en poids)** | Références |
|-------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|
| HBCD | Polystyrène expansé (EPS) | 0.5-1% | PNUE 2021c |
| HBCD, DécaBDE | Polystyrène extrudé (XPS) | 1-3% | Morf <i>et al.</i> , 2003 |
| DecaBDE, PentaBDE | Mousse PUR dans l'isolation | 4-13% | Leisewitz & Schwarz 2000 |
| DecaBDE, PentaBDE | Remplisseurs de mousse PUR | 22% | Leisewitz & Schwarz 2000 |
| DecaBDE | Mousse isolante PE | 20% | Morf <i>et al.</i> , 2003 |
| DecaBDE | PE et PP feuilles de plastique | 10% | Morf <i>et al.</i> , 2003 |

| | | | |
|------------------------------------|---|------------|--|
| DécaBDE, PentaBDE, HBCD | Store et rideau | 4% | Kajiwara <i>et al.</i> , 2013 |
| DecaBDE | Couche adhésive de bandes réfléchissantes | 1-5% | RPA 2014 |
| DecaBDE, PentaBDE | Peinture intumescente | 2.5-10% | RPA 2014 |
| PCCC/PCCM ⁶ , (DecaBDE) | Feuilles de plastique PVC | 5-20% (5%) | Morf <i>et al.</i> , 2003; Chen <i>et al.</i> , 2021 |
| PCCC/PCCM ⁶ | Tuyaux en PVC pour plomberie | 0.5%-10% | Chen <i>et al.</i> , 2021 |
| PCCC/PCCM ⁶ | Revêtement de sol en PVC, toiture, papier peint | 0.5%-10% | Chen <i>et al.</i> , 2021 |
| PCCC/PCCM ⁶ PCB, PCN | Cables | 0.5%-10% | Chen <i>et al.</i> , 2021 |
| PCCC/PCCM ⁶ | Produits d'étanchéité PUR | 10-50% | Chen <i>et al.</i> , 2021; Brandsma 2021 |

*Veuillez noter que seule une petite partie inconnue du polymère contient des POP.

**Plage de concentration pour les additifs POP intentionnels.

2.2.2 PCCC dans les bâtiments et la construction

Les paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC) ont remplacé les biphenyles polychlorés (PCB) pour certains matériaux de construction (produits d'étanchéité, peintures et additifs pour câbles). Utilisations principales des PCCC⁹ (et des PCCM candidats aux POP; voir la section 2.4.1) dans le secteur de la construction ont été utilisés comme plastifiants dans le chlorure de polyvinyle (PVC) (Chen *et al.*, 2021; Babayemi *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2022). En outre, les PCCC (et les PCCM) sont également utilisés comme plastifiants et ignifuges dans les peintures, adhésifs, mastics, caoutchouc et autres matériaux polymères (PNUE 2019a). Les PCCC ont été inscrites comme POP en 2017 avec un éventail d'exemptions (PVC, peintures imperméabilisantes et ignifuges, adhésifs) et sont toujours utilisées dans une large gamme de matériaux dans les bâtiments et la construction. Les PCCM⁶ sont actuellement en cours d'évaluation par le POPRC pour inclusion dans la Convention de Stockholm. Les éléments suivants seraient évalués pour un inventaire :

- Si les PCCC (et les PCCM) sont encore utilisés dans les nouveaux matériaux de construction (PVC, mousse pulvérisable PUR, caoutchouc, peintures) et la quantité correspondante.
- Si les PCCC (et les PCCM) sont encore employées pour d'autres usages non exemptés (par exemple, des produits d'étanchéité) et quantité connexe.
- Quantité de polymères contenant des PCCC (et du PCCM⁶) installés au cours des 50 dernières années dans le parc immobilier actuel.
- Quantité de déchets plastiques dans les déchets de construction et de démolition (total) et part des plastiques contenant des PCCC et des PCCM⁶.

2.2.3 UV-328 dans les bâtiments et la construction

2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphénol (UV-328; CASRN 25973-55-1) est un benzotriazole phénolique substitué (BZT), et est inscrit sur la liste de la Convention de Stockholm (PNUE 2023d).

UV-328 est utilisé comme absorbeur d'UV dans de nombreux polymères (p. ex., polyoléfines, polyuréthanes, PVC, polyacrylate, polyester insaturé, polycarbonate et élastomères) et produits. Dans le secteur du bâtiment, l'UV-328 était et est encore utilisé pour les peintures et revêtements, les mastics, les remplisseurs, les laques, les vernis et les revêtements de bois (PNUE 2021f). L'UV-328 peut être évalué avec d'autres POP (PCCC, décaBDE, PCB) dans les peintures, les revêtements et les produits d'étanchéité.

⁹ Si les PCCC sont présentes dans des mélanges à des concentrations supérieures ou égales à 1 % en poids, elles sont considérées comme des POP et inscrites sur la liste de la Convention de Stockholm.

2.2.4 APFO, SPFO, PFHxS et autres PFAS dans les bâtiments et la construction

Le SPFO, le FSPFO et les composés connexes sont inscrits dans la Convention de Stockholm depuis 2009, tandis que l'APFO et les composés connexes et le PFHxS et les composés connexes ont été inscrits en 2019 et 2022, respectivement. Les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne (APFC), leurs sels et composés connexes ont été évalués par le POPRC et sont proposés pour inscription comme POP à la COP12 en 2025 (PNUE 2023c).

L'APFO et les composés connexes sont utilisés dans les polymères fluorés à chaîne latérale des peintures et laques des peintures et des mastics d'architecture pour l'extérieur et l'intérieur (PNUE 2021f). Dans le passé, les SPFO et PFHxS et les composés connexes étaient utilisés dans les bâtiments et la construction (Green Science Policy Institute 2021; PNUE 2021f). Le SPFO et les composés connexes ont été utilisés dans les tapis et les revêtements de sol, les revêtements, les peintures et les vernis, les produits d'étanchéité et les adhésifs. Pour le PFHxS, des occurrences ont été signalées dans les mêmes utilisations et matériaux de façade en plastique, mousse/plastique/isolation textile, cloisons sèches, peinture, plâtre, agents de polissage et produits d'imperméabilisation/ d'imprégnation humides (PNUE 2021f).

2.3 Anciens POP utilisés dans le secteur de la construction et stocks actuels dans les bâtiments

En raison de la longue durée de vie (section 2.1), la plus grande proportion des POP utilisés dans le secteur de la construction au cours des 70 dernières années se trouvent toujours dans les bâtiments et doivent être pris en compte dans l'inventaire des POP. Ces POP utilisés auparavant dans le secteur de la construction comprennent l'HBCD, le c-PentaBDE, les PCB, les PCN et le PCP pour lesquels il existe des documents d'orientation sur les inventaires (tableau 1).

2.3.1 HBCD dans les bâtiments et la construction

L'HBCD était un des principaux additifs ignifugés utilisés dans la construction de mousse expansées et extrudées en polystyrène (EPS/XPS) (PNUE 2017c; 2021b) de 1970 à 2021, date à laquelle l'exemption sur la production et l'utilisation a cessé. Les matériaux EPS et XPS sont utilisés dans diverses applications dans le secteur de la construction (tableau 5). Selon les normes d'inflammabilité dans un pays, l'HBCD peut avoir été utilisé dans ces applications identifiées.

Pour l'inventaire, les volumes de EPS et de XPS installées comme mousse isolante dans les bâtiments entre les années 1970 et 2021 seraient évalués. La part de mousse EPS/XPS encore présente et qui contient probablement du HBCD serait estimée et le volume d'HBCD correspondante calculée (PNUE 2017c; 2021b).

Tableau 5 : HBCD dans les applications de EPS et de XPS dans les bâtiments (PNUE 2017c)

| Type de PS | Utilisation antérieure de l'HBCD dans le polystyrène |
|---|---|
| EPS (concentration d'HBCD de 0,5 à 0,7 %) | <p>Isolant EPS ignifugé, comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none">- Isolation du toit plat; Isolation du toit en pente- Isolation du plancher; « isolation par dalle »- Systèmes de plancher en béton isolé- Isolation des murs intérieurs avec panneau de gypse- Isolation des murs extérieurs ou systèmes composites isolés à l'extérieur- Panneaux isolants pour murs creux et matériaux en vrac- Formes de béton isolé (ICF)- Systèmes de fondation et autres systèmes formant des vides- Applications de fondations porteuses <p>Matériau de base pour l'EPS utilisé dans les panneaux sandwich et les paroies tendues.</p> <ul style="list-style-type: none">- Systèmes de chauffage par le sol |

| Type de PS | Utilisation antérieure de l'HBCD dans le polystyrène |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Isolation acoustique des planchers flottants - Panneaux de drainage EPS |
| EPS | EPS briques en béton, EPS béton |
| EPS | Mousse de stabilité du sol (pour le génie civil) |
| EPS | Isolation sismique |
| EPS | Autres articles moulés en EPS, tels que des ornements, des décorations, des logos, etc. |
| XPS (concentration d'HBCD de 0,8 à 3 %) | <ul style="list-style-type: none"> - Panneaux isolants XPS : - Isolation des ponts à froid - Murs et fondations du sous-sol - Toitures inversées; plafonds; isolation de la cavité - Panneaux composites et stratifiés |

2.3.2 PentaBDE dans les bâtiments et la construction

On estime que 27.000 tonnes de c-PentaBDE (20 % de la production totale) ont été utilisées dans des bâtiments entre les années 1970 et 2004 (arrêt de la production), avec une utilisation majeure aux États-Unis (Abbasi *et al.*, 2019). Le pentaBDE de carbone a été utilisé dans le secteur du bâtiment pour l'isolation en mousse PUR rigide (PNUE 2021a) (tableau 4). Le C-pentaBDE peut être évalué dans les bâtiments avec le décaBDE et l'inventaire des PCCC/PCCM⁶ dans les mousse de polyuréthane, en estimant son utilisation antérieure.

2.3.3 Dechlorane Plus dans les bâtiments et la construction

Dechlorane Plus (no. CAS 13560-89-9) est un ignifugeant polychloré qui contient deux stéréoisomères, le syn-DP (no. CAS 135821-03-3) et l'anti-DP (no. CAS 135821-74-8). Les isomères sont présents dans le produit technique dans un rapport d'environ 1:3 ou 25 % syn-DP et 75 % anti-DP (PNUE 2019c). Il a été inscrit à la liste de la Convention de Stockholm en 2023 avec exemption (PNUE 2023d); La production a cessé en décembre 2023 (GGKP 2024).

Dechlorane Plus a été utilisé comme retardateur de flamme dans de nombreux polymères et comme ignifugeant non plastifiant dans des thermoplastiques (p. ex., polypropylène, polyester, acrylonitrile butadiène styrène (ABS), caoutchouc naturel, polybutylène téréphthalate (PBT), nylon et caoutchouc styrène-butadiène (SBR) copolymère bloc et thermodorcissables (p. ex., résines époxy et polyester, mousse de polyuréthane, caoutchouc polyuréthane, caoutchouc siliconé, caoutchouc éthylène-propylène-diène monomère et néoprène). La quantité de DP dans ces matériaux varie de 8 % dans le polybutylène téréphthalate à 40 % dans le caoutchouc siliconé. Dans le secteur du bâtiment, la DC est incluse, par exemple, dans les revêtements de câbles, les matériaux de couverture en plastique, les papiers peints non tissés en PVC, la peinture au latex, les planches stratifiées, les panneaux de fibres, les panneaux de bois massif, la colle, les produits d'étanchéité, les tuyaux en PVC, les mousse insonorisantes et les panneaux EPS (PNUE 2021f).

2.3.4 Les PCB et les PCN dans les bâtiments et la construction

On estime qu'environ 25 % de la production mondiale totale de PCB (env. 375.000 tonnes) a été utilisée dans des applications ouvertes, principalement dans le secteur de la construction (PNUE 2021c; PNUE 2021f). Les PCB et les PCN ont été utilisés dans la construction, notamment dans des produits d'étanchéité, des revêtements, des peintures, des adhésifs et des câbles (PNUE 2019e; PNUE 2021c). Dans l'ensemble, l'utilisation des PCB pour ces utilisations était considérablement plus élevée que celle des PCN. Les PCB ont été principalement employés dans des usages à ciel ouvert entre les années 1950 et 1975, tandis que les PCN étaient principalement utilisés de 1930 à 1960 (PNUE 2021c). Les PCB sont détectés dans des bâtiments industriels, publics et résidentiels. Les exemples dans le secteur industriel comprennent l'hydroélectricité, l'énergie nucléaire, les

centrales électriques au charbon/gaz, les usines de traitement des eaux et les installations militaires (PNUE 2019f).

Les PCB utilisés principalement dans les bâtiments étaient des produits d'étanchéité élastique sans utilisation signalée de PCB. Les peintures et les revêtements anticorrosion étaient une autre application ouverte importante des PCB jusqu'aux années 1970 et peut-être au début des années 1980 (PNUE 2021c). Les PCN ont été utilisés dans les peintures et laques sous-marines jusqu'au début des années 1980 (PNUE 2021c; Potrykus *et al.*, 2015).

On croit généralement que les applications ouvertes des PCB ont été progressivement éliminées au début des années 80. Cependant, en raison de la longue durée de vie de ces produits, les PCB sont toujours présents dans l'environnement bâti.

Les PCN ont été utilisés principalement comme ignifugeants dans des câbles entre 1930 et 1960 (Jakobsson et Asplund, 2000). Les câbles contenant des PCB (utilisés dans les années 1960/1970) et des PBDE (utilisés depuis les années 1970) ont été utilisés plus récemment, ainsi que ceux qui contiennent des PCCC.

Les PCB et les PCN ont été remplacés par des PCCC/PCCM⁶ dans les principales utilisations dans la construction (produits d'étanchéité, peintures, revêtements et adhésifs) (voir la section 2.2.2); ils devraient être évalués et quantifiés ensemble.

2.3.5 PCP et autres pesticides POP dans les bâtiments et la construction

Le PCP était un important conservateur du bois pour l'intérieur et l'extérieur depuis les années 1930, par exemple dans des bâtiments en bois comme des maisons à colombages, sur des fenêtres, des portes, des poutres de toit, des escaliers ou des rambardes d'escalier, sur des panneaux de bois dans les murs ou les plafonds, dans les écuries, sur des clôtures et autres constructions. Utilisation pour les poteaux et les bras croisés est toujours exempte (PNUE 2021d). Certains pays ont éliminé le PCP dans le traitement du bois dès les années 1980, tandis que d'autres ont continué à l'utiliser jusqu'à récemment. Pour le bois traité au PCP, les niveaux élevés de PCDD/PCDF non intentionnels présents dans le PCP devraient être pris en compte dans l'inventaire, ainsi que la contamination de l'environnement par le PCP et les PCDD/PCDF provenant du bois traité tout au long du cycle de vie et les émissions et sites contaminés connexes¹⁰ (sites de traitement du bois, utilisation de bois traité au PCP et gestion en fin de vie) (Huwe *et al.*, 2004; Weber *et al.*, 2018; PNUE 2021d; Petrlik *et al.*, 2022).

En outre, le DDT, l'aldrine, la dieldrine, l'endosulfan, le lindane, le mirex et le chlordane et peut-être d'autres pesticides POP ont été utilisés comme insecticides ou fongicides dans les constructions en bois des années 1940 à 1990 (Kurata *et al.*, 2005; PNUE 2021e) et seraient inclus dans l'inventaire s'ils étaient utilisés pour le traitement du bois dans le pays/la région.

La quantité totale de bois traité dans les bâtiments et la construction serait estimée, ainsi que la part du bois traité avec du PCP et la part des autres POP. En outre, la quantité et la part d'autres produits de protection du bois dangereux comme la créosote à l'arséniate de cuivre chromaté contenant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (voir la section 2.5.1), les composés de tributylétain (section 2.5.5) ou la peinture au plomb seraient évaluées. La gestion en fin de vie du bois dans les déchets C&D serait évaluée et garantirait que le bois usagé contaminé par des POP ne soit pas recyclé en meubles ou en copeaux de bois pour la litière animale, mais éliminé d'une manière écologiquement rationnelle.

2.4 Candidats POP dans les bâtiments et la construction

Un candidat POP (PCCM) est utilisé comme additif plastique dans les bâtiments. Pour ce candidat POP, aucune orientation d'inventaire n'a encore été élaborée, mais l'orientation de l'inventaire des

¹⁰ Certaines études de cas sur les sites contaminés sont fournies dans le guide d'inventaire du PCP (PNUE 2021d). Un tableau des facteurs d'émission fondé sur les détails de la présente section est fourni à l'annexe 1 du guide PCP (PNUE 2021d).

PCCC peut être envisagée. Dans un premier inventaire préliminaire, les informations disponibles seraient recueillies auprès de toutes les parties prenantes. Comme on ne dispose que d'informations limitées sur la fréquence et la concentration dans les bâtiments et la construction, la production de données de surveillance (niveau III) serait utile. Compte tenu de l'article 9 de la Convention de Stockholm, des études/données validées peuvent être envoyées au Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, servant de centre d'échange pour les informations sur les POP (PNUE 2021j).

2.4.1 Les PCCP (candidat POP) dans les bâtiments et la construction

Les paraffines chlorées dont la longueur de chaîne est comprise entre C14 et 17 (no. CAS : 85535-85-9) et dont le taux de chloration est égal ou supérieur à 45 % en poids de chlore (PCCC) répondent aux critères de l'annexe D (PNUE 2021h).

Les PCCM sont produits en grands volumes et dans les bâtiments, et la construction est un secteur d'utilisation majeur, principalement le PVC, la mousse de pulvérisation PUR et le caoutchouc (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). Les PCCM sont également utilisés dans les adhésifs, y compris les revêtements de caoutchouc chloré, les scellants polysulfures, acryliques et butyliques dans le bâtiment et la construction ainsi que dans les scellants pour vitres doubles et triples. De plus, les PCCM sont utilisés comme plastifiants et comme agents ignifuges dans les peintures et les revêtements. Ces peintures sont principalement utilisées par les peintres professionnels, mais elles sont aussi utilisées dans une certaine mesure dans les ménages privés.

Les PCCM sont utilisées dans les mêmes applications que les PCCC et ont été considérées comme des solutions de rechange avant que les PCCC ne soient évaluées comme POP (PNUE 2019d), ce qui permet d'évaluer ensemble les deux mélanges de PC. La mesure initiale des câbles en PVC dans les déchets de C&D contenait 99.000 mg de PCCM/kg (Agence norvégienne pour l'environnement, 2021).

2.5 Évaluation de divers CoC présents dans les bâtiments et la construction

Cette section vise à donner un aperçu de certains CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction énumérés dans d'autres AEM et/ou SAICM, en vue d'une approche synergique de la mise en œuvre des AEM et d'une gestion intégrée des POP et d'autres CoC, le cas échéant. L'objectif est de fournir un premier aperçu de la façon dont certains CoC se rattachent aux produits du secteur du bâtiment et de la construction et de fournir des renseignements initiaux pour envisager éventuellement ces CoC coordonnés avec les activités d'inventaire des POP comme base pour une (future) gestion intégrée spécifique au secteur.

