

RAPPORT D'ÉTUDE  
N° DRC-14-142371-07716A

Juillet 2014

**Étude des substances dangereuses dans les  
plastiques des déchets d'équipements  
électriques et électroniques (DEEE)**

**Rapport d'étape pour l'évaluation de la  
potentielle toxicité des retardateurs de flamme  
bromés (RFB)**

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |



**Etude des substances dangereuses dans les plastiques  
des déchets d'équipements électriques et électroniques  
(DEEE)**

**Rapport d'étape pour l'évaluation de la potentielle toxicité  
des retardateurs de flamme bromés (RFB)**

Rapport réalisé pour le MEDDE

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Salim ALIM

## PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Alice JAMES-CASAS Flore REBISCHUNG	Sandrine ANDRES Roger REVALOR	Eric THYBAUD
Qualité	Ingénieurs des unités ETES et COSM	Responsables des unités ETES et COSM	Responsable du pôle VIVA
Visa	 		

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RESUME</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>1. DEEE : ETAT DES LIEUX DES GISEMENTS ET FILIERES DE TRAITEMENT EN FRANCE</b> .....	<b>8</b>
1.1 Gisements de DEEE et filières de collecte .....	8
1.2 Composition des DEEE .....	9
1.3 Organisation des filières de traitement.....	10
<b>2. CADRE REGLEMENTAIRE</b> .....	<b>11</b>
2.1 Directive DEEE .....	11
2.2 Directive RoHS.....	11
2.3 Circulaire du 30 novembre 2012 .....	13
2.4 Convention de Stockholm .....	14
2.5 Règlement REACH .....	15
2.6 Règlement CLP .....	15
<b>3. RETARDATEURS DE FLAMMES BROMES DANS LES DEEE</b> .....	<b>16</b>
3.1 Méthodologie appliquée pour la catégorisation des RFB dans les DEEE ...	16
3.2 Résultats .....	19
<b>4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>22</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>23</b>

## **RESUME**

Les déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE) constituent des flux de déchets en hausse pour lesquels il convient de cadrer les opérations de traitement s'y rapportant, afin d'éviter notamment la dispersion de substances dangereuses dans l'environnement. En effet, ce sont les flux résultant de leur traitement qui, faisant l'objet d'une opération de recyclage, seront réintroduits dans le cycle économique.

Dans le cadre de ses programmes d'appui au MEDDE et du chantier « économie circulaire » de la feuille de route pour la transition écologique de la conférence environnementale, l'INERIS doit évaluer la toxicité des déchets lors du recyclage des produits de certaines filières spécifiques, dont les DEEE font partie.

Le présent rapport fait l'état des lieux des gisements et filières de traitement de DEEE et présente le cadre réglementaire relatif à leur contenu en substances dangereuses. Les retardateurs de flamme bromés (RFB) contenus dans la fraction plastique des DEEE sont ensuite sélectionnés comme substances pertinentes pour l'étude, et l'évaluation de leur toxicité est réalisée sur la base de données bibliographiques, selon des critères liés à la réglementation et la classification des substances.

La présente étude a permis d'identifier 35 substances pour lesquelles des propriétés de dangers toxicologiques sont connues dont 17 couvertes par des réglementations spécifiques encadrant le recyclage ou leur utilisation dans les EEE. Pour 26 substances, l'absence de données toxicologiques disponibles dans les sources prospectées ne permet pas à ce jour de se prononcer sur leurs éventuels dangers et sur les perspectives de recyclage.

Ces travaux seront poursuivis et complétés notamment par la recherche de données d'occurrence et de danger toxicologique et écotoxicologique, ainsi que par le classement en dangerosité des DEEE (au sens de la réglementation déchets), afin de poursuivre la catégorisation par une priorisation des RFB dans la fraction plastique des DEEE, et d'établir certaines recommandations quant à l'amélioration des pratiques pour le recyclage de ces déchets.

## **INTRODUCTION**

Les déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE), en tant que tels, constituent un flux grandissant qui fait l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics. Toutefois, il est également nécessaire de faire preuve de vigilance quant aux flux résultant du traitement de ces déchets car ce sont eux qui, faisant l'objet d'une opération de recyclage, seront réintroduits dans le cycle économique. C'est pourquoi il est important de cadrer ces opérations afin d'éviter notamment la dispersion des substances dangereuses dans l'environnement.

Avec le chantier n°6 « Accompagner entreprises et collectivités locales dans la transition vers une économie circulaire », la feuille de route pour la transition écologique, établie dans le cadre de la conférence environnementale de 2013, a fait de ce sujet l'une de ses priorités. C'est dans ce cadre et en prévision de la conférence environnementale de septembre 2014, que l'INERIS a été mandaté par le MEDDE pour étudier la toxicité lors du recyclage des produits de certaines filières spécifiques, parmi lesquels les DEEE. Ces travaux s'inscrivent également dans le cadre des programmes d'appui au MEDDE relatifs à l'élaboration et l'actualisation de la réglementation liée à la gestion des déchets d'une part et à la toxicologie et l'écotoxicologie des substances chimiques d'autre part.

Une première étape de ce travail a consisté à circonscrire le champ d'étude et à mettre au point une méthodologie d'évaluation de la toxicité des substances contenues dans les DEEE. C'est l'objet du présent rapport.

Ce document recense, dans son chapitre 1, les flux et volumes des matériaux étudiés et fait l'état des lieux des filières de collecte et traitement des DEEE. Le chapitre 2 renseigne le cadre réglementaire relatif au contenu en substances dangereuses de ces équipements et déchets. Le chapitre 3 est ensuite consacré à l'évaluation, sur la base d'une étude documentaire, de la toxicité des retardateurs de flamme bromés (RFB), substances retenues comme pertinentes pour l'étude.

# **1. DEEE : ETAT DES LIEUX DES GISEMENTS ET FILIERES DE TRAITEMENT EN FRANCE**

## **1.1 GISEMENTS DE DEEE ET FILIERES DE COLLECTE**

En 2012, 609 millions d'équipements électriques et électroniques (EEE), représentant 1,60 millions de tonnes, ont été mis sur le marché français, dont :

- 546 millions d'équipements ménagers (1,37 million de tonnes),
- 63 millions d'équipements professionnels (environ 230 000 tonnes).

Au niveau européen, on estime que 8 à 9 millions de tonnes d'EEE sont mis sur le marché chaque année.

L'évaluation du gisement de déchets issus de ces équipements (DEEE), pour la fraction des EEE ménagers et assimilés<sup>1</sup> pour 2012 en France est comprise entre 17 et 24 kg/habitant, avec un scénario de référence à 20 kg/habitant selon une étude de l'Ademe de décembre 2013 (Monier *et al.*, 2013<sup>2</sup>).

Le devenir d'environ 70 % des ces déchets générés est identifié, les 30 % restant étant non documentés (Monier *et al.*, 2013<sup>2</sup>) :

- environ 6,9 kg/habitant sont collectés par les éco-organismes,
- environ 3,1 kg/habitant (essentiellement du Gros Électroménagers Hors Froid ou GEM HF) se trouvent dans le platin<sup>3</sup> qui est broyé en France,
- environ 1,8 kg/habitant se trouvent dans le platin exporté par des récupérateurs de métaux pour être broyé près des ports étrangers,
- entre 0,5 et 1,5 kg/habitant se trouvent dans les encombrants apportés en déchetterie,
- environ 1 kg/habitant se trouve dans les ordures ménagères résiduelles (OMR).

Pour les fractions collectées en-dehors des éco-organismes, la récupération est soit apportée par les ménages eux mêmes chez les récupérateurs métaux, contre rémunération, soit faite sur la voie publique, auprès des bailleurs d'immeubles ou chez les ménages, par des collecteurs. Ces collecteurs, par exemple par des installateurs opérant à leur compte, négocient la revente des équipements chez des récupérateurs métaux.

