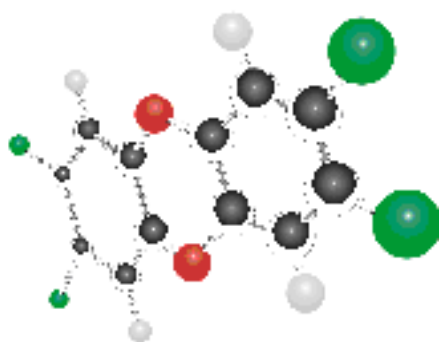




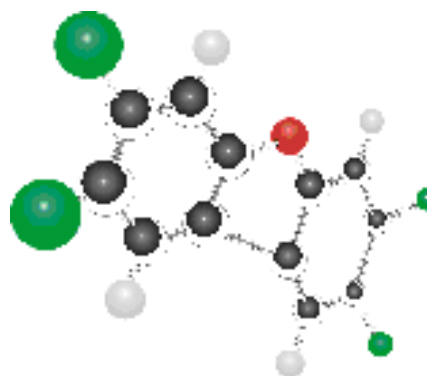
**Programme des Nations Unies  
pour l'environnement**



## **Outil spécialisé (Toolkit) pour l'identification et la quantification des rejets de dioxines et des furannes**



Air  
Eau  
Terre  
Produits  
Résidus



**2<sup>e</sup> édition**

**février 2005**

**Préparé par le PNUE Substances Chimiques  
Genève, Suisse**

**IOMC**

**PROGRAMME INTER-ORGANISATIONS POUR LA GESTION RATIONNELLE DES SUBSTANCES CHIMIQUES**  
Un accord de coopération entre PNUE, BIT, FAO, OMS, ONUDI, UNITAR et OCDE





**Programme des Nations Unies  
pour l'environnement**



**Outil spécialisé (Toolkit) pour  
l'identification et la quantification des  
rejets de dioxines et des furannes**

**2<sup>e</sup> édition**

**février 2005**

**Préparé par le PNUE Substances Chimiques  
Genève, Suisse**

Cette publication vise à aider les pays à la mise en œuvre d'inventaires de rejets de polychloro-dibenzo-*p*-dioxines et polychloro-dibenzo-furannes à un niveau national ou régional. L'information contenue dans ce rapport provient de publications scientifiques, de rapports gouvernementaux, ainsi que d'Internet, et également des communications personnelles. Bien que l'information soit considérée comme étant exacte avec toutes les précautions d'usage, le PNUE se décharge de toute responsabilité pour d'éventuelles inexactitudes ou omissions qui pourraient en découler. Ni le PNUE, ni aucune personne impliquée dans la préparation de ce rapport ne pourra être considéré comme responsable de tous dommages, perte, ou préjudice de toute nature qui aurait pu être causé par des personnes ayant agité sur la base de leur compréhension des informations présentées dans ce rapport.

Les désignations utilisées ainsi que le matériel de présentation dans ce rapport n'impliquent aucune expression d'opinion de la part des Nations Unies ou du PNUE, concernant le statut légal d'un pays, territoire, cité, ville ou zone, ni aucune de ses autorités, ou concernant toute délimitation de ses frontières ou contours. Toute opinion exprimée dans le document ne reflète pas nécessairement les points de vues du PNUE.

Une mise à jour de cette publication a été faite sous la supervision de Dr. Heidelore Fiedler, PNUE Substances Chimiques, basée sur la première édition datée du mois de mai 2003, et sur les commentaires reçus des gouvernements et organisations non gouvernementales selon la Décision 7/5 adoptée à la Septième Session du Comité Intergouvernemental de Négociation de la Convention de Stockholm.

*Sur la couverture : diagramme des molécules de 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-*p*-dioxine et de tetrachloro-dibenzo-furanne, fourni gracieusement par les Laboratoires Wellington, Guelph, ONT, Canada*

### **Cette publication est produite dans le cadre du Programme Inter-Organisation pour la Gestion Rationnelle des Produits Chimiques (IOMC)**

Le Programme Inter-Organisation pour la Gestion Rationnelle des Produits Chimiques a été créé en 1995 par le PNUE, le BIT, la FAO, l'OMS et l'OCDE (Organisations Participantes), selon les recommandations faites lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement en 1992 visant à renforcer la coopération et à accroître la coordination dans le domaine de la sécurité chimique. En janvier 1998, UNITAR s'est formellement joint à l'IOMC en tant qu'Organisation Participante. L'objectif de l'IOMC est le renforcement de la coordination des politiques et des activités poursuivies par les Organisations Participantes, conjointement ou séparément, pour atteindre une gestion saine des produits chimiques en relation avec la santé humaine et l'environnement.

L'information contenue dans cette publication peut être librement utilisée ou reproduite; il est cependant demandé que référence soit faite à la source de cette information, avec le numéro correspondant du document. Une copie de la publication contenant la citation ou la reproduction devra être transmise au PNUE Substances Chimiques.

Des copies de ce rapport sont disponibles à:

UNEP Chemicals  
11-13, chemin des Anémones  
CH-1219 Châtelaine (GE), Switzerland  
Tel.: +41 (22) 917-8170  
Fax: +41 (22) 797 3460  
E-mail: [chemicals@unep.ch](mailto:chemicals@unep.ch)

Le PNUE Substances Chimiques fait partie de la Division de la Technologie, de l'Industrie et de l'Economie du PNUE

**PNUE / Substances Chimiques**

## Préface

La Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs) exige que les Parties réduisent les émissions totales de POPs produits de manière non-intentionnelle tels que polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF), dans le but d'atteindre une minimisation continue de ces produits et, lorsque cela est possible, de les éliminer complètement. Les Parties devront alors identifier leurs sources de PCDD/PCDF et en quantifier leurs émissions. La méthodologie utilisée pour évaluer ces sources devra être cohérente afin de permettre une bonne évaluation des rejets de PCDD/PCDF sur une période de temps, et entre les différents pays.

Le Toolkit est flexible et peut être appliqué dans tous les pays. Les pays ne disposant pas de données sur les PCDD/PCDF trouveront le Toolkit utile pour faire une première sélection des industries et autres activités, leur permettant de faire des premières estimations de l'importance des sources et des rejets potentielles de PCDD/PCDF. Les pays disposant déjà de données mesurées pourront utiliser le Toolkit pour passer en revue et mettre à jour leurs inventaires, et chercher également à comparer leurs propres données avec celles fournies dans ce Toolkit.

Ce Toolkit a été présenté dans divers pays dans le cadre d'ateliers de formation, et est en cours d'application par les pays qui préparent leurs plans nationaux de mise en œuvre prévus par la Convention de Stockholm. Il a aussi été testé sur le terrain par un certain nombre de pays avec l'aide du PNUE Substances Chimiques.

Cette seconde édition de cet « Outil Normalisé pour l'Identification et la Quantification des Rejets de Dioxines et Furannes » (le « Toolkit ») représente une mise à jour de la première édition, éditée par le PNUE Substances Chimiques en mai 2003. Cette mise à jour a été préparée en réponse à la décision INC-7/5, prise par le Comité International de Négociation (CIN) lors de sa Septième Session en juillet 2003. Dans sa décision, le CIN « demande au Secrétariat...de préparer et de mettre à jour une nouvelle version du Toolkit en vue de la soumettre à la première réunion de la Conférence des Parties ». Cette mise à jour sera le reflet des commentaires exprimés par les gouvernements et les organisations non gouvernementales.

Comme dans le cas de toute méthodologie, ce Toolkit nécessite une application continue sur le terrain, une validation, ainsi que d'une mise à jour permanente. Les utilisateurs de ce Toolkit sont invités à consulter le PNUE Substances Chimiques lorsqu'ils rencontreront des problèmes avec l'application, l'interprétation, et la mise en œuvre du Toolkit, ou lorsque le système ne leur semble pas s'appliquer aux situations observées dans leur pays.

Les pays sont invités à utiliser le Toolkit et de soumettre leurs inventaires au PNUE Substances Chimiques, qui procédera à une mise à jour de l'Inventaire des Emissions de Dioxines et de Furannes (Rapport du PNUE de mai 1999). Les inventaires reçus seront publiés et mis à disposition sur le site du POPs Clearinghouse (<http://www.chem.unep.ch/pops>). Le PNUE invite aussi tous les utilisateurs de ce Toolkit à fournir leurs réactions sur tous les aspects de ce produit.

Genève, février 2005



# Outil spécialisé (Toolkit) pour l'identification et quantification des rejets de dioxines et des furannes

## Tables de matières

	Page
Préface.....	i
Tables de matières.....	iii
Tables des tableaux.....	vi
Tableau des figures.....	ix
Abréviations et Acronymes.....	xi
Résumé.....	1
1 Introduction.....	5
2 Objectifs et Limitations.....	8
2.1 Objectifs.....	8
2.2 Limitations.....	10
2.3 Documentation complémentaire.....	11
3 Formation et rejet de PCDD et de PCDF.....	15
3.1 Formation de PCDD/PCDF.....	15
3.2 Rejets directs de PCDD/PCDF.....	18
3.2.1 Rejet dans l'air.....	18
3.2.2 Rejets dans l'eau.....	18
3.2.3 Rejets dans la terre.....	19
3.2.4 Rejet dans les produits.....	20
3.2.5 Rejets dans les résidus.....	21
3.2.6 « Points chauds » potentiels.....	22
4 Protocole pour le Montage de l'Inventaire.....	23
4.1 Etape 1 – Matrice de Tri : Catégories des Sources Principales.....	24
4.2 Etape 2 – Identification des Sous-catégories.....	25
4.2.1 Sous-catégories de l'incinération de déchets.....	26
4.2.2 Sous-catégories de la production de métaux ferreux et non ferreux.....	27
4.2.3 Sous-catégories des générateurs de chaleur et d'électricité.....	27
4.2.4 Sous-catégories de la fabrication de produits minéraux.....	28
4.2.5 Sous-catégories des transports.....	29
4.2.6 Sous-catégories des procédés de brûlage à l'air libre.....	30
4.2.7 Sous-catégories de la production et de l'utilisation de produits chimiques et de biens de consommation.....	30
4.2.8 Sous-catégories des « Divers ».....	31
4.2.9 Sous-catégories de l'élimination.....	32
4.2.10 Sous-catégories des Point Chauds (Hot Spots).....	32

4.3	Etape 3 : Rassemblement de l'Information .....	33
4.4	Etape 4 : Classification des procédés et évaluation quantitative des sources .....	35
4.4.1	Classification du procédé .....	35
4.4.2	Evaluation Quantitative de la Source .....	37
4.4.3	Détermination du Flux ou du Taux d'Activité .....	39
4.4.4	Utilisation des Facteurs d'Emission par Défaut du Toolkit .....	39
4.4.5	Utilisation de ses Propres Données d'Emission .....	40
4.5	Etape 5 : Compilation de l'Inventaire .....	40
5	Présentation de l'Inventaire .....	42
5.1	Création d'un Inventaire Provisoire .....	42
5.2	Rapport Final .....	43
6	Facteurs d'émission par défaut .....	46
6.1	Catégorie principale 1 – Incinération de déchets .....	46
6.1.1	Déchets solides municipaux (MSW) .....	47
6.1.2	Incinération de déchets dangereux .....	51
6.1.3	Incinération des déchets médicaux .....	54
6.1.4	Incinération des fractions légères issues de déchiqueteurs .....	58
6.1.5	Incinération de boues d'épuration .....	60
6.1.6	Incinération de déchets de bois et de biomasse .....	62
6.1.7	Destruction de Carcasses d'Animaux .....	64
6.2	Catégorie principale 2 – Production de métaux ferreux et non ferreux .....	67
6.2.1	Frittage de minerais de fer .....	71
6.2.2	Production de coke .....	74
6.2.3	Usines de production de fer et d'acier .....	75
6.2.4	Production de cuivre .....	82
6.2.5	Production d'aluminium .....	87
6.2.6	Production du plomb .....	91
6.2.7	Production de zinc .....	93
6.2.8	Production de bronze et de laiton .....	95
6.2.9	Production de magnésium .....	97
6.2.10	Production d'autres métaux non ferreux .....	99
6.2.11	Les déchiqueteurs .....	101
6.2.12	Récupération de fils par voie thermique .....	103
6.3	Catégorie principale 3 – Production de chaleur et d'électricité .....	105
6.3.1	Centrales à combustible fossile .....	106
6.3.2	Centrales a Biomasse .....	109
6.3.3	Combustion de biogaz et de gaz de décharge .....	111
6.3.4	Chauffage et cuisine domestiques, à la biomasse .....	112
6.3.5	Chauffage et cuisine domestiques, avec combustible fossile .....	114
6.4	Catégorie principale 4 – Produits minéraux .....	117
6.4.1	Production de ciment .....	117
6.4.2	Production de chaux .....	122
6.4.3	Production de briques .....	124
6.4.4	Production de verre .....	126
6.4.5	Production des céramiques .....	127
6.4.6	Mélange d'asphalte .....	127
6.4.7	Traitement de schistes bitumineux .....	129



6.5	Catégorie principale 5 – Transport.....	131
6.5.1	Moteurs à 4 temps .....	131
6.5.2	Moteurs à 2 temps .....	132
6.5.3	Moteurs Diesel .....	133
6.5.4	Moteurs à fuel lourd .....	135
6.6	Catégorie principale 6 – Procédés de combustion à l’air libre.....	136
6.6.1	Brûlage de la biomasse.....	137
6.6.2	Feux accidentels et feux de déchets .....	140
6.7	Catégorie principale 7 - Production et utilisation de produits chimiques et de biens de consommation.....	145
6.7.1	Fabrication de pâte et de papier .....	146
6.7.2	L’industrie chimique .....	156
6.7.3	Industrie pétrolière .....	175
6.7.4	Usines textiles .....	176
6.7.5	Traitement du cuir .....	179
6.8	Catégorie principale 8 – Divers.....	181
6.8.1	Séchage de la biomasse.....	181
6.8.2	Crématoires .....	182
6.8.3	Ateliers de fumage .....	184
6.8.4	Nettoyage à sec .....	186
6.8.5	Fumée de tabac.....	187
6.9	Catégorie Principale 9 – Elimination/décharges .....	188
6.9.1	Décharges et enfouissement de déchets .....	189
6.9.2	Eaux usées et traitement des eaux usées .....	191
6.9.3	Décharge dans les cours d’eau .....	194
6.9.4	Le compostage .....	195
6.9.5	Traitement des huiles usagées (non thermique).....	196
6.10	Catégorie principale 10 : Points Chauds .....	198
6.10.1	Sites de production d’organochlorés .....	198
6.10.2	Sites de production de chlore .....	198
6.10.3	Sites de formulation des phénols chlorés .....	199
6.10.4	Sites d’application des phénols chlorés.....	199
6.10.5	Sites de production et de traitement du bois .....	199
6.10.6	Transformateurs et condensateurs remplis avec du PCB.....	199
6.10.7	Décharges de déchets/résidus venant des catégories 1-9 .....	200
6.10.8	Sites d’accidents pertinents .....	201
6.10.9	Dragage des sédiments.....	201
6.10.10	Sites d’extraction de kaolin ou d’argile figuline ( <i>ball clay</i> ) .....	201
7	References.....	203
8	Annexe 1 : Compilation de tous les facteurs d’émission.....	210
9	Annexe 2 : Questionnaires .....	221
10	Annexe 3 : Présentation des inventaires .....	235
10.1	Exemples de tableaux pour l’inventaires.....	235
10.2	Inventaires nationaux des PCDD/PCDF compilés à l’aide du Toolkit .....	237
11	Annexes Techniques .....	238

11.1 Facteurs d'équivalence toxique (TEFs).....	238
11.2 Utilisation d'unités pour les émissions dans l'air.....	240
11.3 Valeurs calorifiques – Pour la Catégorie Principale 3 .....	241
11.4 Valeurs de conversion pour les combustibles liquides et solides – pour les Catégories Principales 3 et 5 .....	244
11.5 Séquences de blanchiment – pour la Catégorie Principale 7.....	245

## Tables des tableaux

	Page
Tableau 1 : Emissions de PCDD/PCDF vers l'air suivant la sous-catégorie (MoE Jordanie 2003).....	9
Tableau 2 : Matrice de Tri - Catégories de Sources Principales .....	25
Tableau 3 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 1 .....	26
Tableau 4 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 2 .....	27
Tableau 5 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 3 .....	28
Tableau 6 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 4 .....	29
Tableau 7 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 5.....	29
Tableau 8 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 6 .....	30
Tableau 9 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 7 .....	31
Tableau 10 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 8.....	32
Tableau 11 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 9 .....	32
Tableau 12 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 10.....	33
Tableau 13 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 1 – Incinération de déchets.....	47
Tableau 14 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets solides municipaux ...	49
Tableau 15 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets dangereux.....	53
Tableau 16 : Facteurs d'émission pour l'incinération de déchets médicaux .....	56
Tableau 17 : Facteurs d'émission pour l'incinération des LFSW (fractions légères de déchetage) .....	58
Tableau 18 : Facteurs d'émission pour l'incinération des boues d'épuration .....	61
Tableau 19 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets de bois et de biomasse.....	63
Tableau 20 : Facteurs d'émission pour la destruction des carcasses d'animaux .....	65
Tableau 21 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 2 – Production de Métaux Ferreux et Non-ferreux .....	70
Tableau 22 : Facteurs d'émission des usines de frittage de minerais de fer .....	72

Tableau 23 :	Facteurs d'émission pour la production de coke.....	74
Tableau 24 :	Facteurs d'émission pour l'industrie de l'acier et les fonderies de fer. ....	79
Tableau 25 :	Facteurs d'émission pour l'industrie du cuivre.....	85
Tableau 26 :	Facteurs d'émission pour l'industrie de l'aluminium .....	89
Tableau 27 :	Facteurs d'émission pour l'industrie du plomb .....	91
Tableau 28 :	Facteurs d'émission de l'industrie du zinc.....	94
Tableau 29 :	Facteurs d'émission pour les industries du laiton et du bronze .....	96
Tableau 30 :	Facteurs d'émission pour la production de magnésium.....	98
Tableau 31 :	Facteurs d'émission pour les procédés thermiques des métaux non ferreux.....	100
Tableau 32 :	Facteurs d'émission des déchiqueteurs .....	102
Tableau 33 :	Facteurs d'émission pour la récupération à chaud des fils et câbles.....	103
Tableau 34 :	Sous-catégories de la Catégorie de Source Principale 3 - Production d'Electricité, et le Chauffage/cuisson .....	105
Tableau 35 :	Facteurs d'émission pour les unités de production de chaleur et d'électricité à combustible fossile, dans l'industrie .....	107
Tableau 36 :	Facteurs d'émission pour les centrales à biomasse.....	110
Tableau 37 :	Facteurs d'émission pour la combustion de biogaz, de gaz provenant des décharges, et pour les torchères .....	112
Tableau 38 :	Facteurs d'émission pour le chauffage et les cuisines domestiques utilisant de la biomasse .....	113
Tableau 39 :	Facteurs d'émission pour le chauffage domestique utilisant des combustibles fossiles .....	115
Tableau 40 :	Sous-catégories de la Catégorie principale – Fabrication de produits minéraux .....	117
Tableau 41 :	Facteurs d'émission pour la production de ciment .....	120
Tableau 42 :	Facteurs d'émission pour la production de chaux .....	123
Tableau 43 :	Facteurs d'émission pour la production de briques .....	125
Tableau 44 :	Facteurs d'émission pour la production de verre.....	126
Tableau 45 :	Facteurs d'émission pour le mélange d'asphalte .....	128
Tableau 46 :	Facteurs d'émission pour le traitement de schiste bitumineux .....	130
Tableau 47 :	Sous-catégories de la Catégorie Principale 5 – Transportation .....	131
Tableau 48 :	Facteurs d'émission des moteurs à 4 temps (par exemple, voitures particulières) .....	132
Tableau 49 :	Facteurs d'émission des moteurs 2 temps (c'est à dire, petites mobylettes) .....	133
Tableau 50 :	Facteurs d'émission pour les moteurs Diesel (c'est à dire, les camions) ...	134
Tableau 51 :	Facteurs d'émission des moteurs à fuel lourd et à huile usagée (par ex., les navires) .....	135
Tableau 52 :	Sous-catégories de la Catégorie Principale 6 – Procédés de combustion non contrôlés.....	136

Tableau 53 :	Facteurs d'émission de la combustion de la biomasse.....	137
Tableau 54 :	Facteurs d'émission des feux de déchets et des incendies accidentels. ....	141
Tableau 55 :	Sous-catégories de la Catégorie Principale 7 - Production et utilisation de produits chimiques et de biens de consommation : .....	145
Tableau 56 :	Facteurs d'émission pour les industries de la pâte et du papier : chaudières. ....	149
Tableau 57 :	Facteurs d'émission pour les effluents et les boues de pâte. ....	150
Tableau 58 :	Facteurs d'émission pour les produits à base de pâte et de papier. ....	151
Tableau 59 :	Concentrations des PCDF dans les produits PCB .....	162
Tableau 60 :	Statistiques des pertes pour les équipements PCB .....	163
Tableau 61 :	Concentrations de PCDD/PCDF dans les chlorobenzènes (Liu <i>et al.</i> 2004) .....	167
Tableau 62 :	Concentrations des PCDD/PCDF dans les chlorobenzènes (Liu <i>et al.</i> 2004) .....	167
Tableau 63 :	Facteur d'émission pour la fabrication du chlore avec électrodes en graphite .....	169
Tableau 64 :	Facteurs d'émission pour l'industrie des EDC/VCM/PVC. ....	171
Tableau 65 :	Facteur d'émission pour les torchères .....	176
Tableau 66 :	Facteur d'émission pour l'industrie textile .....	178
Tableau 67 :	Facteur d'émission pour l'industrie du cuir .....	180
Tableau 68 :	Sous-catégories de la Catégorie Principale 8 - Divers.....	181
Tableau 69 :	Facteurs d'émission du séchage de la biomasse (* après séchage) .....	182
Tableau 70 :	Facteurs d'émission des crématrices .....	183
Tableau 71 :	Facteurs d'émission des ateliers de fumage.....	185
Tableau 72 :	Facteurs d'émission pour les résidus du nettoyage à sec .....	186
Tableau 73 :	Facteurs d'émission de la fumée de tabac.....	187
Tableau 74 :	Sous-catégories de la Catégorie Principale 9- Elimination .....	189
Tableau 75 :	Facteurs d'émission des décharges et dépôts de déchets .....	190
Tableau 76 :	Facteurs d'émission pour les boues des eaux usées.....	192
Tableau 77 :	Facteurs d'émission des décharges dans des cours d'eaux .....	194
Tableau 78 :	Facteurs d'émission pour le compostage .....	195
Tableau 79 :	Facteurs d'émission des PCB. ....	200
Tableau 80 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 1 – Incinération de Déchets .....	211
Tableau 81 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 2 – Fabrication de métaux ferreux et non ferreux .....	212
Tableau 82 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 3 – Génération d'électricité et chauffage/cuisines.....	214
Tableau 83 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 4 – Fabrication de produits minéraux .....	215
Tableau 84 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 5 – Transport .....	216
Tableau 85 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 6 – Procédés de combustion non	

	contrôlée.....	216
Tableau 86 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 7 – Fabrication et utilisation de produits chimiques et de produits de grande consommation.....	217
Tableau 87 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 8 – Divers.....	219
Tableau 88 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 9 – Elimination/décharges.....	219
Tableau 89 :	Facteurs d'Emission pour la Catégorie 10 – Identification de Points Chauds.....	220
Tableau 90 :	Exemple de tableau généré par le programme EXCEL montrant les données d'entrées et de sorties pour les rejets vers l'air, l'eau, les produits et les résidus.....	235
Tableau 91:	Exemple des rejets nationaux de PCDD/PCDF (Paraguay, tiré de SEAM 2003).....	236
Tableau 92 :	Inventaires des rejets de PCDD/PCDF élaborés avec le Toolkit.....	237
Tableau 93 :	Facteurs d'Equivalence de Toxicité (TEFs) – comparaison des deux schémas les plus courants.....	239
Tableau 94 :	Valeurs calorifiques pour le charbon.....	241
Tableau 95 :	Valeurs calorifiques pour le coke.....	241
Tableau 96 :	Valeurs calorifiques pour les huiles.....	241
Tableau 97 :	Valeurs calorifiques pour le gaz.....	242
Tableau 98 :	Valeurs calorifiques pour le bois.....	242
Tableau 99 :	Valeurs calorifiques pour la biomasse.....	242
Tableau 100 :	Quelques corrélations pour les unités d'énergie et de puissance.....	243
Tableau 101 :	Facteurs de conversion sélectionnés et équivalents énergétiques pour la Catégorie 3.....	243
Tableau 102 :	Symboles utilisés dans les étapes de blanchiment.....	245

## Tableau des figures

	Page
Figure 1: « Cycle de vie » des PCDD/PCDF	17
Figure 2 : Approche recommandée en cinq étapes pour l'établissement d'un inventaire national des rejets de PCDD/PCDF, en utilisant le Toolkit.	24



## Abréviations et Acronymes

2,4,5-T	Acide 2,4,5-trichlorophenoxyacétique
°C	Degrés Celsius
a	an, 365 jours
ADt	Tonne de pâte, séchée à l'air (en anglais : air-dried pulp)
APC(S)	Système de contrôle de pollution (en anglais : air pollution control system)
BAT	Meilleures technologies disponibles (en anglais : Best Available Technologies)
BF	Haut fourneau (en anglais : blast furnace)
BOF	Convertisseur à soufflage d'oxygène (en anglais : basic oxygen furnace)
BOS	Acier soufflé à l'oxygène (en anglais : <i>basic oxygen steel</i> )
C	Blanchiment au chlore avec du chlore élémentaire dispersé dans l'eau (production de pâte et de papier)
CCMS	Comité pour les Défis de la Société Moderne
CF	Four à cubilot
CNP	2,4,6-trichlorophényle-4'-nitrophényle éther
CME	Conseil Mondial pour l'Energie
CORINAIR	Inventaire de base des émissions dans l'air (en anglais : <i>core inventory of air emissions</i> )
CTMP	Pâte chemo-thermo-mécanique
D	Etape de blanchiment au dioxyde de chlore avec une solution de ClO <sub>2</sub> dans l'eau (Section sur la production de pâte et papier)
DL	Limite de détection
d.m.	Matière sèche (en anglais : dry matter)
E	Etape de blanchiment/extraction avec de la soude (NaOH)
EAF	Four à arc
ECF	Sans chlore élémentaire (blanchiment)
ECVM	European Council of Vinyl Manufacturers
EDC	1,2-dichloroéthane
EMEP	Programme Co-opératif pour le Suivi et l'Evaluation des Transmissions à Longue Distance de Polluants dans l'Air en Europe
EPA	Environmental Protection Agency (des Etats-Unis)
ESP	Filtre électrostatique (ou électrofiltre)
EU	Union Européenne (15 pays membres jusqu'au 30 avril 2004: Autriche, Belgique Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays Bas, Portugal, Espagne, Suède, Royaume Uni)
GEF	FEM : Fond Environnemental Mondial (en anglais : Global Environment Facility)

GPL	Gaz de pétrole liquéfié
h	Heures
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acide sulfurique (dans le contexte d'une unité d'acide sulfurique dans la production de métaux non-ferreux)
ha	Hectare(s)
HW	Déchets toxiques (en anglais : hazardous wastes)
I-TEF	Facteur d'Equivalence Toxique International (en anglais : <i>International Toxicity Equivalency Factor</i> )
I-TEQ	Equivalent Toxique International (en anglais : <i>International Toxic Equivalent</i> )
IF	Four à induction
ISO	Organisation Internationale de Normalisation (en anglais : International Standardization Organization)
K	Degrés Kelvin
kPa	Kilo Pascal (= mille Pascal)
L	Litre
LOI	Perte à la combustion (une mesure de la teneur en carbone résiduel)
LS	Acier liquide (en anglais : liquid steel)
m	Mètre
m <sup>3</sup>	Mètre cube (typiquement dans les conditions opératoires sans normalisation en température, pression, humidité, <i>etc.</i> )
Mg	Magnésium mais voir aussi : mega-gramme (sous « unités »)
MSW	Déchets solides municipaux
NA	Non applicable (n'est pas un facteur de voie de rejet)
NaOH	Soude caustique
Na <sub>2</sub> S	Sulfure de sodium
NCASI	National Council of the Paper Industry for Air and Steam Improvement, Inc.
N-TEQ	Equivalent toxique dans le système nordique (couramment utilisé dans les pays scandinaves)
ND	non déterminé, ou pas de données (autrement : pas de mesures actuellement disponibles)
NFR	nomenclature pour les rapports
NIP	Plan National de Mise en œuvre de la Convention de Stockholm
Nm <sup>3</sup>	mètre cube normalisé ; le volume occupé par un gaz à pression atmosphérique (1,013 mbar) et 273.15 K (0 °C)
<i>o</i>	<i>ortho</i>
O	étape de blanchiment à l'oxygène (production de pâte et papier)
OCDE	Organisation de Co-opération et de Développement Economiques
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé)
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel



OSPAR	Commission OSPAR (Fusion des Commissions d'Oslo et de Paris en 1994)
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique du Nord
<i>p</i>	<i>para</i>
PARCOM	Commission Paris-Oslo
PCB	Polychlorobiphényles
PCDD	Polychlorodibenzo- <i>para</i> -dioxins
PCDF	Dibenzofuranes polychlorées
PCP	Pentachlorophénol
PCP-Na	Pentachloroph�nate de sodium
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
POPs	Polluants organiques persistants
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement (en anglais : United Nations Environment Programme)
PISSC	Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PRIP	Prévention et Réduction Intégrée de la Pollution (en anglais : IPPC)
PRTR	(RETP) R�gistres des Emission et Transferts des Polluants
PTS	Substances toxiques persistantes
PVC	Chlorure de polyvinyle
RDF	Combustibles dérivés de déchets
rpm	Tours/minute
SCR	Réductions/réactions catalytiques sélectives
SI	Système International (de mesure)
t	Tonnes (métriques)
TCF	Complètement sans chlore (blanchiment)
TEF	Facteur d'Equivalence Toxique
TEQ	Equivalent Toxique NB : pour les besoins du Toolkit, il n'existe pas de différences si les concentrations ou émissions sont exprimées en I-TEQ ou N-TEQ ou WHO-TEQ (pour les PCDD/PCDFs exclusivement)
TMP	Pâte thermo-mécanique
TRI	Inventaire des Emissions Toxiques
UNCED	(CNUED) Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
UNECE	Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe
URL	Adresse URL (en anglais : Uniform Resource Locator) : adresse mondiale pour les documents et autres sources d'information sur l'internet
UV	Ultraviolet
VCM	Monomère de chlorure de vinyle
WEC	Conseil Mondial pour l'nergie

**Unités du Système International (SI)**

g	gramme	$10^0$ g	
kg	kilogramme	$10^3$ g	
t	tonne	$10^6$ g (1'000 kg)	aussi mg megagramme
kt	kilotonne	1'000 t	
g	gramme	$10^0$ g	
mg	milligramme	$10^{-3}$ g	
µg	microgramme	$10^{-6}$ g	
ng	nanogramme	$10^{-9}$ g	
pg	picogramme	$10^{-12}$ g	
kJ	kilojoule	$10^3$ joule	
MJ	megajoule	$10^6$ joule	
GJ	gigajoule	$10^9$ joule	
TJ	terajoule	$10^{12}$ joule	
MW	megawatt		
MWh	megawatt heure		
Pa	pascal		
kPa	kilopascal	$10^3$ pascal	

**Autres unités**

Gallon (USA)	1 gal = 0,1337 ft <sup>3</sup> = 0,0038 m <sup>3</sup>
gallon (UK, Canada)	1 gal = 0,160 ft <sup>3</sup> = 0,00455m <sup>3</sup>
livre	1 lb = 0,4536 kg
pousse	1 in = 2,54 cm = 0,0254 m

## Résumé

Cet outil d'évaluation (appelé « Toolkit ») représente une méthodologie permettant aux pays qui abordent le problème de leurs inventaires d'estimer les rejets de PCDD/PCDF ; il leur expliquera comment mettre à jour et améliorer ces inventaires. Le but de ce Toolkit est de guider les responsables de l'inventaire dans un pays en parcourant les techniques et les étapes du développement de l'inventaire en donnant des exemples, et en vérifiant les paramètres de la classification. Ce Toolkit souligne également les cheminements possibles des PCDD/PCDF dans l'environnement ou autres matrices. Finalement, le Toolkit permet de caractériser les rejets en ordre de grandeur et ceci pour des ensembles de secteurs.

Il n'y a, à travers le monde, que quelques inventaires fournissant des données sur les émissions de polychlorodibenzo-p-dioxines et de polychlorodibenzofuranes (PCDD/PCDF). Une étude faite par le PNUE Substances Chimiques en 1999 (PNUE Substances Chimiques 1999) n'en a identifié que 15, dont presque tous provenant de pays développés du nord.

La Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs), un traité mondial juridiquement contraignant, demande aux Parties de réduire au minimum, ou lorsque ceci est possible, d'éliminer les émissions de PCDD/PCDF. Les sources de POPs générés de manière non intentionnelle doivent donc être quantifiées, et la méthodologie utilisée pour évaluer ces sources doit être cohérente pour permettre un suivi et un contrôle des émissions de dioxine dans le temps, et entre différents pays.

Les inventaires de PCDD/PCDF plus anciens ne sont pas satisfaisants pour cette utilisation. La plupart sont incomplets, périmés ou n'ont pas de structure uniforme. Les inventaires qui ne considèrent pas des sources potentiellement importantes de PCDD/PCDF, peut-être à cause d'informations nationales insuffisantes, donnent l'impression, peut-être à tort, que ces sources ne sont pas significatives et oubli la nécessité de contrôles efficaces. En plus, il n'y a que peu d'inventaires qui ont pris en compte les émissions autre que vers l'air.

Afin d'aider les pays au fur et à mesure qu'ils identifient les sources de dioxines et de furannes et en font des estimations, le PNUE Substances Chimiques a développé un *Outil Normalisé pour l'Identification et la Quantification des Rejets de Dioxines et de Furannes*, l'outil appelé « Toolkit ». En plus, le PNUE Substances Chimiques met en place actuellement une formation sur l'utilisation du Toolkit, dans le cadre de son programme visant à développer les capacités des pays.

Ce « Toolkit » a été assemblé à l'aide de l'expérience accumulée par les personnes qui ont déjà développé des inventaires. Il est conçu en tant que méthodologie simple et normalisée, accompagné d'une base de données permettant la compilation d'inventaires PCDD/PCDF nationaux et régionaux consistants. Des facteurs d'émission par défaut ont été développés et sont inclus dans ce Toolkit pour aider les pays qui ne disposent pas de données mesurées propres sur leurs sources de PCDD/PCDF. Le Toolkit est cependant aussi applicable dans les pays qui ont déjà des valeurs mesurées et qui souhaiteraient appliquer leurs propres facteurs d'émission.

La compilation des inventaires devra être faite de manière cohérente, optimisant l'utilisation du temps et des ressources disponibles; il sera suffisamment précis pour identifier de manière fiable les principales sources d'émission, tout en identifiant les défauts majeurs dans les

données. Il n'est pas nécessaire d'effectuer des mesures pour appliquer le Toolkit, et pour établir un inventaire. Le processus est aussi conçu pour être adaptable. La base de données concernant les facteurs d'émission et la description des procédés peuvent être révisés au fur et à mesure que de nouvelles données paraissent, et les nouveaux chiffres peuvent servir à améliorer tout l'inventaire.

Les points clef de ce Toolkit sont:

***Une méthodologie efficace pour l'identification des procédés pertinents, industriels et non industriels qui rejettent des PCDD et PCDF dans l'air, l'eau et la terre, et fabriquent des produits et résidus dans un pays; elle permet aussi l'identification des procédés les plus importants.***

***Des conseils sur la collecte d'information concernant les procédés en question, ce qui permettra une classification des procédés dans des classes ayant des rejets similaires.***

***Une base de données détaillée sur les facteurs d'émission qui fournit des données par défaut appropriées pouvant être appliquées, et qui sont représentatives de la classe dans laquelle les procédés sont groupés. Cette base de données peut être mise à jour au fur et à mesure que d'autres données deviennent disponibles.***

***Des conseils sur la compilation et la présentation de l'inventaire, utilisant à la fois les facteurs d'émission par défaut, et toutes données propres au pays afin que les inventaires obtenus soient comparables.***

Les informations sur les émissions de PCDD/PCDF concernent les cinq compartiments et/ou milieu dans lesquels les PCDD/PCDF sont rejetés ou transférés: l'air, l'eau, le sol, les résidus et les produits. Pour une approche globale, tous les PCDD/PCDF provenant d'une source ou d'une activité donnée doivent être pris en considération (bien que cela ne veuille pas dire que les rejets dans tous les compartiments ont le même impact).

Le principe de base est de collecter les « statistiques d'activité » qui décrivent les quantités impliquées dans un procédé (par ex.: tonnes de produit fabriqué par année), et les « facteurs d'émission » qui décrivent les rejets des PCDD/PCDF vers chaque milieu par unité d'activité (par ex.: µg I-TEQ/t). Une multiplication des deux donne les rejets annuels. Le cadre est appliqué, et l'inventaire obtenu, en parcourant les cinq étapes indiquées à la figure 2 (page 24). La matrice de tri (Tableau 2, page 25) indique les dix principales catégories de sources et comprend aussi bien les sources industrielles et non industrielles que les réservoirs et les sites contaminés. Pour chaque catégorie principale, une liste de sous-catégories indique les caractéristiques détaillées des procédés. A l'intérieur de chaque type de procédé, des paramètres clef ou des caractéristiques du procédé sont fournis. Il est donc possible d'assigner des valeurs aux rejets vers tous les milieux pour lesquels des données sont disponibles. Des informations facilement accessibles concernant les usines et les procédés peuvent être utilisées pour sélectionner suffisamment et simplement un facteur d'émission approprié à partir de la base de données.

Le processus de la collecte d'information détaillée sur les procédés exploités dans le pays sera adapté à la situation. Dans de nombreux cas, des données statistiques centralisées seront suffisantes. Dans d'autres cas, un questionnaire envoyé à chaque usine pourrait être nécessaire; quelques exemples sont donnés. Une fois les statistiques disponibles, des fourchettes de rejets peuvent être estimées en appliquant les facteurs d'émission les plus hauts, et les plus bas, à l'activité globale. De telles informations peuvent permettre de fixer des priorités pour la recherche de données plus détaillées.

Des conseils sont fournis sur la présentation des résultats avec l'objectif de rendre les inventaires clairs, consistants, et comparables. Les résultats peuvent également être mis à jour et améliorés lorsque les facteurs d'émission sont aussi mis à jour et améliorés. Lorsqu'on dispose de données mesurées, ou lorsque des estimations nationales ont été réalisées, le Toolkit est conçu pour permettre leur incorporation, à côté des estimations tirées de facteurs d'émission par défaut. C'est alors que des manques de données, des incertitudes et des différences entre les procédés dans un pays et les facteurs d'émission dérivés de la littérature, peuvent devenir apparentes.