Le tableau 6 donne un aperçu des CoC sélectionnés et de leur utilisation majeure dans le secteur du bâtiment et de la construction, comme base pour leur identification. Des informations plus détaillées sont disponibles dans le document de la SAICM sur les « CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction » (PNUE 2021f) et dans Huang *et al.*, (2022).

Tableau 6 : Autres CoC dans les bâtiments et la construction liés aux AEM ou à la SAICM

| Produits chimiques préoccupants | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans le bâtiment et la construction | Pertinence |
|---|----------------------------|---|---|------------|
| Amiante | Convention de Rotterdam | Classé comme cancérogène | Utilisé dans une variété de matériaux d'isolation du bâtiment | Élevé |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) | Convention LRTAP de la CEE | De nombreux HAP sont cancérogènes, mutagènes ou | Bois traité (créosote); Revêtement et peinture anticorrosion; toiture en goudron; asphalte; Adhésifs à base de goudron; | Moyen |

| Produits chimiques préoccupants | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans le bâtiment et la construction | Pertinence |
|---------------------------------|---|---|---|------------|
| | | toxiques pour la reproduction (CMR) | | |
| Phtalates | SAICM EPI (EDCs) | EDC (DEHP, DBP, BBP, DIBP) | Plastifiant dans les revêtements de sol en PVC souple, papier peint et câbles | Moyen |
| OPFR halogéné | SAICM EPI ¹¹ | Certains OPFR halogénés sont cancérogènes ou toxiques pour la reproduction | Principaux retardateurs de flamme dans les mousse PUR et polyisocyanurate (PIR); autres plastiques | Moyen |
| CFC, HCFC, HFC | Protocole de Montréal | Substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO); GES | Agents de gonflement présents dans les mousse isolantes et les climatiseurs | Élevé |
| Plomb | Le plomb dans les peintures est un EPI selon la SAICM | Effets indésirables dans tous les groupes d'âge, en particulier sur le développement du système nerveux des enfants | Pigments dans les peintures : stabilisateurs dans le PVC (profilés de fenêtres, tuyaux, raccords, revêtements de sol et toitures); tôle de plomb pour mur, atténuation du bruit et imperméabilisation humide, tuyaux en plomb | Élevé |
| Composés du mercure | Convention de Minamata | Endommage le système nerveux, le cerveau, le cœur et les reins; Influence le développement neurologique | Utilisé dans les lampes et comme catalyseur dans les élastomères en PU; contenu dans les charges de cendre | Moyen |
| Composés du tributylétain | Convention de Rotterdam Annexe III | Neurotoxique immunotoxique et | Biocides dans les peintures antisalissures, conservateurs pour le bois et autres. Impureté des stabilisants organoétains (PVC) | Moyen |
| Nanomatériaux fabriqués | EPI en vertu de la SAICM | La combinaison de la taille des particules et de certains dangers peut avoir une incidence sur les impacts | Divers usages | Faible |

2.5.1 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les composés de goudron et de bitume, et noir de carbone

Les HAP sont énumérés dans la Convention de la CEE sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Le goudron contient des niveaux élevés de HAP et a été utilisé dans la construction pour une gamme de produits. On distingue le goudron (teneur élevée en HAP)

¹¹ <https://saicmknowledge.org/epi/hazardous-chemicals-electronics>

et le bitume (faible teneur en HAP). On utilisait du pétrole de goudron dans le passé et il est possible qu'il soit présent dans les bâtiments et les constructions plus anciens, tandis que le bitume était principalement utilisé au cours des dernières décennies. Les applications les plus courantes des produits contenant des HAP dans les bâtiments sont les adhésifs contenant du goudron et du brai, les adhésifs pour parquets en bois, les mastics d'asphalte et les panneaux de plancher en asphalte, ainsi que les feutres de toiture et les feuilles d'étanchéité en goudron ou en bitume. Le goudron et les peintures bitumineuses sont toujours utilisés dans la zone de base des bâtiments et des constructions pour imperméabiliser les murs ou les isolations qui ont un contact direct avec le sol. On trouve parfois des revêtements de goudron ou de bitume sur les tuyaux à l'intérieur et ils peuvent aussi contenir de l'amiante. Le liège de goudron (panneaux granulés de liège liés au goudron) a été utilisé à l'intérieur pour l'isolation des tuyaux et des murs.

Les huiles de créosote/goudron ont été utilisées à grande échelle comme agents de conservation du bois sur des traverses de chemin de fer. Les traverses en bois ont été/sont réutilisées comme matériaux de construction (murs de soutènement, escaliers, tables et sièges extérieurs, bacs à sable) dans les zones résidentielles urbaines, les parcs publics, les terrains de sport, les terrains scolaires et les aires de jeux pour enfants, ce qui est restreint dans certains pays (tenue 2008; CEE et FAO 2021). Des huiles de créosote/goudron ont également été appliquées sur les poteaux en bois, les clôtures, les toits noirs et les joints d'étanchéité.

Les matières plastiques et le caoutchouc peuvent être contaminés par des HAP lorsqu'ils contiennent des huiles minérales comme plastifiant et/ou du noir de carbone comme pigment (UBA, 2016).

2.5.2 Phtalates spécifiques dans les bâtiments et la construction

Les phtalates sont principalement (>90 %) utilisés comme plastifiants dans le PVC souple. De grandes quantités de PVC plastifié contenant des phtalates ont été et sont utilisées dans les bâtiments et la construction pour les câbles, les tuyaux, les feuilles et les toitures, les produits d'étanchéité, les articles extrudés (p. ex., tuyaux ou gaines de piscine et autres profilés en plastique formés sans fin), les stores, les revêtements de sol et les papiers peints/revêtements depuis plus de 60 ans et représente le stock le plus important de phtalates.

Certains phtalates sont des substances chimiques qui perturbent le système endocrinien (EDC). Les CED sont un nouveau problème de politique émergent de la SAICM. L'UE a restreint les concentrations de DEHP, de dibutyl phthalate (DBP), de benzyl butyl phthalate (BBP) et de diisobutyl phthalate (DIBP) dans les jouets, les articles de puériculture et tous les articles d'intérieur et d'extérieur qui sont en contact prolongé avec la peau humaine (Commission européenne 2018).

2.5.3 Ignifugeants organophosphorés halogénés pour les bâtiments et la construction

Les ignifugeants organophosphorés halogénés (OPFR) sont les principaux retardateurs de flamme utilisés dans les mousses isolantes PUR et PIR utilisées dans la construction. Les OPFR halogénés ont des propriétés dangereuses, y compris le phosphate de tris(2-chloroéthyle) (TCEP; toxique pour la reproduction), tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP; cancérogène), tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP; toxique pour la reproduction) (Van der Veen et de Boer *et al.*, 2012; Commission européenne 2022). Les rejets élevés de TDCPP et de TCPP cancérogènes dans les lixiviats des sites d'enfouissement en Afrique (Sibya *et al.*, 2019), au Brésil (Cristale *et al.*, 2019) et en Chine (Qi *et al.*, 2019) indiquent l'élimination pertinente de déchets contenant du OPFR tels que des polymères provenant de déchets de C&D (et de DEEE ou de véhicules) dans les sites d'enfouissement.

2.5.4 Métaux et métalloïdes spécifiques dans les bâtiments et la construction

2.5.4.1 Plomb dans les bâtiments et la construction

Le plomb a été utilisé dans la construction principalement dans les peintures et dans les conduites d'eau. Le plomb dans les peintures était et reste toujours une application majeure du plomb dans la construction. Du plomb est ajouté à la peinture pour augmenter sa durabilité et résister à l'humidité qui provoque la corrosion. On trouve du plomb dans les peintures pour l'intérieur et l'extérieur des maisons, des écoles, des bâtiments publics et commerciaux (PNUE 2021f). La SAICM a identifié la peinture au plomb comme un nouveau problème politique.¹² Les autres applications du plomb dans le bâtiment comprennent les stabilisants des produits en PVC, tels que les profilés de fenêtres, les tuyaux, les raccords, les revêtements de sol et les toitures. Les applications de plomb comprennent également le revêtement des murs, l'atténuation du bruit et l'imperméabilisation par humidité.

Pour l'inventaire, on évaluera l'utilisation antérieure et actuelle des peintures au plomb, des conduites d'eau et autres utilisations du plomb dans les bâtiments ainsi que la situation de la gestion en fin de vie des matériaux contenant du plomb dans les déchets C&D.

Tableau 7 : Aperçu des applications et des occurrences documentées de plomb dans les produits potentiellement pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction (PNUE 2021f)

| Applications | Produits/matériel |
|--|--|
| Plomb dans les peintures | Grand stock d'utilisation antérieure; encore utilisé dans la construction dans certains pays |
| Plomb dans les conduites d'eau | Toujours utilisé dans la plomberie, le soudage doux utilisé principalement pour le soudage des joints de tuyaux en fer-blanc et en cuivre est un alliage de plomb et d'étain. Également dans les robinets et les accessoires |
| Plomb dans les toitures et les corniches | Tôle de plomb pour toiture, en particulier les zones de raccordement (cheminée et puits de lumière). |
| Plomb dans le PVC | Stabilisateurs dans les produits en PVC : profils de fenêtres, tuyaux, revêtements de sol et toitures |
| Autres utilisations | Le plomb est utilisé dans les garnitures de réservoirs et les conduits électriques |

2.5.4.2 Mercure dans les bâtiments et la construction

Le mercure et les composés du mercure ont été utilisés dans une variété de produits, dont certains sont pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction. Une application du mercure dans les bâtiments (et sous la catégorie des déchets électroniques; voir aussi 3.5.1.4) sont les lampes fluorescentes (tubes et lampes fluorescentes compactes (LFC)), les lampes à décharge haute intensité (HID) (vapeur de mercure, halogénure métallique, sodium haute pression (la plupart), décharge de mercure basse pression, etc.), les cathodes froides (ultraviolets et (certains) « néons »). Les sources lumineuses et les lampes au mercure écoénergétiques sont actuellement éliminées progressivement dans le cadre de la Convention de Minamata, qui prévoit une interdiction des importations, des exportations et de la fabrication d'ici à 2020.

¹² <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

Les autres applications du mercure documentées dans le secteur de la construction comprennent l'utilisation de composés de mercure comme catalyseurs dans des élastomères en PU (UN Environment 2019) qui ont été utilisés dans des produits tels que les durcisseurs et les résines pour les matériaux plastiques, les revêtements de sol en plastique, les composés de jointure et l'utilisation des composés du mercure comme biocides dans les peintures. Les teneurs en PUR (p. ex., tartan) étaient de 1.000 à 2.000 mg/kg (ATSDR 2006).

Des installations fixes dans des édifices construits entre 1930 et 1960 renfermaient du mercure, comme des dispositifs de régulation de pression de gaz contenant du mercure et des systèmes de chauffage de chaudières contenant du mercure (USEPA 2011). De plus, certains thermostats contiennent des interrupteurs au mercure lorsque le mercure est contenu dans une ou plusieurs ampoules en verre à l'intérieur du thermostat (USEPA 2011). Pour l'inventaire des bâtiments, l'utilisation antérieure et actuelle du mercure dans les bâtiments serait évaluée dans le cadre de la Convention de Minamata et de l'inventaire connexe du mercure en tenant compte de la Trousse d'outils sur le mercure (UN Environment 2019).

2.5.5 Tributylétain dans les bâtiments et la construction

Composés du tributylétain, tels que l'oxyde de tributylétain, le benzoate de tributylétain, le chlorure de tributylétain, le fluorure de tributylétain, le linoléate de tributylétain, le méthacrylate de tributylétain et le naphténate de tributylétain, sont un groupe de produits chimiques caractérisé par trois groupes butyles liés par covalence à un centre tétravalent d'étain.

Les principales applications des composés du tributylétain dans les bâtiments sont les biocides utilisés dans les peintures antalisssures, les produits de préservation du bois (platelages, bardeaux, tremplins, parements en bois, clôtures, balustrades, planchers, meubles d'extérieur, bois de charpente, poutres, seuils, menuiserie, toitures, garnitures, clous de fente, contreplaqué, porches) et agents de conservation pour d'autres applications (USEPA, 2008).

Les composés du tributylétain sont inscrits à l'annexe III de la Convention de Rotterdam depuis 2008 et, en 2017, cette liste a été élargie aux utilisations industrielles des composés du tributylétain (PNUE 2017d). En raison des préoccupations concernant la persistance, le potentiel de bioaccumulation et la toxicité élevée des composés du tributylétain pour l'environnement aquatique, de nombreux pays ont strictement limité ou interdit l'utilisation de ces composés comme biocides dans les peintures antalisssures.

Tableau 8 : Aperçu des applications et occurrences documentées de composés du tributylétain dans les produits pouvant être pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction (PNUE 2021f)

| Applications | Produits/matériel |
|---|--|
| Agents de conservation du bois | Peinture, teinture et imperméabilisation à appliquer sur les bois extérieurs, tels que les platelages, bardeaux, trembles, parements en bois, clôtures, balustrades, planchers, bois de charpente, poutres, seuils, toits, contreplaqué, clous de chêne et porches Imprégnation sous pression ou sous vide du bois à usage industriel |
| Conservateurs/biocides de matériaux | Plaques de plâtre, composé d'assemblage, panneau de fibres à densité moyenne, panneau particulaire; Adhésifs pour matériaux de construction; mousse de polyuréthane Polymères utilisés pour les revêtements de sol, les carreaux et les tapis |
| Impureté dans les stabilisants organostanniques pour le PVC | Applications de construction rigide en feutre, pour utilisation dans les terrasses et les garde-corps extérieurs, feuillets y compris les panneaux en mousse, mini-stores en vinyle Tuyaux et moulage y compris tous les types de tuyaux tels que les tuyaux d'égout, les produits d'eau de pluie et les tuyaux d'eau potable Profilés extrudés pour fenêtres, cadres de portes, portes et profilés décoratifs |

2.5.6 Amiante dans les bâtiments et la construction

Selon leur chimie et la morphologie des fibres, les minéraux d'amiante sont classés dans les deux groupes de l'amiante amphibole et de l'amiante serpentine (OMS, 2007; PNUE 2021f). Le terme « amiante amphibole » désigne cinq minéraux fibreux d'origine naturelle, à savoir la crocidolite, l'amosite, la trémolite, l'actinolite et l'anthophyllite. Le chrysotile appartient au groupe des « serpentines d'amiante » et se trouve le plus souvent dans les matériaux de construction. Les six minéraux d'amiante ont été classés comme cancérogènes pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC 2018).

Les cinq minéraux d'amiante amphibole ont été inclus dans l'annexe III de la Convention de Rotterdam. Seule l'amiante chrysotile n'est pas inscrite à l'annexe III de la Convention de Rotterdam. L'amiante chrysotile est un produit chimique candidat qui a été recommandé par le Comité d'étude des produits chimiques pour inscription à l'annexe III de la Convention de Rotterdam, mais pour lequel la Conférence des Parties (COP) n'a pas encore pu parvenir à un consensus. Les minéraux d'amiante amphibole et serpentine ont été largement utilisés et représentent toujours des dangers importants dans une grande variété de matériaux de construction, p. ex., dans les éléments d'isolation thermique (tuyaux, chaudières, pression, récipients, chauffages), panneaux de fraisage, feuilles profilées en ciment, produits de bitume (feutres et bardeaux de toiture, toitures en bitume, etc.), plâtre mural, remplisseur, plastique renforcé et composites à base de résine. Pour l'inventaire, l'utilisation passée et actuelle des produits d'amiante dans les bâtiments serait évaluée et pourrait être liée aux profils nationaux de l'amiante promus par l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2007; BAuA 2014; Arachi *et al.*, 2021).

Le tableau 9 résume les noms et les identités chimiques des six minéraux d'amiante. En plus de ces minéraux, d'autres minéraux fibreux sont structurellement similaires mais ne sont pas techniquement classés comme amiante (PNUE 2021f).

Tableau 9 : Résumé des noms et des identités chimiques des minéraux amphiboliques de l'amiante

| | Numéro CAS | Figurant à l'annexe III de la Convention de Rotterdam |
|---------------------------|------------|---|
| Amiante amphibole | | |
| Crocidolite | 12001-28-4 | Oui |
| Amosite | 12172-73-5 | Oui |
| Trémolite | 77536-68-6 | Oui |
| Actinolite | 77536-66-4 | Oui |
| Anthophyllite | 77536-67-5 | Oui |
| Amiante serpentine | | |
| Chrysotile | 12001-29-5 | No |

2.5.7 Chlorofluorocarbones (CFC), hydrochlorofluorocarbones (HCFC) et hydrofluorocarbones (HFC) dans les bâtiments et la construction

Les chlorofluorocarbones (CFC) et les hydrochlorofluorocarbones (HCFC) sont inscrits sur la liste du Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrisent la couche d'ozone, ce qui rend

obligatoire l'élimination progressive des SACO à l'échelle mondiale.¹³ Les gaz fluorés comme les hydrofluorocarbures (HFC), ne contribuent pas à l'appauprissement de la couche d'ozone mais sont des gaz à effet de serre puissants (GES) et sont visés par l'amendement de Kigali au Protocole de Montréal qui prescrit une réduction mondiale des utilisations des HFC. L'hexafluorure de soufre a le potentiel de réchauffement planétaire le plus élevé connu et a été utilisée dans les vitrages isolés comme agent de remplissage pour améliorer leurs performances d'isolation thermique et acoustique (Harnisch et Schwarz, 2003).

Les CFC, les HCFC et les HFC sont largement utilisés comme agents de gonflement pour des produits en mousse, dont certains sont pertinents pour le secteur du bâtiment et de la construction dans les isolants (polyuréthane (PUR), EPS/XPS, phénolique, PIR). Les SACO contenus dans l'isolation des bâtiments (les « banques de SACO ») et les gaz fluorés présents dans la mousse isolante peuvent être évalués et inventoriés avec les POP utilisés dans ce contexte (HBCD, PBDE, PCCC/PCCM).

Les activités d'inventaire seraient coordonnées avec les évaluations du Protocole de Montréal et des GES pour la CCNUCC. Le Protocole de Montréal ne prévoit pas une gestion écologiquement rationnelle des stocks existants de substances appauvrissant la couche d'ozone dans les matériaux de construction, ce qui représente un point mort pour le Protocole (Blumenthal *et al.*, 2022). Par conséquent, en plus de la coopération dans les activités d'inventaire, les futures activités sur la destruction des POP pour les mousse isolantes au sein de la Convention de Stockholm pourraient appuyer la destruction des stocks importants de CFC, HCFC et HFC dans ces utilisations.