Par ailleurs, des flux issus de la collecte sélective échappent à la filière des éco-organismes, au niveau des déchetteries (vols et pillage) et des distributeurs (vols et détournement). Enfin, une fraction des EEE usagés et des DEEE entiers est exportée, légalement ou illégalement.

---

<sup>1</sup> Les DEEE « assimilés » sont les DEEE d'origine commerciale, industrielle, institutionnelle ou autre qui, en raison de leur nature et de leur quantité, sont assimilés à ceux des ménages (ex : les ordinateurs portables).

<sup>2</sup> Monier V., Hestin M., Chanoine A., Witte F. et Guilcher S. (2013). Projet de quantification des déchets d'équipement électriques et électroniques (DEEE) en France. Gisement et destinations des DEEE ménagers et assimilés. Etude réalisée pour le compte de l'ADEME et OCAD3E par BIO Intelligence Service S.A.S. - Contrat n°1202C0048.

<sup>3</sup> Ferraille à broyer, la ferraille de récupération provenant des objets mis au rebut ou destinés à l'abandon (épaves automobiles, électroménager...).

Le volume total de DEEE collectés en 2012 représentait 470 556 tonnes, dont 452 732 tonnes de DEEE ménagers et assimilés, et 17 824 tonnes de DEEE professionnels.

Ces DEEE se divisent en 5 flux :

- le Gros Électroménagers Froid ou GEM Froid (GEM F),
- le Gros Electroménagers Hors Froid ou GEM Hors Froid (GEM HF),
- les écrans,
- les petits appareils en mélange (PAM),
- les lampes.

Le détail par flux, hors lampes, de la part des gisements de DEEE ménagers et assimilés collectés par les éco-organismes est présenté dans le Tableau 1.

*Tableau 1 : Part du gisement des DEEE ménagers et assimilés collecté par les éco-organismes*

<b>Flux</b>	<b>Volume estimé de DEEE annuel (scenario de référence)</b> (milliers de tonnes)	<b>Part collectée</b> (en masse)
GEM hors froid	466	31 à 38 %
GEM froid	172	38 à 66 %
PAM	475	19 à 27 %
Ecrans	201	44 à 61 %
Tous flux confondus	1300	30 à 40 %

Pour les DEEE professionnels 97 % du tonnage collecté ont été pris en charge via les systèmes individuels mis en place par les producteurs ; les 3 % restants ont été déclarés par les éco-organismes agréés.

## **1.2 COMPOSITION DES DEEE**

La composition des équipements électriques et électroniques est très variable d'un équipement à un autre. On retrouvera principalement :

- des métaux ferreux,
- des métaux non ferreux (cuivre, plomb, étain),
- des métaux rares (or, indium, ...),
- des matériaux inertes : verre, bois, béton...,
- des plastiques, contenant ou non des retardateurs de flamme halogénés,
- des composants spécifiques :
  - o CFC et autres gaz à effet de serre,
  - o piles et accumulateurs,
  - o tubes cathodiques avec luminophores contenant des terres rares,
  - o écrans à cristaux liquides,
  - o commutateurs au mercure...

### 1.3 ORGANISATION DES FILIERES DE TRAITEMENT

La réglementation définit et priorise 5 types de traitement des DEEE. Ils sont présentés dans le Tableau 2, ainsi que la répartition des tonnages associés.

*Tableau 2 : Répartition des tonnages traités en 2012 par mode de traitement*

Type de traitement	Répartition des tonnages traités
Réemploi ou réutilisation	2 %
Réutilisation en pièces	<1 %
Recyclage	77 %
Valorisation énergétique	7 %
Destruction ou élimination	13 %

Dans la pratique, les flux de DEEE mentionnés précédemment font l'objet de traitements spécifiques sur des sites généralement sous-traitants des éco-organismes ou autres collecteurs. Ces flux font l'objet d'opérations spécifiques, telles que le retrait des câbles électriques extérieurs et autres indésirables, le démantèlement, le tri des fractions ferreuse, non ferreuse et plastique, etc.

En 2012, sur les 446 083 tonnes de DEEE traitées et gérées par les éco-organismes, les métaux ferreux représentaient la majeure partie avec 43 % du tonnage ; viennent ensuite les plastiques (17 %) et le verre (14 %).

Bien qu'ils ne représentent pas la majeure partie des DEEE traités et gérés par les éco-organismes, les plastiques constituent à l'issue de ces traitements un gisement à part entière sur lequel il est nécessaire de réaliser une opération de tri pour distinguer la fraction recyclable de la fraction contenant des retardateurs de flamme bromés (RFB). Cette dernière représente 31 % des composants spécifiques extraits des DEEE ménagers (soit plus de 38 000 t), et 40 % des composants spécifiques extraits des DEEE professionnels (soit près de 500 t).

Actuellement, il existe deux types de techniques de séparation sur les plastiques, mises en œuvre au niveau industriel, qui permettent de trier la fraction contenant des RFB :

- tri par densité dans la plupart des installations, la fraction bromée étant plus lourde que les autres plastiques ;
- mise en œuvre de techniques analytiques (principalement rayons X par transmission (XRT)), permettant de détecter la présence de l'élément brome dans les plastiques.

Si les DEEE en tant que tels constituent un flux de déchets grandissant qui mérite l'attention des pouvoirs publics, on voit sur la base de cette première partie qu'il est nécessaire de porter une vigilance particulière aux flux résultants du traitement de ces déchets. En effet, ce sont bien ces flux secondaires, qui, faisant l'objet d'une opération de recyclage, seront réintroduits dans le cycle économique et qu'il convient donc de cadrer pour éviter notamment la dispersion des substances dangereuses dans l'environnement.

Ainsi la suite de ce rapport se consacre à l'approfondissement du contenu en substances dangereuses de la fraction plastique des DEEE, et de leur toxicité.

## **2. CADRE REGLEMENTAIRE**

De nombreuses réglementations encadrent la production, la mise sur le marché, la collecte et le traitement des EEE et des DEEE. La présente partie n'a pas pour objectif de faire la liste exhaustive de ces textes, mais de pointer uniquement ceux qui concernent la question des substances dans les EEE et la gestion des DEEE en fonction de leur contenu en substances dangereuses.

### **2.1 DIRECTIVE DEEE**

La Directive 2012/19/UE, dite Directive DEEE, instaure des mesures visant à « protéger l'environnement et la santé humaine par la prévention ou la réduction des effets nocifs associés à la production et à la gestion des DEEE, et par une réduction des incidences négatives globales de l'utilisation des ressources et une amélioration de l'efficacité de cette utilisation ».

Parmi les moyens ciblés par la Directive pour atteindre ces objectifs, figure la collecte séparée (article 5), ciblant en priorité « les équipements d'échange thermique qui contiennent des substances appauvrissant la couche d'ozone et des gaz fluorés à effet de serre, les lampes fluorescentes contenant du mercure, les panneaux photovoltaïques et les petits équipements<sup>4</sup> ».

En outre, la collecte et le transport des DEEE collectés séparément doivent être réalisés « de manière à assurer des conditions optimales de préparation en vue du réemploi, de recyclage et de confinement des substances dangereuses » (article 6).

Enfin, la Directive impose un traitement approprié aux DEEE (article 8), avec un traitement sélectif prévoyant l'extraction de certains composants (condensateurs au PCB, cartes de circuits imprimés, lampes à décharge, matières plastiques contenant des retardateurs de flamme bromés, etc.) et de substances dangereuses (mercure, CFC, etc.) pour prévenir toute pollution (annexe VII).

Si cette Directive n'est pas encore transposée en droit français, certaines des dispositions citées ci-dessus, telles que l'extraction de certains composants, sont déjà reprises dans la législation française (en l'occurrence, à travers l'arrêté du 23 novembre 2005 relatif aux modalités de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques), car elles résultent de la transposition de directives antérieures dans lesquelles figuraient déjà ces dispositions.