Les inventaires définitifs des pays montreront clairement que toutes les sources potentielles auront été prises en considération, même si l'activité n'existe pas ou est insignifiante dans ce pays. Pour chaque source à l'intérieur d'un pays il y aura une estimation des rejets vers tous les milieux où des données sont suffisantes, ainsi qu'une indication de l'ordre de grandeur si des données complètes ne sont pas disponibles. Des informations supplémentaires telles que des plans pour l'amélioration des procédés, ou la fermeture imminente d'usines peuvent être incluses. Pris ensemble, ce processus aidera dans l'interprétation des résultats et à la définition des priorités d'actions futures.



## 1 INTRODUCTION

Les dioxines et furannes, plus précisément les dibenzo-*p*-dioxines (PCDD) et les dibenzofuranes (PCDF) polychlorés, sont deux des douze Polluants Organiques Persistants (POPs) qui font l'objet de la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants. Les PCDD/PCDF, avec les polychlorobiphényles (PCB) et le hexachlorobenzène (HCB), sont listés dans l'Annexe C de la Convention de Stockholm ; ils sont générés de manière non intentionnelle et sont communément appelés « sous-produits ». Tous les POPs listés dans l'Annexe C nécessitent « une minimisation continue ainsi, lors que cela est possible, une élimination finale » (Convention de Stockholm 2001). Le paragraphe (a) de l'Article 5 de la Convention demande la préparation et la mise en œuvre d'un plan d'action afin « d'identifier, caractériser et traiter les rejets des produits chimiques listés dans l'Annexe C » ; le sous paragraphe (i) précise que le plan d'action comprendra « la préparation et la mise à jour des inventaires des sources ainsi que des estimations des rejets ».

La Décision 18/32 prise à Nairobi en mai 1995 considère directement la nécessité d'actions internationales afin de réduire et d'éliminer les rejets et émissions de POPs.

Par sa décision 19/13 C du 7 février 1997, le Conseil de Direction (GC) a demandé que le PNUE recherche et diffuse des informations sur les sujets suivants: les alternatives possibles aux POPs, les inventaires des PCBs et des technologies de destruction disponibles, ainsi que les stratégies de gestion pour les PCDD/PCDF. En vue de ces demandes, le PNUE a organisé plusieurs Ateliers de sensibilisation afin d'informer les pays au sujet de la Convention de Stockholm et les POPs. Une demande fréquemment formulée lors de ces ateliers concernait de l'aide pour pouvoir évaluer les rejets des PCDD et PCDF dans leur pays et/ou régions. Les participants se sont montrés soucieux des effets possibles de ces produits qui sont formés de manière non intentionnelle, et comme sous-produits de certains procédés.

En 1999, le PNUE Substances Chimiques a passé en revue quelques inventaires nationaux des PCDD/PCDF qui existaient à l'époque (PNUE 1999). Malheureusement ces inventaires n'avaient pas été préparés dans des formats comparables. Il n'existait pas de relevés de sources préparés au niveau international (on découvre continuellement de nouvelles sources, et des sources différentes sont prédominantes suivant le pays) ; aussi, l'importance des sources peut varier à la lumière de nouvelles informations et avec des changements de technologie. Plusieurs inventaires n'ont pas pris en compte certaines sources importantes de PCDD/PCDF à cause d'informations incomplètes, ce qui peut mener à la conclusion injustifiée que ces sources sont négligeables. A partir de 1999 et pendant l'année 2000, le PNUE Substances Chimiques a poursuivi un programme de renforcement des connaissances et des compétences, et a organisé des ateliers de formation pour aider les pays à se préparer pour la Convention sur les POPs. Au mois de janvier 2001, le PNUE Substances Chimiques, dans le cadre de l'IOMC (Programme Inter-organisme pour la Gestion Rationnelle des Produits Chimiques) a publié le document : « Outil Normalisé pour l'Identification et la Quantification de Rejets de Dioxines et de Furannes » sous forme de projet. Il a été traduit en Espagnole, en Français et en Russe. Par la suite, le PNUE et d'autres ont mis en place des projets pour tester le Toolkit sur le terrain, et plusieurs inventaires de dioxines et de furannes ont pu être réalisés à l'aide du Toolkit.

En juin 2002, la Sixième Session du Comité Intergouvernemental de Négociation de la Convention de Stockholm, par la Décision 6/4

1. « Note que le « Toolkit Normalisé pour l'Identification et la Quantification des rejets de Dioxines et de Furannes » (Toolkit) du Programme des Nations Unies pour l'Environnement constitue une base pour le développement de conseils provisoires pour l'évaluation de rejets actuels et projetés des produits chimiques listés dans l'Annexe C de la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants ;
2. Note en plus qu'il pourrait être opportun de mettre à jour le Toolkit et d'inclure d'autres produits chimiques, facteurs d'émission, niveaux de détail et d'autres éléments pour renforcer son utilité ;
3. Invite les Gouvernements et autres responsables à fournir au Secrétariat des commentaires sur les moyens pour mettre à jour et à étendre le Toolkit avant le 31 décembre 2002 ;
4. Demande au Secrétariat de développer une version mise à jour et étendue du Toolkit, en tenant compte des commentaires reçus ainsi que de l'expérience obtenue sur le terrain, pour être considéré par le Comité Intergouvernemental de Négociation lors de sa prochaine session ».

Dans cette première édition, qui a été publiée en mai 2003 et qui a été traduite dans toutes les six langues des Nations Unies, il a été tenu compte des commentaires faits par des gouvernements et des organisations non gouvernementales avant mai 2003, des expériences obtenues par l'application du Toolkit en particulier en Asie et en Amérique Latine, et les résultats d'un programme de prise d'échantillons et d'analyse en Thaïlande.

En juillet 2003, la Septième Session du Comité Intergouvernemental de Négociation « demande que le secrétariat .....prépare et publie une version révisée du Toolkit pour être soumis à la première Conférence des Parties ». Cette seconde édition du Toolkit prend en compte les commentaires, ainsi que les données supplémentaires, reçus des gouvernements et les organisations non gouvernementales aussi bien que les informations fournies par les participants aux ateliers du PNUE ou bien trouvées dans la littérature accessible. Finalement il y a eu lieu des échanges d'information réciproques, ainsi qu'une harmonisation entre le contenu du Toolkit et les Directives Préliminaires sur les Meilleures Techniques Disponibles et les Directives Provisoires sur les Meilleures Pratiques Environnementales par le groupe d'Experts sur BAT/BEP (CSBBAT/BEP 2004).

Il faut noter que cette seconde édition du Toolkit ne considère que les rejets de dibenzo-p-dioxines polychlorés et de dibenzofuranes polychlorés. Il ne couvre pas les sources et les émissions des deux autres POP produit non intentionnellement listés dans l'Annexe C de la Convention de Stockholm, c'est-à-dire les polychlorobenzènes biphényles (PCB) et le hexachlorobenzène en tant que sous-produits.

Le Toolkit est conçu pour couvrir au minimum toutes les catégories et procédés qui sont listés dans l'Annexe C, Parties II et III de la Convention de Stockholm, et qui sont reconnus comme pouvant rejeter des PCDD/PCDF. Si des sources additionnelles devraient être identifiées comme étant significatives, on tiendra compte de celles-ci dans des mises à jour à venir. Le Toolkit peut être utilisé lorsqu'il n'existe pas de données mesurées où lorsqu'on dispose de données nationales mesurées et de facteurs d'émission.

Les objectifs principaux du Toolkit sont :

- D'être compréhensif, et facile à lire, à suivre et à appliquer ;



- D'approcher le sujet d'une manière logique et pragmatique ;
- De rassembler et de présenter les classes et facteurs d'émission d'une manière raisonnable et pratique ;
- De permettre la réalisation d'inventaires qui soient comparables sur un plan international.

## 2 OBJECTIFS ET LIMITATIONS

### 2.1 Objectifs

Le « Toolkit » représente une méthodologie pouvant aider les pays qui sont en train de réaliser leurs inventaires à estimer les rejets de PCDD/PCDF, et à les aider dans le processus visant à améliorer et à raffiner ces inventaires. L'objectif du Toolkit est de fournir des conseils aux responsables de l'inventaire d'un pays au sujet des techniques et des étapes de l'inventaire en leur donnant des exemples et des paramètres de contrôles pour la classification des sources. Le Toolkit souligne aussi les cheminements que peuvent prendre les PCDD/PCDF dans l'environnement ou autres matrices. Finalement le Toolkit est suffisamment complet pour pouvoir caractériser les rejets en ordre de grandeur, et pour des ensembles de secteurs.

Tandis que d'autres méthodologies internationales disponibles ont été créées dans le but de pouvoir évaluer les impacts sur un seul milieu de l'environnement, le Toolkit vise à fournir une méthodologie, et les facteurs d'émission associés pour les rejets des PCDD/PCDF dans tous les milieux (air, eau, terre, produits et résidus). Le Toolkit est conçu pour fournir une méthodologie simple et normalisée, accompagnée de bases de données, permettant la réalisation d'inventaires rationnels des PCDD/PCDF qui soient consistants aux niveaux régionaux et nationaux. Il présente une procédure recommandée par le PNUE pour réaliser des inventaires fiables concernant les sources et les rejets de PCDD/PCDF. Seules des sources comparables des rejets de PCDD/PCDF donnent une idée claire et globale des rejets permettant de définir des actions prioritaires pour contrôler ou réduire ces rejets. L'objectif de ce processus est l'établissement de données internationales comparables.

La compilation d'inventaires devrait être efficace du point de vue de l'utilisation des ressources (c'est à dire ne prenant pas trop de temps pour être réalisée) et suffisamment précise pour permettre l'identification fiable des sources principales et des déficiences dans les données clef. Les inventaires devraient être présentés dans une forme standard. Il n'est pas nécessaire de faire des tests d'émission pour mettre en œuvre le Toolkit, ni pour dresser un inventaire.

Le Toolkit se veut aussi adaptable. Les bases de données des facteurs d'émission pourront être revues et améliorées en réponse à la parution de nouvelles données relatives à des émissions ou à de procédés améliorés. Le Toolkit est plutôt un outil de tri et non un registre exhaustif, et il est conçu pour assurer une identification positive de la majorité de sources d'importance significative. La rapidité et la facilité à l'usage ont été considérées plus importantes pour les utilisateurs du Toolkit, plutôt qu'une précision à 100%, ce qui reste un objectif impossible à atteindre.

Le Toolkit comprend :

- Une méthodologie efficace pour identifier les procédés industriels et non industriels concernés par les rejets de PCDD et PCDF, et pour les évaluer pour en identifier les plus importants.

- Des conseils sur la collecte d'informations sur les procédés pertinents, afin de faire une classification de ces procédés en des groupes ayant des émissions similaires.
- Une base de donnée dynamique et détaillée des facteurs d'émission qui apporte des données par défaut appropriées, représentatives des groupes de procédés.
- Des conseils pour la réalisation d'un inventaire, et la présentation des résultats utilisant ensemble les facteurs d'émission par défaut et toutes données spécifiques à un pays, de telle manière à ce que les inventaires qui en résultent soient comparables. La présentation des données tiendra compte des insuffisances dans celles-ci, et indiquera les valeurs extrêmes d'émission, là où une classification précise ne peut pas être réalisée.

Le Toolkit est fait pour être applicable dans tous les pays. Il permet de tenir compte de données spécifiques à un pays pour compléter les facteurs d'émission par défaut. Différents pays adopteront une approche différente en fonction des ressources disponibles, et la priorité accordée à cette source. Il pourrait s'avérer utile de faire un travail additionnel sur certaines sources au fur et à mesure que d'autres données, ou des ressources, deviennent disponibles. L'utilisation de facteurs d'émission par défaut, en même temps que de mesures réalisées localement, permettra une amélioration et un raffinement du Toolkit pour une utilisation dans d'autres pays.

Les résultats consignés dans le Toolkit peuvent servir comme point de départ pour l'identification de sources PCDD/PCDF qui sont d'une importance particulière, et pour fixer des priorités pour ces sources qui ont à considérer en premier par une Partie pour tenir compte des obligations de la Convention. Le Toolkit donne des résultats numériques et ces estimations quantitatives peuvent permettre de définir les sources prioritaires. Un tel point de départ pour fixer les priorités pourrait être la rédaction d'une liste de sous-catégories tel qu'il est montré au Tableau 1. Ce Tableau représente un classement des six sous-catégories d'un inventaire national des émissions, en commençant par la sous-catégorie qui présente les émissions les plus élevées (vers l'air). Dans la colonne de droite, le rapport entre l'émission vers l'air pour chaque sous-catégorie à l'émission totale vers l'air a été calculé et est présenté comme pourcentage de l'émission totale national vers l'air. Les résultats dans cet exemple montre qu'il y a une grande source dans ce pays (sous-catégorie 6b1 = feu de décharge) qui dominait l'inventaire. La seconde source la plus importante est celle d'incinération de déchets hospitaliers. Comparées à ces deux sources, toutes les autres sont d'une importance mineure. Cette information, obtenue à l'aide du Toolkit, pourrait constituer une première indication pour le plan d'action, et pour l'identification et l'application de BAT et de BEP afin de réduire les rejets à partir de ces sources prioritaires.

Tableau 1 : Emissions de PCDD/PCDF vers l'air suivant la sous-catégorie (MoE Jordanie 2003)

Sous-catégorie	Emissions vers l'air (g TEQ/an)	%
Feu de décharge	49,5	77
Incinération de déchets hospitaliers	8,77	14
Transport à base de moteur 4-temps au plomb	2,16	3,4

Feux accidentels (maisons, hôpitaux)	0,922	1,4
Brûlage de carcasse d'animaux	0,593	0,9
Feux domestiques non contrôlés	0,470	0,7

## 2.2 Limitations

La majorité des inventaires disponibles concernent les pays développés et industrialisés. Une étude (PNUE 1999) a identifié quinze tels inventaires; cependant, ils ne sont pas réalisés de manière standardisés, et ne concernent pas toujours les mêmes périodes. Depuis lors, quelques autres inventaires ont été publiés dans d'autres pays (Fiedler 2003 et les références y contenues).

Dans certains cas, des évaluations de rejets ont seulement été faites pour un sous-ensemble de procédés (par exemple, uniquement pour les procédés industriels). Certains rapports ont utilisé des facteurs d'émission tirés de la littérature pour compléter des mesures d'émissions locales, mais presque tous reflètent des procédés et des facteurs d'émission provenant des pays développés. On connaît relativement peu de choses sur les procédés et les facteurs d'émission pour les procédés et technologies utilisés dans les pays moins développés, concernant les émissions et rejets venant d'équipement fabriqué localement tels que des brûleurs, et de matières premières spécifiques aux régions.

Un inventaire peut fournir des informations précieuses sur l'amplitude des rejets pour chaque milieu de l'environnement et dans les produits et les résidus. Il ne peut que attirer l'attention sur les sources d'impact possible, et il ne peut pas fournir des indications précises quant à l'impact relatif de ces rejets sur l'homme ou sur l'écosystème, du fait que le devenir des PCDD et des PCDF varient considérablement d'une source de rejet à une autre.

Des inventaires d'émissions et de rejets ont été rédigés par les pays afin de répondre à des réglementations nationales, ou des exigences venant d'autres conventions. Il faut noter cependant que ces inventaires peuvent générer des informations sur les besoins autres que ceux de la Convention de Stockholm. Comme exemple il y a les regroupements faits suivant des codes de l'industrie, tels que SNAP/CORINAIR dans le Protocole d'Aarhus UNECE sur les POPs ou les codes NFR. Le Toolkit suit effectivement ces groupements car le but de ceux-ci est différent de l'objectif de la Convention de Stockholm et les inventaires des rejets de cette Convention. La Convention de Stockholm considère les rejets de sous-produits organiques venant de sources d'origine humaine, et couvre l'ensemble de ces rejets.

Le processus de la compilation d'un inventaire est complexe et implique de nombreuses parties prenantes. Dans le but de faciliter l'utilisation du Toolkit et de permettre aux pays d'identifier les sources de PCDD/PCDF et d'établir leur premier inventaire sur les rejets de dioxines et de furannes, le PNUE a organisé des ateliers de formation à un niveau sous-régional. Le PNUE fournit aussi d'autres informations pertinentes, et collabore avec les agences chargées par le FEM de la mise en œuvre (PNUD, ONUDI, Banque Mondiale) quand les pays procèdent à leur Plan National de Mise en Œuvre (PNM) prévu par la

Convention de Stockholm sur les POPs. Le Toolkit vise à une identification des sources principales des PCDD/PCDF et donc à obtenir une vue d'ensemble de la grandeur des rejets et des procédés ou activités responsables des sources. Par conséquent, les inventaires PCDD/PCDF ainsi obtenus aideront les pays à diriger leurs efforts en vue de fixer les priorités pour les actions visant à réduire leurs rejets de PCDD/PCDF. Les inventaires des émissions aideront aussi à déterminer l'importance relative des dioxines et des furannes dans le Plan d'Action du pays.

Bien que la majorité des concentrations mesurées aient été obtenues dans les pays développés et que les données plus récentes se réfèrent à des procédés et technologies modernes, les facteurs d'émission présentés dans ce Toolkit prennent en compte les circonstances de procédés qui sont peut-être moins sophistiqués et moins contrôlés, les technologies plus anciennes ou plus simples, etc. On a tenu compte de l'expérience des pays de l'OCDE au moment des premières mesures des PCDD/PCDF en extrapolant les résultats pour « créer » des facteurs d'émission pour des usines, procédés et activités ayant aucun ou peu de contrôles. Ces classes de facteurs d'émission---typiquement des facteurs de classe 1 ou classe 2 à l'intérieur de chaque sous-catégorie---peuvent être appropriées quand on estime des rejets à partir d'installations petites et simples dans les pays en voie de développement. Les résultats d'un projet conjoint PNUE/GTZ/PCD d'échantillonnage et d'analyse en Thaïlande ont démontré que des technologies de pointe existent dans les pays en voie de développement et que des facteurs d'émission faibles peuvent être appliqués (PNUE 2001).

Bien que les catégories de source PCDD/PCDF dans ce Toolkit soient très nombreuses, il se peut qu'il existe d'autres procédés ou activités qui sont suspectés de générer et rejeter des PCDD/PCDF ou pour lesquels des PCDD/PCDF ont été détectés. Très souvent il est possible de classer ces activités à l'intérieur d'une des sous-catégories listées. Par exemple, le brûlage de pneus peut être inclus dans une première approximation dans la catégorie de brûlage à l'air libre, ou classé de la manière qu'une maison qui brûle. Etant donné la fréquence de tels feux accidentels par rapport à la quantité de déchets brûlée à l'air libre, les rejets totaux de cette catégorie de brûlage à l'air libre ne changeront peut-être pas.

### 2.3 Documentation complémentaire

Ce Toolkit va servir à la préparation d'un inventaire des rejets de dibenzo-*p*-dioxines (PCDD) et de dibenzofuranes polychlorés (PCDF) comme il est demandé au sous-paragraphe (a) de l'Article 5 de la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants. Il vise à couvrir tous les vecteurs de rejet (air, eau, terre, produits, résidus) venant d'activités industrielles et domestiques en identifiant les sources et en quantifiant ces rejets pour deux classes de POPs produits non intentionnellement. D'autres conventions relatives aux produits chimiques concernent généralement plus de produits chimiques mais ont une couverture plus faible, ne considèrent qu'un seul vecteur de rejet, ou bien visent des secteurs industriels spéciaux. Beaucoup d'information et d'expertise se trouvent dans la documentation relative à la méthodologie appliquée ailleurs, bien que différentes en portée et en champ d'application. Ce sont des sources qui peuvent utilement être consultées, et appliquées, le contexte du Toolkit. Quelques exemples d'activités globales, régionales ou nationales sont donnés ci-dessous, ainsi que les pages d'Internet correspondantes :

- Le Protocole Aarhus du UNECE sur les Polluants Organiques Persistants (1998) dans le cadre de la Convention UNECE sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance; cette convention vise à réduire la pollution par l'air. Le Guide des

Inventaires sur les Emissions EMEP/CORINAIR a été préparé comme aide à l'application des méthodologies des inventaires sur l'atmosphère.

URL pour le Protocole : [http://www.unece.org/env/lrtap/pops\\_hl.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/pops_hl.htm)

URL pour EMEP: <http://www.EMEP.int>

URL pour le Guide: <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR3/en>

- Les Procédures pour la Quantification et Déclaration Harmonisées pour les Produits Toxiques (HARP-HAZ). Le format de présentation pour la déclaration quantitative de substances toxiques à la 5<sup>e</sup> Conférence de la Mer du Nord à Bergen en 2002 était basé sur le prototype HARP-HAZ. Les « Procédures Harmonisées de Quantification et de Déclaration pour les Substances Chimiques » (HARP-HAZ) ont été développées par la Norvège et d'autres Etats de la Mer du Nord afin de disposer de déclarations transparentes, fiables et comparables des substances toxiques. HARP-HAZ comprend un Document d'Orientation séparé concernant la Quantification et la Déclaration des rejets/émissions/pertes de dioxines, disponible à :

URL : <http://sft.no/english/harphaz/>

- Registres des Rejets et des Transferts de Polluants (PRTR) : ceux-ci seront établis suivant les recommandations contenues dans l'Agenda 21, chapitre 19 du CNUED. Les gouvernements et organisations internationales appropriés, avec la coopération de l'industrie, devront (entre autre) « améliorer les bases de données et les systèmes d'information concernant les produits chimiques, tels que les programmes d'inventaires sur les émissions... ». Le site Internet ci-dessous contient des informations très utiles sur les substances toxiques, tels que des programmes inventaire des émissions ; il fournit également des liens avec d'autres sites contenant des données sur les PRTR.

URL d'un bureau de centralisation : <http://www.chem.unep.ch/prtr/Default.htm>

- La Directive IPPC : Prévention et Contrôle Intégrées de la Pollution de l'Union Européenne ; cette Directive concerne la minimisation de la pollution de divers points sources à travers l'Union Européenne. Toutes les installations couvertes par une des Annexes de la Directive devront obtenir une autorisation (un permis) des autorités dans les pays de l'UE. Ces permis devront être basés sur les Meilleures Techniques Disponibles BAT en anglais). Il a également été décidé que les responsables politiques, aussi bien que le grand public, doivent être mieux informés sur l'IPPC. La Directive prévoit la création d'un Registre Européen des Emissions Polluantes (EPER) pour permettre la diffusion d'informations provenant de différentes installations.

URL pour la Directive IPPC : <http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/>

2.3.1.1 URL pour les documents BAT : <http://eippcb.jrc.es>

URL pour EPER : <http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/eper/index.htm>

- OSPAR : Commission pour la Protection de l'Environnement Maritime : la Commission développera des programmes et des moyens pour identifier, établir des priorités, superviser et contrôler (c'est-à-dire, pour éviter et/ou pour réduire et/ou pour

éliminer) les émissions, rejets, et pertes de substances dangereuses qui atteignent, ou pourraient atteindre, l'environnement marin de l'Atlantique Nord.

URL : <http://.ospar.org/eng/html/welcome.html>

- Commission pour la Protection de l'Environnement Marin de la Baltique (Commission de Helsinki – HELCOM) ; le travail de cette commission est de protéger l'environnement marin de la Mer Baltique de toute source de pollution à travers une collaboration intergouvernementale des pays membres.

URL : <http://www.helcom.fi/helcom.html>

- L'Inventaire National Australien sur la Pollution (NPI) : l'Australie a développé une base de données dans laquelle les émissions sont estimées pour les installations industrielles et pour les sources diffuses à travers le pays.

URL : <http://www.npi.gov.au/>

Pour d'autres informations sur les inventaires PCDD/PCDF, voir dans la littérature internationale (telle que Fiedler 2003), le rapport du PNUE Substances Chimiques (1999), et les pages Internet des organisations régionales telles que la Commission Européenne (EC – <http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/> ), la Commission pour la Coopération Economique (CCE – <http://www.cec.org/home/>) et plusieurs gouvernements et agences nationaux.





### 3 FORMATION ET REJET DE PCDD ET DE PCDF

#### 3.1 Formation de PCDD/PCDF

Les PCDD/PCDF sont formés de manière non intentionnelle comme sous-produits dans un large éventail de procédés et d'activités, telles que celles données dans l'Annexe C de la Convention de Stockholm. En plus d'être formés en tant que sous-produits non intentionnels de procédés de fabrication ou d'élimination, les PCDD/PCDF peuvent également être introduits dans des procédés par les matières premières. Les PCDD/PCDF peuvent donc exister même lorsque les PCDD/PCDF ne sont pas formés dans le procédé en question. Les voies de formation des PCDD/PCDF peuvent être classées en deux grandes catégories : a) la formation pendant des procédés thermiques et b) la formation dans des procédés chimiques industriels (pour de plus amples informations, voir CS BAT/BEP 2004, UNEP 2003a, NATO/CCMS 1992a, Hutzinger et Fiedler 1988).

a) La formation de PCDD/PCDF dans les procédés thermiques

Les PCDD/PCDF sont formés à l'état de traces dans des procédés de combustion lors que le carbone, l'oxygène, et le chlore sont présents ensemble dans une gamme de température entre 200° C et 650° C. La formation a lieu par deux mécanismes de base :

1. La synthèse dite *de novo* pendant laquelle les PCDD/PCDF sont formés à partir de structures de carbone © non-extractibles qui sont foncièrement différentes du produit final (PCDD/PCDF) ; et
2. Des réactions de formation de précurseurs *via* des structures aryles dérivées soit d'une oxydation incomplète d'aromatiques, soit de la cyclisation de fragments d'hydrocarbures.

Le mécanisme associé à la synthèse de PCDD/PCDF peut être homogène (les molécules réagissent toutes dans la phase gazeuse ou toutes dans la phase solide) ou hétérogène (des réactions ont lieu entre les molécules en phase gazeuse et des surfaces).

Les PCDD/PCDF peuvent aussi être détruits quand ils sont incinérés à des températures suffisantes avec un temps de résidence approprié, et avec un mélange qui se fait dans la zone de combustion. De bonnes pratiques de combustion comprendront les « 3 Ts » : température, turbulence, temps de résidence. Une trempe rapide de la température juste après la zone de combustion est nécessaire pour éviter la re-formation de PCDD/PCDF dans la zone de post-combustion.

Des variables qui sont connus pour affecter la formation de PCDD/PCDF dans des processus thermiques sont (CS BAT/BEP) 2004) :

Technologie : La formation de PCDD/PCDF peut avoir lieu soit pendant des combustion insuffisante, ou dans des chambres de post-combustion et des dispositifs de contrôle de pollution de l'air mal gérées. Les techniques de combustion vont de systèmes très simples et très pauvres, tels que le brûlage à l'air libre, à des systèmes très améliorés et complexes, tels que l'incinération avec les meilleures techniques disponibles.

Température : On a observé la formation de PCDD/PCDF dans la zone de post-combustion, dans le système de contrôle de pollution de l'air, à des températures entre 200° C et 650° C ; on admet que la gamme la plus favorable se situe entre 200° C et 450° C, avec un maximum vers 300° C :

Métaux : Les métaux comme le cuivre, le fer, l'aluminium, le chrome, et le manganèse sont connus pour catalyser la formation de PCDD/PCDF ;

Soufre et azote : Les substances chimiques contenant du soufre et de l'azote inhibent la formation de PCDD/PCDF mais peuvent mener à la formation d'autres sous-produits :

Chlore : Le chlore doit être présent sous forme élémentaire, organique ou minérale. Sa présence dans les cendres volantes, ou sous forme élémentaire dans la phase gazeuse peut être particulièrement importante.

Des recherches ont mis en évidence le fait que d'autres variables et combinaison de condition peuvent être importants. Des données fournies par Gullett *et al.* (2003) sur des expériences de brûlage de déchets dans des conditions non contrôlées montrent que la quantité de PCDD/PCDF produite ne dépend pas d'un seul paramètre. Des concentrations élevées de PCDD/PCDF ont été détectées quand des déchets ménagers « normaux » ont été brûlés à l'air libre. Les concentrations sont devenues plus importantes lorsque la teneur en chlore devenait plus importante (indépendamment de son origine, organique ou minérale), lorsque l'humidité augmentait, lorsque la charge augmentait, ou lorsque des métaux catalytiques étaient présents.

b) La formation de PCDD/PCDF dans les procédés chimiques industriels

Comme pour les procédés thermiques, du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, et du chlore sont nécessaires. Dans les procédés de production chimiques la formation de PCDD/PCDF est favorisée si une ou plusieurs des conditions ci-après sont remplies (OTAN/CCMS 1992b, Huntziger et Fiedler 1988) :

- De hautes températures (> 150 °)
- Des conditions alcalines (surtout pendant une purification)
- La catalyse par des métaux
- Une irradiation UV ou des substances qui peuvent générer des radicaux

Dans la fabrication de substances chimiques contenant du chlore, les procédés suivants ont été identifiés comme des sources de PCDD et PCDF avec une probabilité décroissante de générer des PCDD/PCDF du haut vers le bas. La fabrication de :

- Phénols chlorés et leurs dérivés
- Aromatiques chlorés et leurs dérivés
- Substances aliphatiques chlorés
- Catalyseurs et produits minéraux chlorés

Les PCDD/PCDF sont persistants dans l'environnement et des transferts peuvent avoir lieu entre les milieux (par exemple, dépôt de l'air sur des surfaces ou sur la végétation, l'ingestion d'aliments pour homme ou animaux, ou de la terre, par les hommes et les animaux, l'érosion de particules contaminées de la terre vers les eaux de surface, etc.). De tels transferts peuvent représenter une contribution importante à l'exposition de l'homme et pourrait avoir un impact sur l'environnement. Cependant, ce Toolkit caractérise et quantifie la formation et le rejet des PCDD/PCDF uniquement aux sources. Il ne considère que le cas des PCDD/PCDF et ne

couvre pas deux autres POPs de l'Annexe C produits non intentionnellement : les polychlorobiphényles et l'hexachlorobenzène.

Ce Toolkit considère les rejets **directs** des PCDD/PCDF à partir de la source localisée sur le territoire national d'un pays, pour les cinq vecteurs de rejet, vers les compartiments et/ou milieux suivants (Figure 1).

- Air
- Eau (douce, océan, d'estuaire; et puis dans les sédiments)
- Terre
- Résidus (y compris certains déchets liquides, les boues, et les résidus solides qui sont manipulés et rejetés comme déchets, ou peuvent être recyclés)
- Produits (tels que des formulations chimiques ou des produits de grande consommation tels que le papier, textiles, etc.)

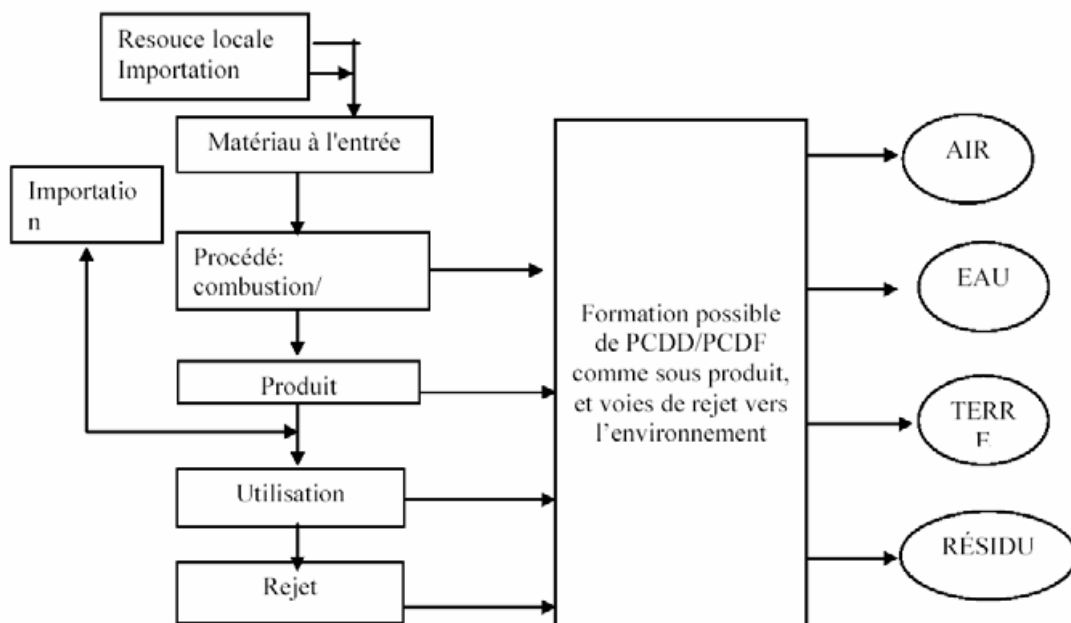


Figure 1: « Cycle de vie » des PCDD/PCDF

Les carrés en gris représentent des compartiments/milieux qui peuvent contenir des PCDD/PCDF et devront être quantifiés dans l'inventaire PCDD/PCDF ; Les carrés encadrés en gras représentent des étapes où des PCDD/PCDF pourraient être formés ;

Les lignes en pointillé indiquent les limites de l'inventaire où aura lieu le prélèvement de données.

Note : Les réservoirs ne sont pas inclus dans ce diagramme mais pourraient être présents dans le compartiment «terre»

Les rejets de PCDD/PCDF proviennent de quatre types de sources. Trois d'entre elles sont liées à des procédés:

- Procédés de production chimique----par exemple la production de phénols chlorés et l'oxychloration d'apports mélangés pour produire certains solvants chlorés, ou la production de pâte et de papier utilisant le chlore élémentaire pour le blanchiment chimique ;

- Procédés thermiques et de combustion, y compris l'incinération de déchets, la combustion de combustibles solides et liquides et les procédés thermiques de traitement des métaux.
- Procédés biogéniques qui peuvent mener à la formation de PCDD/PCDF à partir de précurseurs tels que le pentachlorophénol.

Le quatrième secteur concerne le cas de formation antérieure :

- Des sources-réservoir telles que des décharges anciennes de déchets contaminés, et les sols et sédiments ayant accumulés des PCDD/PCDF pendant de longues périodes.

La Convention de Stockholm sur les POPs impose la minimisation ou l'élimination de la formation et du rejet de PCDD/PCDF. Pour atteindre ce but, il est demandé que l'on mette en œuvre ou qu'on promeuve les meilleures techniques disponibles (BAT) et les meilleures pratiques environnementales (BEP). Un Groupe d'Experts BAT et BEP peut fournir des conseils sur leur utilisation. Des directives et recommandations définitives seront adoptées par la Conférence des Parties.

## **3.2 Rejets directs de PCDD/PCDF**

### **3.2.1 Rejet dans l'air**

Les rejets de PCDD/PCDF dans l'atmosphère proviennent soit de sources fixes ou des sources diffuses et dispersées. Les sources fixes sont généralement associées à des activités industrielles telles que la production et la fabrication ; les diffuses ou dispersées sont associées à l'utilisation et à l'application de produits contenant des PCDD/PCDF. Les PCDD/PCDF émis à partir de chacun de ces deux grands groupes peuvent être transportés sur de longues distances et, par conséquent, des PCDD/PCDF peuvent être détectés dans l'air à des endroits très éloignés des origines mêmes de ces rejets.

Des exemples de procédés émettant des PCDD/PCDF dans l'air comprennent des émissions de gaz provenant:

- De procédés de combustion
- De procédés/opérations liées aux métaux, par exemple le frittage, la fusion de métaux, *etc.*
- Les opérations de cuisson et de séchage, installations de fumage, *etc.*
- D'autres procédés thermiques industriels, par exemple la pyrolyse, le recyclage des cendres, le cracking, *etc.*

Le potentiel réel de formation de dioxines, et leur rejet effectif, dépendra des conditions opératoires des procédés et des contrôles de pollution de l'air qui seront appliqués. Des technologies ont été développées pour réduire la formation de PCDD/PCDF et pour contrôler les émissions jusqu'à des niveaux très faibles, ceci pour de nombreux procédés.

### **3.2.2 Rejets dans l'eau**

Les PCDD/PCDF dans l'eau peuvent provenir de rejets d'eaux usées, de ruissellements de sites contaminés, de lixiviation de décharges, ou d'utilisation de produits chimiques

contaminés par des dioxines (par exemple: l'application de pesticides). Des PCDD/PCDF peuvent être présents dans une décharge si les PCDD/PCDF produits pendant le procédé de production industrielle sont entrés dans le procédé avec les matières premières, ou sont le résultat d'une lixiviation à partir d'un dépôt. Des exemples sont :

- Les eaux usées émanant de procédés de production de pâte à papier et de papier, surtout ceux utilisant le chlore élémentaire;
- Les eaux usées en provenance des procédés de fabrication chimique, en particulier quand on utilise le chlore élémentaire;
- Les eaux usées contenant des conservateurs contaminés par des dioxines, ou des teintures utilisées pour les textiles, le cuir, le bois, etc. ;
- D'autres déversements d'eaux usées en provenance de procédés identifiés comme étant associés aux PCDD/PCDF dans au moins l'un des quatre secteurs des compartiments/milieus de l'environnement ;
- Les écoulements d'eaux usées provenant d'opérations courantes domestiques (machines à laver le linge, lave-vaisselle, etc.) lorsqu'il s'y trouvent des vêtements ou autres textiles et/ou des détergents contenant des PCDD/PCDF.