2.5.8 Nanomatériaux fabriqués et nanoparticules dans les bâtiments et la construction

Les nanotechnologies et les nanomatériaux manufacturés sont des questions de politique émergente dans le cadre de la SAICM.¹⁴ Le secteur du bâtiment et de la construction est un domaine d'application pertinent des nanomatériaux et des nanoparticules, principalement dans les revêtements de surface, le béton, le verre de fenêtre, l'isolation et l'acier (Zhu *et al.*, 2005; Pacheco-Torgala et Jalalib 2011; Mohajerani *et al.*, 2019). Selon le principe de précaution, un inventaire préliminaire pourrait évaluer quels nanomatériaux sont utilisés et/ou quelles substances sont présentes sous forme de nanomatériaux dans la construction. Cela peut appuyer l'évaluation des impacts réels en utilisation et/ou la gestion de C&D à un stade ultérieur au cas par cas. Pour certaines substances, la taille des particules appliquées et le domaine d'application, en combinaison avec les dangers qu'elles présentent, comme les nanotubes de carbone et autres nanofibres (Gibb *et al.*, 2017; Kobayashi *et al.*, 2017), peut affecter la gravité des effets néfastes sur la santé ou l'environnement. En particulier, la gestion de la fin de vie et le devenir doivent être évalués davantage (Suzuki *et al.*, 2018).

¹³ <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol>

¹⁴ <https://saicmknowledge.org/program/nanotechnology>

3 Inventaire des POP dans le secteur de l'électronique et options pour évaluer d'autres CoC

3.1 Introduction au secteur de l'électronique et à la nécessité d'inventorier les POP et autres CoC

3.1.1 Contexte

En 2022, 62 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE ; déchets électroniques) ont été générés et contiennent plus de 12 millions de tonnes de plastique qui doivent être gérées d'une manière écologiquement rationnelle; ce volume de déchets électroniques devrait augmenter à l'avenir (Forti *et al.*, 2020; PNUE 2021g; Baldé *et al.*, 2024). Bien que la qualité et la valeur du plastique soient élevées, les taux de recyclage sont faibles en raison de la présence d'additifs existants répertoriés comme POP (p. ex., PBDE et HBCD) dans le plastique des DEEE et de la complexité des mélanges plastiques des EEE (PNUE 2021g).

Les rejets de substances dangereuses provenant d'EEE/DEEE peuvent avoir des répercussions sur la santé humaine et l'environnement à toutes les étapes du cycle de vie des EEE : Pendant la fabrication, les travailleurs et les collectivités environnantes peuvent entrer en contact direct avec les CoC, ce qui peut entraîner des effets néfastes importants (OIT, 2012). De nombreux POP et autres CoC ne sont pas liés chimiquement et peuvent être libérés dans l'environnement intérieur par des matières plastiques traitées (par volatilisation, lixiviation et abrasion) contaminant l'air et la poussière avec une exposition humaine connexe (Rauert et Harrad 2015; Lucattini *et al.*, 2018; Jin *et al.*, 2019). Les EEE et déchets électroniques usagés sont souvent exportés des pays industrialisés vers les pays en développement, où de grands rejets et une contamination se produisent à la suite du brûlage à ciel ouvert du plastique DEEE (OIT 2012; Lebbie *et al.*, 2021; Petrlik *et al.*, 2022). Cela comprend les rejets d'additifs POP provenant des plastiques et des métaux lourds ainsi que des PCDD/PCDF hautement toxiques et des analogues bromés et chlorés bromés (PXDD/PXDF; PCDD/PCDF) qui se forment pendant la combustion (Weber *et al.*, 2003; Shaw *et al.*, 2010; Houessionon *et al.*, 2021). D'autre part, les métaux précieux sont récupérés dans de nombreux pays à partir des DEEE par le recyclage formel et informel.

Le plastique DEEE mal trié et de manière inefficace entraîne la contamination des produits recyclés par des substances dangereuses et réglementées, ce qui se traduit par une contamination par les POP de nouveaux produits, comme les jouets pour enfants et les ustensiles de cuisine (Puype *et al.*, 2015; Kuang *et al.*, 2018, Kajiwara *et al.*, 2020; PNUE 2023a). En outre, les PBDD/PBDF, qui ont récemment été proposés comme POP par la Suisse pour évaluation dans le POPRC (PNUE 2024), sont présents en fortes concentrations dans des plastiques DEEE contenant des BFR (Sindiku *et al.*, 2015) et sont transférés, par exemple, aux jouets d'enfants à des niveaux significatifs (Petrlik *et al.*, 2018, Behnisch *et al.*, 2023).

Un des principaux défis est que les fabricants ne divulguent généralement pas d'informations sur les additifs dans les plastiques et que, par conséquent, ces informations ne sont pas disponibles en fin de vie. Ce manque d'information sur la présence de CoC dans les produits et les déchets complique le tri et le recyclage, mine l'approche de l'économie circulaire et peut constituer un risque pour les recycleurs et les consommateurs de produits recyclés.

3.1.2 Évaluation et inventaire des POP et autres CoC pertinents pour le secteur des EEE/DEEE

Compte tenu de la nécessité d'évoluer vers une économie circulaire pour l'électronique (PNUE 2021i), la gestion et le recyclage en fin de vie nécessitent des améliorations considérables. Lors du recyclage et de la récupération des plastiques et autres matériaux provenant des DEEE, il est important de tenir compte du fait qu'une partie des plastiques contenus dans les DEEE contient des POP. Cela comprend les POP actuellement produits et utilisés (section 3.2), ainsi que les POP

existants qui ne sont plus produits mais qui sont toujours présents dans les EEE qui restent en usage (section 3.3; Tableau 10).

En outre, les plastiques et autres parties des EEE/DEEE contiennent d'autres CoC (section 3.5), y compris des candidats POP (section 3.4). Les POP et autres CoC doivent être gérés en fin de vie d'une manière écologiquement rationnelle, avec la destruction des plastiques contenant des POP, ou l'élimination d'autres produits chimiques et polluants et le recyclage des fractions plastiques propres (PNUE 2021g). L'inventaire des POP et autres CoC dans les EEE et les DEEE est une base pour la mise en place d'une gestion écologiquement rationnelle des DEEE, y compris la désintoxication et le recyclage du plastique connexe.

Les institutions gouvernementales (et autres parties prenantes) responsables de la planification, de l'orientation et de la supervision de la gestion des DEEE en fin de vie devraient être informées des POP et d'autres polluants ainsi que les matériaux précieux présents dans les déchets électroniques, afin d'assurer une récupération optimale des ressources, y compris les plastiques et la gestion écologiquement rationnelle des POP et d'autres polluants. Les EEE sont un domaine d'utilisation majeur des plastiques contenant des additifs énumérés comme POP, tels que les ignifugeants bromés (PBDE et, dans une moindre mesure, l'HBCD) dans différents matériaux plastiques majeurs, tels que l'ABS, le HIPS et d'autres (tableau 10).

Le tableau 10 donne un aperçu des POP dans les EEE, de leur utilisation majeure ou mineure et de leur période d'utilisation. Le tableau 10 donne également un aperçu des informations nécessaires pour l'inventaire, des parties prenantes clés telles que les ministères ou les organismes nationaux de statistique (ONS) qui pourraient disposer de ces informations et des références à des directives détaillées sur les inventaires concernant les différents POP et les méthodes de calcul.

L'inventaire des POP et autres CoC dans les EEE/DEEE est essentiel pour la gestion écologiquement rationnelle (GER) des DEEE. Les institutions gouvernementales et autres parties prenantes responsables de la gestion des EEE/DEEE devraient avoir une vue d'ensemble des POPs (sections 3.2 et 3.3) et des autres CoC (voir section 3.5) pour superviser la récupération des ressources DEEE, y compris les plastiques, et assurer la GER des matériaux contenant ces substances.

Dans l'évaluation de l'inventaire, la quantité de POP dans les nouveaux EEE, en particulier dans les composants plastiques des EEE actuellement utilisés et stockés, devrait être compilée (tableau 10). En outre, la quantité de fractions de DEEE contenant des POP devrait être estimée et la situation de la gestion des déchets et du recyclage devrait être évaluée.

L'inventaire des POP dans les plastiques des EEE/DEEE devrait porter sur ce qui suit :

- La quantité totale de plastique présente dans les EEE et les DEEE et la part du plastique contenant des POP.
- Pour les POP produits actuellement, l'utilisation dans de nouveaux EEE produits et importés dans des utilisations exemptées et non exemptées.
- Les POP dans les EEE d'occasion importés au cours de l'année d'inventaire (et des années précédentes).
- Les POP dans les stocks d'EEE utilisés ou entreposés dans les ménages, ainsi que dans les institutions et organisations des secteurs public et privé.
- Les POP entrant dans le flux de déchets des DEEE en plastique (synergie Convention de Bâle).
- Les POP dans les plastiques DEEE utilisés pour le recyclage (provenant de plastiques DEEE nationaux et importés).
- Quantité totale de POP mis en décharge dans le passé.

Tous les produits chimiques dangereux dans les EEE sont un nouveau problème de politique émergent de la SAICM¹¹, en particulier les CoC ont été utilisé dans des EEE tels que les SPFA

(problème de politique émergent de la SAICM¹⁵), les métaux lourds comme le mercure ou le plomb, les phtalates (problème de politique émergent de la SAICM pour les perturbateurs endocriniens (EDC)) et l'amiante (voir la section 3.5), qui pourrait être évalué dans une approche d'inventaire sectoriel avec les POP.

Dans l'évaluation de l'inventaire, la quantité totale de POP en plastique et la quantité de POP connexes devraient être compilées (voir e.g. PNUE 2021a). Il est recommandé d'établir une estimation globale approximative du plastique dans les EEE/DEEE, étant donné que la teneur moyenne en plastique des EEE est de 20 % (PNUE 2021a) et qu'on peut donc l'estimer si la quantité d'EEE et de DEEE est connue. La situation actuelle de gestion des déchets des différentes fractions de plastique (et autres déchets) contenant des POP devrait également être décrite dans l'inventaire des POP. Cela peut contribuer à un inventaire global du plastique comme base d'une GER des déchets plastiques (PNUE 2023e) en tenant compte des POP et autres CoC présents dans le plastique (PNUE 2023a).

¹⁵ <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

Tableau 10 : POP utilisés dans le secteur de l'électronique, informations sur les stocks pouvant être recueillies, sources potentielles de données et niveau de priorité estimé

| POP | Application dans les EEE | Période d'utilisation* | Information à recueillir (au cours du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|---------------------------------|---|--|---|---|--|--------------------------|
| c-DécaBDE | Ignifugeant utilisé dans de nombreux types de plastique dans les boîtiers d'EEE, câbles et autres pièces en plastique dans l'EEE | Utilisations actuelles et antérieures. Utilisation continue autorisée pour certaines carcasses d'appareils électroniques | Importation actuelle/nouvelle utilisation dans les DEEE. Quantité de plastique dans les EEE contenant du décaBDE et quantité de décaBDE. Quantité/gestion des DEEE en plastique | Organisme national de statistique (ONS), ministère de l'environnement, ministères de l'industrie et des télécommunications); douanes, producteurs, importateurs et détaillants d'EEE et Producteurs vendeurs d'ignifugeants Secteur de la gestion des DEEE; secteur du recyclage des plastiques | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Élevé (Niveau II et III) |
| c-OctaBDE (hexaBDE et heptaBDE) | Retardateur de flamme avec utilisation antérieure principalement dans les boîtiers de tube à rayons cathodiques dans les téléviseurs et les ordinateurs, l'équipement de bureau | Utilisation antérieure (1970 à 2004) | Quantité de plastique dans les EEE contenant du c-OctaBDE et quantité de c-OctaBDE. Quantité et gestion des DEEE en plastique | | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Moyen (Niveau II) |
| c-PentaBDE (tétraBDE/ pentabDE) | Ignifugeant dans les câbles en PVC, les circuits imprimés et la mousse PUR | Utilisation antérieure (1970 à 2004) | Quantité de plastique dans les EEE contenant du c-PentaBDE et quantité de c-PentaBDE. Quantité et gestion des DEEE en plastique | | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Faible (Niveau II) |
| HBCD | Retardateur de flamme mineur utilisé dans les HIPS dans les boîtiers en tube à rayons X et autres pièces en plastique | Utilisation antérieure (1970 à 2013) | Quantité d'HBCD contenant du HIPS dans les EEE. Quantité, gestion et recyclage des HIPS dans les DEEE. | | Guide d'inventaire de l'HBCD (2021b) | Faible (niveau I) |
| PCCC (et PPCM***) | Plastifiant et FR dans les câbles et autres pièces en PVC et caoutchouc | Utilisations actuelles et antérieures. Le PCCC est exempté pour l'utilisation dans le PVC | Importation actuelle/nouvelle utilisation dans les EEE Part des câbles et du PVC/caoutchouc contenant des PCCC dans les EEE; | Ministères de l'environnement et de l'industrie; producteurs et importateurs d'EEE | Guide d'inventaire des PCCC (PNUE 2019a) | Moyen (Niveau II et III) |

| POP | Application dans les EEE | Période d'utilisation* | Information à recueillir (au cours du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-----------------|---|---|--|---|--|---|
| | | | Quantité & gestion des câbles. | | | |
| PCB et PCN | Condensateurs dans certains équipements, comme les ballasts des lampes fluorescentes; câbles (PVC et autres) | Utilisation antérieure (PCB 1950 à 1980; PCN des années 30 aux années 60) | Utilisation antérieure de circuits imprimés dans des condensateurs d'EEE et de câbles; Quantité, gestion et recyclage des câbles | ONS; Ministères de l'environnement et de l'industrie; Recherche internationale; Secteur des déchets | Guide d'inventaire des PCN et des PCB (PNUE 2021c; PNUE et PEN 2016; PNUE 2019e) | Élevé (PCB) Faible (PCN) (Niveau II et III) |
| APFO | Dispositifs médicaux; involontaire dans les fluoropolymères | Utilisations actuelles et anciennes | Utilisation actuelle; l'utilisation dans ces applications et la gestion en fin de vie | ONS; Les ministères des associations de la santé, des producteurs et des importateurs d'instruments médicaux, | Guide d'inventaire de l'APFO, du SPFO et du PFHxS (PNUE 2023b) | Faible (niveau I) (petite quantité) |
| SPFO | Dispositifs médicaux | Principalement avant 2002 | Utilisation antérieure dans ces applications et gestion en fin de vie des équipements | ONS; Les ministères des associations de la santé, des producteurs et des importateurs d'instruments médicaux, | Guide d'inventaire de l'APFO, du SPFO et du PFHxS (PNUE 2023b) | Faible (niveau I) (petite quantité) |
| Dechlorane Plus | Utilisation d'un retardateur de flamme pour le boîtier de fil et de carte de circuit imprimé, d'autres plastiques et pièces en caoutchouc | Utilisations antérieures et actuelles | Utilisation actuelle et ancienne et fin de vie | Ministères de l'environnement et de l'industrie; la fabrication de produits spécifiques; ONS | Non développé | Moyen (niveau I et niveau III) |
| UV-328 | Absorbeur UV dans les écrans à cristaux liquides | Depuis les années 1970 | Quantité d'écrans à cristaux dans les dispositifs médicaux et de diagnostic in vitro et dans les écrans à cristaux liquides dans les instruments | ONS; Les ministères des associations de la santé, des producteurs et des importateurs d'instruments médicaux, | Pas encore développé | Moyen (Niveau I et III) |

*Les EEE et les plastiques dans les EEE ont une durée de vie utile de quelques années (p. ex., téléphones mobiles) à certains EEE ayant une durée de vie utile de plus de 30 ans.

** Les détails des parties prenantes pouvant être consultées sont compilés dans les documents d'orientation de l'inventaire individuel (voir la colonne « Guide d'inventaire »).

3.2 Inventaire des POP actuellement utilisés intentionnellement dans le secteur des EEE

Certains POP sont encore utilisés à des degrés divers dans les nouveaux EEE. Il s'agit du décaBDE (avec certaines exemptions pour les EEE), des PCCC (principalement dans le PVC), de l'APFO et de l'UV-328. De plus, les PCCM candidats au POP sont utilisés dans les plastiques (principalement le PVC) et l'électronique (section 3.4). Pour ces POP actuellement utilisés, il est essentiel d'évaluer l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et du cycle de vie, y compris les étapes de production, d'importation/exportation, d'utilisation, de recyclage et de fin de vie.

3.2.1 DecaBDE dans les EEE

Le décaBDE est un des principaux retardateurs de flamme dans les DEEE en plastique depuis les années 1980. En raison des restrictions sur l'utilisation du c-DécaBDE dans les EEE (p. ex., en Europe en 2006), de nombreuses grandes entreprises d'EEE ont abandonné le décaBDE avant 2010 et la plupart de leurs utilisations ont cessé vers 2015 (PNUE 2021a). Une utilisation continue est autorisée dans les boîtiers en plastique et les pièces utilisées pour le chauffage des appareils ménagers. La teneur moyenne en décaBDE des fractions polymères de différentes catégories de DEEE (voir le tableau 11) a été établie conformément aux directives sur l'inventaire des PBDE de la Convention de Stockholm. Des détails sur l'établissement de l'inventaire figurent dans les lignes directrices pour l'élaboration de l'inventaire du décaBDE/PBDE (PNUE 2021a).

Tableau 11 : Concentrations d'hexa/heptaBDE (de c-octaBDE) et de décaBDE dans les polymères des catégories pertinentes d'EEE (PNUE 2021a; données provenant d'Europe; Wäger *et al.*, 2010; Hennebert & Filella 2018)

| EEE pertinent | Fraction polymère totale (moyenne) | Teneur en hexa/heptaBDE (moyenne) dans les plastiques | Teneur (moyenne) en décaBDE dans les plastiques |
|--|------------------------------------|---|---|
| | $f_{Polymer}$ [en % du poids] | $C_{\sum_{hexa/heptaBDE;Polymer}}$ en [kg/tonne]*] | $C_{decaBDE;Polymer}$ en [kg/tonne]*] |
| Appareils de refroidissement/congélation; machines à laver | 25% | <0.05 | <0.05 |
| Appareils de chauffage | 30% | <0.05 | 0.8 |
| Petits appareils électroménagers | 37% | <0.05 | 0.17 |
| Équipement TIC. w/o moniteurs | 42% | 0.12 | 0.8 |
| Boîtiers de moniteur CRT | 30% | 1.37 | 3.2 |
| Équipement grand public avec moniteurs (1 échantillon composite) | 24% | 0.08 | 0.8 |
| Boîtiers de moniteur TV TRC | 30% | 0.47 | 4.4 |
| Téléviseurs à écran plat (LCD) | 37% | 0.009 | 2.7 |

*La limite RoHS pour le c-OctaBDE est de 1.000 mg/kg ou 1 kg/t. Les teneurs provisoires de Bâle en POP pour les PBDE sont de 1000 mg/kg (1 kg/t), 500 mg/kg (0,5 kg/t) ou 50 mg/kg (0,050 kg/t) (PNUE 2019b).