### **2.2 DIRECTIVE ROHS**

La Directive 2002/95/CE, dite Directive RoHS I (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) a été refondue et correspond aujourd'hui à la Directive 2011/65/UE (dite RoHS II), qui « établit les règles relatives à la limitation de l'utilisation de substances dangereuses dans les EEE afin de contribuer à la protection de la santé humaine et de l'environnement, y compris la valorisation et l'élimination écologiquement rationnelles des DEEE. »

---

<sup>4</sup> Equipements dont toutes les dimensions extérieures sont inférieures ou égales à 50 cm, y compris petits équipements informatiques et de télécommunication

La directive 2011/65/EU est entrée en vigueur le 21 juillet 2011 et a été transposée en droit Français par le décret n°2013-988 du 6 novembre 2013 relatif à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.

Cette directive mentionne 11 catégories d'équipements électriques et électroniques auxquelles s'appliquent des dispositions. En particulier, les EEE mentionnés ne peuvent contenir aucune des 6 substances définies à l'annexe II. Toutefois, dans les matériaux homogènes, une concentration en poids inférieure aux seuils indiqués dans le Tableau 3 est tolérée.

*Tableau 3 : Limites de concentrations autorisées pour les substances ciblées par la Directive RoHS*

<b>Substance</b>	<b>Valeur de concentration maximale autorisée</b>
Cadmium	0,01 %
Chrome VI	0,1 %
Mercur	0,1 %
Plomb	0,1 %
Polybromobiphényles (PBB)	0,1 %
Polybromodiphényléthers (PBDE)	0,1 %

Les conditions dans lesquelles certains équipements électriques et électroniques sont exemptés de la règle générale de limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses sont fixées par les annexes III et IV de la directive.

Afin d'atteindre les objectifs fixés par la directive et de prendre en considération le principe de précaution, la Commission Européenne considère le réexamen, fondé sur une évaluation détaillée, et la modification de la liste des substances soumises à limitations de façon périodique, de sa propre initiative ou à la suite de la proposition d'un État Membre.

En préparation du réexamen de juillet 2014, une première étude a été lancée par l'agence fédérale autrichienne de l'environnement en 2012 et a été conclue en janvier 2014. Cette étude avait pour but :

- la rédaction d'une méthodologie pour l'identification, la priorisation et l'évaluation des substances potentiellement pertinentes dans les EEE,
- l'application de cette méthodologie pour établir un inventaire des substances présentes dans les EEE.

Une liste de 23 substances prioritaires a ainsi été établie, ainsi qu'un dossier détaillé sur 4 de ces substances, jugées prioritaires par la Commission Européenne (un retardateur de flamme bromé - l'hexabromocyclododecane, HBCDD - et trois phtalates plastifiants – phtalate de bis(2-ethyl-hexyl) (DEHP), phtalate de benzyle et de butyle (BBP), phtalate de dibutyle (DBP).

En outre, un dossier détaillé a également été établi pour le phtalate de di-isobutyle (DIBP), substance jugée à risque et utilisée par les industriels comme substitut au DEHP depuis la limitation de l'usage de celui-ci par la Directive.

### **2.3 CIRCULAIRE DU 30 NOVEMBRE 2012**

En droit français, la circulaire du 30 novembre 2012 encadre spécifiquement la gestion des plastiques issus des DEEE. Elle précise les possibilités de valorisation des plastiques en fonction des niveaux de tri opérés sur les déchets, comme schématisé sur la Figure 1.

Elle établit notamment que les plastiques issus des flux de GEM (froid ou hors froid) sont présumés ne pas contenir de retardateurs de flammes bromés, et les considère ainsi comme non dangereux. *A contrario*, elle considère par défaut que les autres flux de DEEE, sans éléments d'analyse ou de preuve contraire, sont réputés contenir des RFB et doivent être considérés comme des déchets dangereux.

Elle rappelle la disposition du règlement POP limitant les modes de traitement pour les fractions contenant l'une des substances visées par ce règlement au-delà du seuil associé.

En outre, la circulaire rappelle que « *le fait que les fractions de déchets de plastiques issus du démantèlement de DEEE soient dangereuses du fait de la présence de RFB n'interdit pas la valorisation matière de celle-ci. La connaissance de la dangerosité de ces déchets de plastiques est importante pour le classement du site de traitement et en cas de transfert transfrontaliers* ».

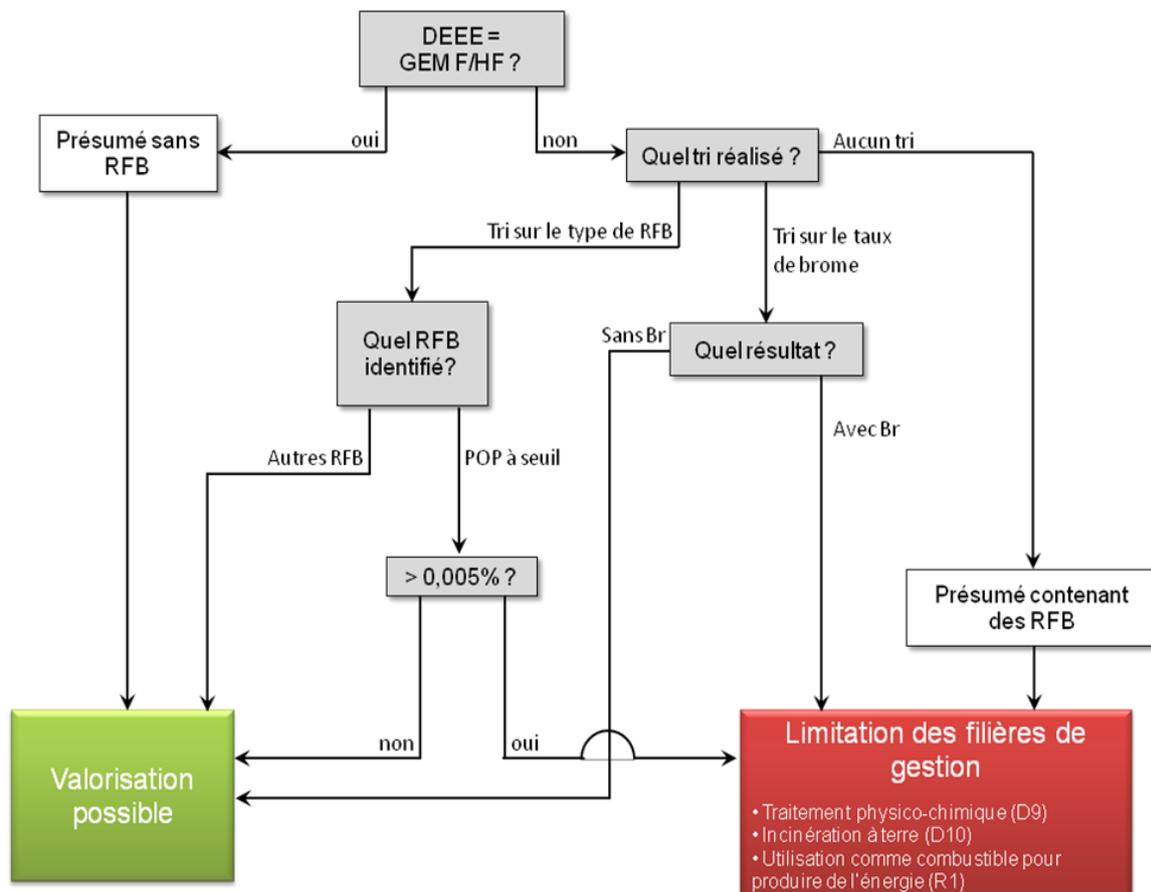


Figure 1 : Synthèse des recommandations de la circulaire sur la gestion de la fraction plastique des DEEE

## 2.4 CONVENTION DE STOCKHOLM

La convention de Stockholm, adoptée en mai 2001 par 150 gouvernements, dont les États membres de l'UE, a pour objectif de limiter la pollution par les Polluants Organiques Persistants (POP). Elle identifie les POP, ainsi que les règles relatives à leur production, leur importation et leur exportation.