Des rejets d'eaux usées sous forme de lixiviats dans les eaux de surface et/ou dans les eaux souterraines peuvent être délibérés ou non intentionnels. Une lixiviation se produit lorsque l'eau de pluie a la possibilité de s'infiltrer à travers des dépôts de produits mal stockés contenant des PCDD/PCDF, des résidus et/ou des déchets. Une mobilisation additionnelle apparaîtra si l'on mis en décharge des mélanges de solvants organiques. Il a été démontré cependant que les structures phénoliques dans des lixiviats « normaux » sont capables de fixer des PCDD/PCDF provenant des déchets, Quelques exemples sont:

- Des surfaces contaminées par des PCDD/PCDF tels que des sites de production ou de manipulation d'herbicides à base de chlorophénols ;
- Des sites de l'industrie du bois où le pentachlorophénol ou autres pesticides chlorés aromatiques ont été utilisés en tant qu'agents conservateurs ;
- Divers dépôts en vrac ou de ferraille, en particulier quand sont présents des résidus de fabrication contenant des PCDD/PCDF ou des huiles usagées ;

Par conséquent, les critères utilisés pour identifier des rejets potentiels de PCDD/PCDF dans l'eau comprennent :

- 1) Les rejets d'eaux usées issues de procédés utilisant le chlore et/ou des produits contaminés par des PCDD/PCDF, ou des procédés de combustion et d'incinération, ainsi que d'autres procédés thermiques dans lesquels des lavages par voie humide sont utilisés pour nettoyer les gaz de combustion.
- 2) L'utilisation de pesticides contaminés par des PCDD/PCDF (en particulier le PCP et les 2,4,5-T) et d'autres produits chimiques (notamment les PCB).
- 3) Des lixiviats provenant de sites de stockage ou de dépôt de matériaux contaminés par des PCDD/PCDF

### 3.2.3 Rejets dans la terre

Les sources de rejets de PCDD/PCDF dans la terre peuvent être divisées en trois catégories : des produits contaminés par les PCDD/PCDF « appliqués » directement au sol, des résidus d'un procédé laissés sur le sol, ou déposés intentionnellement, ou bien des PCDD/PCDF déposés sur le sol à la suite de processus environnementaux. Dans tous les cas, le sol sert de

réservoir pour les PCDD/PCDF, à partir duquel ces derniers peuvent passer dans la chaîne alimentaire par l'intermédiaire de plantes et/ou d'animaux. Quelques exemples :

- Utilisation de produits ou de déchets contaminés par des PDCC/PDCF, par exemple : des pesticides, des conservateurs pour le bois ;
- L'épandage de boues d'épuration sur les terres agricoles ou dans les jardins ;
- L'épandage direct de déchets contenant des PCDD/PDCF sur le sol ; un exemple serait les cendres produites par la combustion, par exemple, le brûlage à l'air libre.

Les dépôts de PCDD/PCDF sur la terre venant de l'atmosphère ne sont pas considérés dans le Toolkit.

Il faut noter que dans le Toolkit, les résidus solides provenant d'activités industrielles ou domestiques tels que les scories, les cendres volantes, ou les boues sont classés en tant que résidus car ils sont générés en tant que tels dans le procédé. De tels résidus peuvent être laissés sur le site et peuvent ultérieurement contaminer la terre, les eaux, etc. ou peuvent être mise en décharge (dépôt simple ou décharge sanitaire), ou encore être utilisés pour une autre application. Celles-ci peuvent comprendre, par exemple, les scories pour la construction des routes ou comme matière première dans des procédés de récupération des métaux. Dès que des résidus solides sont générés dans un procédé, un pays pourrait être plus intéressé à en savoir plus sur ce que deviennent ces résidus car il faudrait peut-être les examiner sous l'angle de l'Article 6 de la Convention de Stockholm, ou les considérer comme une source possible à une date ultérieure.

### 3.2.4 Rejet dans les produits

Les sources majeures de contamination de l'environnement par des PDCC/PDCF étaient dues, dans le passé, à la fabrication et à l'utilisation de produits chimiques organiques chlorés et à l'usage du chlore élémentaire dans l'industrie de la pâte et du papier.

Les concentrations les plus élevées de PCDD/PCDF ont été décelées dans les phénols chlorés et leurs dérivés, c'est à dire le pentachlorophénol (PCP et son sel de sodium), l'acide 2,4,5-T (2,4,5-trichlorophénoxyacétique) ou les polychlorobiphényles (PCB). Des déchets et des résidus issus de fabrications de ces produits et d'autres produits chlorés sont aussi contaminés par des PCDD/PCDF (voir le vecteur de rejet « Résidu »).

La réduction ou l'élimination des PCDD/PCDF se fait :

- a) Par la substitution de produits en interdisant la fabrication et l'utilisation d'un produit connu pour être fortement contaminé par des PCDD/PCDF, afin que le procédé qui génère les PCDD/PCDF ne soit plus exploité dans un pays ;
- b) Par la modification de l'étape critique du procédé, en changeant les conditions opératoires, ou en utilisant d'autres matières premières pour que les PCDD/PCDF ne soient plus produits, ou tout au moins minimisés.

Des contrôles de sources tels que ceux cités ci-dessus ont un impact sur les PCDD/PCDF à toutes les étapes du cycle de vie du produit, y compris les déchets dus aux consommateurs. Un contrôle effectif depuis la source des PCDD/PCDF jusqu'au produit mène à des effets bénéfiques dans plusieurs autres secteurs de l'environnement et autres milieux, par la même occasion.

### 3.2.5 Rejets dans les résidus

Un nombre quasi infini de procédés peuvent transférer des PCDD/PCDF dans les déchets ou les résidus (la plupart solides). Cependant, les types les plus probables de déchets peuvent être classés en fonction de leur origine puisque les PCDD/PCDF sont toujours des sous-produits. Des exemples sont :

- Les ordures ménagères, déchets sans valeur, des détritiques (d'origine municipale, industrielle; des produits toxiques, déchets médicaux, *etc.*).
- Les déchets sous-produits issus de procédés thermiques et de combustion (cendres volantes provenant des équipements de lavage des gaz, scories, suies, *etc.*)
- Les résidus de fabrication et produits résiduels (boues de stations d'épuration, déchets de pesticides, huiles usagées de transformateurs, *etc.*).

Les PCDD/PCDF se concentrent dans des déchets solides sortants de procédés industriels thermiques et de combustion tels que les cendres volantes, des scories et autres poussières. Des matières pulvérulentes issues des procédés industriels thermiques et de combustion contiennent du carbone non brûlé sur lequel s'adsorbent les PCDD/PCDF. Les cendres volantes et poussières fines collectées dans les procédés thermiques industriels contiennent des PCDD/PCDF en tant que sous-produits sous forme concentrée ; ils ne sont donc pas rejetés dans l'atmosphère.

En général, le contrôle insuffisant des procédés à combustion et un piégeage efficace de grosses particules par le système de contrôle de la pollution de l'air (APC) mènent à des concentrations plus élevées de PCDD/PCDF dans les résidus solides. Le cas du frittage des minerais de fer en donne un bon exemple. La combustion est virtuellement non contrôlée à l'intérieur le foyer de frittage; l'extraction de cendres volantes par le système APC est très efficace, permettant la récupération du fer, présent dans les cendres volantes dans des quantités non négligeables. Par conséquent, les concentrations des PCDD/PCDF dans les cendres volantes issues du frittage des minerais de fer peuvent être significatives.

Les fabrications chimiques, en particulier celles utilisant le chlore élémentaire donnent lieu à des déchets contenant des PCDD/PCDF. Que ça soit la production de pesticides contenant du chlore ou bien le blanchiment au chlore dans l'industrie papetière, tous les procédés industriels utilisant le chlore d'une manière ou d'une autre produisent des effluents. Ce type de déchet contient généralement des PCDD/PCDF jusqu'à un certain point. Le chapitre 6.7 décrit les facteurs qui font que les PCDD/PCDF se trouvent concentrés dans les effluents.

Les effluents de l'industrie de la pâte à papier et du papier, tout comme les eaux usées municipales sont contaminés par les PCDD/PCDF. Les résidus restant après traitement de ces effluents---étant mécaniques, biologique ou chimique---sont des boues. Souvent, ces boues sont contaminées par les PCDD/PCDF. En général, un niveau de vie plus élevé augmente la contamination par les PCDD/PCDF dans les boues d'épuration, les produits de grande consommation en étant leur source d'origine principale.

Il est important de noter que les PCDD/PCDF peuvent être associés de manière prédominante avec seulement l'un des courants de résidus issus d'un procédé, alors que d'autres courants ont des teneurs basses, voire insignifiantes. Par exemple, les procédés thermiques concentrent souvent les PCDD/PCDF dans les résidus des opérations de lavage des gaz (cendres volantes), alors que des cendres résiduelles (scories) ne contiennent que peu de PCDD/PCDF (dans les procédés ayant un taux de combustion élevé) ; cependant, comme les cendres

résiduelles sont produites dans des quantités bien plus grandes, ces cendres pourraient constituer le vecteur de rejet le plus important.

La capacité des résidus à contaminer l'environnement ou à l'exposer aux PCDD/PCDF dépend dans une grande mesure de la manière dont les résidus sont traités et éliminés. Par exemple, bien que les résidus contaminés de l'industrie chimique puissent être incinérés pour effectivement détruire les PCDD/PCDF qui sont peut-être présents, la mise en décharge d'un tel résidu peut entraîner la création d'une source réservoir. En outre, des résidus provenant d'un procédé peuvent être utilisés comme matières premières pour un autre procédé, et en l'absence de contrôles adaptés des PCDD/PCDF peuvent être rejetés dans l'air, dans l'eau, voir dans un produit. Bien que la mobilité des PCDD/PCDF soit assez faible dans les résidus, et que l'exposition aux PCDD/PCDF transmis dans l'air mène à des effets plus importants sur l'homme ou l'environnement, la Convention de Stockholm impose une évaluation de tous les milieux/compartiments.

### 3.2.6 « Points chauds » potentiels

Des points chauds potentiels, dits « Hot Spots », sont inclus dans une des catégories pour évaluation (cf. Section 4.1). Cette catégorie 10 est différente des neuf autres catégories, du fait que ces Points Chauds sont le résultat d'opérations antérieures liées aux PCDD/PCDF. Les Points Chauds ont la possibilité de devenir des sources dans le futur. Bien que les Points Chauds ne soient pas compris dans l'Inventaire des Sources de Dioxines avec des valeurs chiffrées, il est important de les identifier.

Des Points Chauds peuvent être des sites de fabrications antérieures ou actuelles de produits contaminés par des PCDD/PCDF. Ceci peut être le résultat de stockage de produits, d'élimination de déchets ou d'application du produit sur une longue période. Bien que les concentrations des PCDD/PCDF dans ces Points Chauds puissent être très élevées, les rejets actuels peuvent être négligeables ou faibles, dépendant des caractéristiques de chaque site. Néanmoins, les Points Chauds doivent être identifiés et enregistrés. Dans bien des cas, une fois catalogués, aucune autre action immédiate ne sera nécessaire, s'il n'y a pas de danger immédiat de rejets significatifs. Dans un cas pareil de moindre urgence, les Points Chauds devraient être évalués et un plan d'action à plus long terme préparé.

Si un Point Chaud a déjà commencé à produire de grandes quantités de PCDD/PCDF, ou s'il est prévisible que de tels rejets soient imminents, il devra être incorporé dans l'inventaire des sources, l'état d'urgence noté et les actions correctrices lancées. Dans tous les cas, il est souhaitable de réaliser une appréciation et une évaluation des caractéristiques spécifiques de ce Point Chaud.

Les sites contaminés sont abordés dans l'Article 6 de la Convention de Stockholm sur les POPs, et bien que la Convention n'exige pas une réhabilitation de ces sites, elle cherche « à mettre sur pied des stratégies appropriées pour identifier des sites contaminés par les produits chimiques dont la liste paraît dans les Annexes A, B ou C ; si la réhabilitation de ces sites est entreprise est entreprise, elle sera faite d'une manière écologiquement rationnelle ».



## 4 PROTOCOLE POUR LE MONTAGE DE L'INVENTAIRE

Le but principal du Toolkit est de permettre une estimation de la moyenne annuelle des rejets pour chaque vecteur (air, eau, terre, produits, résidus) pour chaque procédé identifié. L'estimation peut être calculée à partir de cette équation de base :

$$\text{Intensité de la Source (Emissions de dioxine par an)} = \text{Facteur d'émissions} \times \text{« Taux d'Activité »} \quad (1)$$

Les rejets de PCDD/PCDF par an seront calculés et présentés en grammes par équivalents toxiques annuels (TEQ=Toxic Equivalent). **L'Intensité de la Source** par an est calculée en multipliant le rejet des PCDD/PCDF (par exemple en µg TEQ) par unité de matière traitée ou de produit fabriqué (en tonnes ou litres) — appelé **Facteur d'Emission** --- pour chaque vecteur de rejet (air, eau, terre, produit, résidu) par la quantité de matériau traité ou de produit fabriqué (tonnes ou litres/an) — appelé le **Taux d'Activité**. La somme de tous ces calculs donne le total des rejets pour une source donnée (= intensité de la source) par an (voir aussi Chapitre 4.4.2).

Le Toolkit est conçu pour rassembler les données nécessaires d'activité, et pour fournir un moyen pour classer les procédés et activités en des catégories pour lesquelles des facteurs d'émission appropriés sont fournis.

Le Toolkit consiste en une procédure normalisée en cinq étapes pour développer des inventaires de sources cohérents et comparables (voir Figure 2). En premier, une matrice de triage préliminaire est utilisée pour identifier lieu les Catégories de Sources Principales de PCDD/PCDF existant dans un pays. La seconde étape divise ces Catégories de Sources Principales en Sous-catégories afin d'identifier les activités individuelles qui sont susceptibles de rejeter des PCDD/PCDF.

Dans la troisième étape, de l'information spécifique aux procédés est utilisée pour caractériser, quantifier et finalement classer les sources de rejets identifiées de PCDD/PCDF dans un pays donné ou dans une région. Des questionnaires standardisés sont fournis dans l'Annexe (Chapitre 8.2), ce qui peut faciliter l'obtention de l'information recherchée.

Dans la quatrième étape, les rejets sont calculés sur la base d'information obtenue dans les étapes précédentes, à l'aide de l'équation (1) ci-dessus. La dernière étape est alors la compilation de l'inventaire standardisé des PCDD/PCDF, utilisant les résultats générés dans les étapes 1 à 4.

Un format de présentation standardisé est fourni pour s'assurer que toutes les sources soient prises en compte (même si elles ne peuvent être quantifiées), les insuffisances de données sont rendues apparentes et les inventaires sont comparables et transparents.

- 1. Appliquer la matrice de tri pour identifier les Catégories de Source Principale.**
- 2. Vérifier les sous-catégories pour identifier les activités existantes et les sources dans le pays.**
- 3. Rassembler de l'information détaillée sur les procédés, classer les procédés en groupes similaires en appliquant le Questionnaire Standard.**
- 4. Quantifier les sources identifiées avec les facteurs d'émission mesurés ou obtenus par défaut.**
- 5. Appliquer les résultats à tous le pays pour établir un inventaire complet et rendre compte des résultats en suivant le guide présenté dans le format standard.**

Figure 2 : Approche recommandée en cinq étapes pour l'établissement d'un inventaire national des rejets de PCDD/PCDF, en utilisant le Toolkit.

Des Tableaux et des Figures sont fournis comme documents de travail pour configurer la structure standardisée du Toolkit, et pour obtenir toutes les données nécessaires sur les sources. Les listes des sources et des facteurs d'émission du Toolkit seront actualisées, améliorées ou modifiées au fur et à mesure que des informations complémentaires deviennent disponibles.

#### **4.1 Etape 1 – Matrice de Tri : Catégories des Sources Principales**

La première étape dans l'établissement d'un inventaire standardisé de sources de PCDD/PCDF, est l'identification des Catégories des Sources Principales et les principales voies de rejets pour chaque catégorie. La matrice de tri grossier (Tableau 2) facilite l'évaluation préliminaire des activités (industries, utilisation des produits, activités domestiques, *etc.*) qui peuvent potentiellement rejeter des PCDD/PCDF dans l'un ou plusieurs des cinq compartiments et/ou milieux, comme défini plus haut.

Tableau 2 : Matrice de Tri - Catégories de Sources Principales

N°	Catégories des Sources Principales	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1	Incinération de déchets	X				X
2	Production de métaux ferreux et non ferreux	X				X
3	Production d'électricité et de chauffage	X		X		X
4	Production de produits minéraux	X				X
5	Transport	X				
6	Procédés de brûlage à l'air libre	X	X	X		X
7	Production et usage de produits chimiques et de biens de consommation	X	X		X	X
8	Divers	X	X	X	X	X
9	Elimination	X	X	X		X
10	Identification de Points Chauds potentiels	Probablement enregistrement seulement, devant être suivie d'une évaluation spécifique du site				

Ces catégories de Sources Principales de PCDD/PCDF sont suffisamment larges pour prendre en compte la grande variété d'industries, de procédés et/ou d'activités connues qui sont susceptibles de mener à des rejets de PCDD/PCDF. Les dix Catégories de Sources Principales sont conçues pour avoir des caractéristiques communes et une complexité qui soit gérable. Les colonnes à la droite du Tableau 2 indiquent les cinq compartiments de l'environnement dans lesquels les PCDD/PCDF peuvent être rejetés. De ce point de vue, les « X » majuscules indiquent la voie de rejet pour chaque catégorie qui est considérée comme étant la plus importante ; la lettre minuscule « x » indique des voies de rejets qui ont déjà été identifiées.

La matrice de tri grossier peut être utilisée pour apporter une orientation dans les domaines dans lesquels de l'information sera requise, et pourrait influencer la composition d'une équipe chargée de collectionner de l'information sur des sources possibles de PCDD/PCDF dans un pays. La Matrice de Tri sera le point de départ d'une stratégie pour la recherche de conseils et d'expertise qui sera nécessaire pendant le travail plus approfondi de recherche d'information et d'évaluation des données.

## 4.2 Etape 2 – Identification des Sous-catégories

Ensuite, les procédés ou les sous-catégories à l'intérieur de chaque Catégorie de Source Principale sont identifiés. Pour des raisons de comparabilité, chacune des dix Catégories de Source Principale a été divisée en une série de sous-catégories (décrites dans les sections 4.2.1 à 4.2.10). La liste des sous-catégories donne la matrice de récapitulation de l'Inventaire des Sources de Dioxine qui sera compilée (cf. section 5.2).

Pour chaque sous-catégorie listée, une enquête établira la présence ou l'absence d'activité dans le pays ou dans la région. Des données facilement accessibles sont les plus utiles à ce stade (par exemple, tonnes/an de déchets incinérés). Il sera peut-être judicieux de centraliser les données statistiques. Toute sous-catégorie, valablement reconnue comme étant absente,

peut être écartée des recherches ultérieures. Toutefois, le fait que le procédé est absent sera noté dans l'inventaire.

Quand les données de base d'une activité sont disponibles, des estimations préliminaires d'émissions potentielles peuvent être faites (cf. section 5.1), même une information incomplète peut être utile car elle aidera à orienter des efforts ultérieurs de quantification. Les sous-catégories de chaque Catégorie de Source Principale, ainsi que les principales voies de rejets de chaque catégorie ou procédé, sont listées. Les colonnes identifient les cinq secteurs ou milieux dans lesquels des quantités significatives de PCDD/PCDF sont potentiellement rejetées. Le grand « X » montre la voie de rejet qui semble être la prédominante, et le petit « x » montre les voies additionnelles de rejets à prendre en compte.

#### 4.2.1 Sous-catégories de l'incinération de déchets

Dans le Toolkit, l'incinération des déchets est classée selon les types de déchet brûlés (Tableau 3). Incinération dans ce contexte signifie la destruction de déchets dans un four technique quelconque ; le brûlage à l'air libre et le brûlage domestique dans des fûts ou des caisses n'appartiennent pas à ces sous-catégories; ces cas sont traités dans la section 4.2.6 – Brûlage à l'air libre.

Tableau 3 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 1

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>1</b>	<b>Incineration de déchets</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Incinération de déchets municipaux solides	X	x			x
	b Incinération déchets dangereux	X	x			x
	c Incinération déchets médicaux	X	x			x
	d Incinération de déchets de déchiquetage (fraction légère)	X				x
	e Incinération des boues d'épuration	X	x			x
	f Incinération déchets de bois et de biomasse	X				x
	g Combustion de carcasses animales	X				x

Chaque sous-catégorie représente en elle-même une industrie entière. Les déchets diffèrent dans leur composition et leur manière de brûler, et l'équipement de combustion diffère aussi pour chacune des sous-catégories d'incinération de déchet.

Les rejets se font surtout dans des résidus qui contiennent normalement les concentrations les plus élevées de PCDD/PCDF. Les émissions vers l'eau peuvent être une proportion beaucoup plus faible en fonction des conditions opératoires de l'incinérateur et du système de lavage des gaz. Les rejets dans l'atmosphère sont cependant les plus importants car ils peuvent être transportés sur de grandes distances et puis contaminer ensuite la chaîne alimentaire. Les rejets dans l'eau ne jouent qu'un rôle mineur, et ceci uniquement lorsque des épurateurs par voie humide sont utilisés pour le nettoyage des gaz, ou lorsque les cendres produites sont

refroidies à l'eau, ces eaux étant par la suite rejetées. Un traitement approprié des eaux usées peut facilement transférer des PCDD/PCDF des effluents aux résidus (c'est à dire de la phase aqueuse vers la phase solide).

#### 4.2.2 Sous-catégories de la production de métaux ferreux et non ferreux

La production de métaux ferreux et non ferreux est maintenant la plus grande source de PCDD/PCDF dans beaucoup de pays européens. Cette source n'était pas reconnue jusqu'à un passé relativement récent, et bien des pays n'en tiennent pas encore compte. Il existe de nombreux procédés différents dans cette catégorie et de nombreux points de rejet différents; l'ensemble rend difficile la classification et la quantification des rejets.

Dans le Toolkit, cette Catégorie de Source Principale compte douze sous-catégories, chacune se référant à un procédé spécifique. Les procédés importants de production de métaux sont pour la plupart thermiques, et les rejets importants majeurs dans l'air passent par les gaz de combustion ; les rejets dans les résidus passe par les systèmes de lavage des gaz. Dans le cas de la récupération de cuivre par brûlage de fils et de câbles, la contamination du sol et de l'eau par des PCDD/PCDF qui en résulte est bien connue.

Tableau 4 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 2

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>2</b>	<b>Production de métaux ferreux et non ferreux</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
a	Frittage de minerai de fer	X				x
b	Production de coke	X	x	x	x	x
c	Production et fonderies de fers et aciers	X				x
d	Production de cuivre	X				x
e	Production d'aluminium	X				x
f	Production de plomb	X				x
g	Production de zinc	X				x
h	Production de laiton	X				x
i	Production de magnésium	X	x			x
j	Production d'autres métaux non ferreux	X	x			x
k	Déchetiers	X				x
l	Récupération thermique de câbles	X	(x)	x		X

#### 4.2.3 Sous-catégories des générateurs de chaleur et d'électricité

La production d'électricité, et le chauffage, tels que notés ici se limitent aux procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles et d'autres matériaux combustibles. Les piles à combustibles, le solaire, les éoliennes, l'hydroélectrique, le géothermique ou le nucléaire ne

sont pas inclus car aucun rejet de dioxine/furanne associé à ces activités n'a été identifié. Le Tableau 5 dresse la liste des sous-catégories concernées.

Tableau 5 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 3

N°	Sous-catégorie de la Source Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>3</b>	<b>Génération de chaleur et d'électricité</b>	<b>X</b>		<b>(x)</b>		<b>X</b>
	a Centrales à combustible fossile	X				x
	b Centrales à biomasse	X				x
	c Décharges, combustion de biogaz	X				x
	d Chauffage domestique et les cuisines (biomasse)	X		(x)		X
	e Chauffage domestique (combustible fossile)	X		(x)		X

Dans les grandes centrales utilisant des combustibles fossiles, très bien contrôlées, la formation de PCDD/PCDF est faible puisque l'efficacité de la combustion est normalement assez élevée, et elles utilisent généralement des combustibles contenant plus de soufre que de chlore ce qui empêche la formation de PCDD/PCDF ; aussi les combustibles utilisés sont homogènes. Cependant, des émissions significatives en masse sont encore possibles du fait que des volumes importants de gaz de combustion sont émis avec de faibles concentrations de PCDD/PCDF. Dans de petites usines, et où la biomasse est utilisée, le combustible peut être moins homogène et peut être brûlé à des températures plus basses, ou avec une efficacité de combustion plus faible. Ces conditions peuvent alors augmenter la formation de PCDD/PCDF. La même chose peut se produire quand les gaz des décharges et/ou le biogaz sont utilisés comme combustible et cela en raison de la présence non voulue, et non définie, de composants additionnels.

Dans les cas du chauffage/cuisson domestique, la qualité des combustibles utilisés est souvent pauvre et l'efficacité de la combustion est très basse, ce qui provoque une augmentation dans la formation de PCDD/PCDF. Les vecteurs prédominants de rejet sont dans l'air (émissions de gaz de combustion) et dans les résidus, les cendres volantes et les cendres résiduelles.

#### 4.2.4 Sous-catégories de la fabrication de produits minéraux

Celles-ci sont les procédés de fusion à haute température (verres, asphalte), de cuisson (briques, céramiques) ou de transformation chimique induites thermiquement (ciments, chaux). Dans ces procédés, la combustion génère des PCDD/PCDF en tant que sous-produits indésirables. De plus, la formation de PCDD/PCDF peut être liée aux matières premières utilisées dans le procédé. Les fours des cimenteries et de chaux représentent des procédés à grand volume dans lesquels on utilise souvent des déchets à bas prix additionnés au combustible. Lorsque des contrôles effectifs sont en place, l'utilisation de déchets divers tels que des pneus, des huiles usagées, des boues, etc. n'est pas un problème; on a trouvé des

émissions faibles dans ces cas. Le Tableau 6 résume les procédés de fabrication de produits inorganiques qui sont peut-être à prendre en considération.

Tableau 6 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 4

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>4</b>	<b>Fabrication de Produits Inorganiques</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Production de ciment	X				x
	b Production de chaux	X				x
	c Production de briques	X				x
	d Production de verre	X				x
	e Production de céramique	X				x
	f Mélanges d'asphaltes	X			X	x

#### 4.2.5 Sous-catégories des transports

Les transports sont très dépendants de l'utilisation d'essence (avec et sans plomb), de kérosène, de mélanges pour moteurs deux temps (typiquement en mélange à 1/25-1/50 d'huile pour moteur ajoutée à l'essence), de diesel et de fuel lourd. Les sous-catégories sont indiquées dans le Tableau 7. Des émissions plus importantes venant de l'essence au plomb sont liées à la présence de produits halogénés utilisés comme additifs dans les carburants (en anglais : « scavengers »). Un mauvais entretien, une qualité moyenne de carburant, une efficacité de carburation faible peuvent également provoquer une augmentation des rejets de PCDD/PCDF.

Dans la plupart des cas, les émissions provenant des moteurs à combustion interne ne mènent à des rejets que dans l'air. Seuls quelques cas où le diesel ou un fuel lourd est utilisé dans les moteurs à efficacité moyenne peuvent mener à des résidus de suie et de coke avec des concentrations plus élevées de PCDD/PCDF.

Tableau 7 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 5

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>5</b>	<b>Transport</b>	<b>X</b>				
	a Moteurs 4 temps	X				
	b Moteurs 2 temps	X				
	c Moteurs diesel	X				(x)
	d Moteurs au fuel lourd	X				(x)

#### 4.2.6 Sous-catégories des procédés de brûlage à l'air libre

Les procédés de brûlage à l'air libre sont typiquement des procédés à combustion insuffisantes et peuvent être des sources importantes de PCDD/PCDF. Le Tableau 8 les classe en deux catégories. La combustion non contrôlée de biomasse provoque normalement moins de formation de PCDD/PCDF que la combustion de déchets mixtes provenant de l'activité de l'homme. Des rejets plus élevés sont le résultat de l'utilisation de déchets mélangés à cause d'une combustion moins bonne, de l'hétérogénéité et le mauvais mélange des matériaux de combustion, des précurseurs chlorés, d'humidité, et des métaux catalytiques actifs. Dans tous les cas, les vecteurs principaux de rejets sont vers l'air et dans les résidus; cependant des rejets dans l'eau et la terre sont aussi possibles dans certaines circonstances.

Tableau 8 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 6

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>5</b>	<b>Procédés à brûlage à l'air libre</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Brûlage de biomasse	X	(x)	X		(x)
	b Brûlage de déchets et incendies accidentels	X	(x)	X		(X)

#### 4.2.7 Sous-catégories de la production et de l'utilisation de produits chimiques et de biens de consommation

Les rejets de dioxine et de furanne issus de la production de produits chimiques et de biens de grande consommation peuvent être dus à la présence de PCDD/PCDF dans les matières premières elles-mêmes ou à leur formation au cours du procédé de production (

Tableau 9).

Les facteurs indiquant une haute probabilité de formation de PCDD/PCDF dans les procédés de fabrication de produits chimiques sont: « haute température », « milieu alcalin », « présence d'UV comme source d'énergie » et « la présence de radicaux dans les réactifs/procédés chimiques » (cf. Section 3.1).



Tableau 9 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 7

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
7	<b>Production et utilisation de produits chimiques et de biens de consommation</b>	X	X		X	X
	a Production de papier et de pâte à papier	x	X		x	X
	b Industrie chimique	x	x	(x)	X	X
	c Industrie pétrolière	x				x
	d Usines textiles		x		x	
	e Traitement du cuir		x		x	

Au cours des procédés de production, des rejets de PCDD/PCDF peuvent survenir dans tous les vecteurs, vers tous les milieux/compartiments environnementaux et dans les produits. L'utilisation de chlore élémentaire pour le blanchiment, ainsi que de certains biocides tels que les PCP et des produits de teinture (à base de chloranile) ont été des agents contribuant directement aux rejets de PCDD/PCDF dans l'eau. Ainsi, une attention particulière devra être portée aux études détaillées de ces quelques sources qui peuvent contribuer de manière significative à l'ensemble du problème des PCDD/PCDF.

#### 4.2.8 Sous-catégories des « Divers »

Le Tableau 10 résume quelques catégories diverses. Les procédés de séchage impliquent l'utilisation de gaz chauds en contact direct avec les matériaux à sécher. La formation de PCDD/PCDF se produit surtout lors de l'utilisation de combustibles contaminés, et est due à la réaction de ces gaz chauds avec la matière organique des matériaux à sécher. Dans le cas de séchage de biomasse et d'installations de fumage, des déchets tels que du bois usé/traité, des textiles, du cuir ou d'autres matériaux contaminés ont été utilisés en tant que combustibles.

Les crématrices peuvent être des sources de rejet de PCDD/PCDF car le processus de combustion est généralement insuffisant et les matières traitées ne sont pas homogènes. Les cercueils, les liquides pour embaumer et les matériaux de décoration peuvent contenir des plastiques et des produits chimiques chlorés, des couleurs à base de métaux, et des matériaux non combustibles.

Les résidus des procédés de nettoyage à sec sont une autre source de PCDD/PCDF, dans lesquels ont été concentrés des produits chimiques contenant des dioxines (généralement des PCP et des teintures) en fin du procédé de nettoyage. Les sources de PCDD/PCDF sont les biocides appliqués sur les textiles et aussi les colorants qui sont présents. Les poussières et la transpiration se fixant sur les textiles sont d'une importance mineure.

Tableau 10 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 8

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>9</b>	<b>Divers</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
	a Séchage de biomasse	x			X	
	b Crématoires	x				X
	c Installations de fumage	x			X	X
	d Nettoyage à sec		x		X	x
	e Fumée de tabac	x				

#### 4.2.9 Sous-catégories de l'élimination

Le Tableau 11 présente les pratiques d'élimination de déchets qui ne sont ni thermiques, ni la combustion, et qui peuvent mener à des rejets de PCDD/PCDF surtout dans l'eau et la terre. Les pratiques comprennent la mise en décharge de tout types de déchets (y compris les boues de station d'épuration), le déchargement d'huiles usagées, et le déversement de déchets et de boues dans les cours d'eau.

Afin de déterminer le taux de rejet des PCDD/PCDF, il y a lieu de déterminer les volumes de déchets entreposés et la concentration de PCDD/PCDF. En particulier, la co-élimination de déchets mixtes peut représenter une source importante d'émissions de PCDD/PCDF. Bien qu'il n'existe qu'une modeste base de données à ce sujet, des méthodes alternatives concernant le traitement et l'élimination de déchets devraient être encouragées.

Tableau 11 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire- Catégorie Principale 9

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>9</b>	<b>Elimination</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
	a Décharges et dépôts de déchets		x			
	b Eaux usées et leurs traitements	(x)	x	x	x	x
	c Dépôts dans les cours d'eau		x			
	d Compostage			x	x	
	e Traitement d'huiles usagées (non thermiques)	x	x	x	x	x

#### 4.2.10 Sous-catégories des Point Chauds (Hot Spots)

L'existence des Points Chauds résulte directement des pratiques d'élimination telles que décrites dans la section 4.2.9, ou d'élimination non adaptée de matériaux contaminés. On doit supposer que des rejets à partir de ces sites ont déjà commencé, ou pourraient bientôt commencer si aucune action corrective n'est prise. Le Tableau 12 donne une liste indicative des sites où des Points Chauds sont susceptibles d'être trouvés.

Dans les sous catégories a à c, des Points Chauds peuvent être liés à un procédé de fabrication existant. Des rejets peuvent déjà exister provenant de procédés en cours d'exploitation sur un site, ou d'activités antérieures. Les sous-catégories f-i sont typiquement des réservoirs dans lesquels des matériaux contenant des PCDD/PCDF ont été stockés, enfouis ou accumulés depuis de nombreuses années. Pour ces cas, les rejets peuvent être en cours, imminents, ou seulement menaçants pour le futur. L'identification de ces sites peut être difficile.

Tableau 12 : Sous-catégories de la Matrice d'Inventaire – Catégorie Principale 10

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>10</b>	<b>Identification des Points Chauds Potentiels</b>	Probablement enregistrement seulement, à être suivi par une évaluation particulière du site				
a	Sites de production d'organochlorés			X		
b	Sites de production du chlore			X		
c	Sites de formulations de phénols chlorés			X		
d	Sites d'application de phénols chlorés	x	X	x	x	
e	Sites de traitements et de production liés au bois		X	X	x	x
f	Transformateurs et condensateurs contenant des PCB				x	x
g	Dépôts de déchets/résidus des catégories 1 à 9	x	X	X		x
h	Sites ayant eu des accidents en rapport		X	x		x
i	Dragage de sédiments					x
j	Sites à kaolin et argiles			x		

L'évaluation de la spécificité de chaque Point Chaud permettra de déterminer son état précis: danger immédiat, ou potentiel pour des rejets futurs. Dans les deux cas, le site devra être enregistré.

### 4.3 Etape 3 : Rassemblement de l'Information

L'étape suivante consiste à rassembler l'information détaillée sur les procédés. Les volumes et les échelles (c'est à dire les tonnes de déchets brûlés, les tonnes de cuivre produites), ainsi que l'information sur le procédé, sont nécessaires à l'évaluation. Dans une sous-catégorie, pour fabriquer le même produit, les émissions de PCDD/PCDF peuvent varier considérablement selon la technologie, la performance, etc. et dans bien des cas il est seulement possible de faire une estimation. Les méthodes d'estimation choisies seront différentes et devront refléter les conditions locales et les ressources disponibles. Les paramètres clefs utilisés pour faire la différence entre les procédés à hautes et à basses émissions sont donnés dans la section 6.

Les données de base sur l'amplitude d'activité de chaque catégorie, et la structure de base de cette sous-catégorie, sont normalement assemblées en premier. Un point de départ et de bonnes sources d'information sont :

- Les statistiques nationales sur les industries, la main d'œuvre et les taxes;
- Les chiffres de l'activité économique régionale incluant la production nationale et les données d'importation et d'exportation;
- Les chiffres et autorisations locales pour les usines considérées;
- Les données des Associations Industrielles;
- Les données historiques industrielles, et celles sur la production.

Les sous-catégories constituées surtout de grandes usines, pourraient être caractérisées par l'emplacement des sites. Les sous-catégories constituées de sources dispersées devraient être caractérisées en totalisant les données disponibles. S'il n'existe pas d'informations sur une activité donnée, alors la gamme des rejets possibles devra être calculée en retenant les facteurs d'émission les plus hauts et les plus bas.

Les informations les plus importantes qui sont nécessaires pour classer les procédés et les sous-catégories sont incluses dans les Exemples de Questionnaire (cf. section 9). Ceux-ci sont conçus pour faciliter la sélection appropriée des facteurs d'émission.

Toutes les sources devraient être caractérisées. Si des questionnaires individuels par usine sont utilisés, un suivi sera peut-être nécessaire pour garantir un bon niveau de retour des questionnaires. Des réponses incomplètes auront des conséquences néfastes sur les résultats ultérieurs et réduiront la qualité de l'ensemble de l'inventaire. Un contrôle qualité indépendant et des procédures d'assurance qualité sont recommandés pour l'étape de la collecte des données. De manière idéale, une base de donnée complète et hautement détaillée incluant toutes les activités potentiellement concernées par les rejets de PCDD/PCDF sera établie pour chaque source de sites individuels.

Une information incomplète --- des manques de données --- nécessitera l'utilisation d'hypothèses sur les sources pour lesquelles il n'a pas été possible de réunir des informations spécifiques. Les approches varieront mais toutes les hypothèses devront être claires afin de faciliter toute réévaluation à la lumière de nouvelles informations obtenues. Deux approches sont présentées.

Une approche « intermédiaire » suppose que les données faisant défaut sont réparties de manière similaire aux données déjà disponibles (c'est à dire, sources d'émission faibles par rapport à celles fortes, ou bien l'état de conformité avec les besoins de la technologie). Une approche plus prudente supposera que les sources manquantes sont mieux décrites par le facteur d'émission le plus élevé dans la base de données ou par le facteur d'émission le plus élevé pour les sources qui fournissent de l'information. Les suppositions devront être basées sur le meilleur jugement utilisant toutes les données disponibles, présentées clairement et contrôlées extérieurement. Dans certains cas, des données additionnelles seront disponibles, provenant des associations professionnelles, des fournisseurs, des législateurs, ou des experts industriels.

#### 4.4 Etape 4 : Classification des procédés et évaluation quantitative des sources

Les rejets venant des procédés listés ci-dessus en tant que « sous-catégories » peuvent varier par des ordres de grandeur suivant la technique du procédé ou le mode opératoire. Le Chapitre 6 donne une liste complète des diverses sous-catégories et des procédés à l'intérieur de chaque sous-catégorie. Chaque Section indique comment classer les procédés et choisir de manière appropriée les facteurs d'émission.

La méthodologie du Toolkit encourage l'utilisation de données mesurées, là où elles sont disponibles dans une région ou un pays. Cependant, pour assurer la comparabilité et pour procurer un retour d'information valable sur la réalité du procédé, la classification et l'application des facteurs d'émission par défaut devront être effectuées même là où des données mesurées sont disponibles. Les résultats de l'évaluation quantitative des sources basées sur des données mesurées, présentées conjointement à des résultats basés sur les facteurs d'émission par défaut aident à comprendre combien le Toolkit est pratique et combien il souligne les domaines devant être améliorés ultérieurement.

Dans presque tous les cas, quelques regroupements (ou classifications) de procédés dans une région ou dans un pays seront nécessaires pour faire inventaire puisqu'il est peu courant de trouver des données mesurées pour tous les procédés dans un pays ou une région, et il faudra alors faire quelques extrapolations.

##### 4.4.1 Classification du procédé

La section 6 détaille les classes de procédés dans chacune des sous-catégories. Pour chaque classe, il est indiqué un jeu de facteurs d'émission (sections 6.1 à 6.10). A l'intérieur de chaque catégorie, un chiffre faible de la classe (classe 1) caractérise une activité ou un procédé qui génère ou rejette des quantités élevées de PCDD/PCDF ; les conditions générale sont mauvaises et les facteurs d'émission sont élevés. Avec les classes croissantes (classe 1, classe 2, etc.) les conditions s'améliorent et la formation et le rejet de PCDD/PCDF décroissent ; les facteurs d'émission sont plus faibles.