3.2.2 PCCC in EEE

PCCC (et PCCM candidat au POP; voir la section 3.4.1) sont utilisés comme plastifiants et ignifugeants dans les plastiques, câbles, caoutchouc et matériaux polymères des EEE, en particulier le PVC. Les PCCC ont été inscrites comme POP en 2017, avec une série d'exemptions qui ont récemment expiré et sont toujours utilisées dans les EEE. Les PCCC sont proposées par le POPRC pour être inscrites à la COP12 en 2025 (PNUE 2023c) et sont également utilisées actuellement. Les éléments suivants seraient évalués pour un inventaire :

- Si les PCCC et les PCCM sont encore utilisés dans des produits EEE (p. ex., dans des câbles en PVC) et la quantité correspondante.

- Si les PCCC (et PCCM) sont encore présents dans les produits EEE pour d'autres utilisations non exemptées et quantité connexes.

Une première surveillance de différents déchiqueteurs en plastique à partir de DEEE a révélé des niveaux de PCCC entre 1 mg/kg et 140 mg/kg (Agence norvégienne pour l'environnement 2021). Sur la base des données initiales existantes, un facteur d'impact de 25 mg/kg de PCCC dans le plastique DEEE est suggéré pour calculer la teneur en PCCC dans l'inventaire du plastique DEEE.

3.2.3 APFO et substances connexes dans les EEE

Les polymères liés à l'APFO sont largement utilisés dans les fils, câbles, rubans, isolants et manchons de soudure dans l'industrie électronique (PNUE 2023b). L'APFO et d'autres SPFA sont/ont été utilisés dans l'industrie électronique pour la production de cartes à circuits imprimés, haut-parleurs, transducteurs, appareils photo numériques, téléphones portables, imprimantes, scanners, systèmes de communication par satellite, systèmes radar et bien d'autres produits (PNUE 2023b). Une partie des fluoropolymères présents dans les EEE (y compris certains dispositifs médicaux) contient un certain degré d'APFO et peut former de l'APFO lors de processus de dégradation thermique (OFEM 2017).

L'APFO et les composés connexes sont/ont été utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs et sont contenus dans l'équipement utilisé pour fabriquer des semi-conducteurs (PNUE 2023b). L'APFO/SPFO et les composés connexes ont également été utilisés dans des dispositifs médicaux, tels que les endoscopes vidéo et les filtres de couleur du CCD, mais les niveaux sont faibles (PNUE 2023b) et ne sont pas pertinents pour un inventaire.

Pour un inventaire, l'utilisation actuelle et antérieure dans les applications pertinentes ainsi que la quantité en utilisation et la gestion de fin de vie seraient compilées.

3.2.4 UV-328 in EEE

2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphénol (UV-328; CASRN 25973-55-1) est un benzotriazole phénolique substitué (BZT), et a été inscrit sur la liste de la Convention de Stockholm avec une gamme d'exemptions, y compris la production (PNUE 2023d).

UV-328 est utilisé dans les appareils électroménagers comme absorbeur d'UV dans des affichages à cristaux liquides dans des instruments pour l'analyse, la mesure, le contrôle, la surveillance, les essais, la production et l'inspection (tels que des enregistreurs, des thermomètres à rayonnement infrarouge, des oscilloscopes numériques de stockage et des instruments de radiographie) autres que pour des applications médicales (PNUE 2023d). Il n'existe pas de données sur la part des écrans traités ou les niveaux moyens dans le plastique DEEE.

3.3 POP utilisés auparavant dans les EEE qui sont encore présents dans les stocks de EEE et DEEE

Une gamme de POP a été utilisée dans le passé pour les plastiques et l'électronique. En raison de la durée de vie maximale de certains appareils électroniques de plus de 25 ans (Charbonnet *et al.*, 2020), la plupart des POP existants utilisés auparavant dans les EEE sont toujours présents dans certains stocks d'EEE et de DEEE et doivent être pris en compte.

3.3.1 C-OctaBDE (hexaBDE/heptaBDE) et le c-PentaBDEs (tétraBDE/pentaBDE) dans les (D)EEE

La production et l'utilisation de c-OctaBDE et de c-PentaBDE ont cessé en 2004. Par conséquent, seuls les DEEE produits avant 2004 contiennent ces PBDE comme retardateurs de flamme. La principale application du c-OctaBDE (environ 90 %) était dans les polymères ABS qui étaient principalement utilisés pour les boîtiers en plastique de tubes cathodiques et l'équipement de bureau, comme les photocopieurs et les imprimantes professionnelles. Les facteurs d'impact pour calculer l'hexaBDE/heptaBDE dans les fractions plastiques des EEE sont compilés au tableau 11 et les détails sur l'inventaire peuvent être trouvés dans le guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a). -c-

PentaBDE n'a été utilisé qu'en faible quantité dans les EEE, dans les câbles et les cartes de circuits imprimés. Les concentrations dans le plastique des DEEE sont très faibles (2,4 mg/kg) avec une pertinence mineure (Taverna *et al.*, 2017)¹⁶.

3.3.2 Dechlorane Plus dans les (D)EEE

Dechlorane Plus (DP; no. CAS 13560-89-9) est un ignifugeant polychloré qui contient deux stéréoisomères, le syn-DP (no. CAS 135821-03-3) et l'anti-DP (no. CAS 135821-74-8). Le DP a été inscrit sous la Convention de Stockholm en 2023 (PNUE 2023d) et sa production a récemment cessé (GGKP 2024).

Dechlorane Plus a été utilisé comme agent ignifuge non plastifiant dans des thermoplastiques (p. ex., polypropylène, polyester, ABS, caoutchouc naturel, polybutylène téréphthalate (PBT)) et des durcissables (p. ex., résines époxy et polyester, mousse de polyuréthane, caoutchouc polyuréthane, caoutchouc siliconé). Le DP est inclus dans ces plastiques des EEE (PNUE 2021f). Le DP est utilisé comme FR dans les fils et les circuits imprimés, les boîtiers, d'autres plastiques et pièces en caoutchouc des EEE tels que les applications d'imagerie médicale et les appareils/installations de radiothérapie. Un premier inventaire national robuste avec quantification des teneurs en FR dans le plastique DEEE en Suisse indique que le DP est globalement un retardateur de flamme mineur dans le plastique DEEE avec une concentration moyenne de 33 mg/kg pour le DEEE ou 110 mg/kg pour le plastique DEEE).

La surveillance récente de certaines fractions plastiques DEEE en Norvège a détecté du DP uniquement dans les fractions rejetées à des niveaux mesurables (15 mg/kg) alors que le plastique DEEE séparé était inférieur à la limite de quantification (1 mg/kg) indiquant que les niveaux moyens de DP dans le total des fractions plastiques mesurées de DEEE étaient d'environ 5 mg/kg (Agence norvégienne pour l'environnement, 2021). Sur la base de ce suivi, un facteur d'impact DP préliminaire pour le plastique DEEE de 40 mg/kg est suggéré. Le DP est présent dans les EEE à une concentration considérablement inférieure à celle, par exemple, du DécaBDE (env. 1/10) (Taverna *et al.*, 2017; Agence norvégienne de l'environnement 2021). Par conséquent, un inventaire spécifique des DP dans les EEE n'est pas recommandé (sauf pour envisager des exemptions), mais un inventaire global des DEEE contenant des halogènes couvrant les POP bromés, chlorés et fluorés (PBDE, HBCD, HBB, PCB, DP, PCCC, SPFO, APFO, PFHxS et PCCM-candidats).

Le DP a été inscrit sur la liste des exemptions (PNUE 2023d) pour les appareils d'imagerie médicale et de radiothérapie, ainsi que les pièces de rechange pour les instruments d'analyse, de mesure, de contrôle, de surveillance, de production, d'essai et d'inspection, certains dispositifs médicaux et les dispositifs de diagnostic in vitro. (PNUE 2023d).

3.3.3 HBCD dans les (D)EEE

L'HBCD est un additif ignifuge mineur utilisé dans le polystyrène à fort impact (HIPS) pour les boîtiers (équipement informatique et téléviseurs) et d'autres parties des EEE. Un inventaire solide des DEEE en plastique de la Suisse indique que la concentration moyenne d'HBCD dans les DEEE en plastique était de 42 mg/kg et donc inférieure à 4 % de la teneur moyenne en décaBDE dans les DEEE en plastique (Taverna *et al.*, 2017) et qu'elle a donc une faible priorité.

3.3.4 Hexabromobiphényle (HBB) dans les (D)EEE

Depuis que la production connue de HBB a cessé dans les années 1970, la majorité des produits et articles contenant du HBB ont été éliminés en grande partie il y a plusieurs décennies. Par conséquent, il n'est pas recommandé d'établir un inventaire des HBB (PNUE 2021a).

¹⁶ Les DEEE des années 1980/1990 contenaient des teneurs moyennes en c-PentaBDE de 32 mg/kg, ce qui est beaucoup plus élevé (Taverna *et al.*, 2017).

3.3.5 PCB et PCN dans les (D)EEE

Les PCB sont principalement utilisés dans les transformateurs et condensateurs. Cet équipement se termine en partie par le recyclage des déchets électroniques avec contamination par les PCB dans les sites de déchets électroniques (Petrlik *et al.*, 2022). Les PCB ont été utilisés dans de petits condensateurs dans différents EEE (p. ex., ballasts dans des lampes fluorescentes, machines à laver) jusqu'aux années 1980. Le recyclage a entraîné une certaine contamination des PCB et leur rejet lors du déchiquetage des DEEE (PNUE, 2008). Les PCB ont également été utilisés comme retardateurs de flamme dans les câbles avant les années 1970 et pourraient encore avoir une incidence sur le recyclage des câbles (PNUE, 2008).

Les PCN ont également été utilisés dans les câbles et les condensateurs, mais à des volumes plus faibles et principalement de 1930 à 1960 (PNUE 2017e). Par conséquent, elles ont peu de pertinence pour le recyclage des DEEE et l'inventaire connexe.

Les PCB restants dans les câbles pourraient être traités dans le cadre d'un inventaire et d'une évaluation globale des POP présents dans les câbles (PCB, PCN, PBDE, HBCD, PCCC, DP et PCCM candidats aux POP).

Une étude de surveillance nationale suisse a révélé une concentration moyenne de PCB de 2 mg/kg dans les DEEE et a indiqué que ceux-ci proviennent principalement des condensateurs (Taverna *et al.*, 2017).

3.4 Candidats POP utilisés dans les EEE

Le PCCM candidat au POP est utilisé comme additif plastique dans les EEE. Pour les PCCM, aucune orientation d'inventaire n'a encore été élaborée. Cependant, l'utilisation des PCCM est similaire à celle des PCCC et les directives sur l'inventaire des PCCC peuvent être appliquées. Comme les informations disponibles sur la fréquence et la concentration des plastiques dans les EEE sont limitées, il faut générer des données de surveillance des PC dans les EEE/DEEE (niveau III). Compte tenu de l'article 9, les études/données validées peuvent être envoyées au Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm qui sert de mécanisme d'échange d'informations sur les POP (PNUE 2021j).

3.4.1 PCCM (candidat POP) dans les (D)EEE

Les paraffines chlorées dont la longueur de chaîne est comprise entre C14 et 17 (no. CAS : 85535-85-9) et dont le taux de chloration est égal ou supérieur à 45 % de chlore en poids (PCCM) répondent aux critères de l'annexe D de la Convention (PNUE 2021h), et le POPRC a proposé que les PCCM soient inscrites à la prochaine COP12 en 2025. (PNUE 2023c⁶).

Les PCCM⁶ sont encore produits en grands volumes (environ 0,7 million de tonnes/an, souvent dans des mélanges) (Chen *et al.*, 2022) et utilisés, par exemple, en PVC, caoutchouc et PUR (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). Les principales utilisations du PVC dans les EEE sont les câbles et les composants en plastique PVC. Les PCCM sont utilisés dans les mêmes applications que les PCCC (section 3.2.2), de sorte que les deux mélanges de PC peuvent être évalués et gérés ensemble. La première surveillance des broyeurs de plastique provenant de DEEE a montré des niveaux de PCCM entre 16 mg/kg et 1.700 mg/kg (Agence norvégienne pour l'environnement, 2021). Sur la base de ces données initiales, on peut supposer une concentration moyenne préliminaire de 100 mg/kg de PCCM dans le plastique des DEEE.

3.5 Évaluation des autres CoC utilisés ou présents dans les EEE/DEEE

Tous les produits chimiques dangereux dans le cycle de vie des appareils électroniques sont un nouveau problème politique de la SAICM.¹⁷ En plus des POP, d'autres CoC peuvent être réintroduits

¹⁷ <https://saicmknowledge.org/epi/hazardous-chemicals-electronics>

dans les produits de consommation par recyclage, p. ex., l'antimoine (un synergiste ignifuge) et les métaux lourds, y compris le cadmium, le chrome VI, le mercure et le plomb.

Cette section vise à fournir un aperçu des CoC pertinents sélectionnés dans le secteur des EEE énumérés dans d'autres AEM et/ou traités par la SAICM en vue d'une approche synergique de la mise en œuvre des AEM et de la gestion intégrée des POP et d'autres CoC, le cas échéant.

Le secteur des EEE est particulièrement confronté au défi suivant. Les produits électroniques et électriques contiennent plusieurs autres CoC, notamment des métaux lourds comme le plomb, le mercure et d'autres métaux, des ignifugeants au phosphore et certains phtalates. Outre les produits chimiques relevant des AEM et de la SAICM, la directive européenne RoHS¹⁸ est également prise en compte dans le secteur des EEE, puisqu'elle représente explicitement une réglementation spécifique aux substances pour le secteur des EEE et définit diverses catégories d'EEE, une approche qui a déjà été adoptée de façon similaire dans les pays du monde entier.¹⁹

L'objectif est de fournir un premier aperçu de la façon dont certains CoC se rattachent aux produits du secteur des EEE et de fournir des renseignements initiaux pour considérer ces CoC coordonnés avec les activités d'inventaire des POP comme une base pour (future) gestion intégrée propre au secteur.

Le tableau 12 donne un aperçu de certains CoC et de leur utilisation principale dans le secteur des EEE, afin de les prendre en considération.

Tableau 12 : CoC sélectionnés (autres que les POP) dans les EEE liés aux AEM ou à la SAICM

| Produits chimiques préoccupants | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans les EEE | Pertinence |
|---|-------------------------------|---|---|------------|
| Métaux lourds tels que le plomb, le cadmium et le mercure | SAICM, Convention de Minamata | Métaux toxiques, trouble du développement neurologique | Utilisé dans une variété de produits EEE | Élevé |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) | Convention LRTAP de la CEE | De nombreux HAP sont cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction | Traces de contaminants non intentionnelles dans les plastiques noirs et les pièces en caoutchouc; | Moyen |
| Autres PFAS (pas les POP) | SAICM | très persistant, très mobile (composés ou produit de dégradation) | Ignifugeant (PFBS); NIAS dans les fluoropolymères (et produits de dégradation thermique) | Moyen |
| Phtalates | SAICM EPI (EDC) | Certains phtalates sont des EDC et toxiques pour la reproduction | Plastifiant dans les câbles et autres pièces en plastique (principalement PVC) | Moyen |

¹⁸ La directive européenne RoHS restreint l'utilisation de plusieurs matériaux dangereux dans les EEE. Tous les produits EEE vendus dans l'UE doivent être conformes à la directive RoHS. La directive RoHS restreint actuellement l'utilisation de dix substances dangereuses.

¹⁹ <https://rohsguide.com/rohs-future.htm>

| Produits chimiques préoccupants | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans les EEE | Pertinence |
|---------------------------------|------------------------------------|---|--|------------|
| OPFR halogéné | SAICM EPI ¹¹ | Certains halogénés sont cancérogènes ou toxiques pour la reproduction | OPFR Principaux retardateurs de flamme dans les boîtiers et autres pièces en plastique | Moyen |
| Amiante | Convention de Rotterdam Annexe III | Classé comme cancérogène pour l'homme | Panneaux électriques, isolation de fil, enveloppe de câble et papier électrique | Moyen |
| CFC, HCFC, HFC | Protocole de Montréal | Substances appauvrissant la couche d'ozone(SACO); GES | Réfrigérants dans les climatiseurs et les équipements de refroidissement; pompes à chaleur | Élevé |

3.5.1 Métaux et métalloïdes spécifiques dans les (D)EEE

Un groupe particulièrement important d'additifs dangereux est constitué de métaux préoccupants, dont le cadmium, le plomb, le mercure, le cobalt, l'étain et le zinc. Le mercure, le plomb et le cadmium sont les plus préoccupants pour ces lignes directrices en raison de leur pollution dans l'environnement et parce que la faible exposition environnementale chez les enfants qui était auparavant considérée comme sans danger est associée à des résultats neurodéveloppementaux défavorables.

Les métaux lourds les plus courants dans les EEE sont l'antinomie, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le nickel, le plomb et le mercure. Les métaux lourds sont des ressources importantes et la récupération dans les fonderies de meilleures techniques disponibles (MTD) exploitées selon les meilleures pratiques environnementales (MPE), et la GER des cendres et des scories est requise. Dans les fonderies simples ou si des DEEE sont soumis à un brûlage à ciel ouvert, les métaux et les métalloïdes sont partiellement libérés dans l'environnement avec une exposition environnementale et humaine.

3.5.1.1 Plomb dans les (D)EEE

Le plomb est une substance importante et en partie indispensable dans certaines pièces et composants utilisés dans les EEE et est spécifiquement réglementé, par exemple par les directives RoHS pour les EEE dans différents pays, y compris la Chine, l'UE, l'Inde, le Japon et la Corée).¹⁹ Il existe des exemptions RoHS qui permettent des concentrations supérieures à la limite de 0,1 % pour certaines pièces, certains composants, certains cas d'utilisation et certaines fonctions. Le plomb est utilisé dans les soudures, les composants électroniques (p. ex., puces, transistors, diodes, résistances, condensateurs), les gaines de câbles, les connecteurs CA, le blindage aux rayons X et dans le verre des tubes cathodiques ou des appareils électriques et électroniques. Pour l'inventaire, les utilisations antérieures et actuelles du plomb dans les EEE seraient évaluées et quantifiées ainsi que le flux dans les DEEE comme base de contrôle et de récupération.

3.5.1.2 Cadmium dans les (D)EEE

Environ 75 % du cadmium utilisé dans la fabrication est destiné à la production de batteries rechargeables au cadmium-nickel dans certains EEE. Les piles ne sont pas soumises à la directive

RoHS dans la limite d'un seuil de 0,01 %. Le sélénium de cadmium est également utilisé dans les semi-conducteurs (que l'on trouve dans la plupart des produits EEE) et comme matériau de placage pour la résistance à la corrosion dans l'électronique et la corrosion d'autres métaux. Le cadmium a également été utilisé comme stabilisant dans le PVC et d'autres plastiques utilisés dans les EEE (p. ex., câbles).