Les POP sont des substances organiques qui présentent des propriétés particulièrement importantes de Persistance, Bioaccumulation et de Toxicité (PBT) et qui sont susceptibles en outre d'être transportées sur de longues distances.

La convention de Stockholm a initialement identifié 12 POP prioritaires produits non intentionnellement (sources diverses, telles que la combustion domestique ou les incinérateurs de déchets) ou intentionnellement.

Dans un premier temps, la convention vise à interdire la production et l'utilisation de substances, ou à limiter leur production et leur utilisation, ou à limiter leur production involontaire et leurs rejets dans l'environnement.

Au-delà des 12 POP identifiés lors de l'adoption de la convention, plusieurs autres substances sont désormais notifiées et en cours d'étude pour être inscrite aux Annexes de la convention.

Le règlement européen (CE) 850/2004 du 29 avril 2004 met en œuvre les engagements pris dans le cadre de la Convention de Stockholm.

## 2.5 REGLEMENT REACH

Le règlement européen REACH (1907/2006/CE), entré en vigueur le 1<sup>er</sup> juin 2007, porte sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques. Il vise à sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne, en rationalisant et améliorant l'ancien cadre réglementaire européen sur les substances chimiques. Plus précisément, les principaux objectifs de REACH sont :

- de protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques potentiels que peuvent poser les substances chimiques ;
- d'instaurer une information complète et transparente sur la nature et les risques des substances, du fournisseur au client final ;
- d'assurer la promotion de méthodes d'essai alternatives ;
- d'assurer la libre circulation des substances au sein du marché intérieur et de renforcer la compétitivité et l'innovation.

Contrairement à l'ancien règlement 793/93/CE, REACH fait porter à l'industrie la responsabilité d'évaluer et de gérer les risques posés par les substances chimiques et de fournir des informations de sécurité adéquates à leurs utilisateurs. En parallèle, l'Union européenne, *via* son Agence Européenne des substances Chimiques (ECHA) peut prendre des mesures supplémentaires concernant des substances extrêmement dangereuses, quand une action complémentaire au niveau européen se révèle nécessaire.

## 2.6 REGLEMENT CLP

Le règlement européen CLP (1272/2008/CE), entré en vigueur le 20 janvier 2009, porte sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances chimiques et des mélanges de substances chimiques. Il vise à faciliter le commerce international des produits chimiques tout en maintenant le niveau existant de protection de la santé humaine et de l'environnement. Il vise également à l'harmonisation de l'ancienne législation européenne sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances chimiques et préparations (Directives 67/548/CEE et 1999/45/CEE) avec le Système Global Harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (GHS), système des Nations Unies permettant d'identifier les produits chimiques dangereux et d'informer les utilisateurs sur ces dangers au moyen de symboles et de phrases standardisés sur l'étiquette des emballages, et par des fiches de données sécurité (FDS).

Le règlement CLP permet notamment la classification des substances chimiques sur des critères de cancérogénicité, de mutagénicité et de reprotoxicité (CMR).

### **3. RETARDATEURS DE FLAMMES BROMES DANS LES DEEE**

Une étude lancée par l'agence fédérale autrichienne de l'environnement en 2012 pour le réexamen de la directive RoHS (voir partie 2.2) a proposé une méthodologie pour l'identification, la priorisation et l'évaluation des substances potentiellement pertinentes dans les EEE (toutes fractions confondues). Trois listes de substances ont ainsi été établies sur la base de cette méthodologie, identifiant respectivement 738 substances présentes dans les DEEE, 224 susceptibles de l'être et 76 suspectées de l'être (mais sans preuve en l'état actuel des connaissances).

En parallèle, une étude<sup>5</sup> de l'EFSA (European Food Safety Authority) a répertorié une liste de 30 retardateurs de flammes bromés nouveaux et émergents, retrouvés dans les aliments et dont l'origine n'est généralement pas connue.

Ces études, complétées par les substances contenues dans la circulaire du 30 novembre 2012, ont permis d'établir une liste de 1067 substances potentiellement présentes dans les EEE, dont 752 potentiellement associées à la fraction plastique (élimination des substances métalliques, céramiques, solvants, etc. associés à d'autres fractions des EEE que les plastiques). Pour 448 d'entre elles, cette présomption est particulièrement forte de par leur nature (additifs tels que les retardateurs de flamme bromés et polymères).

Afin de circonscrire le champ de recherche de cette étude et sur demande du MEDDE, l'intérêt s'est porté sur les substances appartenant à la famille des retardateurs de flammes bromés (61 molécules parmi les 448 très probablement associées à la fraction plastique) pour un approfondissement des connaissances sur leur toxicité. La liste de ces substances est présentée en annexe 1 du rapport.

#### **3.1 METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LA CATEGORISATION DES RFB DANS LES DEEE**

Afin de catégoriser les RFB présents dans les DEEE vis-à-vis de leurs propriétés de danger, ce chapitre vise à distinguer, parmi les 61 « substances candidates », celles présentant des dangers identifiés ou suspectés, de celles dont les dangers seraient négligeables.

Ainsi, la démarche a consisté à définir :

- i) une liste A de substances pour lesquelles des dangers sont identifiés,
- ii) une liste B de substances pour lesquelles une évaluation des dangers doit être réalisée pour juger de la nécessité de les intégrer ou non à la liste A.

---

<sup>5</sup> EFSA (2012). "Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food - EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain." *The EFSA Journal* **10**(10):2908 ; pp 1-133.

Ce travail a été réalisé selon une méthodologie de « screening », c'est-à-dire sur la base d'informations directement et rapidement disponibles dans la littérature, et non sur la base d'une recherche bibliographique exhaustive des propriétés de danger et d'occurrence. Parmi elles, 2 types d'informations sont distinguées :

- des informations à caractère réglementaire relatives à la classification harmonisée ou à l'enregistrement sous REACH par exemple,
- des informations qui n'ont pas de caractère réglementaire, comme des mentions de dangers issues de classification notifiée par exemple.

La démarche appliquée par l'INERIS consiste à prioriser les critères considérés pour la catégorisation des substances, en préférant toujours les informations à caractère réglementaire, puis les données issues d'expertises collectives (US-EPA, IARC), avant de considérer les travaux menés sur la base de travaux scientifiques qui ne sont pas forcément intégrés dans des expertises collectives. D'autre part, l'application du pire cas est appliquée de manière systématique pour l'évaluation des dangers, afin de protéger au mieux la santé humaine, ainsi que la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Afin de mener à bien ce travail, 5 catégories de critères ont donc plus précisément été sélectionnés.

**1) Critères liés à l'interdiction / restriction.** Nous avons retenu l'inscription de la substance à l'Annexe A ou B de la convention de Stockholm. Par anticipation, les substances notifiées pour inscription ont également été retenues même si formellement elles ne sont pas encore réglementées.

**2) Critères réglementaires.** Nous avons considéré, pour chaque substance :

- la soumission à limitation avec une valeur de concentration maximale associée tolérée en poids dans les matériaux homogènes des EEE (directives RoHS et RoHS2),
- la soumission à un seuil de dangerosité à ne pas dépasser pour le traitement des déchets non dangereux (Circulaire 30/11/12).