L'information collectée dans l'Etape 3, à l'aide du questionnaire standard ou d'autres moyens, devra être suffisante pour regrouper les procédés en fonction de la technologie et des descriptions de procédés données dans la Section 6. Chaque classe est conçue pour représenter un certain niveau de technologie et de performance, ce qui mènera à des rejets similaires et qui justifiera l'usage de facteurs d'émission similaires. Les modèles de questionnaire fournis dans la *Section 9-Annexe 2 : Questionnaires* aideront dans la compilation de l'information. Comme approche générale, et pour faciliter la classification d'un procédé comme « pauvre », « bon » ou « BAT », on devra tenir compte de ce qui suit :

1. Les caractéristiques de base d'un procédé ou technologie jouent un rôle important et aura donc une influence sur la sélection du numéro de la classe. Les technologies « pauvres » ou de la classe 1 ont les caractéristiques suivantes dans les procédés haute température (dans la plupart de cas une combinaison de plusieurs) ; elles ont de petits brûleurs, des températures faibles dans les chambres de combustion/brûleurs, le brûleur est statique, l'opération se fait en batch, etc. Lorsque le procédé s'améliore, la dimension du brûleur sera plus grand, la température et la turbulence seront améliorées, il y aura une post-

combustion, la matière à brûler sera plus propre, mieux mélangée, ou plus petite, et l'efficacité de combustion sera plus élevée (voir l'importance des « 3-T »). Il en résultera une formation plus faible de PCDD/PCDF.

Dans le Toolkit, cela veut dire qu'une classe plus élevée—avec un facteur d'émission plus faible—sera choisie. Dans ce sens, les fours rotatifs, les brûleurs à foyer variable, et les lits fluidisés seront supérieurs à des chambres de combustion/brûlage statiques. Dans certains cas, les caractéristiques physiques des matières premières pourraient jouer un rôle. Les numéros de classe les plus élevés concerneront les technologies et techniques qui représentent BAT/BEP, et sont typiquement des procédés exploités en continu à longueur d'année et avec des matières à brûler et des combustibles bien contrôlées.

2. Toutes aussi importantes sont les technologies de contrôle après la « zone chaude » ; dans la plupart des cas, ceci concernera les techniques et technologies pour le lavage des gaz. Le Toolkit fait une distinction entre la présence de tels équipements et leur utilisation. Typiquement, la classe 1 ne dispose pas de tels équipements. Afin d'éliminer les grosses particules et les PCDD/PCDF qui sont adsorbés et absorbés sur ces particules les plus grandes, il faut faire appel à des cyclones et à des filtres électrostatiques ; en d'autres mots, la présence de l'un ou l'autre de ces équipements fera passer un procédé dans la classe 2. Des améliorations supplémentaires de lavage des gaz pourront être obtenues à l'aide de laveurs humides, de filtres à manches ou d'autres technologies capables d'arrêter les particules fines. Avec de tels équipements, on choisira la classe supérieure suivante. Dans beaucoup de cas, et surtout dans le cas d'incinération de déchets, la classe la plus élevée ou la meilleure ne sera choisie seulement lorsque on aura fait appel à des équipements sophistiqués de lavage des gaz, conçus pour réduire et éliminer les PCDD/PCDF, tels que les injecteurs de charbon actif (souvent associé à la chaux), des filtres au charbon actif ou des catalyseurs de dioxine.
3. La classification finale sera une combinaison de ces considérations ci-dessus, mais il ne faudra pas combiner deux extrêmes, par exemple une petite chambre de combustion sans contrôle de température ne sera pas équipée d'un système sophistiqué de contrôle des gaz, de la même manière à ce qu'une grande installation fonctionnant en continu ne sera pas sans filtres ou système de réduction de la pollution.
4. Pour les procédés non thermiques les mêmes combinaisons de conditions mauvaises ou bonnes en amont du procédé—dans la plupart des cas l'unité de « production »—avec des conditions mauvaises ou bonnes en aval du procédé—le plus souvent des unités d'élimination ou de destruction des PCDD/PCDF telles que le filtrage des effluents—détermineront la sélection de la classe.

A l'intérieur d'une sous-catégorie, les facteurs d'émission pour deux sortes de technologies peuvent être différents pour un vecteur (par exemple, l'air) mais les mêmes pour un autre vecteur (par exemple, résidu ou terre). Un classement définitif des usines nécessitera un certain jugement et aussi des hypothèses.

Pour que toutes les activités soient prises en compte, la somme des taux d'activités pour les classifications individuelles devrait être égale à la valeur totale des matériaux utilisés dans le procédé dans chaque sous-catégorie. Par exemple, dans la sous-catégorie « incinération de déchets municipaux », la masse comprise dans les usines bien contrôlées ajoutées à la masse des usines mal contrôlées, etc. devraient être égale à la masse totale incinérée au niveau national. Ceci nécessite que toutes les sources soient bien répertoriées dans la classe la plus

appropriée, basé sur leurs principales caractéristiques. La classification des usines et des procédés peut s'avérer difficile, et une aide à ce sujet peut être demandée au PNUE.

L'information accumulée à propos des sources individuelles, incluant les données obtenues à partir des Questionnaires Standard, sert comme base pour attribuer une classification à chaque source individuelle (voir Chapitre 9 pour des exemples). Le Questionnaire Standard prévoit une case pour permettre l'assignation d'une classification à chaque source, tenant compte du procédé et des caractéristiques de l'équipement, et en se référant aux descriptions des classes de la Section 6.

#### 4.4.2 Evaluation Quantitative de la Source

Afin de quantifier l'intensité de la source, un taux de rejet doit être déterminé comme un taux de flux massique annuel exprimé en grammes TEQ de PCDD et PCDF rejetés par an. La plupart des concentrations de PCDD/PCDF dans la littérature ainsi que les valeurs limites dans les législations, telles que celles de la Directive de l'Union Européenne (EU 76/2000) et aux Etats Unis sont présentées en I-TEQ (Equivalents Toxiques Internationaux utilisant les facteurs d'équivalence toxique (= I-TEF) établis en 1988 (OTAN/SMCC 1988). Cependant la Convention de Stockholm impose l'utilisation de Facteurs d'Equivalence Toxique reconnus actuellement, qui sont ceux établis par un groupe d'expert WHO/IPCS en 1998 ; ceux-ci sont les OMS-TEFs (Van Leeuwen et Younes 1998). Comme on peut le voir au chapitre 11.1, la différence entre les I-TEF et les OMS-TEF mammifères est mineure et insignifiante dans le cadre du Toolkit pour les PCDD/PCDF. Comme mentionné aux Chapitres 1 et 2.2, les facteurs d'émission de ce Toolkit ne considèrent que les rejets de PCDD/PCDF et n'incluent pas les PCB de structure proche des dioxines. De plus, les facteurs d'émission représentent des estimations d'ordre de grandeur des rejets.

Les rejets annuels pour tous les vecteurs d'une source ou d'une catégorie de source sont comme suit :

$$\text{INTENSITE DE LA SOURCE (REJETS DE DIOXINE PAR AN)} = \text{FACTEUR D'EMISSION} \times \text{« TAUX D'ACTIVITE »} \quad (1)$$

En termes pratiques cela veut dire que cinq calculs sont à effectuer :

$$\begin{aligned} \text{Intensité de la Source (rejets de PCDD/PCDF par an)} &= \Sigma \text{Facteur d'Emission}_{\text{Air}} \times \text{Taux d'Activité} \\ &+ \Sigma \text{Facteur d'Emission}_{\text{Eau}} \times \text{Taux d'Activité} \\ &+ \Sigma \text{Facteur d'Emission}_{\text{Terre}} \times \text{Taux d'Activité} \\ &+ \Sigma \text{Facteur d'Emission}_{\text{Produit}} \times \text{Taux d'Activité} \\ &+ \Sigma \text{Facteur d'Emission}_{\text{Résidu}} \times \text{Taux d'Activité} \end{aligned}$$

L'émission de PCDD/PCDF est exprimée en grammes TEQ par an. Suivant l'équation (1), l'**Intensité de la Source** par an est calculée en multipliant le **Taux d'Activité** (= la quantité de matière traitée ou produit en tonnes ou en litres par an) par chacun des **Facteurs d'Emission**  $\Sigma$  Facteur d'Emission<sub>Air</sub>, Facteur d'Emission<sub>Eau</sub>, Facteur d'Emission<sub>Terre</sub>, Facteur d'Emission<sub>Produit</sub>, Facteur d'Emission<sub>Résidu</sub>). Chaque Facteur d'Emission est la quantité de PCDD/PCDF (en µg I-TEQ) qui est rejetée vers un ou plusieurs des 5 vecteurs

(air, eau, terre, produit, résidu) par unité de matière traitée ou produite (par exemple en tonnes ou en litres).

Cependant, dans quelques cas, par exemple dans la Catégorie Principale 7 - Biens de Consommation et Produits - il peut être peu pratique d'utiliser un facteur d'émission par défaut pour un rejet spécifique. Dans des cas pareils, des **Concentrations d'Emission ou de Rejet** par défaut qui sont considérées comme étant typiques d'une matrice donnée seront appliquées. De tels cas se produisent en particulier à propos des rejets dans l'eau (en tant que décharges/effluents ; ceux-ci sont donnés en pg TEQ/l) ou pour des rejets dans les résidus (exprimés en ng TEQ/kg de résidu). La même approche peut être adoptée dans les cas où des mesures sur la **Concentration d'Emission** d'une source individuelle sont disponibles et seront utilisées, plutôt que des facteurs d'émissions par défaut fournis par le Toolkit. Dans des cas pareils, **l'Intensité de la Source** est calculée en multipliant les émissions/rejets mesurés, ou celles mentionnées dans le Toolkit comme base de calcul du facteur d'émission (par exemple en ng I-TEQ/m<sup>3</sup>), par le **Flux**.

L'équation 2 s'applique:

$$\text{Intensité de la source (Rejets de dioxine par an)} = \text{Concentration des Rejets} \times \text{Flux} \quad (2)$$

Le **Flux** annuel est le débit massique de gaz, de liquide ou de solide rejeté par an (par exemple en m<sup>3</sup>/an ou en tonnes/an). Il est calculé comme le produit de la masse ou du volume écoulé par heure à pleine charge (par exemple en m<sup>3</sup>/h ou tonne/heure) et du nombre d'heures opérationnelles à pleine charge par an (h/a). Il est important d'ajuster la valeur pour le débit massique ou volumique par heure, aux conditions actuelles de charge, en masse ou en volume à pleine charge. De la même manière, il est aussi important d'adapter les variations annuelles de charge d'une source en fonction des heures correspondantes effectuées à pleine charge.

On doit faire attention à ce que les unités de l'Intensité de la Source soient bien exprimées en g TEQ/an. Les méthodes d'Assurance Qualité devraient inclure des vérifications d'unités de mesures et de calculs, afin d'assurer une certaine consistance.

Par conséquent, les intensités de source qui en découlent, calculées en flux massique de tous les rejets, sont déterminées par deux facteurs critiques :

1. Le Flux annuel (débit massique ou volumique), ou Taux d'Activité donnés exprimé en terme de :
  - produit fabriqué (par exemple : acier, fritté, ciment, pâte à papier, composte, etc...) ou
  - matière entrant dans le procédé (par exemple : déchets dangereux, charbon, diesel, corps incinérés, etc...) ou
  - matière émise (par exemple m<sup>3</sup> de gaz de combustion, litres d'eaux usées, kg ou tonnes de boues générées, etc...)
2. Le facteur d'émission pour les rejets d'une source spécifique donné par :
  - le facteur d'émission par défaut approprié, issu de ce Toolkit, ou
  - les données réelles mesurées localement à partir de la source correspondante en tant que concentration (par exemple ng TEQ/Nm<sup>3</sup>, ng TEQ/litre),

Le produit de ces deux facteurs détermine l'Intensité de la Source pour chaque source individuelle. Le résultat à obtenir à la fin de cette quatrième étape est l'Intensité de la Source



sous la forme d'une estimation des rejets annuels de PCDD/PCDF pour chaque sous-catégorie.

#### 4.4.3 Détermination du Flux ou du Taux d'Activité

Le Taux d'Activité ou le Flux pour une usine individuelle sera obtenu à partir des données obtenues avec le Questionnaire Standard. Le programme d'Assurance Qualité devrait confirmer que le Taux d'Activité et/ou le Flux obtenu pour chaque source individuelle soit crédible et exprimé avec les bonnes unités. Le même principe s'applique aux estimations des taux d'activité appliqués aux secteurs ou aux classes de procédés pour lesquels il n'y a pas de questionnaires disponibles.

Le Taux d'Activité et le Flux peuvent être :

- la quantité de produit fabriqué ou de matière première utilisée dans le procédé, ou consommée par an (tonnes/an, m<sup>3</sup>/an, etc.)
- le débit massique ou volumique de flux rejeté par an (m<sup>3</sup>/h rejeté @ pleine charge x pleine charge en opération h/an, etc...)

#### 4.4.4 Utilisation des Facteurs d'Emission par Défaut du Toolkit

Pour chaque procédé compris dans une sous-catégorie, les rejets sont calculés en multipliant le taux d'activité pour cette classe, par le facteur d'émission du Toolkit pour tous les vecteurs de rejets, en particulier l'air, l'eau, la terre, le produit et le résidu (cf. chapitre 6).

Les facteurs d'émission par défaut qui sont fournis, représentent la moyenne des émissions PCDD/PCDF pour une classe donnée à l'intérieur de chaque sous-catégorie. Typiquement, des classes ont été attribuées pour décrire des procédés avec des contrôles non existants ou absents, un équipement simple, etc. ce qui présentent les pires scénarios (classe 1) ; au fur et à mesure que le numéro de la classe augmente (de la classe 2 jusqu'à la classe 4), la performance du procédé/source/activité s'améliore menant à des rejets PCDD/PCDF plus faibles. Le numéro de classe le plus élevé représenterait en général BAT et BEP. Il sera utile de consulter à ce sujet le document : Directives sur les Meilleures Techniques Disponibles (BAT) et Directives Provisoires sur les Meilleures Pratiques Disponibles (BEP) mises au point par le Groupe d'Expert sur les BAT/BEP (Convention de Stockholm 2004). Le facteur d'émission pour chaque classe représente la meilleure estimation (médians ou moyennes) basée sur des données mesurées sur des sources existantes utilisant des technologies, des caractéristiques de procédé, et des procédures opératoires similaires. Bien que ces facteurs d'émission par défaut soient basés sur les meilleures informations disponibles à partir de la littérature ou d'autres sources, ils seront mis à jour, et les classification étendues au fur et à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles. La grande majorité des facteurs d'émission est tirée de littérature publiée, déjà le sujet d'une évaluation collégiale, ou de rapports gouvernementaux ou institutionnels. Afin de rendre les facteurs d'émission faciles à utiliser et fiables, il a été nécessaire de traiter les données de départ pour arriver à des estimations globales et approximatives (pour la majorité des classes dans les sous-catégories).

#### 4.4.5 Utilisation de ses Propres Données d'Emission

Le Toolkit peut être utilisé là où il n'existe pas de données et où les données domestiques de rejet ainsi que les facteurs d'émission ont été générés. Dans le premier cas, les facteurs d'émission par défaut sont utilisés ; dans le deuxième cas, des données de bonne qualité mesurées dans les usines individuelles, et de préférence locales, peuvent être appliquées. Cependant, l'extrapolation de données mesurées à des usines non mesurées ne devrait être faite que si toutes les usines sont du même type et fonctionnent dans des conditions similaires. Dans tous les cas, les descriptions d'usines devraient être utilisées pour classer le procédé, et les facteurs d'émission par défaut devraient être appliqués.

C'est un véritable défi d'essayer d'obtenir des données sur les PCDD/PCDF. Des données de provenance locale ne devraient être utilisées que si elles sont de qualité acceptable et peuvent être considérées comme représentatives et fiables. Ce processus implique un suivi sérieux de la manière dont l'information a été générée. Si nécessaire, des données complémentaires autres devront être demandées et évaluées. L'application de méthodes standard d'échantillonnage et d'analyse, une expérience reconnue des laboratoires, et une bonne documentation sont des éléments indispensables pour l'obtention de données de haute qualité. Si ces exigences ne sont pas satisfaites, il serait alors nécessaire d'utiliser des facteurs d'émission par défaut tels que fournis par le Toolkit, plutôt que ses propres données, de qualité discutable. Lors qu'on utilise des facteurs d'émission autres que ceux fournis par le Toolkit pour estimer les rejets annuels, ceci devra être souligné. Dans de tels cas, ces facteurs peuvent être introduits dans les colonnes respectives des tableurs Excel qui viennent avec le Toolkit.

### 4.5 **Etape 5 : Compilation de l'Inventaire**

Pour faire la compilation de l'inventaire, une estimation pour chaque sous-catégorie doit être effectuée, comme décrit à l'étape 4. Comme il est expliqué au Chapitre 5, l'inventaire détaillé est construit à partir de chaque rejet estimé pour toutes les sous-catégories.

Ensuite, les émissions annuelles de toutes les sous-catégories individuelles sont additionnées pour donner les rejets totaux se produisant par les cinq vecteurs potentiels, pour les catégories des Dix Catégories de Sources Principales.

Finalement, les rejets de tous les dix Catégories de Sources Principales sont additionnés pour que l'inventaire national puisse être calculé, ce qui représentera le total des rejets estimés de toutes les sources identifiées et quantifiées dans un pays. Ce niveau représente habituellement le troisième (et le moins détaillé) niveau qui sera rapporté.

Les rejets estimés de plusieurs pays peuvent être regroupés dans des inventaires régionaux de rejets.



## 5 PRESENTATION DE L'INVENTAIRE

La manière de présenter les données de l'inventaire est critique et doit être harmonisée pour permettre des comparaisons significatives d'un pays à l'autre.

### 5.1 Création d'un Inventaire Provisoire

Au début, on peut utiliser un inventaire provisoire :

- Pour susciter des commentaires et revoir des points initiaux de l'étude avant que trop de ressources n'aient été mises en œuvre
- Pour fournir des informations de départ, très utiles et comparatives, aux niveaux régional, national et international
- Pour montrer la gamme de rejets issus des sources principales
- Pour préciser les besoins qui seront nécessaires à la collecte d'autres données

La création d'un inventaire provisoire peut avoir lieu après que les catégories de sources principales aient été identifiées et que leurs statistiques d'activité des procédés aient été produites, mais avant que l'on s'occupe du rassemblement final des informations détaillées.

L'inventaire provisoire est conçu pour illustrer la gamme possible des rejets potentiels provenant de procédés identifiés, permettant donc de fixer les priorités aussitôt que possible. Pour chaque source, les résultats obtenus seront présentés sous forme d'une fourchette dans laquelle le résultat final devra être trouvé, après une évaluation détaillée à l'aide du Toolkit. Ces fourchettes peuvent fournir des informations comparatives utiles.

Un inventaire provisoire contiendra les informations suivantes :

- une liste de toutes les sous-catégories en usage dans le pays
- les statistiques de l'activité pour chaque catégorie et une brève description de la manière dont elles ont été trouvées ou estimées
- la gamme des facteurs d'émission par sous-catégorie et l'éventail complet des rejets potentiels (flux massique multiplié par les facteurs d'émission hauts et bas)
- des estimations plus précises par pays, là où c'est possible, indiquées séparément de l'éventail possible des rejets, en utilisant les facteurs d'émissions par défaut du Toolkit, accompagnées d'explications sur la manière d'obtenir ces résultats
- des gammes potentielles indiquées sous forme de diagramme en bâton pour chaque source, basées sur des facteurs d'émission par défaut
- des estimations internes au pays présentées comme des points ou des fourchettes superposés à la fourchette potentielle

Le rapport intermédiaire identifiera les sources principales potentielles et les sources pour lesquelles des informations additionnelles sont nécessaires ; il pourra être utilisé pour comme guide pour indiquer où mettre l'effort pendant les étapes suivantes de l'inventaire.

## 5.2 Rapport Final

L'inventaire final d'un pays pour les rejets de PCDD/PCDF provenant de toutes les activités données dans le Toolkit vers tous les milieux seront le résultat de l'application complète de la méthodologie proposée dans le Toolkit.

Le Rapport Final identifiera les activités et procédés principaux menant à des rejets, afin de fournir de l'information sur la nature et l'étendue des procédés liés aux rejets, et pour identifier ceux des procédés pour lesquels il existe des lacunes importantes dans les données qui doivent être étudiées à l'avenir. Il considérera aussi en autant de détail que possible les rejets dans l'air, l'eau, la terre, les produits et les résidus, tout en reconnaissant qu'il y a des lacunes significatives dans l'étendu et la qualité de ces données pour certains domaines. Dans les cas où il n'existe ni de données mesurées ni d'information appropriée sur les activités (par exemple, des statistiques), ceux-ci devront être notés pour être traités dès que des ressources financières deviennent disponibles.

Les conseils proposés ici ont comme objectif d'apporter de l'aide dans la compilation des rapports qui contiennent les éléments cruciaux issus des projets d'inventaire, dans des formats qui sont immédiatement utiles aux responsables qui seront amenés à les utiliser.

Les éléments clefs de cet inventaire final, qui est basé sur la technologie, comprendront :

**Sommaire** : Rejets dans tous les milieux pour les Principales Catégories des Sources telles qu'identifiées dans la matrice de tri. Le sommaire inclura également les résultats principaux, et identifiera clairement les insuffisances majeures des données, les voies principales de rejet, et les domaines prioritaires pour la collecte de données et pour des améliorations.

**L'inventaire final du pays** : Les rejets dans tous les milieux calculés au niveau des sous-catégories de procédés. Des valeurs chiffrées sont préférables; alternativement, une indication sera donnée à propos de l'amplitude relative des rejets (par exemple, un classement par ordre d'intensité). S'il n'existe pas de facteurs émission, ni de données mesurées sur place permettant la quantification du rejet, ceci sera indiqué. Quand aucun rejet n'existe ceci sera aussi noté. Si un procédé n'existe pas dans un pays, une phrase telle que : « Cette activité n'existe pas dans le pays » devra être introduite pour montrer que l'activité en question a été recherchée mais n'était pas présente.

Un exemple de résultats à l'intérieur des sous-catégories est montré à la Section 10.1 et des tableaux récapitulatifs des inventaires nationaux faits à l'aide du Toolkit, à la Section 10.2.

**Sommaire et analyse, procédé par procédé** : La plus grande partie d'un rapport pour un pays consistera de sections consacrées à chaque catégorie étudiée, et détaillées dans les sous-catégories. Chaque sous-section fournira de l'information sur le procédé de base, les approches, et les méthodes utilisées pour étudier les rejets potentiels du procédé pour fournir les conclusions.

Il faut que chaque section soit relativement courte, pour réduire le volume global du rapport. L'information clef devra être fournie dans chaque Section.

**Données justificatives détaillées** : Celles-ci ne devraient pas être incorporés au rapport, afin qu'il reste court ; cependant ces détails devraient être classés et conservés au niveau du pays. Il est important qu'au niveau du pays les bases détaillées des données soient collectées et

conservées, afin d'être disponibles pour des analyses, évaluations complémentaires et mise à jour ultérieure.

**Information incomplète** : Des lacunes dans les données sont assez courantes. Quand l'information est incomplète, l'information obtenue devrait être utilisée pour faire une estimation de l'activité. Si l'information est insuffisante pour classer complètement tous les procédés, il faut alors présenter une fourchette des rejets en question. Si des hypothèses conservatrices résultent en des estimations élevées, des recherches complémentaires seront nécessaires.

Exemple : une information initiale sur un procédé a indiqué que toutes les usines fonctionnaient en utilisant des contrôles de pollution, bien que la nature de ces contrôles ne soit pas claire. Dans un cas pareil, il serait approprié de prendre les facteurs d'émissions à partir des sous-catégories pour les usines bénéficiant de contrôles de pollution et d'exclure les facteurs d'émission pour les usines sans contrôles. Ceci sert à réduire l'incertitude d'un inventaire et aide à démontrer le besoin de ressources additionnelles.

**Evaluation** : Une brève section qui résume :

- les principales sources, vers chaque milieu
- les mesures en place pour contrôler ces rejets, ou les modifications attendues à propos des procédés/activités qui diminueront substantiellement les rejets
- les lacunes principales des données et leur importance perçue
- les priorités pour les évaluations futures, la production de données, les mesures ou des dispositions politiques à prévoir.



## 6 FACTEURS D'ÉMISSION PAR DÉFAUT

Au début de chaque Catégorie de Sources dans ce chapitre, on donnera la signification par rapport à la Convention de Stockholm. Le groupement sera fait comme suit :

*Annexe C, Partie II catégorie des sources : celles-ci sont les catégories des sources industrielles qui sont susceptibles de produire et de rejeter relativement beaucoup de PCDD/PCDF. La Partie II comprend quatre catégories de sources.*

*Annexe C, Partie III catégorie des sources : celles-ci sont des sources qui sont connues aussi pour former et rejeter les PCDD/PCDF de manière non intentionnelle. La Partie III comprend 13 catégories de sources.*

Cette Section 6 donne des détails sur les facteurs d'émission par défaut qui ont été répertoriés, et décrit la manière dont ils ont été dérivés. Les sous-catégories à l'intérieur des dix Catégories de Sources Principales sont notées en ordre séquentiel 1 à 10. Ni la séquence des Catégories de Source Principales, ni la séquence des sous-catégories comprise dans chaque Catégorie de Source Principale implique un quelconque ordre d'importance du secteur dans l'inventaire des dioxines pour un pays. De plus, les paramètres caractérisant les classes à l'intérieur des sous-catégories dans les sections ci-dessus peuvent ne pas décrire chaque situation, dans chaque pays, et une description donnée peut ne pas rendre compte de la situation réelle. La sous-catégorie suivante la plus proche devra être utilisée et l'estimation préliminaire des rejets doit être faite sur cette base. Comme il est indiqué au Chapitre 2 -- Objectifs et Limitations—des cas pareils devraient être signalés au PNUE pour être incorporés dans les prochaines mises à jour du Toolkit. Aussi, comme on sait que les émissions de PCDD/PCDF varient d'usine à usine (ou d'activité à activité), et de jour en jour, les facteurs d'émission utilisés ici doivent représenter des rejets moyens à partir des catégories indiquées. Des usines individuelles peuvent avoir des rejets plus ou moins importantes.

### 6.1 Catégorie principale 1 – Incinération de déchets

L'incinération de déchets est la catégorie la mieux étudiée pour expliquer la formation de PCDD/PCDF et aussi pour identifier et appliquer des mesures pour prévenir la formation ou minimiser les rejets de PCDD/PCDF. Le chapitre 6.1 est consacré à l'incinération de différents types de déchets, utilisant un type quelconque d'incinérateur. Dans bien des cas, les déchets peuvent être brûlés à l'air libre, c'est à dire sans incinérateur technique ; de tels cas sont considérés à la Section 6.6. De la même manière, le fait de brûler du bois ou autres biomasse propre pour la production de chaleur ou d'électricité, n'est pas évoqué dans cette Section, mais dans la Section 6.3.2. Les sous-catégories à évaluer dans cette catégorie comprennent (Tableau 13):



Tableau 13 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 1 – Incinération de déchets

N°	Sous-catégories	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>1</b>	<b>Incinération de déchets</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Incinération de déchets municipaux solides	X	(x)			x
	b Incinération déchets dangereux	X	(x)			x
	c Incinération déchets médicaux	X	(x)			x
	d Incinération de déchets de déchiquetage (fraction légère)	X				x
	e Incinération des boues d'épuration	X	(x)			x
	f Incinération déchets de bois et de biomasse	X				x
	g Elimination de carcasses d'animaux	X				x

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

Les incinérateurs de déchets sont indiqués au sous-paragraphe (a) de la Partie II de l'Annexe C ; on doit donc accordés une priorité dans le plan d'action car ils pourraient être les premiers à nécessiter la mise en œuvre de BAT et BEP.

#### Annexe C, Partie II ; les catégories de sources comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(a)	Incinérateurs de déchets (types de déchets donnés explicitement)	6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.5
(b)	Incinérateurs de déchets (types de déchets non donnés explicitement)	6.1.4, 6.1.6

Annexe C, Partie III ; les catégories de sources comprennent

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(i)	Elimination de carcasses d'animaux	6.1.7

#### 6.1.1 Déchets solides municipaux (MSW)

Les déchets solides municipaux comprennent tous les types de déchets solides générés par l'habitat, les activités résidentielles et/ou les matériaux rejetés par les gens, au cours de leurs diverses activités et de leur manière de vivre. Ceux-ci comprennent aussi les déchets similaires aux déchets domestiques produits par les activités industrielles, commerciales ou agricoles. Bien que la composition des déchets solides municipaux varie considérablement d'un pays à l'autre, ils sont considérés comme non dangereux ; les constituants normaux sont le papier, le carton, le plastique, les résidus alimentaires et de cuisine, vêtements et cuir, bois, verre, et les métaux, ainsi que diverses saletés, roches et autres matériaux inertes. De petites quantités de matériaux dangereux ne peuvent souvent pas être éliminées, tels que batteries, peintures, médicaments et quelques produits d'entretien domestique.

Les déchets solides municipaux (MSW) peuvent être brûlés dans une grande variété de dispositifs qui vont des petits fours à moufle en mode batch à de grands incinérateurs hautement sophistiqués, avec foyers et chaudières de récupération de chaleur, et équipés de contrôles des émissions (APC) en aval. Les déchets solides municipaux, cependant, sont souvent aussi brûlés à ciel ouvert, par exemple entassés sur le sol ou placés dans des fûts métalliques de 200 litres et brûlés de manière incontrôlée ; cette question est étudiée à la Section 6.6 : Procédés de brûlage à l'air libre.

Dans un système typique, le MSW (déchet solide municipal) est introduit dans le four par une rampe, soit en continu soit par lots. Le four consiste en une sorte de grille fixe ou mobile sur laquelle le MSW s'allume et brûle complètement. L'apport d'air de combustion se fait par en dessous la grille, et par les côtés. Des systèmes plus sophistiqués injectent de l'air en complément afin d'améliorer l'efficacité de la combustion des gaz, ainsi que son achèvement complet. Quelques cendres résiduelles tombent de l'arrière des grilles dans une trémie, d'où elles sont extraites régulièrement et éliminées. L'intérieur du four lui-même est soit revêtu d'un réfractaire, soit équipé d'une paroi à eau. Dans tous les cas, le flux des gaz chauds est retenu un certain temps dans la zone de combustion pour être totalement brûlé, puis refroidi. Après avoir quitté la chambre de combustion, les flux de gaz sont, soit refroidis dans une chaudière de récupération de la chaleur, soit refroidis par injection d'eau; la température peut aussi diminuer par un refroidissement radiatif. Dans certains cas, des incinérateurs ou usines à deux étages, ou des installations avec une première chambre de pyrolyse puis un post-brûleur riche en air/oxygène, ont été utilisés pour les MSW. Ceux-ci consistent en deux chambres : dans la première, le déchet subit une pyrolyse et les gaz produits sont brûlés dans la deuxième chambre.

Dans le pire des cas, le flux de gaz chargé de particules de cendres volantes est alors rejeté directement dans l'atmosphère. Dans des usines mieux équipées, ce flux chargé passe à travers une chaudière et d'un système APC (contrôle de pollution de l'air), qui peut consister en un simple système de captage, tel qu'un cyclone, un filtre électrostatique (ESP), un filtre à manche, un système de dépoussiérage humide, suivis de plusieurs autres phases de traitement plus ou moins efficaces, c'est à dire des absorbeurs à charbon actif ou des catalyseurs DeDiox/NOx. En première approximation on peut dire que la sophistication et l'efficacité d'un système APC augmentent avec le nombre d'étapes et avec les différents types de technologies employées.

Les PCDD/PCDF peuvent passer au travers des déchets à l'arrivée, et peuvent être formés au cours du procédé de combustion ou, le plus souvent, être formés après que le procédé de combustion soit complet et que les gaz refroidissent. Des formations importantes de PCDD/PCDF sont associées à une mauvaise combustion (opérations en batch, teneur élevée en CO, etc.), à des déchets à brûler mal définis, et à des collecteurs de poussière travaillant à haute température. Le fonctionnement de filtres électrostatiques (ou électrofiltre) à températures élevées (supérieures à 200°C) peut augmenter les rejets de PCDD/PCDF dans l'air et dans les cendres volantes. Les niveaux des rejets venant de telles usines seront probablement supérieurs à celles d'usines semblables équipées de filtres à manche, ou fonctionnant avec des ESP à température plus basse.

Le projet sur l'échantillonnage et analyse des dioxines en Thaïlande (PNUE 2001, Fiedler *et al.* 2002) comprenait l'étude d'un incinérateur de déchets solides municipaux. L'installation consistait en une unité traitant 250t/j. Sur le plan technologique, elle disposait d'une grille de chaudière mobile, d'une chaudière de récupération de vapeur, d'un refroidisseur à trempe, d'un système d'injection de chaux à sec, et d'un filtre à manche.

Les émissions de PCDD/PCDF vers la terre sont négligeables et il n'y a pas de produit. Des rejets dans l'eau peuvent survenir seulement si des épurateurs humides sont utilisés pour l'extraction des particules, et si l'eau n'est pas recyclée dans le procédé. Des rejets vers l'eau se produiront si l'effluent n'est pas traité de manière adéquate, par exemple pour filtrer les particules ayant absorbé des PCDD/PCDF ou si de l'eau est utilisée pour refroidir les cendres et cette eau n'est pas récupérée. Donc les voies principales de rejet sont vers l'air et par les résidus. De manière générale, des concentrations plus importantes se trouvent dans les cendres volantes; les cendres résiduelles ont des concentrations plus faibles mais des volumes plus importants. Si ces deux sortes de cendres sont mélangées, les résidus combinés seront plus contaminés que les cendres résiduelles seules. Dans les pays ayant un plan de gestion de déchets en cours, les cendres volantes sont généralement mises en décharge. Souvent les cendres lourdes sont utilisées en tant que matériaux secondaires pour la construction, par exemple pour les routes. La gamme possible de technologies peut être divisée en quatre groupes de facteurs d'émission, tel qu'il est indiqué dans le Tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets solides municipaux

	Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/I MSW brûlée}$		
		Air	Cendre volante	Cendre lourde
1	Combustion avec faible technologie. Pas de système APC	3'500	-	75
2	Combustion contrôlée, APC minimal	350	500	15
3	Combustion contrôlée, bon APC	30	200	7
	Combustion à haute technologie, système APC sophistiqué	0,5	15	1,5

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que les déchets brûlés produisent environ 1-2% de cendres volantes et 10-25% de cendres résiduelles. Le tableau 14 montre les facteurs d'émission par défaut pour chacune de ces sortes de cendres. Si les résidus sont combinés, le facteur d'émission est la somme des deux. L'efficacité d'enlèvement des particules augmente avec la qualité de l'usine. Les facteurs d'émission (Classe 1) devraient être choisis pour des fours très petits (<500 kg/h) et très simples opérant plutôt en discontinu, sans aucun système APC en fin de cycle opératoire. La classe 4 ne devrait être utilisée que pour les usines d'incinération MSW hautement sophistiquées comme il en existe dans les pays de l'Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord. Aussi, la classe 4 ne devra être appliquée que si une valeur recommandée de  $0,1 \text{ ng TEQ/Nm}^3$  (@ 11% O<sub>2</sub>)<sup>2</sup> est strictement appliquée et que l'installation en question est en conformité. La très grande majorité d'incinérateurs MSW peuvent être supposés se trouver dans les Classes 2 et 3.

#### 6.1.1.1 Rejet dans l'air

Les rejets dans l'air représentent la voie prédominante pour la combustion MSW. Le facteur d'émission par défaut de  $3'500 \mu\text{g TEQ/t}$  de déchet brûlé en tant que valeur moyenne de la classe 1, a été dérivé à partir d'un flux massique de gaz de combustion spécifique d'environ  $10'000 \text{ Nm}^3/\text{t MSW}$  avec une concentration de  $350 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$  (@ 11% O<sub>2</sub>). Des facteurs d'émission de  $3'230 \mu\text{g I-TEQ/t}$  ont été relevés en Suisse et de  $5'000 \mu\text{g I-TEQ/t}$  aux Pays-Bas (LUA 1997). La classe 2 suppose une réduction dans le flux massique des gaz à  $7'000 \text{ Nm}^3/\text{t MSW}$  en raison de meilleurs contrôles de la combustion et d'un excédent d'air

plus faible. La concentration de PCDD/PCDF tombe à 50 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>). Des usines de ce type peuvent être équipées de filtres électrostatiques, de cyclones multiples et/ou de simples épurateurs. En classe 3, l'efficacité de la combustion est meilleure, de même que l'efficacité d'un système APC (par exemple, filtres électrostatiques, épurateurs multiples, sécheurs par pulvérisation, filtres à manches ou des combinaisons similaires), tous ces éléments abaissant la concentration de PCDD/PCDF à environ 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>). De même, le flux volumique de gaz de combustion tombe à environ 6'000 Nm<sup>3</sup>/t MSW. La Classe 4 représente l'état de l'art actuel pour l'incinération des MSW et pour la technologie APC (par exemple, unités d'adsorption par du charbon actif, ou SCR/DeDiox). Ainsi, 5'000 Nm<sup>3</sup>/t MSW (@ 11% O<sub>2</sub>) et une concentration inférieure à 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) seront la norme (LUA 1997, IFEU 1998).

Les concentrations des gaz de combustion @ 11% O<sub>2</sub> pour l'incinérateur de MSW Thaï variaient de 0,65 à 3,10 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> avec une moyenne de 1,71 ng I-TEQ (@ 11% O<sub>2</sub>). Les concentrations des PCDD/PCDF totaux (Cl4 – Cl8) étaient entre 41,3 et 239 avec une moyenne de 122 ng/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>). La concentration moyenne mesurée de 122 ng de PCDD/PCDF/m<sup>3</sup> est supérieure la norme Thaï pour des incinérateurs de déchets municipaux de 30 ng/m<sup>3</sup> ; la moyenne de 1,7 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> est aussi supérieure a la norme européenne de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>. Les émissions mesurées donneraient un facteur d'émission de 6,1 µg TEQ/t de déchets brûlés. Le Toolkit aurait mis cet incinérateur dans la classe 3 et aurait attribué un facteur d'émission de 30 µg TEQ/t. En appliquant le facteur d'émission par défaut, le rejet aurait été surestimé d'un facteur 5 mais il se serait trouvé dans la fourchette attendue d'ordre de grandeur.