3.5.1.3 Mercure dans les (D)EEE

Le mercure et les composés du mercure ont été utilisés dans une gamme de produits, dont certains sont pertinents pour le secteur des EEE. Le mercure dans les EEE est utilisé dans les batteries, les interrupteurs, les thermostats et les lampes fluorescentes. Dans ce guide, les lampes sont également mentionnées pour le secteur du bâtiment (voir la section 2.5.4.2), mais ne devraient être prises en compte qu'une seule fois.

L'élaboration d'un inventaire du mercure dans les EEE/DEEE serait menée dans le cadre de la Convention de Minamata en tenant compte des synergies avec les activités d'inventaire de la Convention de Stockholm.

3.5.1.4 Composés du chrome (en particulier le Cr(VI) hexavalent) dans les (D)EEE

Le chrome et les composés de chrome ont été appliqués pour obtenir des couleurs jaunes, rouges et vertes dans du PVC, du polyéthylène, du polypropylène ou du sulfate de molybdate chromate de plomb généralement appliqué dans tous les types de plastiques où des pigments rouges sont utilisés (Hansen *et al.*, 2014). Le Cr(VI) hexavalent est cancérogène (groupe 1 du CIRC) et très préoccupant.

3.5.1.5 Autres métaux ou métalloïdes dangereux dans les (D)EEE

Les autres métaux ou métalloïdes préoccupants présents dans une certaine mesure dans les EEE sont l'antimoine (Sb), l'arsenic (As), le baryum (Ba), le beryllium (Be), le nickel (Ni) et les composés organostanniques (EPA Suédois 2011).

3.5.2 SPFA autres que les POP-SPFA dans les (D)EEE

Tous les SPFA sont un sujet de préoccupation en vertu de l'SAICM. Le sulfonate de perfluorobutane (PFBS) (et éventuellement d'autres SPFA) est utilisé comme ignifugeant pour les résines de polycarbonate (Garg *et al.*, 2020). On détecte des PFBS à forte concentration dans les sols de sites de déchets électroniques au Ghana (275 µg/kg) et au Nigéria (266,5 µg/kg et 242,5 µg/kg) (Eze *et al.*, 2023). Le sel de lithium des SPFA, comme le bis(fluorosulfonyl) imide (LiFSI) de lithium et le 4,5-dicyano-2-trifluoromethyl-imidazolide (LiTDI) de lithium, est utilisé dans les piles à combustible et les électrolytes des batteries (Brückner *et al.*, 2020; Garg *et al.*, 2020). Les SPFA sont également utilisés dans les imprimantes (dans l'encre associée).

Les fluoropolymères sont utilisés dans l'électronique pour les câbles, les semi-conducteurs, les circuits imprimés et les revêtements antireflets (The Chemours Company 2020). Les fluoropolymères peuvent contenir de l'APFO et former également de l'APFO et d'autres acides alkyliques perfluorés à chaîne courte et longue lorsqu'ils sont traités thermiquement à une température approximative inférieure à 700°X (Ellis *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Schlummer *et al.*, 2015; FOEN 2017) qui se produit fréquemment dans les économies émergentes, lors de la combustion à ciel ouvert du plastique DEEE et du grésillement des cartes de circuits imprimés.

3.5.3 Phtalates spécifiques dans les (D)EEE

Les phtalates sont des plastifiants utilisés principalement dans le PVC et se trouvent dans les EEE (c.-à-d. câbles, fils, connecteurs et boîtiers en plastique). Les phtalates sont également utilisés dans les dispositifs médicaux, y compris les dispositifs médicaux *in vitro*, et les instruments de surveillance et de contrôle. La directive RoHS limite quatre phtalates, soit le DEHP, le BBP, le DBP et le DIBP, à un seuil de 0,1 % (Commission européenne 2015).

3.5.4 Ignifugeants organophosphorés halogénés dans les (D)EEE

Les ignifugeants organophosphorés halogénés (OPFR) sont les principaux retardateurs de flamme utilisés dans les plastiques des EEE. Les OPFR halogénés ont des propriétés dangereuses, y compris le phosphate de tris(2-chloroéthyl) (TCEP; toxique pour la reproduction), tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP; cancérogène), tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP; toxique pour la reproduction) (Van der Veen et de Boer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Commission européenne 2022) et sont donc prises en compte dans le nouveau dossier politique de la SAICM.¹¹ Les niveaux élevés de contamination par des OPFR dans les sites africains de déchets électroniques ont été signalés (Eze *et al.*, 2023), soulignant leur importance pour les pays en développement. Les rejets élevés de TDCPP et de TCPP cancérogènes dans les lixiviats des sites d'enfouissement en Afrique (Sibiya *et al.*, 2019), au Brésil (Cristale *et al.*, 2019) et en Chine (Qi *et al.*, 2019) indiquent l'élimination pertinente de déchets contenant du OPFR tels que des polymères provenant de DEEE (et de déchets de C&D ou de véhicules) dans les sites d'enfouissement.

3.5.5 CFC, HCFC et HFC (gaz fluorés) dans les (D)EEE

Les CFC, les HCFC et les HFC sont encore utilisés et présents dans plusieurs types d'EEE. Les CFC et les HFC ont été ou sont des réfrigérants de consommation et commerciaux dans le secteur de la réfrigération; Équipement de climatisation et de pompe à chaleur. Les activités d'inventaire seraient coordonnées avec les activités du Protocole de Montréal et l'inventaire des SACO et des GES.

4 Inventaire des POP dans le secteur des transports et options pour évaluer d'autres CoC

4.1 Introduction au secteur des transports et à la nécessité d'évaluer les POP et autres CoC

4.1.1 Contexte

Les véhicules sont un flux de matières important qui comprend les voitures, les véhicules industriels, les trains, les navires et les avions. Aujourd'hui, 1,475 milliard de véhicules sont présents dans le monde entier, dont 1,1 milliard de voitures particulières.²⁰ Ces voitures contiennent environ 200 millions de tonnes de plastique. Avec une durée de vie moyenne d'environ 15 ans, chaque année quelque 14 millions de tonnes de déchets plastiques sont générés par les seuls véhicules de tourisme, qui doivent être gérés par GER. Les métaux précieux – ferreux et non ferreux, y compris les métaux précieux – sont récupérés dans une large mesure par le recyclage formel et informel. D'autre part, les plastiques et textiles synthétiques des véhicules ne sont souvent ni recyclés ni récupérés, mais finissent comme résidus de broyage automobile (RBA) d'environ 300 kg pour une voiture de taille moyenne.

Compte tenu de la nécessité d'évoluer davantage vers une économie circulaire et une meilleure récupération des ressources, les plastiques et autres polymères des véhicules doivent être mieux réutilisés, recyclés et récupérés comme l'exige par exemple la directive européenne sur les véhicules hors d'usage (Union européenne 2000). Lorsque l'on augmente les taux de récupération et de recyclage, il faut tenir compte du fait que les véhicules contiennent une gamme de produits chimiques dangereux tels que les POP (sections 4.2 et 4.3; Tableau 13), les substances candidates au POP (section 4.4) dans certains plastiques, y compris les textiles synthétiques. Les véhicules contiennent également d'autres CoC (section 4.5; Tableau 13) qui doivent être gérées de manière écologiquement rationnelle.

L'inventaire des POP et autres CoC dans le secteur des transports et les VHUs est une base pour la gestion environnementale de ce secteur. Certains facteurs d'impact pour les POP ont été élaborés pour les voitures particulières (p. ex., PNUE 2021a; voir ci-dessous) alors que pour les autres catégories (p. ex., trains, avions, navires de croisière), on ne dispose pas de données suffisantes sur les facteurs d'impact.

4.1.2 Évaluation et inventaire des POP et autres CoC pertinents pour le secteur des transports

Le secteur des transports était un domaine d'utilisation pertinent pour les plastiques contenant des additifs énumérés comme POP, tels que les ignifugeants bromés (PBDE et HBCD), les PCCC/PCCM et l'APFO (sections 4.2 et 4.3). Le tableau 13 donne un aperçu des POP et des POP candidats dans le secteur des transports, de leur utilisation majeure ou mineure et de la période d'utilisation. Le tableau 13 donne également un aperçu des informations à recueillir pour l'inventaire et des références aux directives d'inventaire respectives où des renseignements détaillés sur les POP individuels et le calcul de l'élaboration de l'inventaire peuvent être trouvés.

En outre, d'autres CoC (section 2.5) sont présents dans le secteur des transports comme le plomb (EPI de la SAICM²¹), les SPFA (question préoccupante de la SAICM²²) et l'amiante (inscrit à la Convention de Rotterdam), qui pourraient être évalués dans une approche d'inventaire sectoriel avec les POP.

L'inventaire des POP et autres CoC dans le secteur du transport est une base pour la GER des véhicules en fin de vie. Les institutions gouvernementales (et autres partie prenantes) responsables

²⁰ <https://hedgescompany.com/blog/2021/06/how-many-cars-are-there-in-the-world/>

²¹ <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

²² <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

de la planification, de l'orientation et de la supervision de la gestion des véhicules en fin de vie devraient être au courant des POP et d'autres polluants, ainsi que des matériaux précieux présents dans les véhicules pour assurer la GER des POPs et autres polluants dans les véhicules hors d'usage (VHU), notamment lors du démantèlement des véhicules et de la gestion des résidus de broyage automobiles pour une récupération optimale des ressources, y compris des plastiques.

Dans l'évaluation de l'inventaire, la quantité totale de POP touchés par le plastique et la quantité de POP connexes devrait être compilée (tableau 13). Il est recommandé d'établir une estimation globale approximative de la quantité de plastique dans le VHU, étant donné que la teneur moyenne en plastique/polymère d'un véhicule moyen est de 200 kg (PNUE 2021a) et qu'on peut donc l'estimer si le nombre de véhicules est connu. De plus, l'état actuel de la gestion des déchets des différentes fractions de plastique (et autres déchets) contenant des POP devrait être décrit dans l'inventaire des POP. Cela peut contribuer à un inventaire plastique global comme base pour une GER des déchets plastiques (PNUE 2023e) en tenant compte des POP et autres CoC présents dans le plastique.

Un inventaire/aperçu des POP dans le secteur des transports permettrait donc :

- Estimer la quantité totale de plastique et d'autres polymères présents dans les véhicules et générés par la gestion des VHU (pour l'année d'inventaire).
- Prendre en considération la concentration respective des différents POP dans les véhicules (voir les sections ci-dessous) pour estimer la quantité totale de chacun des POP dans les polymères.
- Obtenir des informations sur la part de polymères VHU qui sont recyclés et les produits fabriqués.
- Obtenez des informations sur la part de polymères VHU qui ne sont pas recyclés et le traitement final des déchets.

Tableau 13 : POP utilisés dans le secteur des transports, informations d'inventaire pouvant être recueillies, sources de données potentielles et niveau de priorité estimé

| POP | Application dans le secteur des transports | Période d'utilisation* | Information à recueillir (au cours du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-----------------------------|---|---|--|--|---|---|
| DécaBDE | Utilisation dans les transports privés et publics; dans les transports maritimes, aériens et terrestres, ainsi que dans l'astronautique | Utilisations actuelles et antérieures. Une utilisation continue est autorisée pour une gamme de pièces en plastique dans le transport | Importations actuelles/nouvelles utilisations dans le transport. Quantité de plastique dans les véhicules contenant du décaBDE et quantité de décaBDE. Quantité et gestion du plastique dans les VHU/RBA | ONS, ministères (Transports, Industrie, Environnement), douanes, industrie; importateurs; Secteur de gestion VHU; Agence de gestion des déchets, industrie du recyclage des métaux, marchands de ferraille | Guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021a) | Élevé (Niveau II et III) |
| c-PentaBDE (tétra/pentaBDE) | Ignifugeants dans la mousse PUR (siège, appuie-tête) et les textiles des véhicules américains | Utilisation antérieure dans des véhicules (1970 à 2004) | Quantité de c-PentabDE dans le transport et quantité et gestion du plastique dans les VHU et les RBA | | | Élevé en raison du risque d'exposition (Niveau II et III) |
| HBCD | Isolation EPS/XPS dans les camions frigorifiques. Utilisation mineure dans les textiles de transport (sièges, revêtements de sol) | Utilisation antérieure (1970 à 2013) | Nombre de camions frigorifiques. Quantité d'HBCD dans les textiles de transport. Quantité et gestion du plastique dans les VHU et les RBA | | Guide d'inventaire de l'HBCD (PNUE 2021b) | Faible (niveau I) |
| PCCC (et PCCM) ⁶ | Plastifiant et FR dans les câbles et autres pièces en PVC et caoutchouc des véhicules | Utilisations actuelles et antérieures. L'utilisation de PCCC est exemptée dans le PVC | Importation actuelle/nouvelle utilisation. Part des câbles et du PVC/caoutchouc contenant des PCCC dans les VHU et les RBA; quantité et gestion | | Guide d'utilisation des PCCC (PNUE 2019a) | Moyen (Niveau II et III) |
| APFO | Polymères fluorés à chaîne latérale dans les textiles/tapis; impureté dans les fluoropolymères | Utilisations actuelles et anciennes | Utilisation actuelle/ancienne et montant en utilisation et gestion de la fin de vie (RBA) | Ministères (transports, industrie, environnement), industrie; importateurs; | Guide d'inventaire de l'APFO, du SPFO et du | Moyen (niveau II et III) |

| POP | Application dans le secteur des transports | Période d'utilisation* | Information à recueillir (au cours du cycle de vie) | Source potentielle de données** | Directives d'inventaire | Priorité (remp. Tier) |
|-----------------|--|--|--|---|-------------------------|--------------------------|
| SPFO | Polymères fluorés à chaîne latérale dans les textiles/tapis | Utilisations antérieures (utilisation principale avant 2002) | Quantité en cours d'utilisation; quantité et gestion VHU et RBA | Secteur de gestion VHU; ONS | PFHxS (PNUE 2023b) | Faible (niveau I) |
| Dechlorane Plus | Utilisation comme ignifugeant dans le plastique dans les secteurs automobile et aéronautique | Utilisation antérieure (production arrêtée en 2023) | Utilisation actuelle et ancienne dans les composants aéronautiques et automobiles | Ministères (transports, industrie, environnement), industrie; importateurs; Secteur de gestion VHU; ONS | No. | Moyen (Niveau II et III) |
| UV-328 | Panneaux et compteurs à cristaux liquides; peinture; résine utilisée pour les pièces intérieures/extérieures | Utilisation continue | Utilisation actuelle et antérieure dans les composants aéronautiques et automobiles; quantité et gestion | | No. | Moyen (Niveau II et III) |

*Les véhicules et les plastiques utilisés dans les véhicules ont une longue durée de vie, en particulier dans les économies émergentes, souvent 30 ans ou plus.

** Les détails des parties prenantes pouvant être consultées sont compilés dans les documents d'orientation de l'inventaire individuel (voir la colonne « Guide d'inventaire »)

4.2 Inventaire des POP actuellement utilisés intentionnellement dans le secteur des transports

Les POP qui sont encore utilisés dans une certaine mesure dans les véhicules sont le décaBDE, les PCCC et l'APFO. Certains POP actuellement évalués par le POPRC sont probablement aussi utilisés dans les plastiques des véhicules tels que les PCCM (principalement dans les câbles en PVC et autres pièces en PVC). Pour ces POP, il faut dresser un inventaire de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et du cycle de vie (production – importation/exportation – utilisation – fin de vie) afin d'évaluer adéquatement les POP utilisés dans les véhicules.

4.2.1 DécaBDE dans les véhicules

Le décaBDE est exempté pour l'utilisation dans les polymères dans des véhicules avec une description très détaillée des utilisations.²³ Le décaBDE est surtout utilisé dans les véhicules (textiles de siège et une vaste gamme de pièces en plastique) où il n'y a pas eu de restriction précoce (comme pour l'électronique par la directive RoHS). Le Japon, par exemple, a éliminé progressivement l'utilisation du décaBDE dans les véhicules à la fin de 2016 (Liu *et al.*, 2019). En Amérique du Nord, un total de 380.000 tonnes de décaBDE a été utilisé entre 1970 et 2013, dont 133.000 tonnes (35 %) dans des véhicules (Abbas *et al.*, 2015). Au Japon également, le décaBDE a été le principal ignifugeant détecté dans les véhicules (Kajiwara *et al.*, 2014) et les résidus de broyage des véhicules. Une liste non exhaustive des cas où le décaBDE a été/est utilisé se trouve au tableau 14 (PNUE 2021a).

Pour l'inventaire, on estime que les véhicules produits avant 2004 contiennent en moyenne 80 grammes de décaBDE, tandis que les véhicules produits entre 2005 et 2016 contiennent en moyenne 20 grammes de décaBDE. En outre, il existe une différence régionale pour le c-PentaBDE dans les États Unis²⁴ (Encadré 3; voir PNUE 2021a et section 4.3.1).

Tableau 14 : Aperçu non exhaustif du secteur des transports où le décaBDE a été/est utilisé, utilisations finales et applications identifiées (PNUE 2021a)

| Secteur/industrie | Applications | Utilisation finale |
|--|--|---|
| Transport privé et public | Automobiles/transport de masse | <ul style="list-style-type: none">▪ Tissu (revêtement arrière)▪ Plastiques renforcés▪ Sous le capot ou les polymères de la plaque<ul style="list-style-type: none">- bloc de terminal/fusible- enrobage de câble et d'ampérage plus élevé (fil à bougie)▪ Matériel électrique et électronique |
| Maritime, aéronautique et aéronautique | Navires, bateaux, avions, navettes spatiales, fusées | <ul style="list-style-type: none">▪ Câblage et câbles électriques▪ Matériel électrique et électronique (comme ci-dessus)▪ Conduits d'air pour les systèmes de ventilation<ul style="list-style-type: none">- conduits et raccords électriques- commutateurs et connecteurs▪ Ruban adhésif▪ Matériaux composites, p. ex., époxy |

²³ <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-10.English.pdf>

²⁴ On estime que 85.000 tonnes de c-pentaBDE ont été utilisées aux États-Unis, dont 36 % pour le transport, 60 % pour les meubles et 4 % pour d'autres articles (Alcock *et al.*, 2003).

Encadré 1 : Formule de calcul pour l'estimation des PBDE dans un véhicule de taille moyenne (PNUE 2021b)

La teneur moyenne en PBDE dans les véhicules selon le guide d'inventaire des PBDE (PNUE 2021b) :

- 80 grammes de décaBDE pour les véhicules produits jusqu'en 2004 dans toutes les régions, sauf aux États-Unis²⁴ où le c-PentaBDE est largement utilisé; pour les États-Unis, on suppose qu'une voiture contient 40 grammes de décaBDE et 40 grammes de c-PentaBDE.
- 20 grammes de décaBDE pour les véhicules produits entre 2005 et 2016.
- 0 grammes de décaBDE/PBDE pour les véhicules produits à partir de 2017 (si aucune exemption n'est accordée pour le décaBDE).