**3) Critères de danger(s) intrinsèque(s) de la substance.** Ont été pris en compte, pour chaque substance et par ordre de robustesse :

- la classification harmonisée selon le CLP. Elle constitue une information à privilégier car toute mention de danger selon cette classification présente un caractère réglementaire,
- la classification « notifiée » à l'inventaire prévu par le CLP, pour laquelle l'industrie a proposé une classification sur la base des éléments dont elle disposait. Ces classifications notifiées n'ont pas fait l'objet d'une expertise collective de la part des autorités compétentes européennes ou de l'agence européenne des produits chimiques (ECHA). Plusieurs notifications peuvent avoir été soumises par plusieurs industriels ; aussi l'approche suivante a été retenue :

- considérer en priorité les classifications notifiées dans le cadre d'une demande d'enregistrement (mentions de danger pour la santé et l'environnement). Cette classification notifiée est considérée préférentiellement à celle concernant les classifications notifiées dans le cadre de l' « inventaire CLP » hors dossier d'enregistrement, dans la mesure où elle est l'aboutissement d'un travail plus approfondi de collecte de données de toxicité et d'écotoxicité, mené par un ou plusieurs consortiums d'experts industriels.
- considérer en second lieu les classifications notifiées dans le cadre de l'« inventaire CLP » (mentions de danger pour la santé et pour l'environnement) :
  - préférentiellement la classification notifiée la plus fréquente, et donc considérée comme la plus consensuelle au sein de l'industrie,
  - à défaut toute classification, c'est-à-dire considérer toute mention de danger pour la santé ou pour l'environnement citée au moins une fois.

Ces données relatives à la classification et établies selon les critères de l'Union Européenne ont également été complétées sur les aspects de dangers de la substance, par les informations suivantes :

- Propriétés de cancérogénicité, mutagénicité ou reprotoxicité (CMR), selon l'US-EPA et l'IARC : cancérogène/mutagène/reprotoxique avéré, probable, suspecté, non classé ou non évalué pour cause de données insuffisantes.
- Propriétés connues ou suspectées de perturbation endocrine (PE), sans valeur réglementaire, basées sur les listes de screening établies dans le cadre d'un rapport technique pour la Commission européenne<sup>6</sup> et sur des publications scientifiques. De manière générale, dans les sources prospectées selon la méthodologie appliquée dans la présente étude, les substances sont considérées comme perturbateurs endocriniens lorsque la perturbation endocrine est mise en évidence dans au moins une étude *in vivo*. La propriété de perturbation endocrine n'est par contre que suspectée lorsqu'elle est mise en évidence uniquement dans des études *in vitro*. De manière générale, ces qualifications doivent être considérées avec prudence, dans la mesure où les critères de définition des perturbateurs endocriniens sont en cours de discussion au niveau européen.
- Propriétés de Persistance, Bioaccumulation et Toxicité (PBT), sans caractère réglementaire et parfois basées sur des données prédictives (QSAR<sup>7</sup>, etc.) telles que disponibles publiquement (ex : [www.ineris.fr/substances](http://www.ineris.fr/substances)).

---

<sup>6</sup> Petersen, G., et al. (2007). Study on enhancing the Endocrine Disrupter priority list with a focus on low production volume chemicals. Report ENV.D.4/ETU/2005/0028r, DHI water & environment: 252.

<sup>7</sup> QSAR : Quantitative Structure Activity Relationship

**4) Critères de devenir environnemental de la substance.** Nous avons en outre considéré pour chaque substance ses propriétés de persistance, en priorité selon le règlement CLP (phrase de risque R53), ou à défaut selon des données prédictives.

**5) Enregistrement de ces substances dans le cadre de REACH** et tonnage dont elles font l'objet. En effet, pour toute substance enregistrée sous REACH, un dossier d'enregistrement est soumis dont le contenu fournit des informations sur la toxicité de la substance. De plus, l'information du volume de substance produite dans le cadre de REACH peut également être intéressante pour catégoriser les RFB contenus dans les DEEE qui pourraient être pertinents pour le recyclage. En effet, une substance représentant peu ou pas de dangers, mais produite en grande quantité, est considérée comme d'autant plus pertinente en termes d'économie circulaire.

### 3.2 RESULTATS

Parmi les 61 substances identifiées comme candidates pour l'analyse, 17 substances figurent dans les directives RoHS ou dans la Circulaire du 30/11/12 relative à la gestion des plastiques issus des déchets d'équipements électriques et électroniques. Parmi elles, 8 sont en outre interdites ou déjà soumises à restriction au niveau international, dans le cadre de la convention de Stockholm. Ces substances peuvent donc être écartées car déjà réglementées et la suite du travail s'est donc concentrée sur les **44 substances restantes qui ne sont pas couvertes par la réglementation.**

Une classification harmonisée dont les mentions « H » décrivent des dangers pour la santé et/ou pour l'environnement ou une classification CMR, la connaissance de mécanismes de perturbation endocrine ou encore la reconnaissance d'un potentiel PBT, ont été considérées comme des indications d'un ou plusieurs dangers qui limiteraient le potentiel de recyclage des plastiques provenant des DEEE. Ainsi, parmi celles non couvertes par les réglementations, 10 substances présentent des dangers identifiés pour la santé humaine et/ou l'environnement (Tableau 4) et 8 des propriétés de danger qui ne sont que suspectées (Tableau 5). **Ces substances constituent donc la liste A et leur présence dans les DEEE pourrait être considérée comme l'un des critères écartant les DEEE les contenant des filières de recyclage. Pour ces substances, des actions de réglementation ou de restriction dans les déchets pourraient être envisagées.**

*Tableau 4 : Substances non couvertes par les interdictions et la réglementation déchets et dont les dangers pour la santé humaine et/ou l'environnement sont identifiés (10 substances)*

N° CAS	Nom de la substance
126-72-7	TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL) PHOSPHATE (TDBPP)
26040-51-7	PHTHALIC ACID, TETRABROMO, BIS(2-ETHYLHEXYL) ESTER
32588-76-4	N,N'-ETHYLENE BIS(3,4,5,6-TETRABROMOPHTHALIMIDE)
3296-90-0	2,2-BIS(BROMOMETHYL)PROPANE-1,3-DIOL
52434-90-9	1,3,5-TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE(TDBP-TAZTO)
59447-55-1	PENTABROMOBENZYL ACRYLATE (PBB-Acr)
608-71-9	PENTABROMOPHENOL
85-22-3	PENTABROMOETHYLBENZENE (PBEB)
87-82-1	HEXABROMOBENZENE
87-83-2	PENTABROMOTOLUENE (PBT)

*Tableau 5 : Substances non couvertes par les interdictions et la réglementation déchets et dont les dangers sont suspectés (8 substances)*

N° CAS	Nom de la substance
118-79-6	2,4,6-TRIBROMOPHENOL
1522-92-5	TRIBROMONEOPENTYL ALCOHOL (TBNPA)
20566-35-2	2-(2-HYDROXYETHOXY)ETHYL 2-HYDROXYPROPYL 3,4,5,6-TETRABROMOPHTHALATE (HEEHP-TEBP)
23488-38-2	2,3,5,6-TETRABROMO-p-XYLENE (TBX)
25327-89-3	2,2',6,6'-TETRABROMO BISPHENOL A DIALLYL ETHER
3234-02-4	2,3-DIBROMO-2-BUTENE-1,4-DIOL
3322-93-8	4-(1,2-DIBROMOETHYL)-1,2-DIBROMOCYCLOHEXANE (DBE-DBCH)
615-58-7	2,4-DIBROMOPHENOL

Au total, ce sont donc 35 substances (cf. Annexe 2), qui pourraient être écartées des filières de recyclage des DEEE, soit qu'elles sont déjà réglementées par les textes législatifs existants au niveau européen et/ou national, soit qu'elles présentent des propriétés de danger identifiées ou suspectées.