#### 6.1.1.2 *Rejet dans l'eau*

Les rejets dans l'eau peuvent se produire quand des laveurs de gaz par voie humide sont utilisés pour l'extraction des poussières ou pour refroidir les cendres. Dans ce cas, la quantité de PCDD/PCDF relâchée dans ce vecteur peut être mieux évaluée en utilisant les facteurs d'émission par défaut fournis pour le résidu. Normalement, les concentrations se situent à quelques pg I-TEQ/L, la concentration la plus haute de PCDD/PCDF qui a été mesurée dans un effluent d'épurateur avant l'extraction des poussières était en dessous de 200 pg/l. La plupart des PCDD/PCDF sont associés à ces particules et par conséquent sont enlevées lors du traitement des eaux usées. En plus, la majorité des équipements APC équipant les incinérateurs MSW fonctionnent sans eau. Il n'est pas possible actuellement de quantifier de tels rejets.

#### 6.1.1.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre pour autant que des résidus non traités n'y aient pas été placés ou mélangés avec de la terre. Les concentrations libérées dans de tels cas seront couvertes sous « Rejets dans les Résidus » au Chapitre 6.1.2.5

#### 6.1.1.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit, donc il n'y aura pas de facteur d'émission.

### 6.1.1.5 *Rejet dans les résidus*

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres volantes sont substantielles, même si la masse totale générée par tonne de MSW n'est typiquement que de 1 à 2% seulement. Les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres résiduelles sont plutôt basses, cependant la quantité de ces cendres produites par tonne de MSW est d'environ 10-20%. Dans certains pays en Europe de l'Ouest, on a trouvé qu'on générait 300 kg de cendres résiduelles par tonne de MSW brûlé (30%) lorsque la fraction de verre et de matière inerte était supérieure, ceci dans les années 1960 et au-delà de 1970. Les cendres volantes et les cendres résiduelles contiennent aussi du carbone non brûlé: de 1% (Classe 4) à 30% (classe 1). Comme le carbone non brûlé dans les cendres augmente considérablement l'absorption de PCDD/PCDF, la concentration est la plus importante en classe 1; ici, la valeur de 500 ng TEQ/kg était choisie pour les cendres résiduelles. Cette valeur a été extrapolée; elle est environ 10 fois plus élevée que les concentrations moyennes mesurées dans des unités européennes dans les années '80. Comme les cendres volantes ne sont pas collectées dans ce genre d'incinérateur, il n'y aura pas de facteur d'émission pour ces cendres. En classe 2, la concentration est évaluée à 30'000 ng TEQ/kg pour les cendres volantes et à 100 ng TEQ/kg pour les cendres résiduelles, ceci à cause d'une bien meilleure efficacité de combustion, ce qui résulte en une perte par calcination beaucoup plus faibles pour les cendres. La Classe 3 divise ces chiffres par deux à cause d'autres améliorations. La Classe 4 suppose non seulement une haute efficacité de combustion, mais aussi une très grande efficacité dans la récupération, spécialement pour les particules très fines de cendres volantes. Ces petites particules représentent une grande surface pour l'absorption des PCDD/PCDF et, de ce fait, la concentration d'ensemble ne diminue pas davantage. Ainsi, la valeur pour les cendres volantes est fixée à 1'000 ng I-TEQ/kg; la concentration pour les cendres résiduelles tombe à 5 ng TEQ/kg.

### 6.1.2 Incinération de déchets dangereux

Les déchets dangereux (hazardous wastes: HW) sont les résidus et déchets qui contiennent des matières dangereuses en quantités significatives. En règle générale, tous les matériaux, y compris les biens de consommation qui nécessitent des précautions et restrictions spéciales au cours des manipulations et de leur utilisation, appartiennent à ce groupe. Tout produit de consommation, étiqueté comme tel et qui se trouve dans le flux des déchets, doit être considéré comme déchet dangereux. Ceci comprend les solvants et autres hydrocarbures volatiles, les peintures, les teintures, les produits chimiques y compris les pesticides, herbicides et autres produits halogénés, les produits pharmaceutiques, les batteries, le fuel, les huiles et autres lubrifiants, tout comme les biens de consommations contenant des métaux lourds. Aussi, tout produit contaminé par ces matériaux, tels que des torchons et papiers imbibés, les bois traités, les résidus de production, etc... doivent être considérés comme déchets dangereux.

Le terme « déchets dangereux » tels qu'utilisé dans le Toolkit ne comprend pas les déchets hospitaliers (voir la section 6.1.3 plus loin), car l'endroit d'origine du déchet, ainsi que les technologies utilisées pour traiter les déchets dangereux et hospitaliers, sont différents. De plus, pour le développement d'un inventaire des rejets PCDD/PCDF, l'accessibilité des données de base telles que l'emplacement et la vitesse de génération des déchets est différente pour ces deux types. En recherchant des sources de données sur les types et les quantités de déchets dangereux qui sont produits, et incinérés, les premiers contacts

pourraient être pris avec les Ministères de l'Industrie, les associations et/ou les compagnies privées qui traitent de tels déchets. Dans le cas des déchets hospitaliers, de l'information pourra souvent être trouvée auprès du Ministère de la Santé, des autorités de santé locales, ou des hôpitaux connus pour incinérer des déchets.

Généralement, les déchets dangereux sont brûlés dans des incinérateurs spécialement conçus ou dans des fours de type rotatif. Les incinérateurs à technologie plus particulière utilisent un four à tambour tout simple, un four à grille, ou un four à moufle. On peut aussi inclure dans ce groupe des technologies comme l'oxydation à l'eau supercritique, la vitrification à l'arc électrique, etc. (bien qu'elles ne soient pas forcément classées comme « incinération »). Comme la classification des déchets dangereux dépend beaucoup des lois spécifiques de chaque pays, et du nombre de technologies différentes utilisées pour l'incinération des déchets, l'incinération est presque sans limites. La description brève qui suit concerne uniquement les fours rotatifs, largement utilisés dans les usines commerciales d'incinération de déchet conçues pour accepter un large éventail de déchets.

Les déchets dangereux solides sont introduits dans le four rotatif muni d'un revêtement céramique, par une trémie. Des déchets liquides à haut pouvoir calorifique de même que des boues sont atomisés dans un brûleur ou dans une lance de combustion, placée sur le mur d'entrée du four rotatif. Les déchets s'enflamment et brûlent dans le four rotatif qui est généralement maintenu à une température au-dessus de 1'000°C. Dans les fours rotatifs habituels de 10 à 20 mètres de long, les déchets dangereux sont transformés en gaz et en cendres, qui sortent du four par l'arrière. Les cendres vitrifiées sont refroidies dans l'eau, séparées, puis éliminées. Comme dans la plupart des usines modernes les cendres résiduelles proviennent des scories fondues, les concentrations en PCDD/PCDF dans ces cendres sont généralement faibles par rapport à celles des cendres volantes. Il n'a pas été possible de trouver des données pour les technologies plus anciennes. A la sortie du four rotatif, les gaz passent dans une deuxième chambre de combustion où des brûleurs supplémentaires capables de brûler les déchets dangereux à haut pouvoir calorifique, maintiennent une température supérieure à 1200°C. Aussi, de l'air de combustion secondaire est injecté pour compléter et assurer la combustion totale des gaz. Après avoir quitté ce système de combustion en deux étapes, les gaz sont traités de la même manière que celle décrite pour l'incinération des déchets municipaux solides. Dans beaucoup de cas, les résidus solides provenant du four d'un incinérateur sont considérés comme déchets dangereux et sont réintroduits dans le four. En général, les incinérateurs de déchets dangereux travaillent à une température supérieure à celle des incinérateurs de déchets solides municipaux, mais avec une plus grande quantité d'air en excédent. Ceci mène à des émissions gazeuses de PCDD/PCDF globalement similaires. Cependant, en raison des teneurs élevées de produits organiques halogénés généralement contenus dans les déchets dangereux, les déficiences et imperfections des procédés de combustion ont tendance à faire augmenter les émissions de PCDD/PCDF. Les vecteurs de rejets sont les mêmes que ceux définis à propos de l'incinération des déchets municipaux. Ainsi, quatre groupes de facteurs d'émission sont indiqués dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets dangereux

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/I}$ déchet dangereux brûlé	
	Air	Résidus (Cendres volantes seulement)
1. Combustion basse technologie pas de APC	35'000	9'000
2. Combustion contrôlée, APC minimal	350	900
3. Combustion contrôlée, bon APC	10	450
4. Combustion à haute technologie système APC sophistiqué	0,75	30

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que les déchets brûlés produisent environ 3% de cendres volantes et que le rejet de PCDD/PCDF associé à l'élimination des cendres résiduelles est négligeable en Classe 3 et 4. Il n'y a pas de données pour classes 1 et 2 au sujet des concentrations de cendres résiduelles. De même, l'efficacité de l'enlèvement des poussières augmente avec la qualité de l'usine. La Classe 4 ne devrait être utilisée que pour les usines de traitement de déchets dangereux hautement sophistiquées telles qu'on les trouve dans quelques pays de l'Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord. La classe 4 ne devrait être appliquée que si une valeur recommandée de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) ---- telle que dans la législation européenne---est strictement respectée et que l'usine concernée est tout à fait conforme. La grande majorité de toutes les usines d'incinération de produits dangereux peut être placée en classe 2 et 3. La classe 1 devrait être retenue surtout pour les petits fours, (< 500 kg/h) opérant en batch, sans aucun système APC en fin de procédé, par exemple, des fours à moufle.

#### 6.1.2.1 Rejet dans l'air

Les rejets dans l'air sont le vecteur prédominant pour la combustion des déchets dangereux. Le facteur d'émission par défaut pour la classe 1 a été calculé à partir d'un flux volumique spécifique d'environ 17'500 Nm<sup>3</sup>/t de déchets dangereux, et pour une concentration de l'ordre de 2'000 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>. La classe 2 suppose une réduction du flux volumique spécifique d'environ 15'000 Nm<sup>3</sup>/t de déchets dangereux, en raison d'un meilleur contrôle de la combustion et d'un excès d'air limité. Dans ce cas, la concentration de PCDD/PCDF tombe à 20 ng TEQ/m<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). En classe 3, l'efficacité de la combustion est encore améliorée et la présence d'un système APC fait baisser la concentration des PCDD/PCDF à environ 1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). De même, le flux volumique spécifique des gaz est abaissé à 10'000 Nm<sup>3</sup>/t de déchet dangereux. La classe 4 représente l'état de l'art en matière de l'incinération de déchets dangereux et de la technologie APC. Ainsi, seul 7500 Nm<sup>3</sup>/t de déchets dangereux et une concentration inférieure à 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>) sont réalistes (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.1.2.2 Rejet dans l'eau

Les rejets dans l'eau ont lieu quand des épurateurs humides sont utilisés pour l'élimination des poussières. Dans ce cas, la quantité de PCDD/PCDF rejetée par cette voie peut être mieux estimée en utilisant les facteurs d'émission par défaut fournis pour les résidus. La concentration maximale de PCDD/PCDF trouvée dans les effluents des laveurs humides était

en fait inférieure à 0,15 µg TEQ/t (LUA 1997). Globalement, ce vecteur de rejet n'est pas considéré comme important pour ce type de source.

#### 6.1.2.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol, sauf si des résidus non traités y sont placés ou mélangés à des terres. Les concentrations libérées dans de tels cas seront couvertes sous « Rejets dans les Résidus », Chapitre 6.1.2.5.

#### 6.1.2.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produits. Il n'y a donc pas de rejets dans le produit

#### 6.1.2.5 *Rejet dans les résidus*

Pour générer des facteurs d'émission, seules les cendres volantes ont été prises en compte pour les résidus, puisqu'il n'existe pas de données pour les cendres résiduelles pour les classes 1 et 2. Pour les classes 3 et 4, pour lesquelles on doit supposer que les cendres résiduelles ne sont pas extraites des fours, il n'y a pas de contribution significative aux rejets globaux de PCDD/PCDF. Par conséquent, seules les concentrations de PCDD/PCDF dans les résidus de cendres volantes sont substantielles et seront considérées plus tard. La quantité de cendres volantes dans les déchets dangereux est normalement de 3% environ. Les cendres volantes contiennent également du carbone non brûlé, de 0,5% (classe 4) à 20% (classe 1). Puisque le carbone non brûlé dans les cendres volantes augmente notablement l'absorption des PCDD/PCDF, la concentration est la plus élevée en classe 1 ; celle-ci est évaluée à environ 300'000 ng TEQ/kg de cendres volantes. En classe 2, la concentration tombe à 30'000 ng TEQ/kg de cendres volantes, à cause d'une bien meilleure efficacité de la combustion, menant à une meilleure perte au feu (PAF) dans les cendres volantes. La classe 3 ramène ces valeurs à 15'000 ng TEQ/kg de cendres volantes, à cause d'améliorations techniques. La classe 4 suppose non seulement une haute efficacité de combustion mais aussi de récupération, en particulier des toutes petites particules des cendres volantes. Celles-ci fournissent une grande surface d'absorption des PCDD/PCDF et donc la concentration globale baisse à 1'000 ng TEQ/kg de cendres volantes. Dans le cas où il n'existe aucune donnée sur les cendres volantes, mais qu'il en existe pour les émissions des gaz de cheminée, on peut supposer que les émissions de PCDD/PCDF par le vecteur « résidus » sont semblables et du même ordre de grandeur que celles rejetées dans l'air. Donc, les émissions globales peuvent être grossièrement réparties de manière égale entre le vecteur « Air » et le vecteur « Résidus ». Toutefois, cela donne une estimation bien moins précise des émissions globales de PCDD/PCDF, en raison de la nature et de la composition différentes des cendres volantes provenant de déchets dangereux.

### 6.1.3 Incinération des déchets médicaux

Les déchets médicaux sont tous les déchets générés par des activités médicales sans tenir compte du fait que celles-ci viennent d'un hôpital, ou de cabinets de médecins, de dentistes ou de tout autre responsable médical. Les déchets générés par ces activités contiennent



souvent des matériaux infectieux, des sécrétions, du sang, des produits pharmaceutiques et emballages et/ou des outils utilisés au cours des interventions médicales sur les hommes ou les animaux. Pour détruire de manière certaine les virus, les bactéries et autres éléments pathogènes, ces déchets sont souvent traités thermiquement (incinération, pyrolyse). De plus, en raison de leurs origines et compositions, les déchets médicaux peuvent contenir des produits chimiques toxiques, par exemple des métaux lourds ou des précurseurs qui peuvent aussi se transformer en dioxines et furannes. Dans de nombreux pays, les déchets médicaux nécessitent une surveillance particulière, et il a été trouvé que l'incinération de tous les déchets générés dans un hôpital serait la manière la plus efficace pour se débarrasser de ces déchets. Cependant il a aussi été démontré que l'incinération de déchets médicaux dans de petits incinérateurs mal contrôlés était une source majeure de PCDD/PCDF (PNUE 1999). En conséquence, ces petites installations ont été largement fermées ou parfois modernisées dans les pays développés. Au vu de ces expériences, le traitement thermique des déchets médicaux constitue en lui-même une sous-catégorie dans le Toolkit. Des informations sur les endroits où se trouvent de telles installations, ainsi que sur les types de déchets normalement générés et incinérés peuvent être obtenues auprès des Ministères de la Santé, les municipalités, etc., ou bien du secteur privé chargé de l'élimination de ce type de déchet.

De manière générale, les déchets médicaux sont incinérés localement à l'hôpital ou dans toute autre installation médicale, dans de petits fours exploités en discontinu. Dans bien des cas, des unités d'incinération de déchets médicaux, plus grandes et centralisées, ne travaillent que huit heures par jour, cinq jours par semaine. De grands incinérateurs opérant de manière continue sont extrêmement rares et se trouvent principalement en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord. De même, des chaudières à récupération de chaleur sont rares dans ce domaine.

Des résultats obtenus dans un pays en voie de développement sont disponibles dans le cadre d'un programme de mesures des dioxines/furannes dans un incinérateur de déchets hospitaliers en Thaïlande. L'installation était composée de deux unités identiques qui étaient mises en route tous les matins, et exploitées jusqu'à ce que tous les déchets fournis aient été incinérés. Le fourneau était équipé d'une grille fixe, ainsi que d'une chambre de combustion secondaire et deux systèmes de post-combustion. Il faut noter qu'il n'existait plus tous les équipements qui faisaient partie des plans initiaux. Les gaz de combustion passaient par-dessus un bain d'eau alcaline avant d'être rejetés dans une cheminée. De manière générale l'installation semblait mal conçue et mal entretenue (PNUE 2001, Fiedler et al. 2002).

Le Toolkit définit 4 classes de facteurs d'émission pour les incinérateurs de déchets médicaux (Tableau 16). Les émissions élevées de PCDD/PCDF provenant de l'incinération de ces déchets médicaux sont dues au fait que l'on fonctionnait en mode batch, ce qui implique des périodes longues de chauffe et de refroidissement du four, ce qui mène à des conditions pyrolytiques dans le four sur des périodes assez longues. Combinée à la haute valeur calorifique et souvent à une teneur élevée en plastiques halogénés, le potentiel de formation des PCDD/PCDF est généralement supérieur à celui des déchets solides municipaux. Les vecteurs principaux de rejet sont l'air et les résidus (ici, les cendres volantes seulement, car il n'existe pas de données pour les cendres résiduelles). Les rejets dans l'eau sont moins importants puisque les équipements APC, s'il y en a, ne produisent que très peu d'eau.

Tableau 16 : Facteurs d'émission pour l'incinération de déchets médicaux

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de déchets médicaux brûlés	
	Air	Résidus
1. Incinération en batch, non contrôlée, pas d'APC	40'000	200*
2. Incinération en batch, contrôlée, APC minimal ou absent	3'000	20*
3. Incinération en batch, contrôlée, bon APC	525	920**
4. Incinération en continu, haute technologie, contrôlée, avec APC sophistiqué	1	150**

\* Concerne seulement les cendres résiduelles dans la chambre de combustion

\*\* Concerne les cendres résiduelles et les cendres volantes combinées

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que les déchets médicaux brûlés donnent environ 3% de cendres volantes et que les rejets de PCDD/PCDF, associés à l'élimination de cendres résiduelles, sont actuellement inconnus, puisqu'il n'existe pas de données mesurées à ce sujet. Aussi, l'efficacité d'élimination des poussières augmente avec la qualité de l'usine. La classe 1 devra être choisie pour de très petits incinérateurs simples, fonctionnant par intermittence (dans lesquels un lot de déchets est brûlé, puis abandonné) sans chambre de combustion secondaire, sans contrôle de température et sans équipement de contrôle de la pollution. La classe 2 s'applique à tous les incinérateurs de déchets médicaux à combustion contrôlée, équipés d'un brûleur à post-combustion, et qui fonctionnent cependant encore en discontinu. La classe 3 devra être adoptée pour les unités contrôlées fonctionnant en batch, et qui sont équipées d'un bon système APC, par exemple des ESP et de préférence des filtres à manches. La classe 4 ne devrait être utilisée que pour les usines d'incinération de déchets médicaux de haut niveau technologique comme on en trouve en Europe de l'Ouest et occasionnellement en Amérique du Nord, c'est à dire là où une limite de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) est strictement appliquée et où l'usine est réputée être conforme. Dans ce dernier cas, la question d'une opération en batch, par rapport à une opération en continu n'est plus importante, car ces unités sont généralement préchauffées avec du fuel ou du gaz naturel. Les déchets médicaux ne sont introduits dans le four que lorsque la température de travail monte bien au dessus de 900°C. On peut dire que la vaste majorité des usines d'incinération de déchets médicaux relèvent des classes 1 et 2. Des unités plus grandes et centralisées peuvent être placées en classe 3.

### 6.1.3.1 Rejet dans l'air

Le rejet dans l'air est le vecteur prédominant pour l'incinération des déchets médicaux. Le facteur d'émission par défaut de la Classe 1 a été calculé avec un courant volumique spécifique du gaz de l'ordre de 20'000 Nm<sup>3</sup>/t de déchets médicaux, pour une concentration d'environ 2'000 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). La classe 2 suppose une réduction du flux volumique spécifique du gaz à 15'000 Nm<sup>3</sup>/t de déchets médicaux, en raison d'un meilleur contrôle de la combustion et d'un excédent d'air plus faible. Dans ce cas, la concentration de PCDD/PCDF tombe à 200 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). La classe 3 est basée sur des données européennes où une concentration de 35ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) pour 15'000 Nm<sup>3</sup>/t a été déterminée. La classe 4 représente le meilleur niveau d'incinération (état de l'art) des déchets médicaux avec une bonne technologie APC. Dans ces derniers cas, il n'a été généré que 10'000 Nm<sup>3</sup>/t de déchets médicaux pour une concentration mesurée de moins de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

Les concentrations PCDD/PCDF émises de la cheminée de l'incinérateur de déchets hospitaliers en Thaïlande étaient (ajustées pour 11% d'O<sub>2</sub>) entre 21,8 et 43 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> pour la ligne A et entre 10,7 et 45,0 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> pour la ligne B ; les moyennes étaient de 33,8 et de 28,6 I-TEQ/Nm<sup>3</sup> respectivement. Ces émissions ont mené à un facteur d'émission d'environ 1'200 µg TEQ/t de déchets brûlés, ce qui est entre la classe 2 (3'000 µg TEQ/t) et la classe 3 (525 µg TEQ/t) pour les facteurs d'émission.

#### 6.1.3.2 *Rejet dans l'eau*

Les rejets dans l'eau ont lieu quand des systèmes de lavage humides sont employés pour l'extraction de certaines poussières, et quand de l'eau est utilisée pour refroidir les cendres. Ceci n'est presque jamais le cas, excepté en Europe de l'Ouest où le lavage des gaz à l'eau est occasionnellement utilisé pour l'absorption de gaz acides. Ce cas ne serait valable que dans la classe 4. Des valeurs de concentration de PCDD/PCDF mesurées dans les eaux des épurateurs humides opérant en aval des incinérateurs de déchets médicaux ne sont pas disponibles. Là où des laveurs humides sont utilisés, le système de traitement des eaux doit être noté.

#### 6.1.3.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol à moins qu'on y ait déchargé des résidus non traités ou les ait mélangés à des terres. Les concentrations rejetées dans de tels cas seront considérées sous « Rejets dans les Résidus », Chapitre 6.1.3.5

#### 6.1.3.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé ne génère pas de produit, il n'y a donc pas de rejets dans les produits.

#### 6.1.3.5 *Rejet dans les résidus*

Les concentrations de PCDD/PCDF sont importantes dans les cendres volantes. En raison du manque de données pour les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres résiduelles, les facteurs d'émission par défaut dans la catégorie des résidus reflètent uniquement les rejets de PCDD/PCDF dans les cendres volantes. Les concentrations de PCDD/PCDF dans les résidus peuvent être élevées, en particulier lorsque la combustion est insuffisante (c'est à dire dans un incinérateur fonctionnant en discontinu). Les incinérateurs de déchets médicaux des classes 1 et 2 ne produiront pas de cendres volantes en raison du manque d'équipement d'extraction de poussières. Dans de tels cas, les résidus seront uniquement des résidus restant dans la chambre de combustion. Le facteur d'émission de la classe 1 est basé sur la supposition que 200 kg de résidus/tonne de déchets médicaux brûlés restent dans la chambre de combustion avec une concentration de 1'000 ng TEQ/kg. Pour la classe 2, la combustion est meilleure, et les résidus de cendres lourdes devraient contenir seulement 100 ng TEQ/kg ; il en résulte un facteur d'émission de 20 µg TEQ/t de déchets.

Pour les classes 3 et 4, les cendres volantes sont collectées et mélangées avec celles des foyers; la quantité de cendres volantes dans les déchets médicaux est typiquement de l'ordre de 3%. La classe 3 suppose 30'000 ng TEQ/kg dans les cendres volantes et 100 ng TEQ/kg

dans les cendres des foyers (le même que classe 2). Les incinérateurs de la classe 4 ont une grande efficacité de combustion ; il en résulte une teneur en carbone non brûlé d'environ 1%, mais aussi une très grande efficacité à extraire les très fines particules des cendres volantes. Les cendres volantes sont récupérées (30 kg/t de déchets) à une concentration de 5'000 ng TEQ/kg de cendres volantes, et une valeur de 10 ng TEQ/kg de cendres résiduelles est retenue. Ces petites particules fournissent une grande surface d'absorption pour les PCDD/PCDF et donc la concentration globale ne diminue pas davantage.

Les résultats de l'incinérateur de déchets hospitalier en Thaïlande étaient très élevés à cause des mauvaises conditions dans la chambre primaire et l'exploitation sur le site, où on a laissé les cendres résiduelles refroidir pendant la nuit. De telles conditions mènent à de hautes concentrations en PCDD/PCDF. Nous avons trouvé des concentrations dans les cendres résiduelles de 1'390 et de 1'980 TEQ/kg de cendres, ce qui est environ 20 fois plus élevé de ce qu'on pouvait attendre d'une cendre résiduelle de classe 2 (PNUE 2001, Fiedler et al. 2002).

#### 6.1.4 Incinération des fractions légères issues de déchiqueteurs

Les fractions légères provenant des déchiqueteurs (LFSW) dans le sens utilisé ici (appelés aussi des « peluches » (le fluff en anglais), se réfèrent à la fraction légère provenant des déchiqueteurs. Dans de nombreux pays, des objets encombrants tels que les vieilles voitures, les produits blancs, des containers de matières volumineuses, etc. sont déchiquetés afin de réduire les volumes et aussi pour permettre le tri des matières récupérables tels que les métaux, les plastiques et les composites. Les principaux mécanismes de tri sont le tamisage, le criblage, et les procédés de fractionnement des matières qui exploitent les différences de densité des matériaux ou bien les propriétés magnétiques des métaux ferreux afin de séparer l'agrégat en métal ferreux, non ferreux, verre, autres matériaux inertes et lourds, et les fractions légères. Dans certains cas, les fractions légères n'ont pas d'utilité et peuvent être brûlées pour assurer leur élimination.

Les vecteurs de rejet à surveiller sont l'air et les résidus, puisque s'il existe des APC, il n'y aura pas d'eaux en tant qu'effluent. Donc, trois groupes de facteurs d'émission sont donnés dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Facteurs d'émission pour l'incinération des LFSW (fractions légères de déchiquetage)

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t LFSW Brûlés	
	Air	Résidus
1. Combustion non contrôlée, en batch, sans APC	1'000	ND
2. Combustion contrôlée en batch, APC minimale ou absent	50	ND
3. Combustion contrôlée en continu, haute technologie, avec APC sophistiqué	1	150

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que les LFSW brûlés produisent environ 1% de cendres volantes. La classe 1 devrait être retenue pour les appareils de combustion très simples comme des tonneaux, des fûts, ou pour les fours à simple grille fixe, sans contrôle de combustion ni système APC. Les fours fonctionnant en mode batch,

sans système APC, tombent aussi dans la classe 1. La classe 2 devra être choisie pour toute autre type de four avec un système de contrôle de combustion quelconque, tel que l'introduction d'air au-dessus ou en dessous du foyer, des contrôles de charge, des lits fluidisés, etc., y compris les unités équipées de système APC, ESP, filtres à manche, ou laveurs humides pour l'extraction de poussières. La classe 2 s'applique aussi aux incinérateurs de LFSW avec une combustion contrôlée, un équipement APC adapté, même s'ils fonctionnent en batch. La grande majorité des usines d'incinération des LFSW peuvent être placées en classe 1 et 2. La classe 3 ne devrait concerner que les usines d'incinération hautement sophistiquées (RDF) comme on en trouve en Amérique du Nord et occasionnellement en Europe de l'Ouest. La classe 3 ne devrait être appliquée que si une valeur équivalente à 0,1ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) est vérifiée et que l'usine concernée est conforme.

#### 6.1.4.1 *Rejet dans l'air*

Les rejets dans l'air représentent le vecteur le plus important pour la combustion des LWSF. Il n'existe que peu de données mesurées pour ce type d'activité. Le facteur d'émission par défaut de la classe 1 est basé sur un facteur d'émission de 1'000ng TEQ/kg, comme déterminé par le l'EPA aux Etats-Unis au cours d'une étude faite en tonneaux, avec comme combustible des déchets domestiques sélectionnés, qui ressemblaient de près aux fractions légères de déchiquetage. La classe 2 utilise des données d'émission diverses, provenant d'usines RDF, en Amérique du nord, et en l'Europe de l'Ouest, comprenant des fours à lit fluidisé japonais équipés d'un équipement minimal APC. On a conclu à un facteur d'émission de 50 µg TEQ/t. La classe 3 représente l'état de l'art en matière d'incinération LFSW et en technologie APC. On a donc adopté les chiffres de seulement 10'000 Nm<sup>3</sup>/t de LWSF et une concentration inférieure à 0,1ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) (US.EPA 1999, LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.1.4.2 *Rejet dans l'eau*

Des informations sur des concentrations en PCDD/PCDF ne sont pas disponibles pour les effluents des épurateurs d'incinérateurs LFSW. On ne peut donc pas donner de facteur d'émission.

#### 6.1.4.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol à moins que des résidus non traités n'y aient été placés ou mélangés avec de la terre. Les quantités rejetées dans de tels cas seront couvertes sous « Rejets dans les Résidus ».

#### 6.1.4.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit, donc il n'y a pas de rejets dans les produits.

#### 6.1.4.5 *Rejet dans les résidus*

On peut supposer que les concentrations dans les cendres volantes doivent être importantes. Le volume de cendres volantes dans les LFSW est typiquement de 1%. On y trouve aussi du carbone non brûlé, de 5% (classe 3) jusqu'à probablement 30% (classe 1). En classe 1, on n'utilise pas d'équipement APC, donc il n'y a pas d'extraction de cendres volantes, mais la plupart d'entre elles passent dans l'air avec les gaz de combustion. Même s'il n'est pas installé de moyens spécifiques d'extraction de cendres volantes et que la plus grande partie passe par les cheminées, on peut penser en récupérer dans le four, dans les conduits menant aux cheminées ainsi que dans les cheminées elles-mêmes. Comme le carbone non brûlé accroît grandement l'absorption des PCDD/PCDF, la concentration est plus importante en classe 1. Cependant, il n'existe pas de données précises. La classe 3 suppose non seulement une grande efficacité de combustion, mais aussi une très grande efficacité dans la récupération des toutes les petites particules de cendres volantes. On a donc choisi une valeur de 15'000 ng TEQ/kg de cendres. Ces petites particules apportent une grande surface d'absorption des PCDD/PCDF, donc la concentration globale ne diminue plus. (US. EPA 1999, LUA 1997, IFEU 1998).

#### 6.1.5 Incinération de boues d'épuration

Les boues d'épuration sont le produit de tous les procédés de traitement des eaux usées quelque soient leurs origines (eaux usées municipales, agricoles, ou industrielles). Les eaux usées contiennent toujours des solides qui sont généralement séparés au cours des procédés de traitement. Comme les PCDD/PCDF sont virtuellement insolubles dans l'eau, la majorité des PCDD/PCDF sont adsorbées sur les solides présents dans les eaux usées. Si les solides ne sont pas extraits, les PCDD/PCDF seront déchargés avec les eaux usées. Ces solides peuvent être séparés par filtration ou floculation, pour que les PCDD/PCDF se retrouvent dans les boues d'épuration. Ces boues peuvent être incinérées, traitées autrement (co-combustion dans des centrales ou cimenteries, ou subir une oxydation humide, une pyrolyse, une gazéification, etc.), ou mises en décharge. Cette sous-section concerne les rejets de PCDD/PCDF provenant de l'incinération des boues d'épuration dans des installations spécialisées ; ces deux derniers problèmes sont abordés dans la Catégorie de Source Principale 9 (section 6.9.2). L'incinération de boues d'épuration est très courante, surtout dans les pays industrialisés. L'incinération des boues provenant de procédés industriels comme l'industrie de la pâte à papier et du papier (où les boues représentent une valeur calorifique non négligeable, et sont utilisées pour la production d'énergie) est considérée dans la Catégorie de Source Principales 7 (section 6.7.1). Une autre option pour l'élimination des boues d'épuration est la co-incinération dans des chaudières, par exemple dans des centrales à combustible fossile (cf. Catégorie de Source Principale 3 - Section 6.3.1), ou dans les cimenteries (cf. Catégorie de Source Principale 4 - Section 6.4.1).

Les boues d'épuration sont incinérées dans un four à lit fluidisé, soit à barbotage soit à circulation, où la formation de PCDD/PCDF est limitée en raison des bonnes conditions de combustion. De même, des efficacités élevées pour l'extraction des poussières, qui sont critiques pour les traitements en lit fluidisés, réduisent les émissions de PCDD/PCDF. D'autres types de fours utilisés pour ces boues sont les fours rotatifs verticaux, les fours à grille ouverte, ou les fours à foyer ou à moufle. Tous les types de fours mènent à des formations raisonnablement basses de PCDD/PCDF qui dépendent, toutefois, de la

composition des boues incinérées. L'incinération de boues à teneur élevée en hydrocarbures halogénés et/ou d'autres polluants organiques aussi bien que des métaux lourds tels que le cuivre peut augmenter les émissions de PCDD/PCDF.

Les vecteurs de rejet concernés sont principalement l'air et les résidus. Il peut y avoir des rejets dans l'eau si on utilise des épurateurs à voie humide. Trois groupes de facteurs d'émission sont donnés au Tableau 18.

Tableau 18 : Facteurs d'émission pour l'incinération des boues d'épuration

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de boues d'épuration	
	Air	Résidus
1. Fours plus anciens ; opération discontinue, peu ou pas d'APC	50	23
2. Usines plus récentes opérant en continu, contrôlées, avec un peu d'APC	4	0,5
3. Usines modernes avec dernières technologies, opérant en continu, opérations contrôlées, APC complet	0,4	0,5

#### 6.1.5.1 Rejet dans l'air

Le rejet dans l'air représente le vecteur le plus important pour l'incinération des boues d'épuration. Le facteur d'émission par défaut pour la classe 1 a été déterminé pour une concentration moyenne d'émission de  $4 \text{ ng TEQ/Nm}^3$  (@ 11%  $\text{O}_2$ ) et pour un débit volumique spécifique de gaz de combustion d'environ  $12'500 \text{ Nm}^3/\text{t}$  de boues brûlées, basé sur une étude faite en Belgique, ainsi qu'une valeur de  $77 \text{ ng TEQ/kg}$  provenant d'un rapport du Royaume Uni pour un four à foyers multiples, équipés en ESP. La classe 2 est un facteur d'émission déterminé aux Pays Bas, pour des unités équipées de fours à lit fluidisé, équipées d'épurateurs et d'ESP. La classe 3 concerne des usines à lit fluidisé avec des systèmes optimisés de contrôle de pollution de l'air, répondant systématiquement aux limites d'émission équivalent à  $0,1 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$  (@ 11%  $\text{O}_2$ ) (mesures en provenance du Canada, de l'Allemagne et de la Suisse). (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.1.5.2 Rejet dans l'eau

On ne dispose pas de concentrations de PCDD/PCDF dans les effluents des épurateurs des incinérateurs de boue d'épuration. Cependant, comme les eaux usées venant des épurateurs humides sont souvent traitées et puis réintroduites dans les unités de traitement des eaux usées, il n'y a pas de rejets dans l'eau de PCDD/PCDF venant des usines d'incinération.

Lorsque des usines utilisent des unités d'épuration humide, ou un simple refroidissent à l'eau pour traiter les gaz de combustion ou les cendres résiduelles, ceci doit être noté, ainsi que le traitement qui est appliqué aux effluents, et leur destination finale. L'inventaire européen (EU 1999) rend compte de concentrations entre 1,2 et 6,5  $\text{pg I-TEQ/l}$  dans les effluents provenant des épurateurs des incinérateurs de boues d'épuration.

### 6.1.5.3 *Rejet dans la terre*

Il ne doit pas avoir de rejets dans la terre pour autant qu'aucun résidu n'y soit placé, ou mélangé avec des terres.

### 6.1.5.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit; il n'y a donc pas de rejets dans les produits.

### 6.1.5.5 *Rejet dans les résidus*

Des essais qui ont été réalisés en Grande Bretagne (Dyke et al. 1997) dans des fours à foyers multiples, ont mis en évidence des concentrations de PCDD/PCDF de 39 ng TEQ/kg et de 470 ng TEQ/kg dans les cendres volantes issues des ESP. Les taux de production de cendres étaient de 430 kg par tonne de cendres de foyer et de 13 kg par tonne de cendres des ESP pour les unités à foyers multiples. Les niveaux dans les cendres (toutes les cendres ont été collectées dans les ESP) venant de combustion en lit fluidisé étaient nettement inférieurs (<1 ng TEQ/kg). 373 kg de cendres provenant de l'ESP ont été produites par tonne de boue brûlée dans le four à lit fluidisé.

Les rejets de la classe 1, dans les résidus (combinés) sont donc de 23 µg TEQ/t de déchets. Les rejets de la classe 2 sont de 0,5 µg TEQ/t. Les rejets de la classe 3 sont estimés être les mêmes que ceux de la classe 2.

## 6.1.6 Incinération de déchets de bois et de biomasse

Cette sous-catégorie concerne la combustion de déchets de bois et de biomasse, dans des fours à conditions contrôlées. Cette section comprend l'incinération de bois et de biomasse qui peuvent avoir été traités ou avoir été mélangés avec des bois traités ou de la biomasse contaminée. Ces déchets de biomasse sont incinérés dans des fours dans des conditions allant de l'absence de contrôle jusqu'à des contrôles poussés. La combustion de biomasse « propre » pour produire de l'énergie est considérée dans la Section 6.6 - Procédés de Combustion à l'air libre.

Le bois contaminé et d'autres biomasses contaminées peuvent provenir de nombreuses activités de l'homme. Les plus courantes sont des industries du bois (bois de construction, meubles, matériaux d'emballages, jouets, construction navale, construction en général, etc.). De plus, la combustion des débris de construction est couverte par cette catégorie. Les déchets de bois et de biomasse peuvent contenir des peintures, des revêtements, des pesticides, des conservateurs, des agents anti-salissure, etc. Lorsque ces matériaux sont incinérés ensemble avec la biomasse, ils peuvent faire augmenter la formation des PCDD/PCDF pendant la combustion. Dans bien des cas, les conditions d'incinération peuvent être mauvaises, ce qui peut augmenter sensiblement la formation et le rejet de PCDD/PCDF.