En se fondant sur cette approche pratique, la formule suivante peut être utilisée pour estimer la quantité de PBDE dans les véhicules :

PBDE dans les véhicules = Véhicules (1970-2004) x 80 g décaBDE*/véhicule + Véhicules (2005-2017) x 20 g/véhicule

**Pour les États-Unis, on suppose que la teneur en décaBDE est de 40 grammes et qu'elle était de 40 grammes de c-PentaBDE²⁴ dans les véhicules moyens avant 2005.*

Les estimations peuvent être ajustées pour tenir compte des voitures ou autobus plus grands ou plus petits, selon le cas (PNUE 2021b). Si des données fiables sur les PBDE sont disponibles pour un pays/une région, ces données peuvent être utilisées à la place des facteurs d'impact suggérés pour les PBDE.

4.2.2 PCCC dans les véhicules

Les PCCC ont été utilisées dans la finition des textiles comme agent ignifuge et hydrofuge pour les textiles à dos revêtus, y compris les sièges de transport, et les textiles d'intérieur tels que les stores et les rideaux. Les PC sont utilisés comme additifs dans le PVC. Les mesures initiales de l'RBA au Japon (2 à 8 mg/kg) (Matsukami *et al.*, 2019) et en Europe (16 mg/kg) (Agence norvégienne pour l'environnement 2021) indiquent que les niveaux sont faibles, ce qui correspond à une concentration moyenne d'environ 1,5 mg/kg. 2,4 g de PCCC/voiture)²⁵ alors que les concentrations de PCCM étaient environ 20 fois plus élevées (voir la section 4.4.1).

4.2.3 UV-328 dans les véhicules

2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphénol (UV-328; CASRN 25973-55-1) est un benzotriazole phénolique substitué (BZT) et a été inscrit à la Convention de Stockholm en 2023 (PNUE 2023d). UV-328 est un absorbeur de lumière ultraviolette et est utilisé dans une variété d'applications et de produits pour protéger les surfaces contre la décoloration et l'altération sous la lumière du soleil. UV-328 est produit depuis 50 ans et reste toujours en production

UV-328 a été signalé comme ayant trois utilisations principales dans le secteur automobile : en plaque polarisante optique et film polarisant pour les panneaux à cristaux liquides et les compteurs montés sur les véhicules; dans la peinture; et en résine utilisée pour les pièces intérieures et extérieures (p. ex., poignées de porte et leviers) (JAPIA 2021). Les exemptions énumérées pour l'utilisation sont : pièces de véhicules automobiles (couvrant tous les véhicules terrestres : voitures, motos, véhicules agricoles et de construction et camions industriels), tels que systèmes de pare-chocs, grilles de radiateur, déporteurs, garniture de voiture, modules de toit, capots souples/durs, couvercles de coffre et essuie-glaces arrière. Les revêtements industriels pour véhicules automobiles, machines d'ingénierie, véhicules de transport ferroviaire et revêtements lourds pour grandes structures en acier sont également exemptés (PNUE 2023d). UV-328 serait inventoriée.

²⁵ Compte tenu d'une quantité moyenne de RBA de 300 kg par voiture (20 % de RBA d'un véhicule de taille moyenne de 1.500 kg).

Actuellement, il n'y a aucune donnée de surveillance de la quantité moyenne d'UV-328 dans les véhicules.

4.2.4 APFO, SPFO, PFHxS et composés apparentés dans les véhicules

L'APFO, le SPFO, le PFHxS et les composés connexes sont présents dans les véhicules en polymères fluorés à chaîne latérale dans les textiles et les tapis de sièges d'auto (Commission européenne 2021; Agence norvégienne de l'environnement 2021). Les composés connexes à l'APFO sont également présents dans les polymères fluorés sous forme de traces de contaminants involontaires provenant du processus de production, à des niveaux faibles (ppm) ou inférieurs (sub-ppm). (Wang] [et al.,], [2014;] Commission européenne 2021).²⁶ Les fluoropolymères sont utilisés dans les véhicules pour les isolateurs, les semi-conducteurs, les manchons de soudure, divers composants mécaniques (p. ex., câblage, tuyauterie, tuyauteries, joints d'étanchéité, câbles), les joints toriques, les courroies trapézoïdales et les accessoires en plastique pour l'intérieur des voitures; Matière première pour les composants tels que les roulements à faible frottement et les joints (Commission européenne 2021). Le SPFO bénéficiait d'une exemption pour l'utilisation dans les textiles, les tissus d'ameublement et les tapis, mais le POPRC a conclu en 2012 que l'utilisation avait probablement cessé et qu'aucune exemption n'était nécessaire (PNUE, 2012).

Lors d'une première surveillance de l'extractible²⁷ PFOA dans les RBA en Europe, les niveaux se situaient entre 0,048 et 0,067 mg/kg²⁸ (Agence norvégienne pour l'environnement 2021) correspondant à une moyenne de ~15 mg/voiture.²⁵ Niveaux de PFOS extractible²⁷ étaient inférieurs à 0,006 à 0,020 mg/kg²⁸ ce qui correspond à environ 3 mg/voiture.²⁵ Les niveaux de PFH extractibles²⁷ étaient les plus bas à 0,0006 à 0,0008 mg/kg²⁹ (Agence norvégienne de l'environnement, 2021) ce qui correspond à 0,2mg/car²⁸. La quantité totale d'APFO, de SPFO, de PFHxS et de composés connexes est probablement plus élevée en raison de la grande quantité de composés apparentés. Toutefois, il n'existe actuellement aucune méthode permettant de quantifier adéquatement le total des composés apparentés (PNUE 2021e), en particulier dans les fluoropolymères à chaîne latérale, qui ne sont probablement pas extraits ou seulement extraits en petites quantités.²⁷ Additionnellement, certains fluides hydrauliques d'aviation contenaient auparavant du SPFO.

4.3 Évaluation des POP utilisés auparavant dans le secteur des transports

Une gamme de POP a été utilisée dans le passé pour les textiles en plastique et en synthétique dans le secteur des transports. En raison d'une durée de vie de 15 ans dans les pays industrialisés et d'une durée de vie considérablement plus longue dans les pays en développement, les véhicules produits dans les années 1980 et 1990 sont encore fréquemment exploités dans les pays en développement. Les voitures de plus de 20 ans suscitent un intérêt croissant dans les pays industrialisés, car la demande pour des voitures classiques augmente malgré le fait qu'elles peuvent contenir des POP hérités comme les PCB, le c-PentaBDE ou l'HBCD.

4.3.1 C-PentaBDE dans les véhicules

Le C-pentaBDE a été utilisé en partie dans la mousse de polyuréthane (PUR) utilisée pour les sièges ou les appuie-tête des voitures, des camions et d'autres véhicules, principalement aux États-Unis (Abbas et al., 2019; Liu et al., 2019). Le C-PentaBDE a été utilisé aux États-Unis jusqu'en 2004. Pour l'inventaire, on estime que la teneur moyenne en PBDE d'une voiture particulière américaine

²⁶ Les principaux fabricants de fluoropolymères aux États-Unis, au Japon et dans l'UE se sont engagés à éliminer progressivement l'APFO et ses sels dans leurs opérations jusqu'à la fin de 2015 pour le programme de gestion des actifs de l'USEPA (Commission européenne 2021)

²⁷ Les résidus de broyage ont été extraits avec du méthanol.

²⁸ Ces niveaux ont été détectés après l'application du test TOP de l'extrait (Agence norvégienne de l'environnement 2021).

²⁹ À la concentration détectée, le PFHxS peut être considéré comme un co-polluant involontaire du SPFO.

produite avant 2005 est de 40 g de c-pentaBDE (et 40 g de décaBDE) (voir le guide d'inventaire des PBDE PNUE 2021a).

4.3.2 HBCD dans les véhicules

L'HBCD a été utilisé dans une moindre mesure dans le secteur automobile pour les textiles d'intérieur comme les revêtements de sol (Kajiwara *et al.*, 2014) et les sièges, ainsi que dans les intérieurs textiles des trains, des avions et des navires. Dans l'ensemble, l'utilisation dans les voitures semble faible et une moyenne de 3 grammes d'HBCD pour une voiture produite entre 1980 et 2013 a été établie par une étude d'inventaire japonaise (Liu *et al.*, 2019) et peut être utilisée pour une estimation d'inventaire. De plus, des XPS contenant de l'HBCD ont été utilisés et on peut les trouver dans les camions frigorifiques et les camionnettes de refroidisseurs produits entre 1980 et 2021.

4.3.3 HBB dans les véhicules

Le HBB a été utilisé comme ignifugeant dans les véhicules entre 1970 et 1976 aux États-Unis; Les voitures produites après 1976 ne contiennent pas de HBB. Pour un inventaire des véhicules, il n'est pas nécessaire de prendre en compte le HBB, sauf pour une éventuelle présence dans les voitures classiques produites aux États-Unis entre 1970 et 1976 (PNUE 2021a).

4.3.4 Dechlorane Plus dans les véhicules

Dechlorane Plus (DP; no. CAS 13560-89-9) est un ignifugeant polychloré qui contient deux stéréoisomères, le syn-DP (no. CAS 135821-03-3) et l'anti-DP (no. CAS 135821-74-8). Le DP a été inscrit en 2023 dans la Convention de Stockholm (PNUE 2023d) et la production a cessé (GGKP 2024).

Dechlorane Plus est utilisé comme ignifugeant non plastifiant dans les thermoplastiques et les thermodurcissables. Le DP a été utilisé dans les plastiques des véhicules (fil et circuit imprimé) et de l'aviation (p. ex., panneaux intérieurs de cabine, conduits, moteurs) (PNUE 2021f). Lors d'une première surveillance dans un déchiqueteur automobile européen, les concentrations maximales de DP étaient de 12 mg/kg alors que la plupart des échantillons étaient inférieurs à 1 mg/kg (Agence norvégienne de l'environnement, 2021), ce qui indique que la concentration moyenne de dechlorane plus dans les VHU en Europe est probablement inférieure à 3 g/véhicule.²⁵

Des exemptions spécifiques sont énumérées pour l'utilisation de DP dans les applications aérospatiales, spatiales et de défense, ainsi que pour les pièces de rechange et la réparation d'articles, s'appliquent lorsque le dechlorane plus a été initialement utilisé dans la fabrication de véhicules automobiles couvrant tous les types de véhicules terrestres, tels que les voitures, les motos, les véhicules agricoles et de construction et les camions industriels; Les applications comprennent les câbles, faisceaux de fils, connecteurs et bandes isolantes (PNUE 2023d).

Comme on ne dispose que d'informations limitées sur la fréquence et la concentration des DP dans le secteur du transport, il serait utile de produire des données de surveillance (niveau III). Compte tenu de l'article 9 de la Convention de Stockholm, les études/données validées peuvent être envoyées au Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm servant de centre d'échange pour l'information sur les POP (PNUE 2021j).

4.3.5 PCB dans les véhicules

Les PCB ont été utilisés dans les liquides de frein et les liquides de refroidissement des voitures produites avant les années 1980 (USEPA 2018). En outre, les PCB se trouvaient dans des condensateurs qui étaient également installés dans l'équipement électrique des véhicules, p. ex., dans l'éclairage et les projecteurs avant les années 1990. Par conséquent, les résidus de broyage automobile peuvent être contaminés par des PCB provenant de PCB dans des voitures produites avant 1990 (USEPA 1991). La concentration de PCB dans le RBA en 1990 était entre 1,7 mg/kg et 210 mg/kg (USEPA 1991; Boughton 2007) qui diminue au fil du temps.

4.4 Candidat POP dans le secteur des transports

4.4.1 Les PCCM (candidat POP) dans les véhicules

Les paraffines chlorées dont la longueur de chaîne est entre C14-17 (no. CAS : 85535-85-9) et dont le taux de chloration est égal ou supérieur à 45 % en poids de chlore (PCCC) répondent aux critères de l'annexe D de la Convention (PNUE 2021h). Les PCCM sont toujours produits en grands volumes (1 million de tonnes par an) (Chen *et al.*, 2022) et ajoutés au PVC et au caoutchouc (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). La surveillance des RBA au Japon a révélé une concentration de 54 à 260 mg/kg de PCCM (Matsukami *et al.*, 2019) et dans les RBA européen de 130 à 210 mg/kg. Cela correspond à environ 50 g/véhicule (16 à 78 g/véhicule).

Étant donné que l'information sur la fréquence et la concentration dans le secteur des transports est limitée, il serait utile de produire des données de surveillance du PCCM (niveau III). Compte tenu de l'article 9 de la Convention de Stockholm, les études/données validées peuvent être envoyées au Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm servant de centre d'échange pour l'information sur les POP (PNUE 2021j).

4.5 Évaluation d'une sélection de CoC présents dans le secteur des transports

Cette section vise à fournir un aperçu de certains CoC dans le secteur des transports/véhicules figurant sur la liste d'autres AEM et/ou de l'SAICM, avec pour objectif une approche synergique pour la mise en œuvre et la gestion des AEM des POP et autres produits chimique préoccupants, le cas échéant.

La collecte et l'évaluation des données sur la présence des CoC dans le secteur des transports, en coordination avec les activités d'inventaire des POP, pourraient servir de base à une gestion (future) intégrée propre au secteur. Le tableau 15 donne un aperçu des CoC sélectionnés et de leur utilisation majeure dans le secteur des transports/véhicules, qui sera prise en considération.

Tableau 15 : CoC sélectionnés (autres que les POP) dans les véhicules liés aux AEM et à la SAICM

| CoC | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans les véhicules | Pertinence |
|---------------------|--|--|---|--|
| Plomb | Activités relatives aux batteries au plomb dans le cadre de la Convention de Bâle; Le plomb dans les peintures est une question émergente de politique de la SAICM | Le plomb est un métal toxique qui provoque des effets indésirables à de très faibles concentrations; Troubles du développement neurologique chez les enfants | Batteries au plomb; soudure | Élevé |
| Composés du mercure | Convention Minamata | Nuit au système nerveux, au cerveau, au cœur et aux reins. Impacts sur le développement neurologique | Utilisé dans les lampes, les systèmes antiblocages à quatre roues motrices (ABS) et de décharge à haute intensité (HID), les systèmes de contrôle actif du comportement au volant (principalement avant 2004) | Élevé (pour les véhicules produits avant 2004) |

| CoC | AEM ou SAICM | Brève description | Utilisation dans les véhicules | Pertinence |
|---------------------------|---------------------------------|--|---|------------|
| CFC, HCFC, HFC | Protocole Montréal; CCNUCC | Substances appauvrissant la couche d'ozone(SACO); GES | HFC 134 a été largement utilisé comme réfrigérant pour la climatisation des véhicules, potentiel élevé de GES | Élevé |
| Autres PFAS (pas les POP) | Sujet préoccupation de la SAICM | très persistants, très mobiles (composés ou produits de dégradation) | Additif à l'électrolyte dans les batteries lithium-ion; Fluoropolymères à chaîne latérale dans le textile/tapis; NIAS dans les fluoropolymères (et produits de dégradation thermique) | Moyen |
| OPFR halogéné | SAICM EPI ¹¹ | Certains OPFR halogénés sont cancérogènes ou toxiques pour la reproduction | Principaux ignifugeants dans les textiles et la mousse PUR | Élevé |

4.5.1 Certains métaux et métalloïdes dans les véhicules

4.5.1.1 Plomb dans les véhicules

La consommation mondiale totale de plomb est surtout utilisée pour produire des batteries au plomb utilisées notamment dans les véhicules motorisés (PNUE 2017f). Les batteries contiennent une grande quantité de plomb sous forme de métal solide ou d'oxyde de plomb en poudre. Une batterie moyenne d'automobile contient 8,4 kg de plomb (PNUE 2003a). Le plomb a également été utilisé dans les véhicules pour la soudure, la finition des extrémités de composants ou les systèmes de connecteurs. Ces applications de plomb sont réglementées, par exemple, en vertu de la directive 2000/53/UE³⁰ et ont été largement supprimées au cours des 20 dernières années dans d'autres régions pour se conformer aux importations de voitures vers l'UE ou à des réglementations similaires dans d'autres pays (p. ex., le RoHS coréen de la Corée¹⁹). Les véhicules produits avant 2004 contiennent des niveaux de plomb plus élevés.

4.5.1.2 Mercure dans les véhicules

Le mercure a toujours été utilisé dans les véhicules équipés de systèmes de freinage antibloquage à quatre roues motrices (ABSy) et de décharge à haute intensité (HID), les systèmes de contrôle actif du comportement au volant, les feux de circulation et les feux arrière, ainsi que l'éclairage sous le capot et les feux de camion (UN Environment 2019; Département de la protection de l'environnement du New Jersey 2022). Les véhicules plus anciens (avant 1994) contenaient des

³⁰ La directive sur les véhicules hors d'usage (directive VHU) interdit l'utilisation de substances dangereuses lors de la fabrication de nouveaux véhicules (en particulier du plomb, du mercure, du cadmium et du chrome hexavalent), sauf dans des exemptions définies lorsqu'il n'existe pas d'alternatives adéquates. Les exemptions sont énumérées à l'annexe II de la directive. Une valeur de concentration maximale jusqu'à 0,1 % en poids dans un matériau homogène pour le plomb.

interrupteurs au mercure dans le module de détection d'accident des coussins gonflables.³¹ De nombreux wagons fabriqués avant 2004 contiennent des interrupteurs au mercure dans l'ABSy.³¹

Aux États-Unis, dans les années 1990, on utilisait environ 9 tonnes de mercure par an dans les commutateurs d'inclinaison (comme les feux arrière) et l'ABSy dans les automobiles, et entre 155 et 222 tonnes de mercure dans les automobiles circulaient sur la route aux États-Unis en 2001 (Griffith *et al.*, 2001) et 15 à 22 tonnes de mercure dans les automobiles sont entrées dans le système de traitement des déchets au début de l'an 2000 aux États-Unis (UN Environment 2019). Étant donné que le mercure était utilisé dans ces applications principalement avant 2004³¹ aujourd'hui, bon nombre de ces véhicules ont été exportés et sont utilisés dans des pays en développement. L'élaboration d'un inventaire du mercure dans les véhicules serait menée dans le cadre de la Convention de Minamata, en tenant compte des synergies avec les activités d'inventaire de la Convention de Stockholm. Comme pour les PBDE, des données particulières sont également recueillies pour les voitures produites avant 2004 (PNUE 2021a), ces données peuvent aussi être utilisées pour l'inventaire du mercure et vice versa.