En parallèle, **pour 26 substances, des propriétés de danger ne sont pas décrites dans les sources prospectées. Elles constituent la liste B.** Parmi elles, 3 font l'objet d'un enregistrement dans le cadre de REACH. Pour ces 3 dernières, des données toxicologiques et écotoxicologiques sont donc disponibles dans le dossier d'enregistrement. Elles n'ont pas été analysées à ce jour. Pour les 23 autres substances, en revanche, aucune donnée n'est disponible selon le mode de collecte de données appliqué dans le cadre du présent travail. Il conviendrait donc pour ces dernières **d'acquérir plus de données afin de renseigner au mieux leur dangerosité.**

*Tableau 6 : Liste B de substances non réglementées et dont les propriétés de danger ne peuvent être évaluées selon la méthodologie appliquée dans la présente étude (26 substances)*

N° CAS	Nom de la substance
1025956-65-3	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)
1084889-51-9	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)
121839-52-9	PHENOL, 4,4-(1-METHYL ETHYLIDENE)BIS-, TERABROMO DERIVE
135229-48-0	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 20)
139638-58-7	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 14)
155613-93-7	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)
183658-27-7	2-ETHYLHEXYL 2,3,4,5-TETRABROMOBENZOATE (EH-TBB)
19186-97-1	TRIS(TRIBROMONEOPENTYL) PHOSPHATE (TTBNPP)
21850-44-2	TETRABROMO BISPHENOL A BIS(DIBROMOPROPYL ETHER)
25495-98-1	HEXABROMOCYCLODECANE (HBCYD)
25713-60-4	2,4,6-TRIS(2,4,6-TRIBROMOPHENOXY)-1,3,5-TRIAZINE (TTBP-TAZ)
28906-13-0	2,6-DIBROMO-4-[1-(3,5-DIBROMO-4-HYDROXY-PHENYL)-1-METHYL-ETHYL]PHENOL
30496-13-0	2,5-DIBROMO-4-[2-(3,5-DIBROMO-4-HYDROXY-PHENYL)PROPAN-2-YL]PHENOL
31780-26-4	DIBROMOSTYRENE (DBS)
3194-57-8	1,2,5,6-TETRABROMOCYCLOOCTANE (TBCO)
34571-16-9	1,2,3,4,7,7-HEXACHLORO-5-(2,3,4,5-TETRABROMOPHENYL)-BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE (HCTBPH)
37853-61-5	TETRABROMOBISPHENOL A DIMETHYL ETHER
39635-79-5	TETRABROMO-BISPHENOL S
51936-55-1	5,6-DIBROMO-1,10,11,12,13,13-HEXACHLORO-11-TRICYCLO[8.2.1.02,9]-TRIDECENE (DBHCTD)
57829-89-7	1-(2,3-DIBROMOPROPYL)-3,5-DIALLYL-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (DBP-TAZTO)
58965-66-5	TETRADECABROMO-1,4-DIPHENOXYBENZENE
69882-11-7	POLY(2,6-DIBROMOPHENOL OXIDE)
70682-74-5	BROMINATED PHENOXY RESIN
75795-16-3	1,3-BIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-5-(2-PROPEN-1-YL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (BDBP-TAZTO)
893843-07-7	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)
94334-64-2	TETRABROMOBISPHENOL A -CARBONATE-OLI GOMERS (TBBP A)

D'autre part, parmi les substances de la liste B, 7 pourraient être particulièrement persistantes selon le screening effectué dans la présente étude sur cette propriété (propriétés de persistance au sens du règlement CLP ou selon des données prédictives).

*Tableau 7 : Liste de substances non réglementées, dont les propriétés de danger ne peuvent être évaluées (liste B) et qui pourraient être particulièrement persistantes selon la méthodologie appliquée dans la présente étude (7 substances)*

N° CAS	Nom de la substance
21850-44-2	TETRABROMO BISPHENOL A BIS(DIBROMOPROPYL ETHER)
30496-13-0	2,5-DIBROMO-4-[2-(3,5-DIBROMO-4-HYDROXY-PHENYL)PROPAN-2-YL]PHENOL
34571-16-9	1,2,3,4,7,7-HEXACHLORO-5-(2,3,4,5-TETRABROMOPHENYL)-BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE (HCTBPH)
37853-61-5	TETRABROMOBISPHENOL A DIMETHYL ETHER
39635-79-5	TETRABROMO-BISPHENOL S
51936-55-1	5,6-DIBROMO-1,10,11,12,13,13-HEXACHLORO-11-TRICYCLO[8.2.1.02,9]-TRIDECENE (DBHCTD)
58965-66-5	TETRADECABROMO-1,4-DIPHENOXYBENZENE

## 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La présente étude a permis dans un premier temps de sélectionner 61 substances RFB contenues dans les plastiques des DEEE et pertinentes à étudier dans le cadre de la feuille de route pour la transition écologique autour du chantier « économie circulaire ». Parmi elles, 35 substances présentent des dangers pour la santé humaine ou l'environnement, dont 17 sont déjà réglementées par les textes législatifs existants au niveau européen, international et/ou national, et encadrant soit le recyclage, soit leur utilisation dans les EEE. Pour les 18 substances pour lesquelles un danger a pu être identifié mais qui ne sont pas réglementées, il pourrait être pertinent de fixer des limitations en termes de concentrations maximales tolérées en poids dans les EEE ou dans la fraction recyclable des DEEE. Pour les 26 RFB restants, aucune évaluation des dangers n'a pu être faite à ce stade du fait de l'absence de données disponibles dans les sources prospectées. Il est à noter néanmoins que la similarité de structure chimique des retardateurs de flamme bromés laisse supposer des similitudes dans les propriétés de danger de ces substances avec les RFB pour lesquels un danger est identifié.

*Tableau 8 : Catégorisation des 61 retardateurs de flamme bromés (RFB) étudiés dans le cadre de cette étude*

<b>61</b> RFB étudiés	<b>LISTE A</b>	<b>35</b> RFB	<b>17</b> substances réglementées, dont 8 POP (Annexe 2)
		Un(des) danger(s) toxicologiques/écotoxicologiques identifié(s)	<b>18</b> substances non réglementées (Tableau 4, Tableau 5 et Annexe 3)
	<b>LISTE B</b>	<b>26</b> RFB	<b>3</b> substances enregistrées sous REACH <sup>8</sup> , dont 1 Persistante
		Pas d'évaluation des dangers possible selon les sources prospectées (Tableau 6 et Annexe 3)	<b>23</b> substances non enregistrées sous REACH, dont 6 Persistantes

Ces travaux seront poursuivis au second semestre 2014 et complétés notamment par une recherche bibliographique des concentrations en RFB dans les plastiques des EEE pour 61 substances, avec un focus particulier sur les substances POP, réglementées par la Convention de Stockholm. Pour les substances les plus pertinentes, une évaluation de leurs propriétés de danger pourra également être menée, afin de poursuivre la catégorisation par une priorisation des RFB, dans une perspective de recyclage des DEEE. Un classement en dangerosité des DEEE (au sens de la réglementation déchets) sera mené et pourra servir également à la priorisation de ces substances. Enfin, une étude complémentaire des filières de production et de recyclage pourrait être envisagée pour évaluer les impacts et la fiabilité des filières, ainsi que la traçabilité des substances.

Confrontée aux pratiques de gestion, et notamment aux techniques de séparation des fractions plastiques mises en œuvre aujourd'hui, une priorisation des RFB pourra éventuellement permettre d'établir certaines recommandations quant à l'amélioration des pratiques pour le recyclage des plastiques des DEEE.