Dans les unités modernes, la biomasse est brûlée dans des fours à lit fluidisés fixes ou à circulation, où la formation de PCDD/PCDF est fortement diminuée en raison des bonnes



conditions de combustion. De telles unités auront probablement des systèmes efficaces de contrôle de pollution, notamment pour l'extraction de poussières, ce qui est critique pour les fours à lit fluidisés à circulation. D'autres types de fours couramment utilisés sont les fourneaux à étage verticaux rotatifs, les fours à grille, ou les fours à moufle. Tous mènent à une formation de PCDD/PCDF raisonnablement faible, dépendante cependant de la composition de la biomasse brûlée. La biomasse ayant une teneur élevée d'hydrocarbures halogénés ou contenant des métaux lourds tels le cuivre, le plomb, l'étain ou le cadmium, entraîne généralement plus d'émissions de PCDD/PCDF que l'incinération de biomasse vierge. Trois classes de facteurs d'émission sont indiquées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Facteurs d'émission pour l'incinération des déchets de bois et de biomasse

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ biomasse brûlée	
	Air	Résidus (seulement cendres volantes)
1. Fours plus anciens, opération en batch, peu ou pas d'APC	100	1'000
2. Unités plus récentes opérant en continu avec bon contrôle, et un peu d'APC	10	10
3. Unités modernes à technologie récente, opérant en continu et bien contrôlées, APC complet	1	0,2

#### 6.1.6.1 Rejet dans l'air

Les rejets dans l'air représentent le vecteur prédominant pour la combustion des bois et de la biomasse. Les facteurs d'émission par défaut pour les trois catégories ont été déterminés en se basant sur des concentrations d'émission entre  $130 \mu\text{g TEQ/t}$  (étude belge) et  $1 \mu\text{g TEQ/t}$  (études au Canada et en Suède). Pour la classe 1, le facteur d'émission par défaut a été fixé à  $100 \mu\text{g TEQ/t}$  pour ces unités anciennes non contrôlées. La classe 2 représente des unités avec de meilleurs contrôles. Un facteur d'émission par défaut de  $10 \mu\text{g TEQ/t}$  a été attribué à cette classe. Enfin, la classe 3 avec un facteur d'émission par défaut de  $1 \mu\text{g TEQ/t}$  comprend toutes les unités modernes de combustion de résidus de bois et de biomasse (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.1.6.2 Rejet dans l'eau

Ce vecteur de rejet n'est pas considéré comme important pour ce type de source.

#### 6.1.6.3 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de rejets dans la terre à moins que des résidus n'y aient été placés ou mélangés avec des terres. Les concentrations libérées dans de tels cas seront couvertes au paragraphe « Rejets dans les Résidus », Chapitre 6.1.6.5

#### 6.1.6.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit. Donc il n'y aura pas de facteur d'émission.

#### 6.1.6.5 *Rejet dans les résidus*

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres seront élevées parce que les cendres contiennent généralement des concentrations importantes de carbone non brûlé. Dans les plus vieux fours en particulier, des émissions de gaz plus élevées sont un signe d'une efficacité de combustion plus faible, menant à des concentrations plus élevées de carbone non brûlé dans les cendres volantes. On peut donc s'attendre à des concentrations importantes de PCDD/PCDF dans les cendres. Malheureusement, il y a peu de données, à l'exception de quelques indications venant du Canada et d'Allemagne indiquant une assez grande fourchette : aussi élevée que 23'000 ng TEQ/kg de cendres, et descendant jusqu'à 3,7 ng TEQ/kg de cendres. En se basant sur le fait que la teneur en cendres dans ces matériaux se situe entre 3% et 10%, un chiffre moyen de 5% a été retenu. Ceci mène à un facteur d'émission par défaut d'environ 1'000 µg TEQ/t pour la classe 1 et de 0,2 µg TEQ/t pour la classe 3. Pour la classe 2, une valeur médiane a été choisie en raison du manque de données (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999). Dans la classe 1, il n'y a pas d'équipement APC, donc il n'y a pas d'extraction de cendres volantes, et la plupart de celles-ci est entraînée dans l'atmosphère par les flux de gaz. Même s'il n'y est pas installé de système spécifique pour récupérer les cendres volantes et leur majorité est rejetée par la cheminée, on peut s'attendre à récupérer quelques cendres volantes dans le four et les conduites menant aux cheminées, aussi bien que dans la cheminée elle-même. Il n'a pas été possible de trouver des données mesurées pour les cendres résiduelles, ce qui fait que les facteurs d'émission par défaut pour les résidus ne concernent que les cendres volantes.

#### 6.1.7 Destruction de Carcasses d'Animaux

La combustion des carcasses d'animaux peut se faire dans le but d'éviter des risques à la santé publique lors de la décomposition naturelle des carcasses. Le procédé de combustion lui-même est souvent mal contrôlé et une combustion incomplète est davantage la norme que l'exception; l'objectif principal est la désinfection et l'éradication de toute activité biologique, plutôt qu'une combustion complète, ou même que la production d'énergie.

Les carcasses d'animaux sont souvent brûlées dans des fours simples, sans technologie particulière. Il est donc presque impossible de définir un four type pour l'incinération de carcasses d'animaux. Ces fours ne sont pas spécialement étudiés pour garantir des conditions de combustion contrôlée, pas plus que pour extraire des poussières qui pourraient limiter les émissions de PCDD/PCDF.

Les vecteurs de rejets sont l'air et les résidus. Un rejet vers le sol n'existera que lorsque la combustion se fait au même le sol. Cependant, il n'y a pas de données pour de telles contaminations du sol. Trois classes de facteurs d'émission sont indiquées dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Facteurs d'émission pour la destruction des carcasses d'animaux

Classification	Facteurs d'émission - $\mu\text{g TEQ/t}$ de carcasses d'animaux brûlées	
	Air	Résidus
1. Fours anciens, opération en batch, aucun APC	500	ND
2. Unités plus récentes opérant en continu, avec contrôles, un peu d'APC	50	ND
3. Unités modernes à technologie récente, opérant en continu avec contrôles, APC complet	5	ND

#### 6.1.7.1 *Rejet dans l'air*

Les rejets dans l'air représentent le vecteur prédominant lorsque l'on brûle des carcasses animales. Les facteurs d'émission par défaut pour ces trois classes ont été basés sur des valeurs de concentrations d'émission entre  $50 \mu\text{g TEQ/100kg}$  de poids de carcasse (étude en GB) et de moins de  $0,5 \mu\text{g TEQ/100kg}$  de poids de carcasse (études autrichiennes et allemandes). Donc, pour la classe 1, un facteur d'émission par défaut de  $500 \mu\text{g TEQ/t}$  de poids de carcasse a été choisi pour les usines anciennes non contrôlées ou pour les incinérations à l'air libre. La classe 2 représente des unités d'incinération plus récentes et mieux contrôlées. Un facteur d'émission par défaut de  $5 \mu\text{g TEQ/100kg}$  ( $=50 \mu\text{g TEQ/t}$ ) de carcasse a été choisi, en se basant sur des données fournies par la Suisse, l'Allemagne et l'Angleterre pour cette classe. Enfin, la classe 3, avec un facteur d'émission par défaut choisi à  $5 \mu\text{g TEQ/t}$  de poids de carcasse, comprend toutes les unités modernes destinées à l'incinération de carcasses (LUA 1997, IFEU 1998.)

#### 6.1.7.2 *Rejet dans l'eau*

Ce vecteur de rejets n'est pas considéré comme significatif pour ce type de source.

#### 6.1.7.3 *Rejet dans la terre*

Il peut y avoir des rejets dans le sol uniquement si les carcasses d'animaux sont brûlées à même le sol. Cette situation n'est pas considérée dans cette section et tomberait dans la Section 6.6.2

#### 6.1.7.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit; il n'y a donc pas de rejets dans le produit.

#### 6.1.7.5 *Rejet dans les résidus*

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres peuvent être élevées puisque les cendres contiennent des concentrations plutôt élevées de carbone non brûlé. Dans les fours les plus anciens et pour les incinérations en plein air en particulier, les émissions de gaz montrent clairement que des combustions peu efficaces provoquent des concentrations de carbone non

brûlé dans les cendres. Il faut donc s'attendre à de fortes concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres. Il n'y a pas de données pour assigner des facteurs d'émission par défaut.

## 6.2 Catégorie principale 2 – Production de métaux ferreux et non ferreux

L'industrie du fer et de l'acier, comme celle des métaux non ferreux, sont des industries qui mettent en œuvre beaucoup de matériaux et d'énergie. Des quantités considérables de masses entrantes dans les procédés ressortent sous forme de résidus et de gaz. Les émissions sont surtout dans l'air. De plus, les matières secondaires et le taux de réutilisation et de recyclage des résidus solides constituent une part importante des activités de l'industrie. Les minerais et les concentrés exploités contiennent des quantités de métaux autres que celui qui fait l'objet de l'extraction, et les procédés visent à extraire aussi d'autres métaux purs ayant une valeur. Ces autres métaux ont tendance à se retrouver dans les résidus des procédés et, à leur tour, ces résidus deviennent les matières premières pour d'autres procédés de récupération des métaux. Finalement, les poussières captées dans les filtres peuvent être recyclées dans la même usine ou être utilisées pour la récupération d'autres métaux, dans d'autres installations de métaux non ferreux, par des tiers et pour d'autres applications.

Dans ce Toolkit, on entend par « procédés métallurgiques primaires » ceux qui visent à la production de métaux comme le fer, le cuivre, l'aluminium, le plomb, le zinc, etc. à partir de leurs minerais de départ, que ceux-ci soit des sulfures ou des oxydes, en utilisant des procédés tels la concentration, la fusion, la réduction, le raffinage, etc. Les procédés métallurgiques secondaires utilisent, comme matière première dans leur procédés, des métaux de récupération, souvent enduits de plastique ou de peinture, des batteries de récupération (pour la fabrication de plomb), des huiles, etc. ou des scories et cendres volantes venant de procédés métallurgiques ou autres. Dans ce chapitre, le terme « primaire » appliqué à la fabrication de métaux, ne devrait être utilisé que lors qu'aucun matériau déjà utilisé ou déchet n'entre dans le procédé en tant que source de métal.

Les PCDD/PCDF sont un facteur dans la production de métaux, et en particulier la production utilisant des matières premières secondaires a été reconnue comme une source de dioxines et de furanes (LUA 1997, LUA 2000, PNUE 1999). En plus, les procédés qui font appel à la chloration, comme dans la production électrolytique de magnésium à partir de saumure et de dolomite, peuvent générer des PCDD/PCDF (voir Section 6.2.9). Les PCDD/PCDF ou leurs précurseurs peuvent être présents dans certaines matières premières et peuvent donc entrer dans le procédé ; alternativement, ils peuvent être nouvellement formés à partir d'hydrocarbures à chaîne courte par des synthèses de novo dans les fourneaux ou les systèmes de nettoyage. Les PCDD/PCDF sont facilement adsorbés sur des matières solides et peuvent être extraits et ensuite éliminés dans les poussières, des solides produits par les systèmes de nettoyage, et des cendres volantes extraites de filtres (Fiedler 1998, BREF 2001a).

L'industrie des métaux secondaires dépend de la disponibilité de leurs matières premières qui sont des ferrailles venant de l'industrie des déchets, et autres rebuts métalliques. Les impuretés présentes dans ces produits, même dans les déchets de bonne qualité, peuvent mener à la formation de PCDD/PCDF lors d'une combustion incomplète ou d'une synthèse de novo. Les huiles et autres matières organiques présentes dans la ferraille, ou d'autres sources de carbone comme les combustibles partiellement brûlés et les agents réducteurs, par exemple le coke, peuvent générer des PCDD/PCDF en réagissant avec des chlorures inorganiques ou du chlore lié de manière organique dans la gamme de température de 250 à

450° (voir Section 3). Ce processus est appelé synthèse de novo et est catalysé par la présence de métaux tels que le cuivre, le fer, etc. (OTAN/CCMS 1992a, Fiedler 1998, BREF 2001a).

Bien que les PCDD/PCDF soient détruits à haute température (typiquement au-dessus de 850° C) en présence d'oxygène, le processus de la synthèse de novo a lieu lors du refroidissement des gaz de combustion dans la « fenêtre de re-formation ». Cette fenêtre de température peut être présente dans les systèmes de traitement des gaz de combustion et dans les parties plus froides du four, par exemple, la zone d'alimentation. Il faudra donc faire attention pendant la conception des systèmes de refroidissement pour minimiser les temps de séjour dans la fenêtre afin d'éviter la synthèse de novo. Il faut qu'il y ait suffisamment d'oxygène dans les gaz chauds, et on peut injecter de l'oxygène pour assurer une combustion complète et minimiser la possibilité de formation de PCDD/PCDF (OTAN/CCMS 1992a, Fiedler 1998, BREF 2001a).

Il y a plusieurs points communs à l'intérieur du secteur des métaux ferreux et non-ferreux. Certains des composants ou des opérations peuvent être responsables de la formation et du rejet des PCDD/PCDF. Lors qu'on cherche à estimer les rejets de PCDD/PCDF il faut évaluer, à l'intérieur de chacune des sous-catégories, leur potentiel pour être une source de rejet de PCDD/PCDF. En plus des fourneaux utilisés pour produire le métal, les étapes du pré-traitement sont aussi susceptibles de générer des PCDD/PCDF, par exemple :

**Le récurage et déshuilage :** Sont appliqués aux matières premières secondaires afin de réduire la teneur en matière organique des matières premières utilisées dans quelques procédés importants. Des procédés de lavage et de pyrolyse sont utilisés. Les systèmes thermiques ont la possibilité de générer des PCDD/PCDF. On enlève les huiles et une partie des revêtements dans un four spécialement conçu tel qu'un sécheur à copeaux. Dans la plupart des cas, un four rotatif est utilisé à basse température pour volatiliser l'eau et l'huile. Un chauffage direct et indirect du matériau est utilisé. Des installations plus modernes auront un système de post-combustion fonctionnant à haute température (plus de 850 °C) pour détruire les matériaux organiques produits dans le four, et auront un filtre en tissu pour filtrer les gaz.

**Incinération et pyrolyse :** Techniques appliquées pour les pellicules photographiques, balayures, catalyseurs et autres matériaux, et pour concentrer la teneur en métaux précieux. Des fours à boîte simple et des fours rotatifs sont utilisés pour l'étape d'incinération ou de pyrolyse.

**Unité d'acide sulfurique :** Peut être présente dans les fonderies et sert comme système de traitement des gaz de combustion. Les minerais à base de sulfures entrant avec l'alimentation de la fonderie génèrent et rejettent de l'oxyde de soufre en s'oxydant. Ce gaz peut être récupéré des effluents gazeux et converti en acide sulfurique dans une telle unité, pour être valorisé dans des procédés industriels (BREF 2001a).

L'Agence Italienne pour les Nouvelles Technologies, l'Energie et l'Environnement (ENEA) a mené un projet en collaboration avec le Ministère de l'Environnement et l'Association Industrielle de Brescia (AIB) afin de caractériser les rejets du secteur des métaux ferreux et non ferreux (ENEA/AIB/MATT 2003). Des facteurs d'émission que l'on peut considérer comme typiques pour l'industrie italienne, pour les rejets à l'air et pour les résidus, ont été obtenus et publiés.

Bien que des rejets relativement élevés de PCDD/PCDF aient été détectés dans les installations de recyclage de métaux, il n'y presque pas d'information venant des industries

de base de la fonderie. Environment Canada poursuit des expériences sur les dioxines/furanes dans des unités de fusion de métaux communs afin d'obtenir de meilleures informations et de mettre au point un protocole de mesures des émissions (Charles E. Napier 2002).

Bien qu'il ait que très peu d'informations sur la formation et les rejets des PCDD/PCDF pour le secteur primaire de la fusion des métaux, une classe à part a été créée dans ce Toolkit pour prendre en compte les rejets de PCDD/PCDF dans ce secteur. Ceci a été fait comme réponse à l'inclusion d'unités de fusion de métaux de base dans les Directives Préliminaires pour les BAT et BEP (SC BAT/BEP 2004).

Les procédés techniques utilisés dans l'extraction et le raffinage de métaux de base (cuivre, aluminium, plomb, nickel, zinc et cobalt) comprennent :

- Technologies pyrométallurgiques qui utilisent de la chaleur pour séparer les métaux recherchés de matériaux indésirables. Ces procédés exploitent les différences dans les potentiels d'oxydation des constituants, le point de fusion, la tension de vapeur, la densité et/ou la miscibilité à l'état fondu ;
- Les technologies hydrométallurgiques qui utilisent des différences entre la solubilité du constituant et/ou les propriétés électrochimiques dans des solutions aqueuses acides, permettant la séparation de métaux recherchés de matériaux indésirables ; et
- Des technologies vapo-métallurgiques tels que le procédé INCO au carbonyle par lesquels les alliages de nickel sont traités avec du monoxyde de carbone pour donner le carbonyle de nickel.

En général, les unités de fusion première de métaux de base traitent des concentrés de minerais. La plupart des fonderies primaires ont les capacités techniques pour rajouter des métaux secondaires (c'est-à-dire, recyclés) aux matières premières de base. Il serait alors peut-être difficile de faire la distinction entre les fonderies primaires et secondaires. Il faut noter que pour des raisons économiques et environnementales, comme par exemple la récupération de métaux et le recyclage de résidus solides, les fonderies secondaires seraient l'option à retenir, bien que les émissions soient normalement plus élevées.

Comme on pense que la formation des PCDD/PCDF (et autres POP formés non intentionnellement) a pour origine les procédés métallurgiques thermiques haute température, les procédés hydrométallurgiques ne sont pas considérés comme étant une source de PCDD/PCDF dans ce Toolkit et donc les rejets qui y sont associés n'ont pas à être évalués lorsqu'on prépare l'inventaire national de rejet de PCDD/PCDF.

Dans cette Section, le Toolkit considère les sous-catégories suivantes (Tableau 21) :

Tableau 21 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 2 – Production de Métaux Ferreux et Non-ferreux

N°	Sous-catégories	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
2	<b>Production de métaux ferreux et non ferreux</b>	X				X
	a Frittage de minerai de fer	X				x
	b Production de coke	X	x	X	X	x
	c Production et fonderies de fers et aciers	X				x
	d Production de cuivre	X				x
	e Production d'aluminium	X				x
	f Production de plomb	X				x
	g Production de zinc	X				x
	h Production de laiton	X				x
	i Production de magnésium	X	x			x
	j Production d'autres métaux non ferreux	X	x			x
	k Déchiqueteurs	X				x
	l Récupération thermique de câbles	X	(x)	X		x

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

En tenant compte des provisions de l'Article 5, les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit :

#### Annexe C, Partie II ; les catégories des sources comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(d) (i)	Production de cuivre secondaire	6.2.4
(d) (ii)	Unité de frittage dans l'industrie de fer et de l'acier	6.2.1
(d) (iii)	Production d'aluminium secondaire	6.2.5
(d) (iv)	Production de zinc secondaire	6.2.7

Annexe C, Partie III ; les catégories de sources comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
	Procédés thermiques dans l'industrie métallurgique absents de la Partie II	6.2.2, 6.2.6, 6.2.8, 6.2.9, 6.2.10
	Unités de déchiquetage pour le traitement de véhicules en fin de vie	6.2.11
(l)	Traitement thermique de câbles en cuivre	6.2.12



### 6.2.1 Frittage de minerais de fer

Les usines de frittage font partie de la fabrication du fer, souvent intégrées dans des installations qui traitent le fer et l'acier. Le procédé de frittage consiste en une étape de pré-traitement pour la production du fer, au cours de laquelle de fines particules du minerai sont agglomérées par combustion. L'agglomération est nécessaire pour faciliter le passage des gaz pendant le fonctionnement des hauts fourneaux. Typiquement, les usines de frittage sont des grands systèmes à grilles (jusqu'à plusieurs centaines de mètres carrés) utilisés pour préparer le minerai de fer (parfois sous forme de poudre) avant son passage dans le haut fourneau. Une source de carbone (souvent du coke) est ajoutée au minerai de fer, comme d'autres additifs, tels que du calcaire. Dans certains cas, il inclut des déchets provenant des différents stades de la production de l'acier. Dans le procédé de frittage, les brûleurs situés au dessus des bandes de grilles chauffent les matières jusqu'à la température requise (1100-1200°C) ce qui permet au mélange combustible de s'enflammer. Le front des flammes passe à travers le lit de frittage pendant qu'il avance sur la grille, menant à une agglomération du produit. De l'air est aspiré à travers le lit. Le procédé est terminé dès que le front de flammes a traversé la totalité de la couche du fond et que tout le combustible est brûlé. La matière frittée refroidie passe sur des cribles qui séparent les morceaux qui doivent passer dans le haut fourneau (4-10mm et 20-50mm) des morceaux qui doivent retourner au frittage (0-5 mm pour des « fines », 10-20 mm comme « fond de foyer »).

Le flux des déchets sous forme de gaz qui s'échappe d'une usine de frittage varie de 350'000 à 1'600'000 Nm<sup>3</sup>/heure, suivant la dimension de l'usine et des conditions opératoires. De manière typique, le débit des déchets sous forme de gaz se situe entre 1'500 et 2'500 Nm<sup>3</sup>/t de produit fritté. (EC-JRC 2000c).

Les déchets gazeux sont généralement traités pour extraire les poussières à travers un cyclone, puis par un filtre électrostatique et des épurateurs à voie humide, ou par des filtres en tissu. Dans des usines où de fortes émissions de PCDD/PCDF ont été identifiées, des systèmes d'épuration à haute performance pourraient être installés pour réduire ces émissions, couplés avec des dispositifs limitant le flux des gaz.

Des études poussées concernant la formation des PCDD/PCDF au cours du procédé de frittage ont montré qu'ils sont formés dans le lit du frittage lui même, probablement juste au delà du front de la flamme, puisque les gaz chauds sont aspirés au travers de ce lit. Il a été aussi démontré que la formation *de novo* de PCDD/PCDF dans les collecteurs de gaz à partir de poudre fines de poussières est responsable pour environ 10% seulement de tous les PCDD/PCDF, et que les mesures les plus importantes pour prévenir la formation de PCDD/PCDF devraient être prises dans le lit de frittage. En plus des mesures concernant l'alimentation, des à-coups dans la propagation de la flamme frontale, c'est à dire des conditions instables, peuvent provoquer des émissions plus élevées de PCDD/PCDF (Nordsieck *et al.* 2001). Il est donc possible de réduire la formation de dioxines et de furanes, à condition de faire le frittage de la manière la plus régulière possible en termes de vitesse d'avancement, de la composition du lit, de la hauteur de ce lit, de l'utilisation d'additifs, en maintenant la bande, les tuyauteries et le ESP aussi étanches que possible afin de réduire au maximum l'entrée d'air dans le procédé.

Une moyenne de 1,0 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> a été trouvée à partir d'un total de 41 échantillons, dans 4 sites industriels Grande Bretagne. Cependant, des valeurs aussi basses n'ont pu être obtenues dans des usines d'autres pays membres de l'Union Européenne utilisant les mêmes

conditions opératoires, ou très voisines. On a mesuré en général 2-3 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> en Allemagne. Dans une usine, des valeurs entre 5 et 6 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> ont été trouvées (BREF 2000c). Une étude récente de 94 installations de frittage de minerai de fer en Europe a conclu que la teneur en chlore du mélange à fritter brut a un effet significatif sur les émissions des PCDD/PCDF et aussi des PCB similaires aux dioxines. Les auteurs soulignent qu'en Amérique du Nord, de telles unités sont destinées aux matériaux recyclés et non pas aux minerais de fer. Cette différence dans la composition des matières premières fait que les usines en Amérique du Nord accusent des teneurs en chlore plus élevées. Pour les usines de frittage conventionnelles qui préparent les minerais pour être utilisés dans les hauts fourneaux, les teneurs en chlore des mélanges d'alimentation se trouvent en dessous de 250 mg/kg et sont aussi bas qu'on peut raisonnablement atteindre compte tenu des teneurs en chlore inhérentes aux minerais qui vont typiquement de 50 à 100 mg/kg. A de telles concentrations de chlore, on s'attendra à ce que le TEQ combiné des PCDD/PCDF et des PCB (en tenant compte les WHO-TEF pour 29 congénères) soit en dessous de 1,5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (Fisher *et al.* 2004).

Trois classes de facteurs d'émission sont données au Tableau 22.

Tableau 22 : Facteurs d'émission des usines de frittage de minerais de fer

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de produits frittés				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Recyclage élevé des déchets, y compris ceux contaminés avec des huiles	20	ND	ND	NA	0,003
2. Utilisation faible de déchets, usines bien contrôlées	5	ND	ND	NA	0,003
3. Réduction des émissions à l'aide de haute technologie	0,3	ND	ND	NA	0,003

Pour les usines utilisant beaucoup de déchets, y compris des huiles de coupe ou autres polluants contaminés, aussi avec un contrôle de procédé limité, les facteurs de la classe 1 devraient être utilisés. La classe 2 sera appliquée pour les usines qui disposent de bons contrôles de la combustion et qui utilisent assez peu de déchets, en particulier les huiles de coupe. Les facteurs d'émission de la classe 3 devraient être appliqués aux usines où des moyens importants du contrôle des PCDD/PCDF ont été mis en œuvre.

Des usines de frittage ayant des technologies peu évoluées pourraient accuser des émissions plus élevées. Toutes les usines que l'on trouverait avec des contrôles de combustion et de pollution très limités, devront être notées pour être examinées ultérieurement.

### 6.2.1.1 Rejet dans l'air

Dans certains pays, des usines de frittage de minerais de fer ont été identifiées comme représentant des sources majeures de PCDD/PCDF dans l'air. Les émissions les plus importantes sont à attendre des usines qui n'ont pas fait d'efforts suffisants pour réduire les émissions de PCDD/PCDF et aussi qui utilisent des déchets dans leur cycle de production de produits frittés (huiles de coupe, poussières récupérées dans les ESP, etc.). Le facteur d'émission pour cette classe de procédé est de 20 µg TEQ/t de produit fritté, et provient de deux études d'inventaire utilisant un volume de gaz de 2'000 Nm<sup>3</sup>/t de produit fritté, et une

concentration de 10 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (HMIP 1995, SCEP 1994). Il faut signaler que dans une unité en Allemagne, un facteur d'émission de presque 100 µg TEQ/t de produit fritté a été trouvé; les émissions correspondantes dans les gaz de combustion étaient de 43 ng TEQ/m<sup>3</sup> (LUA 1997).

Pour les usines qui utilisent peu de déchets, le facteur d'émission n'est que de 5 µg TEQ/t, selon des études faites en Belgique, Suède, Pays-Bas et Allemagne.

Pour les usines à plus haute technologie, où les émissions de PCDD/PCDF ont été étudiées et où des modifications importantes ont été apportées dans les procédés et les techniques opératoires, on choisira la classe 3. De telles améliorations pourraient comprendre des mesures tendant à réduire les flux de gaz et à traiter aussi les gaz dans des systèmes à étapes multiples avec traitement des effluents. Un facteur d'émission de 0,3 µg TEQ/t est basé sur un flux de gaz réduit à 1500 Nm<sup>3</sup>/t pour une concentration de 0,2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (Smit *et al.* 1999, HMIP 1995).

Des concentrations beaucoup plus élevées ont été constatées dans certains cas, probablement liées à l'utilisation d'huiles de coupe chlorées; ces cas nécessitent des examens plus détaillés.

Il faudrait aussi mentionner qu'un tamisage et broyage à chaud peut ajouter 1 µg TEQ/t aux émissions de produits frités, et que des émissions fugitives au niveau des bandes peuvent encore apporter 2 µg TEQ/t de produits frités, selon des données allemandes (LUA 1997).

#### 6.2.1.2 *Rejet dans l'eau*

Un rejet dans l'eau peut survenir si on utilise un épurateur à voie humide avec une décharge d'effluent. Pour cette voie de rejet, il ne devrait pas y avoir de facteur d'émission. Toute décharge liquide devrait être notée; son volume et tout traitement existant sont des facteurs importants.

#### 6.2.1.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre. Tout enfouissement dans le sol devrait être noté.

#### 6.2.1.4 *Rejet dans les produits*

Le produit de ce procédé est le fritté qui est en fait une matière première pour le haut fourneau. Tout PCDD/PCDF présent dans le fritté, entrera dans le haut fourneau et sera probablement détruit. Donc, il n'y a pas de rejet dans le produit.

#### 6.2.1.5 *Rejet dans les résidus*

Le résidu principal sera sous forme de poussières récupérées dans les appareils de contrôle des poussières. Certaines peuvent être recyclées, d'autres extraites du procédé en tant que déchets. Des données existent (venant de Grande Bretagne) sur le volume de PCDD/PCDF dans les poussières issues des usines de frittage, avec ESP, donnant un niveau de 29 à 90 ng I-TEQ/kg. Seule une petite quantité de poussières va en décharge (en GB, par exemple, 700 t/a pour une production de produits frités de 15,1 million de tonnes---soit environ 0,05 kg de

poussière par tonne de produits frittés). Des données d'Allemagne, mesurées en 1993/1994, étaient dans la fourchette de 196 à 488 ng I-TEQ/kg (EC 1999). Le facteur d'émission de 0,003 µg TEQ/t est basé sur des données d'usines en Grande Bretagne (Dyke *et al.* 1997) et on suppose que ce chiffre reste inchangé en l'absence d'autres données. Il faudrait noter qu'il a été suggéré que jusqu'à 2 kg de poussières pourront être produites par tonne frittée (BREF 2000c).

### 6.2.2 Production de coke

Le coke est produit à partir d'antracite ou lignite par carbonisation (chauffage sous vide). Dans les fours à coke, l'antracite est chargée dans de grands récipients chauffés de l'extérieur à environ 1'000°C en l'absence d'air. Le coke est extrait puis subi une trempe à l'eau. Les plus grands utilisateurs de coke----au moins dans les pays industrialisés----sont les industries du fer et d'acier.

Les rejets de PCDD/PCDF à partir de la production de coke, n'ont pas été étudiés en détail. Les facteurs d'émission donnés sont basés sur une usine équipée d'une chambre de post-combustion et un contrôle de poussière pour traiter les gaz de combustion issus du procédé. Si la technologie est vraiment différente de cela, les émissions peuvent être bien différentes. Des différences dans les technologies devront être notées.

Il n'y a pas de données ni d'estimations à propos de la production du charbon de bois à partir de bois. Ce procédé peut être réalisé dans de nombreuses petites unités qui, toutes additionnées, peuvent représenter un volume de production considérable. Malheureusement il n'y a pas des données mesurées disponibles. Pour des estimations préliminaires des émissions, les facteurs d'émission donnés dans cette section pour des unités simples, devraient être appliqués (classe 1). Deux classes sont données dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Facteurs d'émission pour la production de coke

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de produits frittés				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Sans lavage des gaz	3	0,06 (1)	NA	ND	ND
2. APC avec chambre de post-combustion et extraction des poussières	0,3	0,06 (1)	NA	ND	ND

(1) Utiliser le facteur de 0,006 µg TEQ/t là où un traitement de l'eau est effectué

La classe 1 devrait être appliquées aux unités sans système d'extraction de poussières, la classe 2 pour des unités qui sont mieux équipées.

#### 6.2.2.1 *Rejet dans l'air*

Les émissions dans l'air peuvent survenir lors des chargements et déchargements de la houille/coke aussi bien que pendant le chauffage. Comme il n'y a pas de gaz passant par une cheminée, les facteurs d'émission sont difficiles à mesurer et donc sujets à une incertitude.

Le facteur d'émission de la classe 1 est utilisé comme une estimation des rejets, là où il n'existe pas de système de lavage des gaz. Le facteur d'émission de la classe 2 devrait être utilisé pour des rejets d'unités ayant des technologies telles qu'une post-combustion, et des équipements d'extraction de poussières (Bremmer et al. 1994). Ce facteur d'émission est équivalent à environ 0,23 µg TEQ/t de houille traitée.

#### 6.2.2.2 *Rejet dans l'eau*

Un rejet dans l'eau peut se produire si des effluents provenant d'une trempe ou d'un lavage des gaz sont rejetés. Deux facteurs d'émission sont donnés: 0,06 µg TEQ/t pour de l'eau non traitée et 0,006 µg TEQ/t pour de l'eau traitée (supposée être efficace à 90%).

#### 6.2.2.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre.

#### 6.2.2.4 *Rejet dans les produits*

Tout PCDD/PCDF présent dans le produit coke est supposé passer à d'autres procédés. Aucune donnée n'est disponible pour estimer la quantité présente.

#### 6.2.2.5 *Rejet dans les résidus*

Des résidus peuvent provenir des boues d'eaux traitées et des solides récupérés. Il n'y a pas de données disponibles concernant les PCDD/PCDF dans les résidus.

### 6.2.3 Usines de production de fer et d'acier

L'industrie du fer et de l'acier est une industrie mettant en œuvre de grandes quantités de matériaux comme des minerais, des granulés, de la ferraille, de la houille, de la chaux, du calcaire (dans certains cas, des huiles lourdes et plastiques aussi) des additifs et produits auxiliaires; en plus l'industrie consomme beaucoup d'énergie. Plus de la moitié de la masse entrante ressort sous forme de gaz, de déchets solides ou de sous-produits. Les émissions les plus importantes sont celles dans l'air, avec les émissions des usines de frittage, représentant presque la totalité des émissions de la plupart des polluants (cf. Section 6.2.1).

Dans cette section, tous les procédés utilisés dans la production de fer et d'acier devraient être couverts. Quatre voies de production existent couramment pour l'acier: haut fourneau/four à oxygène classique, fonte directe des déchets (haut fourneau à arc électrique), réduction-fusion et réduction directe (BREF 2000c). Pour les besoins de ce Toolkit, des catégories peuvent être créées à partir du type de matériau entrant dans le four: ainsi les hauts fourneaux (BF) ne sont utilisés que pour produire de la fonte brute, et sont alimentés avec des minerais de fer venant soit d'usines de frittage, soit d'usines faisant l'agglomération. Les hauts fourneaux n'utilisent pas de ferraille. La ferraille est utilisée dans les fours à arc électrique (EAF), dans les convertisseurs à soufflage d'oxygène (BOF), ainsi que dans les fonderies où l'on utilise des fours à cubilot (CF) et des fours à induction (IF).

On inclut dans cette section le procédé de galvanisation à chaud car son but est protéger l'acier de la corrosion.

Cinq types de fours sont généralement utilisés pour fondre les métaux dans les fonderies: les fours à cubilot, à arc électrique, à induction, à réverbère, à creuset. Les deux derniers types sont plus courants dans les industries des non-ferreux et donc ne seront pas retenus dans cette section qui traite de l'industrie du fer et de l'acier. Quelques fonderies opèrent avec plus d'un seul type de four (US-EPA 1998 b.).

Dans les paragraphes suivants, une description de base est donnée des divers types de fours et de procédés :

Dans une usine d'acier intégrée, le **haut fourneau (BF)** est la principale unité opérationnelle où se fait la réduction primaire du minerai d'oxyde de fer, menant à du fer fondu (le « métal chaud »). Les hauts fourneaux modernes, à haute performance, demandent une préparation physique et métallurgique de la charge. Les deux types d'usines de préparation du minerai de fer sont les usines de frittage et celles qui font les granulés. Le produit fritté est généralement produit dans une l'usine sidérurgique à partir de mélanges pré-établis de minerais fins, de résidus et d'additifs. Jusqu'à aujourd'hui, le haut fourneau reste de loin le procédé le plus important pour produire la fonte brute.

Les minerais à forte concentration d'oxydes de fer sont chargés avec du coke et des fondants, puis sont dirigés dans le haut fourneau où se forment le fer fondu, les crasses et les gaz de combustion. Le fer fondu (= métal chaud) contient environ 4% de carbone, qui doit être réduit à moins de 1% pour produire de l'acier. La fonction du haut fourneau est de réduire les oxydes de fer solide en fer fondu. Un haut fourneau lui-même est un four de grande taille, à grosse cheminée ronde et verticale qui s'élève au dessus d'un foyer en forme de creuset. Un haut fourneau est un système clos, dans lequel sont envoyés, de manière continue, des composés de fer (gros morceaux de minerais de fer, des frittés et/ou des granulés), des additifs (formateurs de scories tels que le calcaire) et des agents de réductions (coke); ce chargement se fait depuis le haut du four par un système qui empêche que les gaz ne s'échappent du four. Dans un haut fourneau, le minerai de fer est réduit en fonte en utilisant la réaction entre le coke venant de l'unité de four à coke (c'est pour cette raison que les fours à coke sont placés dans cette section sur les productions de métaux ferreux et non ferreux) et de l'oxygène comme source énergétique, produisant du monoxyde de carbone (CO) comme agent de réduction. Quand les matières premières sont chargées, de l'air pressurisé à 900-1350°C est soufflé juste au dessus du foyer. Les gaz chauds pour les opérations du haut fourneau viennent de fours chauds (aussi appelés *cowpers*). Il faut deux ou trois fours pour chaque haut fourneau. Le métal liquide et les crasses se trouvent alors au fond du four, d'où ils sont ponctionnés.

Bien qu'il y ait beaucoup d'eau de refroidissement qui circule, il n'y a pratiquement pas d'effluents aqueux; la voie principale de rejet des solides est par les scories. Les gaz sont souvent nettoyés dans un cyclone fonctionnant à sec pour extraire les particules grossières (« caisse à poussière »), et dans un séparateur Venturi à deux étages pour éliminer les particules fines.

Les scories de haut fourneau sont granulées, agglomérées ou envoyées dans une fosse à scorie. Les scories en granulés sont généralement vendues aux cimenteries. De même, les scories des fosses peuvent être utilisées pour la construction des routes. Le métal fondu sortant du haut fourneau (fonte brute) passe dans un convertisseur à soufflage d'oxygène où

le carbone contenu (environ 4%) est abaissé à moins de 1%, formant ainsi de l'acier. On applique généralement une désulfuration en poche de la fonte en amont, et en aval une métallurgie en poche afin de produire de l'acier de qualité requise. A la sortie du convertisseur à oxygène, l'acier liquide est coulé en lingots ou bien de manière continue. Les produits de coulée, que ça soit en forme de lingots, de blocs, de billettes, ou de lingots pour laminage passent ensuite dans les laminoirs et des lignes de finissage pour les préparer à la vente. La quantité effective de crasse dépend des matières premières utilisées, mais varie de 210 à 310 kg/tonne de fonte brute produite.

Le **convertisseur à soufflage d'oxygène (BOF)** est devenu populaire dans les années 50, lorsque le coût de l'oxygène devint abordable et économique à l'échelle industrielle pour remplacer l'air. Le BOF est toujours suivi d'un four à poche et d'un poste de mélange à l'argon ou autre agrégat pour le traitement secondaire car l'acier provenant d'un BOF contient trop d'oxygène pour être coulé directement (BSE 2002). En plus, une technologie utilisant une lance à eau pour le refroidissement a été développée pour introduire l'oxygène dans les convertisseurs. Le procédé BOF et le four à arc électrique (EAF) ont depuis souvent remplacé les procédés de production d'acier moins efficaces sur le plan de l'énergie, procédés tels que celui de Thomas et ceux à foyer ouvert (Bessemer, Siemens-Martin). Le but dans la production d'acier à l'oxygène est de brûler (c'est à dire d'oxyder) les impuretés indésirables contenues dans les matières premières métalliques. L'opération d'un BOF se fait en semi continu. Un cycle complet comprend les phases suivantes: chargement des ferrailles et de la fonte de métal brute, soufflage de l'oxygène, échantillonnage et enregistrement des températures, ainsi que le prélèvement. Dans une aciérie moderne, on produit environ 300 tonnes d'acier par cycle de 30-40 minutes.