4.5.2 SPFA autres que les POP-SPFA dans les véhicules

Tous les SPFA sont un sujet de préoccupation en vertu du SAICM. Après la substitution de l'APFO dans les fluoropolymères à chaîne latérale des textiles et des tapis des véhicules (section 4.2.3), d'autres SPFA sont utilisés dans ces applications. Les fluoropolymères sont utilisés dans les véhicules, dans les câbles, les semi-conducteurs, les circuits imprimés et les revêtements antireflets (The Chemours Company 2020). Les fluoropolymères peuvent contenir de l'APFO et d'autres SPFA utilisés dans la production et forment de l'APFO et d'autres acides alkyliques perfluorés à chaîne courte et longue lorsqu'ils sont traités thermiquement à une température inférieure, à environ 700 °C (Ellis *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Schlummer *et al.*, 2015; OFEV 2017) qui est très répandu dans la combustion à ciel ouvert de plastique et la combustion des circuits imprimés. L'analyse des SPFA non polymères dans les RBA a montré des niveaux allant jusqu'à 2 mg/kg (principalement des PFBS) correspondant²⁵ à 0,6 g de SPFA pour une telle voiture (Agence norvégienne de l'environnement, 2021). Des volumes élevés de SPFA sont utilisés dans certains électrolytes et piles à combustible de batteries de véhicules, comme le bis(fluorosulfonyl)imide (LiFSI) de lithium et le 4,5-dicyano-2-trifluorométhyl-imidazolide (LiTDI) de lithium (Brückner *et al.*, 2020; Garg *et al.*, 2020).

4.5.3 Certains ignifugeants au phosphore (PFR) dans les véhicules

Les ignifugeants organophosphorés halogénés (OPFR) sont les principaux retardateurs de flamme utilisés dans les mousses et textiles en PUR pour véhicules, ce qui entraîne une exposition élevée dans les voitures (Hoehn *et al.*, 2024). Des OPFRs halogénés ont été trouvés dans les sièges d'auto pour bébés (Stapleton *et al.*, 2011). Les RPO halogénés ont des propriétés dangereuses, y compris le phosphate de tris(2-chloroéthyle) (TCEP; toxique pour la reproduction), tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP; cancérogène), tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP; toxique pour la reproduction) (Van der Veen et de Boer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Commission européenne 2022).

La surveillance initiale des fractions RBA d'OPFR a montré une teneur élevée entre 14 et 870 mg/kg, la plus forte concentration étant observée dans la fraction RBA contenant des textiles et du PUR (Matsukami *et al.*, 2019). Cela correspond à environ 5 à 100 g de OPRF/véhicule. Les rejets élevés du TDCPP et du TCPP cancérogène dans les lixiviats des sites d'enfouissement en Afrique (Sibya *et al.*, 2019), au Brésil (Cristale *et al.*, 2019) et en Chine (Qi *et al.*, 2019) indiquent l'élimination pertinente de déchets d'OPFR contenant des déchets tels que des polymères provenant de véhicules en fin de vie (et des déchets de C&D ou DEEE) dans les décharges.

³¹ <https://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/automobiles.cfm>

4.5.4 Certains phtalates dans les véhicules

Les phtalates sont des plastifiants utilisés principalement dans le PVC. Dans les véhicules, on a utilisé du PVC pour les câbles, les fils, les connecteurs et les pièces en plastique; Les phtalates sont détectés en forte concentration dans les RBA (ELVES 2016). Quatre phtalates – DEHP, BBP, DBP et DIBP – sont limités dans l'UE en vertu de la réglementation REACH avec des exemptions pour les pièces dans les véhicules (Commission européenne 2018).

4.5.5 CFC, HCFC et HFC dans les véhicules

Depuis les années 1990, le réfrigérant le plus répandu dans le monde pour la climatisation mobile des voitures, des autobus et des véhicules ferroviaires est le 1,1,1,2-tétrafluoroéthane (HFC 134a). HFC 134a est un gaz à effet de serre avec un potentiel de réchauffement planétaire (PRP) de 1.430. Avant 1994, le dichlorodifluorométhane (R-12) de CFC avec un PRG de 10.900 était utilisé dans la plupart des applications de climatisation automobile. HFC 134a est remplacé dans certaines régions (par ex. l'UE l'a interdit dans les voitures neuves depuis 2017) mais il reste le principal réfrigérant dans les véhicules fabriqués avant 2017. Un inventaire des gaz fluorés dans les véhicules pourrait être élaboré dans le cadre du Protocole de Montréal, en synergie avec l'élaboration d'inventaires des POP dans le secteur des transports.

4.5.6 Amiante dans les véhicules

Les pièces de voiture suivantes sont connues pour contenir ou avoir contenu de l'amiante.

- Doublures de capot
- Freins
- Embrayages
- Undercoating
- Boîtier de climatisation
- Matériau de joint, joints thermiques, anneaux de soupape et emballage

L'amiante a été utilisé dans les trains et les navires. Une ligne directrice technique de la Convention de Bâle a été élaborée pour le démantèlement des navires, y compris une section sur l'amiante (PNUE 2003b). Pour l'inventaire, les utilisations antérieures de l'amiante dans le secteur des transports seraient évaluées et pourraient être liées aux profils nationaux de l'amiante promus par l'OMS (OMS 2007; BAuA 2014; Arachi *et al.*, 2021).

4.5.7 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les véhicules

Les pneus de voiture sont fabriqués à l'aide d'huiles diluantes qui contiennent des HAP (ECHA 2017). Ces HAP sont libérés par les voitures en raison de l'abrasion des pneus. L'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) a conclu que la présence de HAP cancérogènes dans les granulés à la concentration autorisée dans ces mélanges dans l'UE présente un risque pour certains athlètes qui jouent sur du gazon synthétique fabriqué à partir de pneus recyclés (ECHA 2017) et la réduction des limites d'HAP sont proposées pour le recyclage des pneus (PNUE 2013; RIVM 2018).

5 Annexe: Études de cas des inventaires sectoriels de POP

5.1 Annexe 1: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur du bâtiment et de la construction dans le pays A

L'étude de cas peut être téléchargée à l'[adresse suivante](#):

<https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/case-study-inventory-pops-building-and-construction-sector-country>

5.2 Annexe 2: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur électronique au Nigéria

L'étude de cas peut être téléchargée à l'[adresse suivante](#):

<https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-electrical-and-electronic-equipment-eee-and-related-waste-weee-nigeria>

5.3 Annexe 3: Étude de cas: Inventaire des POP dans le secteur des transports au Nigéria

L'étude de cas peut être téléchargée à l'[adresse suivante](#):

<https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-transport-sector-nigeria>

Références

- Abbasi, G., Buser, A.M., Soehl, A., Murray, M.W. et Diamond, M.L. (2015). Stocks et flux de PBDE dans les produits de l'utilisation aux déchets aux États-Unis et au Canada, de 1970 à 2020. *Environmental Science & Technology* 49(3), 1521-1528.
- Abbasi G, Li L, Breivik K. (2019). Stocks historiques mondiaux et émissions de PBDE. *Environ Sci Technol.*, 53(11), 6330-6340. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b07032>
- Agence allemande pour l'environnement (2021). Promotion du recyclage de haute qualité des plastiques provenant des déchets de démolition et amélioration de l'utilisation de matériaux recyclés dans les produits de construction conformément à la stratégie européenne sur les plastiques.
- Agence bavaroise de l'environnement (2019). Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz - Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung. (in German)
- Al-Otaibi A, Bowan PA, Abdel daiem MM, Said N, Ebohon JO, Alabdullatif A, Al-Enazi E, Watts G. (2022). Identification des obstacles à la gestion durable des déchets de construction et de démolition dans les pays développés et en développement. *Durabilité*. 14(13), 7532. <https://doi.org/10.3390/su14137532>
- Arachi D, Furuya S, David A, Mangwiwo A, Chimed-Ochir O, Lee K, Tighe P, Takala J, Driscoll T, Takahashi, K. (2021). Élaboration du "National Asbestos Profile" pour éliminer les maladies liées à l'amiante dans 195 pays. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1804. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041804>
- ATSDR (Agence du registre des substances toxiques et des maladies). (2006). Sols en polyuréthane contenant du mercure dans les écoles du Minnesota. Atlanta, GA : Département de la santé et des services sociaux des États-Unis. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/MercuryVaporReleaseAthleticPolymerFloors/MercuryVaporRelease-FloorsHC092806.pdf>
- Babayemi JO, Nnorom IC, Weber R (2022). Évaluation initiale des importations de paraffines chlorées au Nigéria et nécessité d'améliorer la Convention de Stockholm et la Convention de Rotterdam. *Emerg. Contam.* 8, 360-370 <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.07.004>
- Baldé CP, Kuehr R, Yamamoto T, et al. (2024). Global E-waste Monitor 2024. Rapport de l'Union internationale des télécommunications (UIT) et de l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (UNITAR). Genève/Bonn.
- BAuA (Institut fédéral allemand pour la sécurité et la santé au travail) (2014) Profil national de l'amiante pour l'Allemagne.
- Behnisch P, Petrlik J, Budin C, Besselink H, Felzel E, Strakova J, Bell L, Kuepouo G, Gharbi S, Bejarano F, Jensen GK. (2023). Enquête mondiale sur les activités de type dioxine et thyroïde dans les produits de consommation et les jouets. *Environnement international*. 178, 108079.
- Blumenthal, J., Diamond, M.L., Liu, G. et Wang, Z. (2022). Présentation de la « toxicité intrinsèque », une mesure nécessaire pour la saine gestion des matériaux de construction. *Environmental Science & Technology*, 56(14), 9838-9841.
- Boughton, B. (2007). Évaluation des résidus de broyage comme matière première pour la fabrication du ciment. *Ressources, conservation et recyclage*, 51(3), 621-642.
- Brandsma SH, Brits M, de Boer J, Leonards P (2021). Paraffines chlorées et tris (1-chloro-2-propyl) phosphate dans les mousses de polyuréthane pulvérisées - Une source pour l'exposition à l'intérieur? *Journal of hazardous materials*, 416, 125758. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125758>
- Brückner, L., Frank, J., Elwert T (2020). Recyclage industriel des batteries au lithium-ion – Examen critique des voies de traitement métallurgique. *Metals* 10, 1107. <https://doi.org/10.3390/met10081107>.
- Carpenter, DO (2013) Effets des polluants organiques persistants et bioactifs sur la santé humaine. ISBN 978-1-118-15926-2, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (New Jersey)
- CEE et FAO (2021). Projet de catalogue des classifications des déchets de bois dans la région CEE.
- Charbonnet J, Weber R, Blum A (2020). Normes d'inflammabilité pour le mobilier, l'isolation des bâtiments et l'électronique : avantages et risques. *Emerg. Contam* 6, 432-441, <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.05.002>

Chen C, Chen A, Li L, Peng W, Weber R, Liu J. (2021). Distribution et estimation des émissions de paraffines chlorées à chaîne courte et moyenne dans les produits chinois par l'équilibrage des masses fondé sur la détection. *Environ. Sci. Technol.* 55, 7335–7343. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07058>

Chen C, Chen A, Zhan F, Wania F, Zhang S., Li L, Liu J. (2022). Production historique, utilisation, stocks en cours d'utilisation et émissions de paraffines chlorées à chaîne courte, moyenne et longue au niveau mondial. *Environmental Science & Technology* 56, 7895–7904, <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00264>

CIRC (2018) Arsenic, métaux, fibres et poussières. Monographies du CIRC sur l'évaluation des risques cancérogènes pour l'homme, volume 100C.

Commission européenne (2015). DIRECTIVE DÉLÉGUÉE (UE) 2015/863 de la Commission du 31 mars 2015 modifiant l'annexe II de la directive 2011/65/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la liste des substances soumises à restrictions. *Journal officiel de l'Union européenne* L 322/14.

Commission européenne (2018). RÈGLEMENT (UE) 2018/2005 de la Commission du 17 décembre 2018 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) no.1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des produits chimiques (REACH) en ce qui concerne le phtalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP), phtalate de dibutyle (DBP), phtalate de benzyle butyle (BBP) et phtalate de diisobutyle (DIBP).

Commission européenne (2021). Étude visant à appuyer l'évaluation des impacts associés à la révision des valeurs limites dans les déchets pour les POP énumérés aux annexes IV et V du règlement (UE) 2019/1021. Rapport final pour la DG Environnement.

Commission européenne (2022). DOCUMENT DE TRAVAIL DES SERVICES DE LA COMMISSION Restrictions Feuille de route dans le cadre de la stratégie sur les produits chimiques pour la durabilité SWD (2022) 128 final, Bruxelles, 25.4.2022

Cristale J, Belé TGA, Lacorte S, de Marchi MRR (2019). Présence d'ignifugeants dans les décharges : étude de cas au Brésil. *Recherche environnementale*, 168, 420-427.

Ellis DA, Mabury SA, Martin JW, Muir DCG (2001). Thermolyse des fluoropolymères comme source potentielle d'acides organiques halogénés dans l'environnement. *Nature* 412, 321-324.

Ellis DA, Martin JW, Muir DCG, Mabury SA (2003). Utilisation de la RMN 19F et de la spectrométrie de masse pour l'élucidation de nouveaux acides fluorés et de précurseurs atmosphériques de fluoroacides produits lors de la thermolyse de polymères fluorés. *Analyste* 128, 756-764.

ELVES (ELV Environmental Services CLG) (2016). Analyse des résidus de broyage automobile provenant de l'essai de composition, de recyclage et de récupération pour les véhicules en fin de vie en République d'Irlande.

Eze CT, Otitoloju AA, Eze OO, et al. (2023). Évaluation des sols de déchets électroniques en Afrique de l'Ouest à l'aide d'une batterie de bioessais cellulaires. *The Science of the total environment*, 856, 159068. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159068>

Forti V, Baldé CP, Kuehr R et Bel G (2020). Le Global E-Waste Monitor 2020 - Quantités, flux et potentiel de l'économie circulaire. https://www.itu.int/fr/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf

Garg S, Kumar P, Mishra V, Guijt R, Singh P, Dumée LF, Sharma RS (2020). Examen des sources, de la présence et des risques pour la santé des substances perfluoroalkyles (SPFA) provenant de la fabrication et de l'élimination de produits électriques et électroniques. *Journal of Water Process Engineering*, 38, 101683.

Geyer R, Jambeck JR et Law KL (2017). La production, l'utilisation et le devenir de tous les plastiques jamais fabriqués. *Sci Adv* 19, 3(7). e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.

GGKP (2024) Production, utilisation et commerce des POP nouvellement inscrits dans la Convention de Stockholm 2009 à 2022. <https://www.greencpolicyplatform.org/research/production-use-and-trade-pops-newly-listed-stockholm-convention-2009-2021> Gibb A, Jones W, Goodier C, Bust P, Song M, Jin J (2017). Nanotechnologie dans la construction et la démolition : ce que nous savons, ce que nous ne savons pas. Rapport soumis au comité de recherche de l'IOSH

Green Science Policy Institute (2021). CONSTRUIRE UN MONDE MEILLEUR - Éliminer les SPFA inutiles dans les matériaux de construction. <https://greensciencepolicy.org/docs/pfas-building-materials-2021.pdf>

Griffith C, Gearhart J, Posset H et al. (2001). Substances toxiques dans les véhicules : Mercure. Ecology Center, Great Lakes United et University of Tennessee Center for Clean Products & Clean Technologies, <https://p2infohouse.org/ref/19/18304.pdf>

Guida Y, Capella R, Weber R (2020). Paraffines chlorées dans la technosphère : examen des informations disponibles et des lacunes en matière de données démontrant la nécessité d'appuyer la mise en œuvre de la Convention de Stockholm. Contaminants émergents 6, p. 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.03.003>

Hansen E, Nilsson NH, Lithner D, Lassen C (2014). Substances dangereuses dans les matières plastiques. Étude des substances chimiques dans les produits de consommation. Publié par l'Agence danoise de protection de l'environnement, n° 132.

Harnisch J, Schwarz W (2003). Rapport final sur les coûts et l'impact sur les émissions du cadre réglementaire potentiel pour la réduction des émissions d'hydrofluorocarbones, de perfluorocarbures et d'hexafluorure de soufre. Ecofys GmbH.

Held D (2008). Eisenbahnschwellen im Garten? Problematische Inhaltsstoffe schränken die Einsatzmöglichkeiten stark ein. Umweltpolitik Nr. 54, 29-32, Oktober 2008.

Hennebert P, Filella M (2018). Tri des matières plastiques DEEE pour le brome essentiel à l'application de la réglementation européenne. Gestion des déchets 71, 390-399.

Hoehn RM, Jahl LG, Herkert NJ, Hoffman K, Soehl A, Diamond ML, Blum A, Stapleton HM. (2024) L'exposition aux ignifugeants dans les véhicules est influencée par l'utilisation de la mousse des sièges et la température. Environmental Science & Technology. 58(20), 8825-8834.

Houessionon M, Ouendo ED, Bouland C, Takyi SA, Kedote NM, Fayomi B, Fobil JN et Basu N. (2021). Contamination environnementale par les métaux lourds provenant des déchets électroniques (E-Waste) Recycling Activities Worldwide : A Systematic Review from 2005 to 2017. Int. J. Environ. Res. Public Health 18, 3517.

Huang L, Fantke P, Ritscher A, Jolliet O. (2022) Substances chimiques préoccupantes dans les matériaux de construction : un criblage à haut débit. Journal of Hazardous Materials. 424, 127574.

Huwe JK, Davison K, Feil VJ, Larsen G, Lorentzen M, Zaylskie R, Tiernan TO (2004). Niveaux de dibenzo-p-dioxines et de dibenzofuranes polychlorés dans les bovins élevés dans des installations de recherche agricole aux États-Unis et l'influence du bois traité au pentachlorophénol. Food Addit Contam. 21(2), 182-194.

OFEV (2017). Renseignements supplémentaires concernant l'évaluation de la gestion des risques liés à l'APFO, à ses sels et aux composés connexes. Préparé par l'EPF de Zurich pour le compte de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAComments/tabid/5950/Default.aspx>

OIT (Organisation internationale du travail) (2012). L'impact mondial des déchets électroniques. Relever le défi.

Imm P, Knobeloch L, Buelow C, Anderson HA (2009). Exposition des ménages aux polybromodiphényléthers (PBDE) dans une cohorte du Wisconsin. Perspectives de la santé environnementale, 117, 1890-1895. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900839>

Jakobsson E, Asplund L (2000). Naphtalènes polychlorés (NC). In : J. Paasivirta, ed. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3 Anthropogenic Compounds Part K, New Types of Persistent Halogenated Compounds. Berlin, Springer-Verlag.

JAPIA (Japan Auto Parts Industries Association) (2021). Réponse soumise à la consultation publique de l'ECHA sur le projet de profil de risque du UV-328.

Jartun M, Ottesen RT, Steinnes E, Volden T (2009) Surfaces peintes—source importante de contamination des milieux urbains et marins par les biphenyles polychlorés (PCB). Environ Pollut. 157(1), 295-302.