<sup>8</sup> Dossiers non analysés à ce jour

## LISTE DES ANNEXES

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Liste des RFB potentiellement présents dans les plastiques des DEEE	3 A4
Annexe 2	Liste des 17 RFB réglementés	1 A4
Annexe 3	Liste des 44 RFB non réglementés, avec leurs propriétés de persistance et danger associées selon la méthodologie de collecte des données appliquée dans la présente étude	2 A4

## ANNEXE 1 : Liste des RFB potentiellement présents dans les plastiques des DEEE

Famille de RFB	Substances	CAS	Régis par le règlement POP (seuil)	Seuil de valorisation POP	Interdiction dans RoHS (seuil autorisé dans les matériaux homogènes)	Priorisation selon RoHS 2
Nouveaux RFB	1-(2,3-DIBROMOPROPYL)-3,5-DIALLYL-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (DBP-TAZTO)	57829-89-7				
RFB émergents	1,2,3,4,7,7-HEXACHLORO-5-(2,3,4,5-TETRABROMOPHENYL)-BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE (HCTBPH)	34571-16-9				
RFB émergents	1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane	37853-59-1				
RFB émergents	1,3,5-TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE(TDBP-TAZTO)	52434-90-9				
Nouveaux RFB	1,3-BIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-5-(2-PROPEN-1-YL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (BDBP-TAZTO)	75795-16-3				
Hexabromocyclododécane (HBCDD)	1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane	3194-55-6				priorité (I)
RFB émergents	1,2,5,6-TETRABROMOCYCLOOCTANE (TBCO)	3194-57-8				
Nouveaux RFB	2-(2-HYDROXYETHOXY) ETHYL 2-HYDROXYPROPYL 3,4,5,6-TETRABROMOPHTHALATE (HEEHP-TEBP)	20566-35-2				
RFB	2,2',6,6'-Tetrabromobisphenol A diallyl ether	25327-89-3				
Nouveaux RFB	2,2-bis(bromomethyl)propane-1,3-diol	3296-90-0				
RFB émergents	2,3,5,6-TETRABROMO-p-XYLENE (TBX)	23488-38-2				
RFB	2,3-DIBROMO-2-BUTENE-1,4-DIOL	3234-02-4				
RFB	2,3-dibromopropan-1-ol; 2,3-dibromo-1-propanol	96-13-9				priorité (I)
RFB	2,4,6-tribromophenol	118-79-6				
Nouveaux RFB	2,4,6-TRIS(2,4,6-TRIBROMOPHENOXY)-1,3,5-TRIAZINE (TTBP-TAZ)	25713-60-4				
RFB additive	2,4-Dibromophenol	615-58-7				
RFB	2,6-Dibromo-4-[1-(3,5-Dibromo-4-Hydroxy-Phenyl)-1-Methyl-Ethyl]Phenol	28906-13-0				
RFB émergents	2-ETHYLHEXYL 2,3,4,5-TETRABROMOBENZOATE (EH-TBB)	183658-27-7				
RFB émergents	4-(1,2-DIBROMOETHYL)-1,2-DIBROMOCYCLOHEXANE (DBE-DBCH)	3322-93-8				
RFB émergents	5,6-DIBROMO-1,10,11,12,13,13-HEXACHLORO-11-TRICYCLO[8.2.1.02,9]-TRIDECENE (DBHCTD)	51936-55-1				
RFB	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 14)	139638-58-7				
RFB	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 20)	135229-48-0				
RFB	Brominated phenoxy resin	70682-74-5				

Famille de RFB	Substances	CAS	Régis par le règlement POP (seuil)	Seuil de valorisation POP	Interdiction dans RoHS (seuil autorisé dans les matériaux homogènes)	Priorisation selon RoHS 2
Polybromobiphényles (PBB)	DECABROMOBIPHENYL	13654-09-6			X (0,1 %)	
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Décabromodiphényléther (DecaBDE)	1163-19-5	notifié		X (0,1 %)	
Nouveaux RFB	DIBROMOSTYRENE (DBS)	31780-26-4				
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Heptabromodiphényléther (C-OctaBDE)	68928-80-3	X (0,001 % / 0,1 % dans les matériaux recyclés)		X (0,1 %)	
RFB émergents	Hexabromobenzene	87-82-1				
Polybromobiphényles (PBB)	hexabromobiphényle	36355-01-8	X (utilisation interdite)	<0,005%	X (0,1 %)	
Nouveaux RFB	HEXABROMOCYCLODECANE (HBCYD)	25495-98-1				
Hexabromocyclododécane (HBCDD)	hexabromocyclododécane (HBCDD)	25637-99-4				priorité (I)
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Hexabromodiphényléther ( C-PentaBDE)	36483-60-0	X (0,001 % / 0,1% dans les matériaux recyclés)		X (0,1 %)	
Nouveaux RFB	N,N'-ethylenebis(3,4,5,6-tetrabromophthalimide)	32588-76-4				
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Nonabromodiphényléther (C-OctaBDE)	63936-56-1			X (0,1 %)	
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Octabromodiphényléther (OctaBDE) (C-OctaBDE)	32536-52-0			X (0,1 %)	
RFB émergents	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	1084889-51-9				
RFB émergents	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	1025956-65-3				
RFB émergents	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	893843-07-7				
RFB émergents	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	155613-93-7				
RFB	2,5-dibromo-4-[2-(3,5-dibromo-4-hydroxyphenyl)propan-2-yl]phenol	30496-13-0				
RFB émergents	PENTABROMOBENZENE COMPOUND	84852-53-9				
RFB émergents	PENTABROMOBENZYL ACRYLATE (PBB-Acr)	59447-55-1				
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Pentabromodiphényléther (PentaBDE) ( C-PentaBDE)	32534-81-9	X (0,001 % / 0,1% dans les matériaux recyclés)		X (0,1 %)	
RFB émergents	PENTABROMOETHYLBENZENE (PBEB)	85-22-3				
RFB émergents	PENTABROMOTOLUENE (PBT)	87-83-2				
Bromophénols et leurs dérivés (autres que le TBBPA ou ses dérivés)	Phenol, 4,4-(1-methylethylidene)bis-, tetrabromo deriv.	121839-52-9				
RFB	phenol, pentabromo-	608-71-9				
RFB émergents	Phthalic acid, tetrabromo, bis(2-ethylhexyl) ester	26040-51-7				
RFB additive	Poly(2,6-dibromophenol oxide)	69882-11-7				
Polybromobiphényles (PBB)	POLYBROMINATED BIPHENYL MIXTURE (PBB ) (Firemaster FF-1)	67774-32-7			X (0,1 %)	

Famille de RFB	Substances	CAS	Régis par le règlement POP (seuil)	Seuil de valorisation POP	Interdiction dans RoHS (seuil autorisé dans les matériaux homogènes)	Priorisation selon RoHS 2
Polybromobiphényles (PBB)	POLYBROMINATED BIPHENYLS ( all )	59536-65-1	pas tous		X (0,1 %)	
RFB	tétrabromobisphénol A (TBBPA)	79-94-7				priorité (II)
RFB	Tetrabromobisphenol A bis(dibromopropyl ether)	21850-44-2				
RFB	TETRABROMOBISPHENOL A -CARBONATE-OLI GOMERS (TBBP A)	94334-64-2				
RFB	TETRABROMOBISPHENOL A DIMETHYL ETHER	37853-61-5				
RFB	TETRABROMO-BISPHENOL S	39635-79-5				
Polybromodiphényléthers (PBDE)	Tétrabromodiphényléther ( C-PentaBDE)	40088-47-9	X (0,001 % / 0,1% dans les matériaux recyclés)		X (0,1 %)	
Nouveaux RFB	TETRADECABROMO-1,4-DIPHENOXYBENZENE	58965-66-5				
RFB émergents	TRIBROMONEOPENTYL ALCOHOL (TBNPA)	1522-92-5				
RFB émergents	TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL) PHOSPHATE (TDBPP)	126-72-7				
Nouveaux RFB	TRIS(TRIBROMONEOPENTYL) PHOSPHATE (TTBNPP)	19186-97-1				

ANNEXE 2 : Liste des 17 RFB réglementés, c'est-à-dire figurant dans les directives RoHS ou dans la Circulaire du 30/11/12 relative à la gestion des plastiques issus des déchets d'équipements électriques et électroniques et pour 8 d'entre elles interdites ou déjà soumises à restriction au niveau international, dans le cadre de la convention de Stockholm.