Les **fonderies** utilisent généralement de la ferraille comme source primaire de métal ; dans le cas où il y a un manque de ferraille, des lingots de fer peuvent être utilisés. Le fondant, souvent des chlorures ou fluorures, est ajouté à la charge du four, ou au métal fondu pour enlever les impuretés. Le BOF travaille généralement avec environ 20% de ferraille (alors qu'un EAF peut travailler avec 100% de ferraille).

Le **four à cubilot** est utilisé surtout pour fondre la fonte grise malléable, ou la fonte ductile. C'est un procédé en continu, le coke ou la matière d'approvisionnement étant empilé à travers des ouvertures de côté ; le coke brûle et fait fondre le métal. Les gaz de combustion passent généralement par un brûleur de post-combustion, puis sont traités par lavage. Les cubilots à air chaud utilisent de l'air préchauffé (500-600°C) alors que les cubilots à air froid ne préchauffent pas l'air. Les données existantes sur les dioxines concernent les usines utilisant des filtres en tissu.

Les **fours à arc électriques (EAF)** sont utilisés pour la fusion directe de matériaux contenant du fer comme la ferraille, la fonte ou l'acier. Les fours à arc électrique ont l'avantage de ne pas exiger un nettoyage préalable de la matière entrante pour être propres. La matière première principale pour fours EAF est la ferraille, qui peut inclure des ferrailles venant de l'aciérie elle-même (c'est à dire les chutes), les chutes des fabricants de produits en acier (construction automobile) et de la ferraille issue de la consommation (c'est à dire des produits en fin de vie). Le fer réduit directement (DRI) est de plus en plus utilisé comme matière d'approvisionnement. Dans le procédé de production électrique de l'acier, la chaleur est obtenue d'un four à induction, à plasma, ou électrique, ou bien dans le cas d'unités efficaces sur le plan énergétique, de l'oxygène. Comme dans le BOF, la scorie est formée à partir de chaux pour piéger les composants indésirables dans l'acier. Le préchauffage des ferrailles peut engendrer des émissions plus importantes de composés organo-halogénés aromatiques

tels que les PCDD/PCDF, le chlorobenzène, les PCB, de même que les PAH et autres produits résultant d'une combustion incomplète dans le cas de la ferraille contaminée par des peintures, des plastiques, des lubrifiants ou autres composés organiques. Dans des cas pareils, on a constaté des émissions de PCDD/PCDF jusqu'à cinq fois supérieures. (LAI 1997). Les fours à arc électrique (EAF) ont généralement des capacités entre 60 et 80 t (gamme de 25 à 4000t) et le cycle entre 35 minutes et deux heures. Les fours à arc électrique fonctionnent en discontinu (batch). La charge est fondue entre 1600 et 1670 °C (BSE 2002). Des polluants gazeux sont émis et peuvent être rejetés dans un système à conduites. De plus, il peut y avoir des émissions fugitives qui peuvent représenter une grande partie des émissions globales.

Les **fours rotatifs** fonctionnent en discontinu. En général, un brûleur à mazout est utilisé pour chauffer le fût et la charge. Les gaz produits sont généralement traités avec des filtres en tissu.

Les **fours à induction** sont utilisés pour fondre les métaux ferreux et non ferreux. Il y a plusieurs types de fours à induction, mais tous créent un fort champ magnétique, en faisant passer un courant électrique dans des bobines pour induire des courants chauffants dans la charge de métal. Les fours à induction exigent des ferrailles plus propres que les fours à arc électrique. Les gaz peuvent être traités par des filtres en tissu.

Il faut noter que les poussières des filtres et les boues provenant de la production d'acier sont souvent recyclés à l'intérieur même des procédés de production d'acier, dans les usines de frittage, ou sont envoyés à l'industrie des métaux non ferreux car ils contiennent souvent des métaux non ferreux que l'on peut récupérer.

Les fours de réchauffe qui font partie de la production primaire et secondaire du fer et de l'acier sont peut-être à prendre en considération au niveau national car ils peuvent avoir un impact local. A ce jour, on n'a pas trouvé d'information sur les émissions de PCDD/PCDF.

Dans le procédé de galvanisation à chaud, de l'acier propre et exempt d'oxyde est immergé dans du zinc liquide pour obtenir un revêtement de zinc. En ce faisant, le zinc est fixé de manière métallurgique à la surface fer/acier et protège donc la surface d'une corrosion (Fabrellas *et al.* 2003). L'étape critique du point de vue de la formation et le rejet des PCDD/PCDF dans le procédé de galvanisation à chaud est celle où l'on trempe le fer/acier propre dans le bain de zinc, un procédé qui se passe à environ 450°. Avant le procédé de galvanisation, il y a normalement un nettoyage ou une préparation des surfaces. Ce nettoyage permet d'enlever les saletés, les graisses, la rouille, la calamine, etc. de la surface du métal. On effectue ce dégraissage typiquement en trempant le fer/acier dans une solution alcaline ou acide de dégraissage ; le métal est ensuite rincé puis à la fin trempé dans de l'acide chlorhydrique à température ambiante pour enlever la rouille et la calamine. Après rinçage, le métal est traité avec un fondant contenant 30% de chlorure ammoniacal zinc à environ 65 à 80° C. Le fer/acier propre est alors trempé dans du zinc fondu (450°), normalement pendant 4-5 minutes. Des procédures post-galvanisation comprennent une trempe dans l'eau ou un refroidissement à l'air.

On peut expliquer la formation de PCDD/PCDF dans le procédé de galvanisation à chaud par le mécanisme suivant : des graisses, des saletés et des adhésifs fournissent les sources de carbone ; des particules, des métaux ou leurs sels agissent en tant que catalyseurs ; du chlore additionnel est introduit dans le procédé par le fondant ( $ZnCl_2-NH_4Cl$ ), et la température autour de 450°C se trouve dans la fenêtre de formation des PCDD/PCDF (Fabrella *et al.* 2003). Déjà dans l'Inventaire des Emissions en Europe (LUA 1997). La galvanisation à



chaud a été quantifiée dans les inventaires nationaux de l'Allemagne et la Suisse, et plus tard dans celui du Danemark (Hansen 2001).

Les classes suivantes des facteurs d'émission sont indiquées dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Facteurs d'émission pour l'industrie de l'acier et les fonderies de fer.

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ d'acier liquide				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>Production fer et acier</b>					
1. Ferrailles souillées (huiles de coupe, contamination générale), ferraille préchauffée, contrôles limités	10	ND	NA	NA	15
2. Ferrailles propres/fer vierge, post-combustion et filtre en tissu	3	ND	NA	NA	15
3. Ferrailles propres/fer vierge, EAF pour réduire PCDD/PCDF, fours BOF	0,1	ND	NA	NA	1,5
4. Haut fourneau avec APC	0,01	ND	ND	ND	ND
<b>Fonderies fer</b>					
1. Cubilot à air froid ou four rotatif sans traitement des gaz	10	NA	NA	NA	ND
2. Four rotatif, filtre tissu	4,3	NA	NA	NA	0,2
3. Cubilot à air froid, filtre tissu	1	NA	NA	NA	8
4. Cubilot à air chaud, four à induction, filtre tissu (fonderie)	0,03	NA	NA	NA	0,5
<b>Unités de galvanisation à chaud</b>					
Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de fer/acier galvanisé					
1. Installations sans APC	0,06	NA	NA	NA	NA
2. Installations sans étape de dégraissage ; bon APC (filtres à manches)	0,05	NA	NA	NA	2'000
3. Installations avec étape de dégraissage, bon APC (filtres à manches)	0.02	NA	NA	NA	1'000

### 6.2.3.1 Rejets dans l'air

Les PCDD/PCDF seront rejetés dans les gaz de cheminée. Il peut être problématique de capter tous les gaz d'un procédé, et une grande partie des gaz et des PCDD/PCDF peut être présente dans des émissions fugitives plutôt que dans les gaz sortant des cheminées. Les émissions semblent augmenter beaucoup lors de l'utilisation de ferrailles mixtes de mauvaise qualité, en particulier lors de l'utilisation de métaux souillés par les huiles de coupe. Le préchauffage des ferrailles pour améliorer l'efficacité énergétique peut aussi donner des émissions ; des concentrations jusqu'à 9,2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> ont été mesurées (Allemagne, LAI 1997). En Europe, les mesures de PCDD/PCDF ont donné des facteurs d'émission d'environ 0,07 à 9  $\mu\text{g I TEQ/t LS}$  (acier liquide) ; basé sur des données européennes, on a utilisé un facteur de conversion de 940 kg de fonte brute/t LS.

Les volumes des flux de gaz venant des fours chauds sont de 100'000 à 600'000 Nm<sup>3</sup>/h, par haut fourneau. Les facteurs d'émission déterminés à partir de mesures faites dans quatre pays

membres de l'Union Européenne étaient de <0,001 à 0,004 µg I TEQ/t LS. Pour le Toolkit, le facteur d'émission de la classe 4 devrait être utilisé pour les hauts fourneaux ayant de bons systèmes APC.

Dans les BOF, pendant l'apport d'oxygène, des gaz du convertisseur pouvant contenir de petites quantités de PCDD/PCDF sont rejetés. Les convertisseurs à soufflage d'oxygène en Europe ont en général des facteurs d'émission assez bas, mais un peu plus élevés que ceux des hauts fourneaux (avec un point haut à 0,06 µg I-TEQ/t AL, suivant des données mesurées).

Pour les fours à arc électrique, les données mesurées de leurs émissions se rapportent à des usines utilisant des ferrailles relativement propres et du fer vierge, et équipés de post-combustion et de filtres à tissu pour le lavage des gaz. Les facteurs d'émission dérivés d'usines en Suède, Allemagne et Danemark se situent entre 0,07 et 9 µg I-TEQ/t LS. Pour le Toolkit, un facteur de 3 µg TEQ/t LS est utilisé (Bremmer *et al.* 1994, SCEP 1994, Charles Napier 1998).

Les émissions des usines avec EAF utilisant des ferrailles souillées par des huiles de coupe ou des plastiques, de même que les usines qui procèdent au préchauffage des ferrailles, avec des contrôles plutôt insuffisantes, accusent des concentrations plus élevées en PCDD/PCDF dans les gaz de cheminée, comme on a trouvé en Allemagne par exemple (SCEP 1994). Dans de pareils cas, on utilise un facteur d'émission de 10 µg TEQ/t LS (des usines en état médiocre peuvent émettre davantage).

Lorsqu'il existe des contrôles soignés des ferrailles (excluant des huiles de coupe et autres fortes contaminations) et qu'on utilise un nettoyage efficace des gaz avec une combustion secondaire et des filtres en tissu---quelques fois associés avec un rapide refroidissement à l'eau---on peut alors atteindre un facteur d'émission de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (classe 3). Pour ces usines un facteur d'émission de 0,1 µg TEQ/t devrait être utilisé (classe 3). Les mêmes concentrations basses ont été mesurées dans les gaz de combustion des convertisseurs à soufflage d'oxygène; par exemple une concentration moyenne de 0,028 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (LAI 1997) ; les facteurs d'émission de la classe 3 devraient être appliqués pour de telles usines.

Pour les fonderies, il n'y a presque pas de données: des tests en Allemagne (SCEP 1994) ont montré que des fours à induction et des cubilots à air chaud équipés de filtres en tissu avaient de faibles émissions dans l'air; un facteur d'émission de 0,03 µg TEQ/t produit devrait être utilisé.

Les fours cubilot à air froid ont des émissions plus élevées et un facteur de 1 µg TEQ/t est utilisé pour des usines équipées de filtre en tissu,

Des tests limités sur des fours rotatifs montrent à nouveau des niveaux plus élevés, et un facteur de 4,3 µg TEQ/t est appliqué aux usines nettoyant leurs gaz avec des filtres en tissu.

Quand il s'agit de cubilots à air froid ou de fours rotatifs sans filtres en tissu (ou équivalent) pour laver les gaz, on utilisera un facteur d'émission plus élevé de 10 µg TEQ/t.

Si l'on trouve des fours utilisant des ferrailles de mauvaise qualité (contamination élevée) ou qui sont mal contrôlés du point de vue des émissions des gaz, avec des systèmes autres que des filtres efficace en tissu, ceci devra être noté.

Pour les unités de galvanisation à chaud, comme pour tout autre installation thermique, la présence ou l'absence d'équipements de lavage des gaz de cheminée sera un facteur déterminant pour les émissions de PCDD/PCDF vers l'air. Certaines installations n'ont pas de dispositifs pour le lavage des gaz, d'autres ont des filtres à manche. En Allemagne, et sans autre spécification, on a mesuré des concentrations de PCDD/PCDF entre 0,007 et 0,132 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> dans les gaz de cheminée de quatre installations (LUA 1997) ; la moyenne géométrique était de 0,016 I-TEQ/Nm<sup>3</sup>. L'inventaire danois a utilisé les données allemandes et un volume de gaz de cheminée de 33'000 Nm<sup>3</sup> émis par tonne de fer/acier galvanisé pour estimer ses émissions nationales.

L'étude espagnole (Fabrellas *et al.* 2003) a examiné des installations de galvanisation à chaud équipées de filtres à manche. Les valeurs trouvées – 0,003 – 0,014 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> – étaient beaucoup plus faibles que ceux signalés en Allemagne (LUA 1997). On peut convertir les données pour arriver à des facteurs d'émission montrés au tableau 24. Cependant, les facteurs d'émission vers l'air dans ces deux études étaient assez similaires : l'étude espagnole = 41 – 61 ng I-TEQ/t d'acier galvanisé et 7 – 27 ng I-TEQ/t d'acier galvanisé pour des unités sans, et avec, l'étape de dégraissage, respectivement ; tandis que l'étude allemande a donné un facteur vers l'air de 61 ng I-TEQ/t d'acier galvanisé.

#### 6.2.3.1 Rejet dans l'eau

Il peut y avoir des rejets dans l'eau si on utilise un lavage humide des gaz ou une trempe. Il n'y a pas de données disponibles permettant de calculer un facteur d'émission. Si un effluent est rejeté, on devrait le noter et l'inclure dans le rapport.

#### 6.2.3.2 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de rejets dans le sol.

#### 6.2.3.3 Rejet dans les produits

Il n'y a pas de rejets significatifs dans l'acier fabriqué par le procédé; le produit a subi des hautes températures, et on peut estimer que les PCDD/PCDF ont été détruits ou rejetés.

#### 6.2.3.4 Rejet dans les résidus

Les principaux résidus qu'il faudra considérer sont les scories et les poussières provenant des systèmes de lavage des gaz. D'autres poussières déposées à partir d'émissions fugitives peuvent aussi contenir des PCDD/PCDF.

Dans les hauts fourneaux, 9 à 15 kg de poussières et de boues/tonne de LS sont générées par les systèmes de purification des gaz. 280 kg de scories sont produits par tonne de LS.

Dans les aciéries BOF, 12-27 kg de poussières et scories sont générées par tonne de LS, venant des systèmes de traitement des gaz. Les scories de convertisseurs sont de 99 kg/t LS. Les fours à arc électrique produisent plus de scories, par exemple 129 kg/t LS pour les aciers au carbone et 161 kg/t LS pour les aciers inoxydables et fortement alliés.

Un facteur d'émission moyen des PCDD/PCDF dans les résidus peut seulement être donné pour les EAF : à partir des opérations de nettoyage des gaz (filtres en tissu) un facteur d'émission de 15 µg TEQ/t est basé sur des données moyennes venant de Grande Bretagne (Dyke *et al.* 1997). Ce facteur sous-entend un équipement de nettoyage de gaz similaire; les rejets pourraient être différents avec d'autres systèmes. Ce facteur est utilisé pour des usines médiocres et mal contrôlées. Un facteur d'émission plus bas, de 0,15 µg TEQ/t, est utilisé pour les meilleures usines (Bremmer *et al.* 1994). La destination ou l'usage des résidus devrait être noté (des PCDD/PCDF peuvent être introduits dans d'autres procédés si ces résidus sont utilisés comme matière d'approvisionnement dans les procédés de recyclage).

Les fonderies, cubilots et EAF émettent des poussières qui contiennent probablement des PCDD/PCDF. Les fours à induction émettent beaucoup moins de poussières. Des données en provenance d'Allemagne (SCEP 1994) ont indiqué des facteurs d'émission qui sont montrées au Tableau 24. Des scories peuvent être produites, et les techniques de coulée au sable peuvent produire des volumes importants de sable ; ces matériaux sont réutilisés dans l'usine ou alors expédiés pour utilisation en tant que matériaux de construction (US EPA 1998 b).

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres volantes d'installation de galvanisation à chaud ont été mesurées à des niveaux de 2,15 à 9,6 ng I-TEQ/kg de cendre avec une moyenne géométrique de 3,9 ng I-TEQ/kg de cendre volante (données allemandes dans LUA 1997) ; il n'a pas été possible de déduire des facteurs d'émission à partir de ces données. Dans l'étude espagnole on a calculé une gamme de facteurs d'émission de 487 à 8'075 µg I-TEQ/t d'acier galvanisé dans les unités sans l'étape de dégraissage, et de 127 à 1'804 µg I-TEQ/t d'acier galvanisé pour les unités équipés de l'étape de dégraissage (Fabrellas et al. 2003).

#### 6.2.4 Production de cuivre

La production de cuivre par voie thermique et les rejets de PCDD/PCDF sont d'un intérêt particulier car le cuivre (Cu) est le métal le plus efficace pour catalyser la formation de PCDD/PCDF.

Lorsqu'on analysera le secteur de la production de cuivre en vue des rejets PCDD/PCDF, il est important de faire la distinction entre la production primaire et secondaire de cuivre.

##### **Cuivre primaire**

Le cuivre primaire peut se fabriquer par deux technologies différentes suivant le type de minerais traités, oxydes ou sulfures, et peut être également fabriqué à partir de concentrés primaires ou par voie hydrométallurgie (BREF 2001a, CONAMA 2003).

Les procédés d'hydrométallurgie, utilisés pour les minerais oxydés, sont : la lixiviation, l'extraction par solvant, et l'extraction électrolytique. Tous ces procédés se font à des températures inférieures à 50° C. On ne s'attend pas à ce que des PCDD/PCDF se forment.

Les minerais sulfurés sont normalement traités par voie pyrométallurgique. Les minerais sulfurés sont d'abord traités dans une unité de concentration, fonctionnant à température ambiante ; les concentrés sont ensuite raffinés par pyrométallurgie dans des fours à fusion de cuivre primaire. Les concentrés à fondre consistent essentiellement de sulfures de cuivre et de

fer, et contiennent peu de chlore (partie par million). Les étapes du procédé sont le grillage, la fusion, la conversion, le raffinage, et l'électro-raffinage. Le procédé de fusion est effectué dans une atmosphère oxydante à des température comprises entre 1200° C et 1300° C.

On utilise deux **procédés de fusion de base** : **la fusion dans un bain** où le procédé fait appel à un enrichissement en oxygène pour réaliser une opération (presque) auto-thermale, et la **fusion flash** dans laquelle il y a un degré d'enrichissement en oxygène plus faible.

Les fours à fusion comprennent : les fours à réverbères, électriques, SIA Smelt, Noranda, Mitsubishi, Teniente, Bayin, Vanyucov. Tous ces procédés dépendent du procédé de grillage et de fusion qui se produit dans un bain de sel fondu avec la séparation des scories et de la matte, et un soutirage effectué de différentes manières.

La fusion flash se fait dans un four à fusion Outokumpu ou Inco, ou bien dans un four à cyclone (Contop). La fusion flash fait appel à un grillage et à une fusion de concentrés secs sous forme de particules en suspension dans l'air.

Deux types de procédés à **convertisseur** sont utilisés : le procédé batch conventionnel (le plus souvent, par exemple, le convertisseur Pierce-Smith, et le convertisseur du type Hoboken) et le procédé de conversion en continu (par exemple, fourneau à flash Kennecott, fourneau Mitsubishi, et convertisseur Noranda). Les convertisseurs Top Blown Rotary ont été utilisés dans le passé pour la conversion en batch de matériaux de cuivre primaire en *blister copper* mais ils ne sont plus tellement utilisés.

Les étapes de purification appliquées au métal de base (aussi appelé "cuivre blister") après l'étape de conversion comprend l'addition d'air puis d'un réducteur pour réduire tout oxygène présent. On utilise souvent un raffinage au feu et un raffinage électrolytique.

### **Cuivre secondaire**

Le cuivre secondaire est fabriqué par un procédé pyrométallurgique et est obtenu à partir de déchets de ferraille ou autres résidus contenant du cuivre, tels que des scories et des cendres. Puisque le cuivre d'occasion peut être recyclé sans perte de qualité, la production de cuivre secondaire est un secteur important. Une vue d'ensemble des matières de base secondaires pour la production de cuivre se trouve dans le document de référence BAT de l'UE (BREF) sur La Production de Métaux Non-ferreux (BREF 2001a). Comme les matières premières pour les procédés secondaires peuvent contenir des matériaux organiques, des procédés de déshuilage et d'élimination du revêtement sont appliqués, également pour minimiser la formation de PCDD/PCDF pendant les étapes ultérieures de la fabrication du cuivre. Les étapes utilisées pour la production de cuivre secondaire sont généralement similaires à celles utilisées pour la production primaire mais les matières premières sont normalement à base d'oxyde ou de métal et donc la fusion des matières premières secondaires se fait dans des conditions réductives.

Certains fours à fusion de cuivre primaire sont intégrés dans des installations de fusion secondaire ou à la fabrication de plomb ou d'oxyde de zinc à partir de concentrés mixtes, etc. (BREF 2001a).

Le cuivre raffiné est fabriqué à partir de matières premières primaires et secondaires dans des raffineries de cuivre ; le produit est une cathode de cuivre. Celle-ci est fondue, alliée et encore traitée pour donner lieu à des tiges, des profilés, des fils, des plaques, des bandes, des

tubes, etc. Cette étape peut être intégrée dans la raffinerie mais est le plus souvent fait sur un autre site.

Des fourneaux sont utilisés pour une variété de procédés dans cette industrie, par exemple le grillage et la calcination de matières premières, la fusion et le raffinage des métaux et pour la fusion de minerais et de concentrés. Les types de fours couramment utilisés pour la production de cuivre, suivant la matière première et les étapes du procédé, comprennent (BREF 2001a) :

Des fours pour le grillage, la calcination, etc. : Fours rotatifs ;

Fours pour la fusion : Four à fusion flash pour le cuivre, fours à fusion en bain, four à réverbères { (a) pour la fusion, le grillage ou la concentration, (b) pour la fusion ou le raffinage}, haut fourneaux, fours électriques, four de fusion à cyclone ;

Convertisseurs (pour convertir l'oxyde de cuivre en cuivre) : Des fours rotatifs ou des convertisseurs ;

Fours de fusion et de raffinage : Fours à induction, fours verticaux, fours rotatifs

Les installations modernes sont équipées de systèmes de lavage humide ainsi que d'électrofiltres pour nettoyer les gaz de procédé ; les produits soufrés peuvent être récupérés dans une unité d'acide sulfurique (BREF 2001a).

Jusqu'à maintenant il n'existe que très peu de données sur les rejets de PCDD/PCDF dans les usines pour le cuivre (Tableau 25). La majorité de l'information provient d'usines de cuivre secondaire, où l'on a trouvé des rejets élevés de PCDD/PCDF dans les gaz de cheminée.

En préparant ce Toolkit, il n'a pas été proposé de mesures sur les émissions ou rejets de PCDD/PCDF pour les fonderies de première fusion du cuivre, car aucune information n'a été trouvée à ce sujet. Dans certains pays comme le Chili, entre autres, les fonderies primaires de cuivre n'utilisent que des minerais et concentrés et n'effectuent pas de mélange avec des matériaux secondaires. Dans d'autres pays, comme l'Allemagne, la Suède, et le Canada, entre autres, les fonderies de cuivre primaires reçoivent des matières premières qui comprennent des déchets et autres matériaux recyclés qui sont introduits dans ces fonderies « primaires » à des quantités entre 15% et 40% (COCHILCO 2004). On peut estimer les rejets à partir des fonderies de cuivre primaire traitant des déchets de cuivre et autres résidus, en appliquant les facteurs d'émission de la Classe 6 (Tableau 25).

Pour les fonderies de cuivre primaire se trouvant, entre autres, au Chili, il semble que la probabilité de former des PCDD/PCDF dans la fabrication de cuivre primaire soit très faible sinon non existante. Les fonderies primaires utilisent des matériaux propres et exploitent le procédé de fusion de base (avec des fours comme Teniente ou Noranda), ou bien la fusion flash (avec le four Outokumpu). Le cuivre blanc et les concentrés venant des fours sont convertis en cuivre blister dans une atmosphère riche en oxygène dans le convertisseur Peirce-Smith. Les températures typiques dans le procédé de fusion sont bien au-dessus les températures auxquelles les PCDF/PCDD sont censés être formés ; dans le Teniente, sont à 1260° C dans une atmosphère riche en dioxyde de soufre (@ 25%), le cuivre blanc liquide est à 1240° C, et les scories liquides sont à 1240° C. Dans le four flash Outokumpu, la température est d'environ 1260° C et les gaz sortent à environ 1300° C à 1350° C. Le convertisseur Peirce-Smith opère dans une gamme de température de 1150° C à 1250° C. Le

raffinage du cuivre blister – pour enlever le soufre et l’oxygène – a lieu dans des fours rotatifs à une température de fonctionnement d’environ 1200° C. Les scories ont encore des teneurs assez élevées en cuivre (4% à 10%) et sont traitées dans un four Teniente, des fours à arc électrique, ou des installations d’écumage à des températures supérieures à 1200° C. On purifie les gaz venant des fonderies et des convertisseurs par une trempe rapide, suivie d’électrofiltres et des tours de lavage et épurateurs humides. Les unités d’acide sulfurique (unités de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) utilisent des convertisseurs catalytiques (COCHILCO).

Afin d’harmoniser ce Toolkit et les Directives Préliminaires sur les BAT et BEP pour la Convention de Stockholm (SC BAT/BEP 2004), où des considérations sur les BAT sont présentées pour les fonderies primaires des métaux de base, une Classe 6 est fournie dans cette édition du Toolkit. Cependant, en absence de données mesurées, il ne sera pas donné de facteur d’émission par défaut.

Tableau 25 : Facteurs d’émission pour l’industrie du cuivre

	Facteurs d’émission µg TEQ/t de cuivre				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Cuivre secondaire ; technologie de base	800	ND	NA	ND	630
2. Cuivre secondaire ; bons contrôles	50	ND	NA	ND	630
3. Cuivre secondaire ; contrôles optimisés pour PCDD/PCDF	5	ND	NA	ND	300
4. Fusion et coulée de Cu/alliages de Cu	0,03	ND	NA	NA	ND
5. Cuivre primaire, bien contrôlé, avec quelques matières premières secondaires	0,01	ND	NA	NA	ND
6. Fonderie de cuivre primaire pur, sans additions secondaires	ND	ND	NA	NA	NA

#### 6.2.4.1 Rejet dans l’air

Les émissions dans l’atmosphère dues à la production de cuivre semblent varier considérablement selon la technologie du procédé, la nature des matériaux traités et le système de nettoyage des gaz utilisé. L’existence de PCDD/PCDF est associée principalement à la production de cuivre secondaire.

Les données suivantes viennent d’installations de cuivre secondaire. Une étude aux Etats Unis, concernant une usine de production de cuivre, avec haut fourneau et équipée d’un système de post-combustion ainsi que de filtres en tissu est arrivée à un facteur d’émission de 779 µg TEQ/t de ferraille.

Dans des études en Allemagne faites dans plusieurs usines, il a été trouvé des émissions qui variaient de 0,032 à 30 ng TEQ/m<sup>3</sup> (LUA 1997).

Des installations de fonderie et de coulée de cuivre et de ses alliages (par exemple le bronze) ont donné des émissions entre 0,003 et 1,22 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> avec une moyenne géométrique de 0,11 ng TEQ/m<sup>3</sup> (données allemandes, LUA 1997). Une compilation pour des unités européennes faite par le Bureau IPPC donne des valeurs de < 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (BREF 2001a). A partir de ces données, un facteur d’émission de 0,03 µg TEQ/t de cuivre et cuivre

allié a été calculé. Les données ne permettent pas une différenciation plus poussée, selon la technologie ou la performance.

Dans les gaz épurés dans les usines à acide sulfurique, des rejets entre 0,01 et 0,001 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> ont été mesurés (BREF 2001a). Les mêmes sources rapportent aussi (sans autre précision) que les procédés dans l'atelier de fusion lors de la fabrication de produits intermédiaires tels que des lingots d'alliage coulés, des feuillards, des plaques et des bandes, donnent des facteurs d'émission pour les fours électriques de < 5 µg, et pour les fours verticaux et rotatifs de < 10 µg TEQ/t respectivement.

Les facteurs d'émission des Classes 1 à 3 concernent la production de cuivre secondaire. Les facteurs d'émission de la classe 1 devraient être appliqués aux procédés thermiques de traitement de matériaux mixtes, où les fours sont équipés de simples filtres en tissu ou de systèmes de nettoyage des gaz moins efficaces. Les facteurs d'émission de la classe 2 doivent être utilisés quand les procédés de traitement thermique des ferrailles contenant du cuivre sont effectués dans des fours bien contrôlés, équipés de brûleurs de post-combustion et de filtres en tissu. Les ferrailles devraient subir quelques tris et classifications avant d'être traités afin de minimiser les contaminations.

La classe 3 devrait être utilisée pour les usines où des mesures ont été prises pour réduire les rejets de PCDD/PCDF, par exemple une trempe à l'eau en amont des filtres en tissu, et l'utilisation de filtres à charbon pour le traitement des gaz de combustion. La Classe 4 des facteurs d'émission concerne la fusion et la coulée du cuivre et des alliages de cuivre.

Les Classes 5 et 6 des facteurs d'émission concernent les fonderies de cuivre primaire. Des résultats pour les PCDD/PCDF sont disponibles de l'Allemagne (Meyer-Wulf C. 1996) et la Suède (LUA 1997). Cependant, il faut noter que ces unités, aussi bien que celles au Canada, ne sont pas des fonderies de cuivre « pur » car elles traitent des quantités considérables de matériaux recyclables (Copper Smelters 2004). Des données mesurées de l'Allemagne venant d'une telle fonderie de cuivre « primaire », utilisant des quantités considérables de matériaux secondaires comme matière première (jusqu'à 40%) dans des fours de fusion flash et des convertisseurs de matte, avaient des valeurs entre 0,0001 et 0,0007 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> ce qui mène à une gamme très faible de facteurs d'émission entre 0,002 et 0,02 µg TEQ/t de cuivre (LUA 1997). Meyer-Wulf (1996) a signalé des concentrations de 0,004 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> et de 0,3 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> dans les gaz bruts après la fonderie primaire ; les valeurs plus élevées étaient obtenues lorsqu'il y avait du PVC dans les matériaux traités. Les gaz purifiés après l'unité de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avaient des teneurs, soit non mesurables, soit de 0,001ng I-TEQ/m<sup>3</sup>. L'Inventaire des Dioxines de l'UE de 1997 (LUA 1997) fait état de concentrations de 0,005-0,015 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> dans les effluents gazeux de fours à grillage pour la désulfurisation de minerais. Le volume des effluents gazeux était de 5000 Nm<sup>3</sup> par tonne de cuivre produit. En plus, une unité suédoise de fusion primaire recyclant des quantités importantes de matériaux secondaires, et produisant 2000 Nm<sup>3</sup>/t d'effluent gazeux a fait état d'une concentration de 11 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>. A partir des résultats donnés ci-dessus, il a été calculé des facteurs d'émission entre 0,25 µg I-TEQ/t (des résultats allemands) et de 22 µg I-TEQ/t (des résultats suédois). Dans le cas de l'inventaire de la Belgique, un chiffre de 10 µg I-TEQ/t a été adopté pour estimer les émissions nationales (LUA 1997). Les données dans le haut de la fourchette indiquent plutôt les classes 2 et 3. Le facteur d'émission de la classe 5 devrait être pris pour les installations bien contrôlées. Dans le cas de la classe 6, celle des fonderies de cuivre primaires « pur », il n'existe pas de facteurs d'émission à ce jour.



#### 6.2.4.2 *Rejets dans l'eau*

Il n'y a pas de données disponibles pour estimer les rejets dans l'eau. Ceux-ci peuvent se produire si des effluents sont déversés, et la concentration sera probablement influencée par tout traitement d'eau qui serait appliqué. Tout rejet liquide devrait être noté en même temps que sa source et le traitement utilisé.

#### 6.2.4.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol.

#### 6.2.4.4 *Rejet dans les produits*

Il n'y a pas de rejets dans les produits.

#### 6.2.4.5 *Rejet dans les résidus*

Les PCDD/PCDF seront trouvés dans les résidus solides du procédé. Le souci principal sera les résidus provenant des systèmes de lavage des gaz. Les poussières et boues résultant du traitement des gaz peuvent être très riches en PCDD/PCDF. On a constaté des concentrations allant jusqu'à 20'000 ng TEQ/kg (SCEP 1994).

Des données provenant du Royaume Uni (Dyke et al. 1997) suggèrent que 2'000 tonnes de poussières de filtres peuvent provenir de la production de 46'000 tonnes de cuivre. Combiné avec une concentration moyenne de 14'400 ng TEQ/kg dans les poussières (SCEP 1994) cela donne un facteur d'émission de 630 µg TEQ/t de produit. Cette estimation est hautement incertaine. Les concentrations et les taux de production varieront, mais il y a insuffisamment d'information pour faire une estimation plus détaillée à l'heure actuelle. Pour des usines à technologie plus avancées, on peut utiliser un facteur d'émission plus bas, par exemple de 300 µg TEQ/t.

Il faut noter que les résidus solides provenant des fonderies de cuivre peuvent être recyclés de manière interne ou être transférés vers d'autres unités de récupération secondaire. Dans de tels cas, les résidus solides représentent un intermédiaire et son rejet de PCDD/PCDF ne sera pas pris en compte dans l'inventaire national des rejets de PCDD/PCDF.

### 6.2.5 Production d'aluminium

L'aluminium peut être fabriqué à partir de minerais d'aluminium, le plus souvent la bauxite, ou à partir de déchets. La première méthode est appelée couramment la production primaire tandis que la seconde est la fabrication secondaire.

Dans la production d'aluminium primaire, le minerai d'aluminium extrait (par ex. la bauxite) est affiné en oxyde d'aluminium tri hydrate (alumine) avec le procédé Bayer. L'alumine est ensuite réduite par voie électrolytique en aluminium métal en utilisant le procédé Hall-Héroult qui utilise des anodes auto-frittées, les anodes Söderberg, ou bien des anodes

précuites. L'utilisation d'anodes précuites représente la technologie la plus moderne (pour d'autres informations, voir SC BAT/BEP 2004). On pense généralement que la fabrication d'aluminium primaire ne représente pas une source significative de PCDD/PCDF. Cependant, la formation et le rejet de PCDD/PCDF sont possibles par les électrodes en graphite utilisées dans le procédé de fusion électrolytique. Aussi, une étude de 2001 a trouvé des rejets importants de PCDD/PCDF vers l'air et le sol à partir d'une usine de fabrication d'aluminium primaire à Krasnoyarsk, Russi (Kucherenko *et al.* 2001).

Les usines de production d'aluminium primaire sont souvent placées à des endroits où il existe une source d'énergie importante et bon marché telle qu'une centrale hydroélectrique. Les PCDD/PCDF ont été associés à l'usage d'anodes en carbone, mais on pense que leurs concentrations sont généralement assez basses; l'intérêt principal réside dans le traitement thermique des matières de récupération.

A la base, tout déchet d'aluminium peut être recyclé en aluminium qui aura la même qualité que l'aluminium primaire. L'aluminium secondaire est obtenu par la refonte de ferrailles d'Al, de tournures et copeaux et d'autres matériaux contenant de l'aluminium. Ce métal est fabriqué dans une large variété de fours. Des fours rotatifs sont utilisés quand on fait des additions de sels (cryolite/fluorure d'aluminium), alors que d'autres fours peuvent être utilisés lorsque la présence de sel n'est pas nécessaire: dans des fours rotatifs, des fours à foyer, et à induction. Les fours à induction sont prédominants en fonderie où les ferrailles apportées sont exemptes d'oxydes. L'aluminium fondu dans les fours est prélevé pour être affiné, être allié ou être conservé à chaud dans des convertisseurs. Les déchets d'aluminium peuvent être contaminés par des huiles, des plastiques, des peintures et autres polluants. Des rejets de PCDD/PCDF peuvent survenir lors de la fusion de ferrailles contaminées par des produits organiques et chlorés mais aussi lors de l'affinage (où l'hexachloréthane et le chlore peuvent être utilisés) lors des prétraitements comme le nettoyage thermique de ces déchets. Les fours de fusion ont en général des capacités entre 0,5 et 0,7 tonnes.

Très souvent, les tournures sont traitées thermiquement ou séchées pour réduire les produits auxiliaires à base d'huile (par ex. les suspensions liquides venant du perçage) qui y adhèrent. De tels traitements se font dans des sécheurs rotatifs chauffés au gaz ou au fuel. La formation de PCDD/PCDF est possible car les contaminations à base d'huile peuvent contenir du chlore organique ou inorganique (IFEU 1998, LAI 1997).

La plupart de l'information utilisée pour calculer des facteurs d'émission pour le Toolkit préliminaire (Toolkit 2001) et pour la première édition du Toolkit (Toolkit 2003) était relativement ancienne. Certains des facteurs d'émission ont été mise à jour à la lumière de données mesurées présentées dans l'étude la plus récente de l'Italie (ENEA/AIB/MATT 2003).

Les facteurs d'émission des classes suivantes sont indiqués dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Facteurs d'émission pour l'industrie de l'aluminium

	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t aluminium}$				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidu
1. Traitement thermique de déchets d'Al ; traitement minimal des matières entrantes et simple dépoussiérage	100	ND	NA	NA	200
2. Traitement thermique de l'Al, pré-traitement des déchets, bien contrôlé, filtres tissu avec injection chaux	35	ND	NA	NA	400
3. Traitement thermique de l'Al, prétraitement des déchets, bien contrôlé, filtres tissu avec injection de chaux	3,5	NA	NA	NA	100
4. Optimisation des contrôles PCDD/PCDF----- post-combustion, injection chaux, filtres tissu, charbons actif	0.5	NA	NA	NA	100
5. Séchage des tournures/ébarbures (unités simples)	5	ND	NA	NA	NA
6. Déshuilage thermique des tournures, four rotatifs, post-brûleurs, et filtres tissu	0,3	NA	NA	NA	NA
7. Fabrication primaire de l'aluminium	ND	NA	NA	NA	ND

Les facteurs de la classe 1 devraient être utilisés pour les usines avec de simples équipements d'extraction de poussières, ou sans équipement. Les facteurs de la classe 2 sont pour les usines avec post-combustion et filtres en tissu. La classe 4 devrait être utilisée pour les usines ayant une grande efficacité dans les contrôles, avec nettoyage préalable des ferrailles, post-combustion, filtres en tissu, avec injection de chaux et de charbon actif. Les classes 5 et 6 concernent le traitement de tournures et d'ébarbures ; la classe 7 concerne la production d'aluminium par électrolyse.