Jin MT, Li LJ, Zheng JX, Shen SJ, Wang DR (2019) Polybromodiphényléthers (PBDE) dans la poussière dans des lieux publics intérieurs typiques à Hangzhou : niveaux et évaluation de l'exposition humaine. Écotoxicologie et sécurité environnementale 169, 325-334.

Kajiwara N, Desborough J, Harrad S, Takigami H. (2013). Photolyse des ignifuges bromés dans les textiles exposés à la lumière naturelle du soleil. Impacts des processus scientifiques sur l'environnement. 15(3), 653–660.

Kajiwara N, Takigami H, Kose T, Suzuki G et Sakai S. (2014). Les ignifugeants bromés et substances connexes dans les matériaux d'intérieur et les poussières de cabine des véhicules hors d'usage recueillis au Japon. Composés organohalogénés 76, 1022-1025. Consulté le 12.07.2021 à <http://dioxin20xx.org/wp-content/uploads/pdfs/2014/1015.pdf>

Kajiwara N, Matsukami H, Malarvannan G, Chakraborty P, Covaci A, Takigami H (2022). Recycler les plastiques contenant de l'éther décabromodiphénylique en nouveaux produits de consommation, y compris les jouets pour enfants achetés au Japon et dans 17 autres pays. Kémossphère, 289, 133179.

Kobayashi N, Izumi H., Morimoto Y (2017). Examen des études de toxicité des nanotubes de carbone. Journal of Occupational Health, 59(5), 394–407. <https://doi.org/10.1539/joh.17-0089-RA>

Kuang J, Abdallah MAE et Harrad S. (2018). Ignifugeants bromés dans des ustensiles de cuisine en plastique noir : concentrations et conséquences pour l'exposition humaine. Science of the Total Environment, 610, 1138-1146.

Kurata Y, Watanabe Y, Ono Y et al. (2005). Concentrations de conservateurs organiques du bois dans les copeaux de bois produits à partir des déchets de bois. J Mater Cycles Waste Manag 7, 38–47. <https://doi.org/10.1007/s10163-004-0124-z>

Lebbie T S, Moyebi OD, Asante KA et al. (2021). Déchets électroniques en Afrique : une menace grave pour la santé des enfants. Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 8488. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168488>

Leisewitz A, Schwarz W. (2000) Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammenschutzmittel. Flammhemmende Ausrüstung ausgewählter Produkte - anwendungsbezogene Betrachtung: Stand der Technik, Trend, Alternativen. Rapport no 01/27. UBA-Texte. 000171/2. Agence allemande pour l'environnement.

Li L, Weber R, Liu J, Hu J (2016). Émissions à long terme d'hexabromocyclododécane comme produit chimique préoccupant dans les produits en Chine. Environ. Int. 91, 291-300. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.03.007>

Liu H, Yano J, Kajiwara N, Sakai S. (2019). Stocks dynamiques, flux et émissions d'ignifugeants bromés pour véhicules au Japon. Journal of Cleaner Production 232, 910-924.

Lucattini, L., Poma, G., Covaci, A., Boer, J. d., Lamoree, M.H., Leonards, PEG (2018). Examen des composés organiques semi-volatils (svocs) dans l'environnement intérieur : présence dans les produits de consommation, l'air intérieur et la poussière. Chemosphere 201, 466-482.

Matsukami H, Kajiwara N, Kuramochi H. (2019). Des paraffines chlorées et des ignifugeants organophosphorés dans les résidus de broyage d'automobiles provenant d'une installation de recyclage de véhicules en fin de vie au Japon. Résumé Livre SETAC 40e réunion annuelle de l'Amérique du Nord, Toronto, Canada.

Mohajerani A, Burnett L, Smith JV, Kurmus H, Milas J, Arulrajah A, Horpibulsuk S, Abdul Kadir A. (2019). Nanoparticles dans des matériaux de construction et d'autres applications, et implications de l'utilisation de nanoparticle. Materials, 12(19), 3052. <https://doi.org/10.3390/ma12193052>

Morf L, Taverna R, Daxbeck H et Smutny R. (2003). Certains PBDE et TBBPA polybromés ignifuges. Analyse du flux de substances. Environmental Series No. 338. Substances dangereuses pour l'environnement. Agence suisse pour l'environnement, les forêts et le paysage.

Ministère de la protection de l'environnement du New Jersey (2022). Information sur le permis général de recyclage des véhicules Commutateurs au mercure et biphenyles polychlorés, https://www.nj.gov/dep/dwq/auto_mercurypcb.htm

Norwegian Environmental Agency (2021). Polluants environnementaux dans les plastiques post-consommation. Fraunhofer et Rambol pour l'Agence norvégienne de l'environnement, numéro de dossier M-2059|2021.

OMS (2007). Plan pour l'élaboration de programmes nationaux d'élimination des maladies liées à l'amiante. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/65845/retrieve>

Pacheco-Torgala F, Jalalib S (2011). Revue de la nanotechnologie : avantages et inconvénients dans le domaine des matériaux de construction. *Construction et les matériaux de construction* 25, 582-590 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.009>

Petrlik J, Behnisch P, DiGangi J. (2018). Soupe toxique : dioxines dans les jouets en plastique. Arnika, HEAL, IPEN et BUND. <https://arnika.org/en/publications/toxic-soup-dioxins-in-plastic-toys>

Petrlik J, Bell L, DiGangi J, Allo'o SJ, Kuepouo G, Ochola GO, Grechko V, Jelinek N, Strakova J, Skalsky M, Drwiga YI, Hogarh J, Akortia E, Adu-Kumi S, Teebthaisong A, Carcamo M, Beeler B, Behnisch P, Baitinger C, Herold C, Weber R. (2022). Examen : Surveillance des dioxines et des PCB dans les œufs comme indicateur sensible de la pollution environnementale et des sites contaminés et recommandations pour réduire et contrôler les rejets et l'exposition. *Contaminants émergents* 8, 254-279 <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.05.001>

PNUE (2003a). Lignes directrices techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets de batteries au plomb.

PNUE (2003b). Directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle du démantèlement total et partiel des navires.

PNUE (2008). Lignes directrices sur les meilleures techniques disponibles et orientations provisoires sur les meilleures pratiques environnementales pertinentes pour l'article 5 et l'annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants; Partie III Catégorie source (k) : Installations de broyage pour le traitement des véhicules hors d'usage.

PNUE (2012). Rapport du Comité d'examen des polluants organiques persistants sur les travaux de sa huitième réunion. UNEP/POPS/POPRC.8/16.

PNUE (2013). Révision des directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des pneumatiques usagés et des déchets. Ligne directrice technique de la Convention de Bâle.

PNUE (2015). Coopération et coordination entre les secrétariats des conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm et l'Approche stratégique. SAICM/ICCM.4/INF/24

PNUE et PEN (Réseau d'élimination des PCB) (2016). Guide d'inventaire des biphenyles polychlorés (PCB). <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/31250>

PNUE (2017a). Guide pour l'inventaire de l'acide perfluorooctane sulfonique (SPFO) et des produits chimiques connexes énumérés dans la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Version révisée en janvier 2017

PNUE (2017b). Vers un rapport de base sur une planète sans pollution. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, Kenya

PNUE (2017c). Guide pour l'inventaire de l'hexabromocyclododécane (HBCD) (ébauche mars 2017) <http://www.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/GuidanceforHBCD/tabcid/5332/Default.aspx>

PNUE (2017d). Inscription des composés du tributylétain à l'annexe III de la Convention de Rotterdam. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, RC-8/5.

PNUE (2017e). Projet de guide sur la préparation des inventaires des naphtalènes polychlorés (PCN). Ébauche mars 2017. UNEP/POPS/COP.8/INF/19

PNUE (2017f). Projet de guide pratique pour l'établissement des inventaires des batteries au plomb usagées. Secrétariat de la Convention de Bâle.

PNUE (2019a). Directives détaillées sur la préparation des inventaires de paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC). Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

PNUE (2019b). 'Global Chemicals Outlook II', Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, 2019

PNUE (2019c). Proposition d'inscrire le déchlorane plus (no. CAS 13560-89-9) et son isomère synthétique (no. CAS 135821-03-3) et l'antiisomère (no. CAS 135821-74-8) aux annexes A, B et/ou C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. UNEP/POPS/POPRC.15/3.

PNUE (2019d). Projet préliminaire de lignes directrices sur les solutions de rechange aux paraffines chlorées à chaîne courte (PCCC). UNEP/POPS/COP.9/INF/21.

PNUE (2019e). Guide consolidé sur les PCB dans les applications ouvertes. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PCB/Guidance/tabid/665/Default.aspx> -> applications ouvertes

PNUE (2020a). Directives générales sur l'établissement des inventaires de POP. Révisé à partir du document UNEP/POPS/COP.9/INF/19/Add.1. Secrétariat des conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève

PNUE (2020b). Proposition de l'inscription du UV-328 à l'annexe A de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. PNUE/POPS/POPRC.16/4

PNUE (2021a). Projet de guide pour la préparation des inventaires des polybromodiphényléthers (PBDE) inscrits sur la liste de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

PNUE (2021b). Guide pour la préparation des inventaires de l'hexabromocyclododécane (HBCD). Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève

PNUE (2021c). Guide pour la préparation des inventaires de PCN. Secrétariat des conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève

PNUE (2021d). Guide pour la préparation des inventaires de PCP. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève

PNUE (2021e). Projet de guide sur l'échantillonnage, le dépistage et l'analyse des polluants organiques persistants dans les produits et le recyclage. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

PNUE (2021f). CoC dans le secteur du bâtiment et de la construction. Genève, le 5 mai 2021. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35916/CoCBC.pdf>

PNUE (2021g). Guide sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales concernant les polybromodiphényléthers figurant sur la liste de la Convention de Stockholm. PNUE/POPS/COP.10/INF/18

PNUE (2021h). Proposition de faire figurer les paraffines chlorées dont la longueur de la chaîne du carbone est comprise entre C14-17 et dont le taux de chloration est égal ou supérieur à 45 % en poids de chlore dans les annexes A, B et/ou C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants

PNUE (2021i). Vers une économie circulaire pour le secteur de l'électronique en Afrique : Aperçu, actions et recommandations.

PNUE (2021j). Directives pour renforcer le cadre réglementaire et les accords volontaires pour la surveillance régulière des produits ou articles qui peuvent contenir de nouveaux POP. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

PNUE (2023a). Produits chimiques dans le plastique : Un rapport technique. <https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report>

PNUE (2023b). Directives sur la préparation des inventaires de SPFO, d'APFO et de PFHxS. Secrétariat des Conventions de Bâle, de Rotterdam et de Stockholm, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève

PNUE (2023c). Rapport du Comité d'examen des polluants organiques persistants sur les travaux de sa dix-neuvième réunion. UNEP/POPS/POPRC.19/9

PNUE (2023d). Rapport de la Conférence des Parties à la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants sur les travaux de sa onzième réunion. UNEP/POPS/COP.11/31

PNUE (2023e). Directives techniques sur la gestion écologiquement rationnelle des déchets plastiques. UNEP/CHW.16/6/Add.3/Rev.1.

PNUE (2024) Proposition de faire figurer les dibenso-p-dioxines et dibenzofuranes polyhalogénés à l'annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. UNEP/POPS/POPRC.20/5

Potrykus A, Milunov M, Weißenbacher J (2015). Identification des déchets et des recyclats contenant potentiellement des POP – Dérivation des valeurs limites. Rapport no. (UBA-FB) 002097/E.

Purchase CK, Al Zulayq DM, O'Brien BT, Kowalewski MJ, Berenjian A, Tarighaleslami AH, Seifan M. (2021). Économie circulaire des déchets de construction et de démolition : une revue de littérature sur les leçons, les défis et les avantages. Documents. 15(1), 76. <https://doi.org/10.3390/ma15010076>

Puype F, Samsonek J, Knoop J, Egelkraut-Holtus M et Ortlieb M. (2015). Preuve de la présence de substances pertinentes dans les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) dans des articles polymères en contact avec les aliments vendus sur le marché européen. Additifs alimentaires et contaminants : partie A, 32(3), 410-426.

Qi C, Yu G, Zhong M, Peng G, Huang J et Wang B. (2019). Les retardateurs de flamme organophosphorés dans le lixiviat provenant de six sites d'enfouissement municipaux en Chine. Chemosphere, 218, 836-844.

Rauert C, Harrad, S. (2015). Transfert massique de PBDE du boîtier en plastique d'un téléviseur à la poussière intérieure par trois voies de migration - Une étude de chambre d'essai. Sci. Total Environ, 536, 568–574.

RIVM (2018). Rapport de restriction de l'ANNEXE XV – HAP dans les granulés et les paillis de remplissage du gazon synthétique. ANNEXE XV Rapport de restriction proposition de restriction.

RPA (Risk & Policy Analysts). (2014). Soutien d'un dossier de l'annexe XV sur le bis-(pentabromophénol) éther (DecaBDE). Contrat-cadre multiple avec réouverture de la concurrence pour des services scientifiques pour l'ECHA. Référence : ECHA/2011/01 Service Request SR 14.

Schlummer M, Sölich C, Meisel T, Still M, Gruber L, Gerd W. (2015). Émission d'acides perfluoroalkyl carboxyliques (PFCA) provenant de surfaces chauffées en polytétrafluoroéthylène (PTFE) appliquées dans des matériaux en contact avec les aliments et des produits de consommation. Chemosphere 129, 46-53.

Shaw SD, Blum A, Weber R, Kannan K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum LS (2010). Ignifugeants halogénés : les avantages de la sécurité incendie justifient-ils les risques? Reviews on Environmental Health 25(4) 261-305,

Sibiya I, Poma G, Cuykx M, Covaci A, Adegbieno PD et Okonkwo J (2019). Dépistage ciblé et non ciblé des polluants organiques persistants et des retardateurs de flamme organophosphorés dans le lixiviat et les sédiments provenant de sites d'enfouissement dans la province du Gauteng, en Afrique du Sud. Science of the total environment, 653, 1231-1239.

Sindiku O, Babayemi JO, Tysklind M, Osibanjo O, Weber R, Schlummer M, Lundstedt S (2015). Dioxines et furanes polybromés (PBDD/Fs) dans les déchets plastiques électroniques au Nigéria. Environ Sci Pollut Res Int. 22, 14462-14470. DOI 10.1007/s11356-015-5260-6

Stapleton HM, Klosterhaus S, Keller A, Ferguson PL, Van Bergen S, Cooper E, et al. (2011). Identification des ignifugeants dans la mousse de polyuréthane collectée à partir de produits pour bébés. Environ Sci Technol. 45(12), 5323-5331.

Suzuki, S., Part, F., Matsufuji, Y., Huber-Humer, M. (2018). Modélisation du devenir et de la phase de fin de vie des nanomatériaux manufacturés dans le secteur japonais de la construction. Waste Management, 72, 389-398.

Swedish EPA (2011). Recyclage et élimination des déchets électroniques - Risques pour la santé et impacts environnementaux. Rapport 6417, mars 2011.

Takahashi S, Tue NM, Takayanagi C, Tuyen LH, Suzuki Go (2017). PCB, PBDE et composés liés à la dioxine dans les poussières de plancher provenant d'un site informel de recyclage des véhicules en fin de vie dans le nord du Vietnam : niveaux de contamination et conséquences pour l'exposition humaine. J. Mater. Cycles Waste Manag. 19, 1333-1341.

Taverna R, Gloor R, Zennegg M, Birchler E (2017). Stoffflüsse im Schweizer Elektronikschrott. Rapport pour l'Office fédéral de l'environnement. Umwelt-Zustand Nr. 1717, 164 pp.

The Chemours Company (2020). Le rôle des fluoropolymères dans l'électronique grand public et les communications pour les villes intelligentes.

UN Environment (2019). Trousse d'outils pour l'identification et la quantification des sources de mercure, rapport de référence et lignes directrices pour le niveau 2 d'inventaire, version 1,5 novembre 2019. Direction générale de l'environnement, des produits chimiques et de la santé des Nations Unies, Genève (Suisse).

Union européenne (2000). Directive 2000/53/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 concernant les véhicules hors d'usage. Journal officiel des Communautés européennes 21.10.2000 L 269/34

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1991). Niveaux de PCB, de plomb et de cadmium dans les déchets des broyeurs, rapport EPA 560/5-90-008A; 1991

USEPA (2008). Décision d'admissibilité pour la réinscription des composés du tributylétain : oxyde de bis(tributylétain), benzoate de tributylétain et maléate de tributylétain (dossier no 2620).

USEPA (2011). Fiche de renseignements : Avant de le détruire, sortez le mercure. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/before_you_tear_it_down.pdf

USEPA (2018). Prévention et détection de la contamination par les PCB dans l'huile usée. Meilleures pratiques de gestion pour les centres de collecte et de recyclage d'huiles usagées commerciaux et municipaux. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/pcbs_in_used_oil_fact_sheet_corrected2.pdf

USEPA (2022). Manuels de déconstruction pour les projets de construction et de démolition (C&D). <https://www.epa.gov/smm/deconstruction-manuals-construction-and-demolition-cd-projects>

Van der Veen, I. et de Boer, J. (2012). Ignifugeants au phosphore : propriétés, production, occurrence environnementale, toxicité et analyse. Kémossphère 88(10), 1119-1153.

Wäger P, Schluep M, Müller E (2010) Substances RoHS dans les plastiques mélangés provenant des déchets d'équipements électriques et électroniques. Rapport final des laboratoires fédéraux suisses de science et technologie des matériaux Empa.

Wagner U, Schneider E, Watson A, Weber R (2014) Gestion des PCB provenant d'applications ouvertes et fermées - Etude de cas Suisse. Rapport pour la GIZ.

Wang, Z., Cousins, I. T., Scheringer, M., Buck, R. C., Hungerbühler, K. (2014). Inventaire mondial des émissions d'homologues de l'acide perfluoroalkyl carboxylique (PFCA) en C4-C14 de 1951 à 2030, partie I : production et émissions provenant de sources quantifiables. Environnement international, 70, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.04.013>

Weber R, Kuch B (2003) Pertinence des RFB et des conditions thermiques sur les voies de formation des dibenzodioxines et dibenzofuranes bromés et bromés-chlorés. Environ Int. 29, 699-710.

Weber R, Herold C, Hollert H, Kamphues J, Blepp M, Ballschmiter K (2018). Examiner la pertinence des sources de dioxines et de PCB pour les aliments d'origine animale et la nécessité de leur inventaire, contrôle et gestion. Environmental Sciences Europe. 30, 1-42.

Wu H, Zuo J, Yuan H, Zillante G, Wang J. (2019). Un examen des méthodes d'évaluation de la performance pour la gestion des déchets de construction et de démolition. Resour. Conserv. Recycl. 150, 104407.

Zhu W, Bartos PJM, Porro A. (2004). Application des nanotechnologies dans la construction. Materials and Structures 37, novembre 2004, p. 649-658.