CAS	Substances	Interdiction / restriction	Réglementation
1163-19-5	DECABROMODIPHENYL ETHER (DecaBDE)		Réglementée
13654-09-6	DECABROMOBIPHENYL		Réglementée
25637-99-4	HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCDD)		Réglementée
3194-55-6	1,2,5,6,9,10-HEXABROMOCYCLODODECANE		Réglementée
32534-81-9	PENTABROMODIPHENYL ETHER (PentaBDE) ( C-PentaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
32536-52-0	OCTABROMODIPHENYL ETHER (OctaBDE) (C-OctaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
36355-01-8	HEXABROMOBIPHENYL	Interdiction ou restriction	Réglementée
36483-60-0	HEXABROMODIPHENYL ETHER( C-PentaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
37853-59-1	1,2-BIS(2,4,6-TRIBROMOPHENOXY)ETHANE		Réglementée
40088-47-9	TETRABROMODIPHENYL ETHER ( C-PentaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
59536-65-1	POLYBROMINATED BIPHENYLS ( all )	Interdiction ou restriction	Réglementée
63936-56-1	NONABROMODIPHENYL ETHER (C-OctaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
67774-32-7	POLYBROMINATED BIPHENYL MIXTURE (PBB ) (Firemaster FF-1)		Réglementée
68928-80-3	HEPTABROMODIPHENYL ETHER (C-OctaBDE)	Interdiction ou restriction	Réglementée
79-94-7	TETRABROMOBISPHENOL A (TBBPA)		Réglementée
84852-53-9	PENTABROMOBENZENE COMPOUND		Réglementée
96-13-9	2,3-DIBROMOPROPAN-1-ol; 2,3-DIBROMO-1-PROPANOL		Réglementée

ANNEXE 3 : Liste des 44 RFB non réglementés, avec leurs propriétés de persistance et danger associées selon la méthodologie de collecte des données appliquée dans la présente étude.

CAS	Substances	Persistance	Danger	REACH dossier: tonnage
126-72-7	TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL) PHOSPHATE (TDBPP)	Persistance	Danger identifié	
26040-51-7	PHTHALIC ACID, TETRABROMO, BIS(2-ETHYLHEXYL) ESTER	Persistance	Danger identifié	100 - 1,000 tonnes per annum
32588-76-4	N,N'-ETHYLENE BIS(3,4,5,6-TETRABROMOPHTHALIMIDE)	Persistance	Danger identifié	100 - 1,000 tonnes per annum
3296-90-0	2,2-BIS(BROMOMETHYL)PROPANE-1,3-DIOL	Informations insuffisantes	Danger identifié	100 - 1,000 tonnes per annum
52434-90-9	1,3,5-TRIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE(TDBP-TAZTO)	Persistance	Danger identifié	
59447-55-1	PENTABROMOBENZYL ACRYLATE (PBB-Acr)	Persistance	Danger identifié	100 - 1,000 tonnes per annum
608-71-9	PENTABROMOPHENOL	Persistance	Danger identifié	
85-22-3	PENTABROMOETHYLBENZENE (PBEB)	Persistance	Danger identifié	
87-82-1	HEXABROMOBENZENE	Persistance	Danger identifié	
87-83-2	PENTABROMOTOLUENE (PBT)	Persistance	Danger identifié	
118-79-6	2,4,6-TRIBROMOPHENOL	Persistance	Danger suspecté	1,000 - 10,000 tonnes per annum
1522-92-5	TRIBROMONEOPENTYL ALCOHOL (TBNPA)	Informations insuffisantes	Danger suspecté	
20566-35-2	2-(2-HYDROXYETHOXY)ETHYL 2-HYDROXYPROPYL 3,4,5,6-TETRABROMOPHTHALATE (HEEHP-TEBP)	Persistance	Danger suspecté	10 - 100 tonnes per annum
23488-38-2	2,3,5,6-TETRABROMO-p-XYLENE (TBX)	Persistance	Danger suspecté	
25327-89-3	2,2',6,6'-TETRABROMO BISPHENOL A DIALLYL ETHER	Persistance	Danger suspecté	
3234-02-4	2,3-DIBROMO-2-BUTENE-1,4-DIOL	Informations insuffisantes	Danger suspecté	
3322-93-8	4-(1,2-DIBROMOETHYL)-1,2-DIBROMOCYCLOHEXANE (DBE-DBCH)	Informations insuffisantes	Danger suspecté	
615-58-7	2,4-DIBROMOPHENOL	Informations insuffisantes	Danger suspecté	
1025956-65-3	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
1084889-51-9	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
121839-52-9	PHENOL, 4,4-(1-METHYL ETHYLIDENE)BIS-, TERABROMO DERIVE	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
135229-48-0	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 20)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
139638-58-7	BROMINATED EPOXY RESIN (Pratherm EC 14)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
155613-93-7	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
183658-27-7	2-ETHYLHEXYL 2,3,4,5-TETRABROMOBENZOATE (EH-TBB)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	

CAS	Substances	Persistence	Danger	REACH dossier: tonnage
25495-98-1	HEXABROMOCYCLODECANE (HBCYD)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
25713-60-4	2,4,6-TRIS(2,4,6-TRIBROMOPHENOXY)-1,3,5-TRIAZINE (TTBP-TAZ)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	1,000 - 10,000 tonnes per annum
28906-13-0	2,6-DIBROMO-4-[1-(3,5-DIBROMO-4-HYDROXY-PHENYL)-1-METHYL-ETHYL]PHENOL	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
31780-26-4	DIBROMOSTYRENE (DBS)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
3194-57-8	1,2,5,6-TETRABROMOCYCLOOCTANE (TBCO)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
57829-89-7	1-(2,3-DIBROMOPROPYL)-3,5-DIALLYL-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (DBP-TAZTO)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
69882-11-7	POLY(2,6-DIBROMOPHENOL OXIDE)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
70682-74-5	BROMINATED PHENOXY RESIN	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
75795-16-3	1,3-BIS(2,3-DIBROMOPROPYL)-5-(2-PROPEN-1-YL)-1,3,5-TRIAZINE-2,4,6(1H,3H,5H)-TRIONE (DBBP-TAZTO)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
893843-07-7	OCTABROMOTRIMETHYLPHENYL INDANE (OBTMPI)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
94334-64-2	TETRABROMOBISPHENOL A -CARBONATE-OLI GOMERS (TBBP A)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	
19186-97-1	TRIS(TRIBROMONEOPENTYL) PHOSPHATE (TTBNPP)	Informations insuffisantes	Informations insuffisantes	1 - 10 tonnes per annum
21850-44-2	TETRABROMO BISPHENOL A BIS(DIBROMOPROPYL ETHER)	Persistence	Informations insuffisantes	1,000 - 10,000 tonnes per annum
30496-13-0	2,5-DIBROMO-4-[2-(3,5-DIBROMO-4-HYDROXY-PHENYL)PROPAN-2-YL]PHENOL	Persistence	Informations insuffisantes	
34571-16-9	1,2,3,4,7,7-HEXACHLORO-5-(2,3,4,5-TETRABROMOPHENYL)-BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE (HCTBPH)	Persistence	Informations insuffisantes	
37853-61-5	TETRABROMOBISPHENOL A DIMETHYL ETHER	Persistence	Informations insuffisantes	
39635-79-5	TETRABROMO-BISPHENOL S	Persistence	Informations insuffisantes	
51936-55-1	5,6-DIBROMO-1,10,11,12,13,13-HEXACHLORO-11-TRICYCLO[8.2.1.02,9]-TRIDECENE (DBHCTD)	Persistence	Informations insuffisantes	
58965-66-5	TETRADECABROMO-1,4-DIPHENOXYBENZENE	Persistence	Informations insuffisantes	







**INERIS**

*maîtriser le risque  
pour un développement durable*

**Institut national de l'environnement industriel et des risques**

Parc Technologique Alata  
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : [ineris@ineris.fr](mailto:ineris@ineris.fr) - Internet : <http://www.ineris.fr>