#### 6.2.5.1 Rejet dans l'air

Plusieurs étapes de la transformation des déchets d'aluminium peuvent générer des rejets de PCDD/PCDF dans l'air. Les prétraitements thermiques des matières premières, la fusion de ces déchets, et leur affinage avec usage de chlore ou d'hexachloroéthane (comme agent de dégazéification) peuvent tous mener à des rejets de PCDD/PCDF dans l'air.

Ces émissions varient beaucoup en fonction de la nature des déchets utilisés comme matières premières, de leur nettoyage, du type de four et du système de lavage des gaz.

Les fours à technologie plus ancienne équipés de filtres en tissu avaient des émissions de 146 à 233  $\mu\text{g TEQ/t}$  de produit. Les concentrations et les volumes des gaz de combustion varient énormément ; des concentrations jusqu'à 10 ng I-TEQ/ $\text{m}^3$  ont été constatées (SCEP 1994). Des fours à tambour qui traitent des tournures d'aluminium semblaient produire des émissions élevées. Un facteur d'émission de 100  $\mu\text{g TEQ/t}$  de produit devrait être utilisé pour les systèmes utilisant des déchets contaminés (par des huiles de coupe, des plastiques, etc.), avec de simples contrôles, un lavage de gaz tels que des cyclones ou des filtres en tissu.

Un facteur d'émission de la classe 2 de 35  $\mu\text{g TEQ/t}$  de produit pourrait être utilisé (LUA 1997) pour les systèmes mieux contrôlés avec post-combustion, prétraitement des déchets, et

lavage de gaz avec des filtres en tissu et de l'injection de chaux. Le facteur d'émission de la classe 3 de 3,5 µg TEQ/t vient de mesures récentes effectuées sur deux unités européennes et concernent des unités modernes bien contrôlées avec traitement de la ferraille, filtres à tissu et injection de chaux (EEA 2003). L'étude italienne a donné une valeur de 5,2 g TEQ/t d'Al. Il faudrait appliquer le facteur d'émission de la classe 4 pour les installations équipées de technologie de réduction des dioxines, en particulier les systèmes d'épuration des gaz de cheminée.

Les facteurs d'émission de la classe 5 et 6 concernent les installations pour le déshuilage et le séchage de tournures d'aluminium ; le facteur d'émission de la classe 5 de 5 µg TEQ/t s'applique au séchage des tournures et copeaux d'Al en fours rotatifs ou équipement similaire (EAA 2003), et le facteur d'émission de la classe 6 s'applique aux traitement thermiques de déshuilage dans des fours rotatifs équipés de brûleurs de post-combustion et de filtres en tissu (ENEA/AIB/MATT 2003).

#### 6.2.5.2 *Rejet dans l'eau*

Il peut y avoir des rejets dans l'eau lorsqu'on traite les gaz avec des épurateurs humides ou par d'autres procédés qui produisent des effluents aqueux. Les informations sont insuffisantes pour estimer les facteurs d'émission. Tout effluent devrait être noté et sa source enregistrée.

#### 6.2.5.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre.

#### 6.2.5.4 *Rejet dans les produits*

On ne s'attend pas à avoir des rejets dans les produits.

#### 6.2.5.5 *Rejet dans les résidus*

Il peut avoir des PCDD/PCDF dans les résidus de procédés. La contamination la plus élevée sera probablement trouvée dans les poussières et les boues issues du traitement des gaz de combustion. Les quantités de telles poussières et boues devraient être enregistrées car tout autre usage dans d'autres procédés pourrait mener à des transferts de PCDD/PCDF.

La fusion en fours du type rotatif génère 300-500 kg de sels de scories par tonne d'aluminium et 10-35 kg de poussière de filtres par tonne d'aluminium. Les laitiers produits avec environ 25 kg/t Al peuvent être réutilisés dans les fours rotatifs (UBAVIE 2000).

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les poussières de filtre ont été mesurées, avec des niveaux allant de 3 à 18'000 ng TEQ/kg (SCEP 1994, Bremmer et al. 1994). Les poussières de filtres sont produites à un taux approximatif de 8% du métal produit (Dyke et al. 1997). Combiné à une concentration moyenne de 5'000 ng TEQ/kg, cela donne un facteur d'émission de 400 µg TEQ/t de produit pour la classe 2 (particules fines). L'étude italienne a donné un chiffre de 183 g TEQ/t et le facteur d'émission a donc été changé à 200 g TEQ/t d'Al (ENEA/AIB/MATT 2003). Un seul facteur d'émission est utilisé pour faire des estimations initiales des usines de classe 1 et 2; les concentrations et les taux de production

varieront, évidemment. Pour les usines à haute technologie de la classe 3, le facteur plus bas de 100 µg TEQ/t devrait être utilisé pour faire les premières estimations.

### 6.2.6 Production du plomb

Il y a deux voies principales de fabrication du plomb primaire à partir du minerai à base de sulfures : le frittage/fusion et la fusion directe. Les émissions dues à la fusion directe sont faibles et ne seront plus considérées (SCEP 1994). Il n'a pas de données disponibles sur les rejets venant du frittage/fusion pour la production de plomb primaire.

Des quantités considérables de plomb sont récupérées dans les déchets, en particulier les batteries de véhicules. Une variété de types de fours est utilisée, par exemple des fours rotatifs, à réverbères, des creusets, fours verticaux, et des hauts fourneaux et fours à arc électrique. Des procédés utilisant la fusion continue directe peuvent être utilisés.

Les émissions de PCDD/PCDF (Tableau 27) peuvent être liées à la présence importante de matières organiques fixées sur les déchets et à la présence de chlore ; en particulier il a été fait un lien entre l'utilisation de séparateurs en PVC dans les batteries pour véhicule, et les émissions de PCDD/PCDF (EPA 1998).

Les émissions de PCDD/PCDF ont été déterminées sur la base d'un four à fusion de plomb secondaire dans le cadre du projet thaïlandais sur l'Echantillonnage et l'Analyse des Dioxines PNUE 2001, Fiedler *et al.* 2002). La société opère deux fours rotatifs pour la récupération de plomb. La capacité de chaque four est de 3,5 à 5 t de plomb par batch, chaque opération dure environ 2 à 3 heures. Chaque ligne est équipée d'une chambre de post-combustion derrière le four rotatif, une tour de refroidissement, un séparateur à cyclone, et un filtre à manche. Pour une des lignes, le flux de gaz venant du four à fusion est mélangé aux autres gaz fugitifs, ainsi qu'à de grandes quantités d'air de ventilation venant de l'atelier, par exemple : la hotte de la porte d'alimentation du four, la hotte de ventilation de la chaudière de fusion des scories, les chaudières de raffinage pour la coulée du produit final, hotte de ventilation du traitement de la ferraille d'alimentation, four d'agglomération des cendres et de fusion, et la chaudière de fusion de scories.

Tableau 27 : Facteurs d'émission pour l'industrie du plomb

	Facteurs d'émission µg TEQ/t de plomb				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1 Production plomb à partir de déchets contenant du PVC	80	ND	NA	NA	ND
2. Production de plomb à partir de déchets sans PVC ou chlore, un peu d'APC	8	ND	NA	NA	50
3. Production de plomb à partir de déchets sans PVC ou chlore, en fours haute efficacité, avec APC comprenant des laveurs de gaz	0,5	ND	NA	NA	ND
4. Fabrication de plomb primaire	ND	NA	NA	NA	ND

### 6.2.6.1 Rejets dans l'air

Des résultats de tests sur la production de plomb à partir de déchets sont disponibles d'Allemagne (SCEP1994, LUA 1997), la Suède, la Belgique, les Pays Bas (LUA 1997) et des Etats Unis (US-EPA 2000). Dans ces pays, le PVC est normalement séparé des batteries et les installations testées avaient des systèmes d'extraction de poussières à l'aide de filtres en tissu ; certaines avaient également des laveurs de gaz. Dans les tests aux USA l'addition d'un épurateur a permis de réduire les émissions dans l'air de 90% environ (US-EPA 2000).

Aux Etats Unis, les facteurs d'émission suivants ont été déterminés pour les différents types de four à fusion pour plomb secondaire (US-EPA 2000) : haut fourneaux =  $0,63 - 8,81 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb ; four à réverbères/co-localisation =  $0,05 - 0,41 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb, et four rotatif =  $0,24 - 0,66 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb. Les émissions dans l'air étaient 10 fois plus élevées avant tout laveur des gaz/APCS que dans l'air purifié. Les émissions étaient en moyenne de  $8,31$  et  $0,63 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour les hauts fourneaux en amont et en aval du laveur des gaz, respectivement, et de  $0,41$  et  $0,05 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour les fours à réverbères/co-localisation en amont en en aval des laveurs des gaz, respectivement ; finalement de  $0,24$  et  $0,66 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour les fours rotatifs en amont et en aval des laveurs des gaz, respectivement.

Des mesures faites en Europe ont donné  $5 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb dans des hauts fourneaux belges ; aux Pays Bas pour un four à fusion de plomb qui traitait de la ferraille contaminée mais qui était équipé d'une injection de chaux et d'un filtre à manche ;  $1,3 \text{ ng TEQ/m}^3$  ont été mesurés. Les mesures allemandes ont donné :  $0,14 - 0,27 \text{ ng TEQ/m}^3$  dans des fours rotatifs ;  $0,59 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour un four vertical,  $0,09 - 0,18 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour des fours rotatifs courts, et  $0,14 - 0,27 \text{ ng TEQ/m}^3$  pour des fours rotatifs. Ce rapport ne donne pas de facteurs d'émission moyens pour l'industrie du plomb secondaire allemande (LUA 1997). L'étude italienne a signalé un facteur d'émission de  $5,0 \mu\text{g TEQ/t}$  de PB pour la fabrication de plomb secondaire à partir de batteries de véhicules prétraitées, dans des fours rotatifs équipés d'épurateurs humides. Une unité avec ces émissions serait classée en classe 2 et le facteur d'émission est donc en bon accord avec le facteur d'émission proposé au Tableau 27.

Les concentrations mesurées autour du four de fusion de plomb secondaire Thaï (fours rotatifs avec post-brûleurs, cyclone et filtre à manche) variaient de  $0,021$  à  $0,032 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ , avec une moyenne de  $0,027 \text{ ng I-TEQ/m}^3$  pour la ligne où les courants de gaz de combustion étaient combinés ; pour la ligne comprenant le four rotatif à une teneur en oxygène d'environ 19%, on a trouvé des valeurs de  $0,06$  à  $0,11 \text{ ng I-TEQ/m}^3$  avec une moyenne de  $0,089 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ . Cette dernière concentration correspond à un facteur d'émission de  $10 \text{ g TEQ/t}$  de plomb et donc s'insère très bien dans la classe 2 (facteur d'émission =  $8 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb) tel qu'indiqué au Tableau 27 (PNUE 2001, Fiedler *et al.* 2002).

Un facteur d'émission de  $8 \mu\text{g TEQ/t}$  de plomb produit est à utiliser pour les hauts fourneaux équipés de filtres en tissu, dans le cas où le PVC est exclu des séparateurs de batterie. Un facteur estimé de  $80 \mu\text{g TEQ/t}$  est utilisé où il peut y avoir du PVC, et un facteur de  $0,5 \mu\text{g TEQ/t}$  pour les fours à haute technologie équipés de systèmes sophistiqués de traitement des gaz, y compris avec laveurs de gaz (concentrations aux alentours et inférieures à  $1 \text{ ng TEQ/m}^3$ ).

Il n'y a pas pour l'instant un facteur d'émission pour la fabrication de plomb primaire.

### 6.2.6.2 *Rejet dans l'eau*

Un rejet dans l'eau peut exister si des effluents sont déversés. Il n'y a pas assez de données pour estimer un facteur d'émission. Tous cas de déversements de liquide devront être notés et les sources enregistrées dans le compte-rendu du procédé.

### 6.2.6.3 *Rejet dans la terre*

On ne s'attend pas à des rejets dans la terre.

### 6.2.6.4 *Rejet dans les produits*

On ne s'attend pas à trouver des PCDD/PCDF dans le plomb affiné.

### 6.2.6.5 *Rejet dans les résidus*

Des PCDD/PCDF seront présents dans les résidus des traitements des gaz. Des tests en Allemagne (SCEP 1994) ont mesuré des concentrations entre 2'600 et 3'100 ng TEQ/kg dans les poussières d'un fourneau à cuve. Tout usage des résidus en tant que matières premières dans d'autres procédés peut mener à un transfert des PCDD/PCDF. On a calculé un facteur d'émission de 50 g TEQ/t de Pb à partir de l'étude ENEA (ENEA/AIB/MATT 2003).

## 6.2.7 Production de zinc

Le zinc est extrait de ses minerais par une variété de procédés. Le plomb et le zinc se trouvant souvent ensemble dans les minerais, il peut y avoir un chevauchement considérable entre ces secteurs. Le zinc brut peut être produit en combinaison avec un haut fourneau pour les minerais de plomb (HMIP 1994), ou être récupéré à partir des scories de tels procédés en fours rotatifs (LUA 1997). Une variété de déchets peut être utilisée pour en récupérer le zinc, ainsi que des matières premières secondaires: poussières provenant de la production d'alliages de cuivre et la production d'acier en hauts fourneaux électriques (par exemple, poussières de filtre et boues), résidus de déchetage d'acier, et des rebuts provenant de la galvanisation. Le procédé qui fournit du zinc à partir de matières premières de récupération peut être conduit dans des fours rotatifs spécialisés pour le traitement du zinc (four Waelz) qui peuvent avoir une longueur allant jusqu'à 95m avec un diamètre intérieur de 4,5m environ; ils sont protégés par des matériaux réfractaires. La scorie granulée sortant du haut fourneau est mélangée avec d'autres produits intermédiaires du zinc, par exemple des poussières d'aciéries; elle descend dans le four et est chauffée jusqu'à la température de réaction par la combustion des gaz venant d'un brûleur situé en aval. Dans le procédé dit « fumage de scories », un mélange de poussières de charbon et d'air est injecté dans une scorie liquide du haut fourneau à 1150° C - 1250° C dans un fourneau à chemise d'eau. La scorie est déversée directement dans le haut fourneau.

Le traitement de ferraille impure, venant par exemple la fraction non métallique d'un déchetage, mène probablement à la production de polluants, comme les PCDD/PCDF (Tableau 28). Des températures relativement basses sont utilisées pour récupérer le plomb et

le zinc (340° C et 440° C). Une fusion du zinc peut se produire avec l'addition de fondants comme les chlorures de zinc et de magnésium.

Des émissions dues à la production du zinc n'ont pas été étudiées à fond mais pourraient bien être significatives (LUA 1997).

Tableau 28 : Facteurs d'émission de l'industrie du zinc

	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t de zinc}$				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Fours sans APC	1'000	ND	NA	NA	ND
2. Fours rotatifs/briquetage à chaud, contrôle poussière simple, par ex. filtres tissu/ESP	100	ND	NA	NA	ND
3. Système complet de contrôle de pollution, par ex. filtres tissu, charbon actif/technologie De Diox	5	ND	NA	NA	ND
4. Fusion de zinc	0,3	ND	NA	NA	NA
5. Fabrication de zinc primaire	ND	ND	NA	NA	ND

#### 6.2.7.1 Rejet dans l'air

Il peut y avoir des rejets dans l'air, issus des procédés de fusion et de fonte de déchets mélangés. Les usines européennes sont normalement équipées de systèmes de filtres en tissu pour contrôler les émissions de poussières (HMIP 1994-LUA 1997).

En Allemagne, les facteurs d'émission ont été donnés pour le briquetage à chaud (63-379  $\mu\text{g TEQ/t zinc}$  avec des émissions entre 89 et 953  $\text{ng TEQ/m}^3$ , moyenne de 521  $\text{ng TEQ/m}^3$ ), un four rotatif cylindrique (62,3  $\mu\text{g TEQ/m}^3$  avec des émissions entre 10 et 335  $\text{ng TEQ/m}^3$ ; moyenne 175  $\text{ng TEQ/m}^3$ ) et pour la fusion du zinc (typiquement en dessous de 0,1  $\text{ng TEQ/m}^3$ ). (LUA 1997).

Bien que cet ensemble de données soit très limité, des premières estimations des rejets peuvent être obtenues en appliquant le facteur d'émission de 100  $\mu\text{g TEQ/t zinc}$  produit dans le cas du briquetage à chaud ou de l'utilisation de fours rotatifs. Quand on utilise des fourneaux alimentés en rebuts ou en cendres de filtres provenant de l'industrie de l'acier pour récupérer le zinc (données japonaises), et sans nettoyage des poussières, un facteur estimé de 1'000  $\mu\text{g TEQ/t}$  peut être appliqué. Pour des installations avec un haut degré de technologie, équipées des APC complets, y compris des filtres en tissus avec injection de chaux et de charbon actif, un facteur estimé de 5  $\mu\text{g TEQ/t}$  peut être utilisé.

#### 6.2.7.2 Rejet dans l'eau

Il peut y en avoir si des effluents sont déversés. La source de tout effluent issue d'un procédé devrait être notée.

#### 6.2.7.3 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de tels rejets.



#### 6.2.7.4 *Rejet dans les produits*

Les niveaux de PCDD/PCDF dans l'affinage du zinc sont insignifiants.

#### 6.2.7.5 *Rejet dans les résidus*

On pense que les résidus provenant du lavage des gaz peuvent contenir des PCDD/PCDF. Il n'y a cependant pas suffisamment d'informations pour estimer un facteur d'émission.

### 6.2.8 Production de bronze et de laiton

Le laiton est un métal dur, jaune et brillant qui est un alliage de cuivre (55%-90%) et de zinc (10%-45%). Les propriétés du laiton varient avec la proportion de cuivre et de zinc et avec l'ajout de petites quantités d'autres éléments tels que l'aluminium, le plomb, l'étain, ou le nickel. En général, le laiton peut être forgé ou martelé en diverses formes, laminé, etc. Le laiton peut être fabriqué soit en faisant une deuxième fusion de déchets de laiton, ou en faisant fondre des quantités stoechiométriques de cuivre et de zinc ensemble. En principe, un seul ou les deux peuvent être le métal primaire ou secondaire.

Le bronze est un alliage dur, de couleur jaune-brun, de cuivre et d'étain, de phosphore et parfois de petites quantités d'autres éléments. Les bronzes sont plus durs que le cuivre et les laitons. Le bronze est souvent coulé pour en faire des statuts. La plupart du bronze est fabriquée en faisant fondre le cuivre et en ajoutant la quantité désirée d'étain, de zinc et d'autres substances. Les propriétés de l'alliage dépendront des proportions des ses composants.

Le laiton et le bronze peuvent être fabriqués dans de petites cuves de fusion, relativement petites, ou dans des équipements plus sophistiqués comme des fours à induction équipés de systèmes APC.

Les valeurs mesurées sur les PCDD/PCDF pour la production du laiton sont disponibles dans le programme d'échantillonnage de Thaïlande (PNUE 2001, Fiedler *et al.*). L'unité était composée d'un creuset de fusion fonctionnant en batch pour la fabrication de laiton primaire et secondaire. Le laiton du creuset était coulé manuellement en lingots qui étaient ensuite laminé en rouleaux pour faire des produits divers. Le four était chauffé à raison de 30 l/h de fuel lourd à basse teneur en soufre. Le four fonctionnait en mode batch de 250 kg/batch avec une équipe par journée. Les effluents gazeux venant du four et de divers autres endroits aux alentours passent dans un laveur humide et sont ensuite rejetés par le plafond *via* une cheminée en acier.

En première estimation, il faudrait prendre les facteurs d'émission tels que choisis pour la production du cuivre et du zinc. Il n'y aura que deux classes de facteurs d'émission (Tableau 29).

Tableau 29 : Facteurs d'émission pour les industries du laiton et du bronze

	Facteurs d'émission µg TEQ/t de bronze et laiton				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Déshuilage thermique des tournures, post-brûleur, épurateur humide	2,5	NA	NA	NA	NA
2. Fourneaux de fusion simple	10	ND	NA	NA	ND
3. Déchets mixtes, fours à induction, filtres en tissu	3,5	ND	NA	NA	125
4. Equipements sophistiqués, par ex. fours à induction avec APC)	0,1	ND	NA	NA	ND

#### 6.2.8.1 Rejet dans l'air

Les rejets dans l'air peuvent survenir lors des procédés de fusion, et de la fusion de déchets mélangés. Les concentrations dans les cheminées du four à fusion de laiton secondaire en Thaïlande variaient de 0,13 à 0,21 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> avec une moyenne de 0,15 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> à la concentration effective d'opération de 19% d'O<sub>2</sub>. Cette concentration correspond à un facteur d'émission de 11 µg I-TEQ/t de laiton (11 µg OMS-TEQ/t).

Le facteur d'émission de la classe 1 devrait être utilisé pour de simples fours de fusion, équipés de systèmes de nettoyage des gaz, par exemple des épurateurs ou électrofiltres. Le facteur d'émission de la classe 2 devra être utilisé pour des usines plus élaborées, par exemple avec des fours à induction, équipés de filtres à manches et des épurateurs humides.

#### 6.2.8.2 Rejet dans l'eau

Il peut exister des rejets si des effluents sont déversés. La source de tout effluent devra être notée.

#### 6.2.8.3 Rejet dans la terre

On ne s'attend pas à des rejets dans la terre.

#### 6.2.8.4 Rejet dans les produits

Les rejets de PCDD/PCDF dans le laiton raffiné ne sont pas pertinents.

#### 6.2.8.5 Rejet dans les résidus

Les résidus de lavage des gaz, de même que les boues provenant des lavages des gaz à l'eau, s'ils existent, sont supposés contenir des PCDD/PCDF. Les concentrations de PCDD/PCDF dans les boues prélevées dans le clarificateur du système de traitement des épurateurs humides accusaient des valeurs assez élevées de 8,683 et de 8,567 ng I-TEQ/hg de matière sèche ; dans la plupart des pays, des résidus de tels procédés, ou à de telles concentrations

seraient classés comme déchets dangereux. La quantité de boue générée était faible mais il n'a pas été possible de la chiffrer. Comme on pouvait s'y attendre, l'échantillon de scorie du four n'avait qu'une faible teneur : 13.6 ng I-TEQ/kg (PNUE 2001, Fiedler et al. 2002). Les informations ne sont pas encore suffisantes pour estimer des facteurs d'émission pour les résidus solides.

### 6.2.9 Production de magnésium

La production de magnésium à partir de minerais est assez largement basée, soit sur l'électrolyse du  $MgCl_2$ , soit sur la réduction chimique de composés de magnésium oxydés. Les matières premières utilisées sont la dolomite, la magnésite, la carnallite, des saumures, ou de l'eau de mer suivant le procédé. Le magnésium peut aussi être récupéré et fabriqué à partir d'une variété matières premières secondaires contenant du magnésium.

Le procédé par électrolyse est le plus répandu. C'est celui qui est le plus intéressant du point de vue de la formation et des rejets des PCDD/PCDF. La production de magnésium secondaire n'est pas considérée dans cette section.

Dans le procédé de réduction thermique on fait réagir la dolomite calcinée avec du ferro-silicium, des fois avec de l'aluminium dans un fourneau ou four à cornue. Le procédé de calcination se fait par dé-carbonisation et déshydratation du calcaire dolomitique. Pour la calcination du calcaire on utilise souvent un four rotatif ou un four vertical.

Des tests dans une installation en Norvège, qui produisait du magnésium électrolytique à partir de dolomite et de saumure comme matières premières ont montré que le procédé principal menant à la formation de PCDD/PCDF était un four qui faisait la conversion de pastilles de  $MgO$  et de coke en  $MgCl_2$  dans un four chauffé à 700-800°C, en atmosphère de chlore (Oehme *et al.* 1989). Il est possible que d'autres modes opératoires forment aussi des PCDD/PCDF comme par exemple la purification du  $MgO$  utilisant du HCl et des pales en graphite ("chloration"), ou l'électrolyse du  $MgCl_2$  par des électrodes en graphite (Bramley 1998). Les hydrocarbures chlorés et les PCDD/PCDF sont principalement émis dans le procédé de chloration qui est utilisé dans l'électrolyse du magnésium. Ces polluants doivent être séparés des gaz produits, ce qui peut se faire en utilisant un système de lavage humide. Ceci mène à la production d'eau de lavage polluée qui nécessite un système efficace de traitement des effluents aqueux (BREF 2001a).

Les PCDD/PCDF qui pourraient être formés au cours du procédé peuvent être détruits dans les étapes ultérieures du procédé, ou peuvent être rejetés dans l'air, l'eau ou les résidus (Tableau 30). Les flux dépendront de la nature du procédé; la source de carbone peut avoir une influence, avec le charbon produisant plus de PCDD/PCDF que le coke ou le brai de pétrole (Musdalslien *et al.* 1998).

Dans le procédé norvégien, les gaz produits à la sortie du four étaient lavés en trois étapes, dépoussiérés dans un filtre électrostatique humide, puis envoyés dans un incinérateur. Les rejets vers l'eau provenant des liqueurs du laveur des gaz dépendront du système de traitement des eaux et de tous système éventuel de recyclage/regénération. Avec les systèmes de traitement des eaux et d'épuration des gaz décrits ici, les rejets de l'usine norvégienne étaient estimés à 2g Nordic-TEQ dans l'air et à 1g N-TEQ dans l'eau chaque année (Musdalslien *et al.* 1998).

Avant que les usines ne soient équipées d'installations de traitements des eaux, les effluents des épurateurs étaient rejetés dans l'eau et contenaient approximativement 500g N-TEQ chaque année (Oehme 1989).

Tableau 30 : Facteurs d'émission pour la production de magnésium

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de magnésium				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Production utilisant le traitement thermique du MgO/C dans le Cl <sub>2</sub> --pas de traitement des effluents, traitements limités des gaz	250	9'000	NA	ND	0
2. Production utilisant le traitement thermique du MgO/C dans le Cl <sub>2</sub> ; contrôles de pollution complets	50	30	NA	ND	9'000
3. Procédé de réduction thermique	3	ND	NA	NA	NA

#### 6.2.9.1 Rejet dans l'air

Les facteurs d'émissions sont hautement incertains dans le cas de la production de magnésium avec le procédé de chloration électrolytique. Des PCDD/PCDF sont formés et libérés du four de chloration où l'oxyde de magnésium est converti en chlorure de magnésium. Les données suivantes se trouvent dans le document EU BREF : on a trouvé 0,8 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> pour les gaz venant du traitement chloration (FE = 12 µg TEQ/t) ; pour les gaz des ventilateurs venant de la chloration, on a déterminé un facteur d'émission de 28 µg TEQ/t, et les concentrations dans le hall de l'électrolyse et chloration ont donné un facteur d'émission de 13 µg TEQ/t (BREF 2001a).

Un facteur d'émission de 250 µg TEQ/t de production est estimé pour les procédés électrolytiques qui n'ont pas de post-combustion, mais qui utilisent des épurateurs à voie humide. Pour les procédés avec des épurateurs à étages multiples, et avec une post-combustion, on retient un facteur d'émission de 50 µg TEQ/t de production.

Pour les usines exploitant un procédé de réduction thermique, un facteur d'émission de 3 µg TEQ/t sera utilisé (BREF 2001a).

Les émissions pourraient être bien plus élevées si le traitement des gaz est limité, ou si des sources de carbone produisant beaucoup de PCDD/PCDF sont utilisées.

#### 6.2.9.2 Rejet dans l'eau

Les rejets dans l'eau dépendront de la quantité des PCDD/PCDF formés dans le procédé, de l'efficacité des systèmes d'épurateurs à extraire les PCDD/PCDF des gaz, et surtout du traitement appliqué aux effluents.

Il y a insuffisamment d'information pour estimer les rejets de procédés autres que ceux comprenant un traitement thermique du MgO/coke dans le Cl<sub>2</sub>.

Pour les procédés bien équipés en traitement des eaux (y compris une extraction efficace des solides) un facteur d'émission estimé (basé sur les rejets notés en Norvège à la fin des années 90) est de moins de 1g TEQ/année. Avant que ne soit installé un système de traitement des eaux, les rejets dans l'eau étaient estimés à 500 g TEQ/année, valeur utilisée pour estimer un facteur d'émission lorsqu'il n'existe pas de traitement.

Un facteur d'émission de 9'000 µg TEQ/t Mg est utilisé lorsque les effluents sont déversés directement sans être traités. Un facteur d'émission de 33 µg TEQ/t de Mg métal a été estimé dans des usines européennes (BREF 2001a).

#### 6.2.9.3 *Rejet dans la terre*

Un rejet dans la terre peut arriver lorsqu'une partie du traitement de l'eau comprend des rejets dans une lagune. Les quantités sont estimées dans la Section Résidus (6.2.9.5).

#### 6.2.9.4 *Rejet dans les produits*

Les niveaux de PCDD/PCDF dans le magnésium fabriqué sont considérés comme négligeables.

#### 6.2.9.5 *Rejet dans les résidus*

Les rejets venant des épurateurs peuvent contenir des PCDD/PCDF. Une étape dans le traitement de l'eau peut inclure une décantation dans une lagune, ce qui constitue un rejet dans le sol. Pour faire une estimation des rejets dans le cas de procédés électrolytiques, on peut supposer que 0,01 tonnes de boues contenant des PCDD/PCDF sont générées dans l'unité de traitement des eaux (BREF 2001a).

Très peu d'informations existent sur les concentrations de PCDD/PCDF dans les résidus issus de ce procédé ou sur les quantités de résidus produits. Seules des estimations préliminaires peuvent être faites.

On suppose que lorsque il n'y a pas de système de traitement de l'eau, on ne trouvera pas de PCDD/PCDF dans les résidus (quoique de petites quantités puissent arriver par d'autres voies du procédé). Le facteur d'émission est alors zéro. Lorsqu'il existe un traitement complet des eaux, on peut dire que la différence dans le rejet dans l'eau sera à peu près égale aux PCDD/PCDF capturés et sera donc présent dans les résidus. Un facteur d'émission d'environ 9'000 µg TEQ/t de production est donné en première estimation.

#### 6.2.10 Production d'autres métaux non ferreux

Il existe une variété de procédés pour produire et affiner des métaux non ferreux. Les procédés exacts utilisés et la tendance à former des PCDD/PCDF sont complexes et ne sont pas étudiés en détail.

Une étude en Norvège a montré qu'un procédé exploité pour affiner du nickel primaire, qui utilisait un réacteur à lit fluidisé à 800°C pour convertir le NiCl<sub>2</sub> en NiO avait gravement

pollué l'environnement avec des PCDD/PCDF, mais on ne lui a pas attribué un facteur d'émission (Oehme *et al.* 1989).

Des tests en Allemagne avaient identifié de fortes émissions venant de la fusion de l'étain (jusqu'à 113 µg TEQ/t), mais l'information fournie est insuffisante pour permettre l'application de celle-ci au procédé de production d'étain (Bröker *et al.* 1999).

D'autres procédés thermiques de production de métaux peuvent rejeter des PCDD/PCDF et les émissions (Tableau 31) seront influencées par le degré de contamination des rebuts de métal utilisés et aussi par la rétention et le traitement des flux de gaz. On peut s'attendre aux émissions les plus basses là où les matières premières sont propres, et là où il y a injection de chaux----- et si possible, addition de charbon actif, et dans certains cas une post-combustion.

Il est important de ne pas rater des sources potentiellement importantes de PCDD/PCDF, simplement parce qu'il n'y a pas suffisamment de données disponibles pour fournir des facteurs d'émission complets. Donc pour fournir une indication initiale de rejets potentiels, on suggère que les procédés de production des métaux non ferreux soient étudiés. Les rejets peuvent avoir lieu dans l'air, l'eau et les résidus. Lors des investigations sur les procédés de production, on suggère aussi de bien noter les procédés thermiques, et les types de système de lavage des gaz, de même que les niveaux de contamination trouvés sur les matériaux à l'entrée. Il faudrait aussi noter l'usage de Cl<sub>2</sub> ou d'hexachloroéthane pour l'affinage et la présence de composés chlorés dans les matières premières.

Le Questionnaire fourni dans le Toolkit aidera à identifier et à enregistrer ces critères et ces paramètres pour assurer un bon suivi.

Tableau 31 : Facteurs d'émission pour les procédés thermiques des métaux non ferreux

	Facteurs d'émission µg TEQ/t de produits				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Procédés thermiques des métaux non ferreux-ferrailles contaminées. APC simple, ou absent	100	ND	NA	NA	ND
2. Procédés thermiques des métaux non ferreux. Ferrailles propres, filtres en tissu, injection de chaux, post-combustion	2	ND	NA	NA	ND

#### 6.2.10.1 Rejet dans l'air

Les émissions seront élevées pour les installations avec des contrôles insuffisants des matières premières, menant à des concentrations élevées. Même si le flux massique est faible, une contamination locale pourrait se produire. Les facteurs d'émission sont estimées à partir de données inégales à propos de la récupération thermique des non ferreux ; les concentrations pourraient varier largement, de bien en dessous de 1ng/m<sup>3</sup> (classe 2) jusqu'à quelques dizaines de ng/m<sup>3</sup> (classe 1).

### 6.2.10.2 *Rejet dans l'eau*

Il peut y en avoir si des effluents sont déversés. Leur présence et leur source devraient être notées.

### 6.2.10.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre, sauf quand les résidus sont enfouis dans le sol.

### 6.2.10.4 *Rejet dans les produits*

On ne s'attend pas à trouver des PCDD/PCDF dans les produits des métaux affinés.

### 6.2.10.5 *Rejet dans les résidus*

Des résidus peuvent contenir des PCDD/PCDF. Les données étaient insuffisantes pour estimer les facteurs d'émission. L'utilisation de résidus en tant que matière première pourrait mener à la contamination des procédés ainsi fabriqués.

## 6.2.11 Les déchiqueteurs

Lorsqu'on parle de déchiqueteurs, on entend généralement les déchiqueteurs de voitures. Etant donné que ces machines sont capables d'avaler entières des voitures d'un seul coup et de les découper en petits morceaux de la taille d'une poignée, elles peuvent aussi accepter d'autres matières premières. Dans la pratique, beaucoup de déchets légers comme des vélos, des meubles de bureaux, des distributeurs automatiques, et des produits dits « blancs », par ex. des réfrigérateurs, des cuisinières, des lave-vaisselle, etc., et des produits « bruns » comme des téléviseurs, des radios, etc. sont envoyés dans les déchiqueteurs (Nijkerk and Dalmijn 2001). Les déchiqueteurs sont de grandes machines qui sont équipées à l'intérieur d'un ou plusieurs enclume(s) ou barres de broyage, et sont revêtus de plaques en acier résistants à l'usure. Un moteur fait tourner le rotor équipé de marteaux auto-balanceurs en alliage d'acier. En dessous du déchiqueteur se trouve un bac vibrant qui reçoit le matériau déchiqueté qui passe à travers les grilles. Typiquement, un flot de matériaux ferreux relativement propre est produit, qui consiste en de petits morceaux (50 mm) d'acier et d'un flux de "bourre" ("*fluff*" en anglais); ce dernier contient les fragments des métaux non ferreux et autres matériaux qui sont entrés dans le déchiqueteur (connu aussi sous le nom de fragmenteur). Pour les émissions potentielles dues au traitement thermique, voir la Section 6.1.4.

Les équipements en amont d'un déchiqueteur comprennent une chute d'alimentation et un système de dosage permettant d'introduire les matériaux graduellement dans la machine. L'équipement en aval consiste en un collecteur des poussières du déchiqueteur ou bien d'une unité de dépoussiérage qui peut comprendre des cyclones ou des épurateurs venturi et des bandes de sortie qui séparent les produits (matériau déchiqueté) en fonction de leurs propriétés magnétiques, la dimension des morceaux, etc. (Nijkerk and Dalmijn 2001).

Les déchiqueteurs destinés aux véhicules en fin de vie sont inscrits à l'Annexe C de la Convention comme sources ayant le potentiel de mener à la formation et à l'émission de POPs non intentionnelles. Il n'y a pas cependant suffisamment d'indications à l'heure actuelle pour affirmer que ces PCDD/PCDF soient formés pendant l'opération dans le déchiqueteur. Les données disponibles indiquent que les rejets de PCDD/PCDF et des PCB à partir d'unités de déchiquetage proviennent de PCBs d'origine industrielle et intentionnelle qui sont introduits dans des huiles, fluides diélectriques, etc. contenus dans les véhicules ou dans des produits de consommation. Ces produits sont simplement libérés par le déchiquetage (SC BAT/BEP 2004).

En tenant compte de cette réserve, et en se basant sur le fait qu'il n'y a que peu de données disponibles, on n'utilise qu'une seule classe de facteurs d'émission pour les rejets provenant des procédés de déchiquetage lui-même (Tableau 32).

Tableau 32 : Facteurs d'émission des déchiqueteurs

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ d'acier				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
Usines de broyage des métaux	0,2	NA	NA	ND	ND

#### 6.2.11.1 Rejet dans l'air

Les émissions surviennent à cause de la présence de PCB et de PCDD/PCDF qui sont déjà présents dans les matières premières entrant dans le déchiqueteur, par exemple, des véhicules à moteur, des équipements ménagers électriques, ou d'autres appareils électriques, et qui sont ensuite rejetés dans l'air par la destruction mécanique. Un facteur d'émission de  $0,2 \mu\text{g TEQ/t}$  (concentration de  $0,04\text{-}0,4 \text{ ng TEQ/m}^3$ ) est obtenu en se basant sur des données fournies par SCEP (1994). Une étude récente sur trois déchiqueteurs en Flandres (Belgique), qui étaient équipés au moins de cyclones, ont émis des PCDD/PCDF en dessous de  $0,1 \text{ ng TEQ/m}^3$  (9 sur les 10 mesures) (François *et al.* 2004).

#### 6.2.11.2 Rejet dans l'eau

Il peut y en avoir si des effluents sont déversés. Il n'y a pas de données disponibles pour estimer les facteurs d'émission. Tout liquide déversé devrait être mis dans le rapport et un traitement appliqué.

#### 6.2.11.3 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de rejets dans le sol.

#### 6.2.11.4 Rejet dans les produits

On peut imaginer que les produits auront un peu de contamination mais il n'est pas possible d'en estimer la quantité.



### 6.2.11.5 Rejet dans les résidus

Les résidus peuvent être des poussières provenant des récupérateurs, ou des produits invendables, issus des opérations de broyage/déchetage (matériaux non métalliques). Des PCDD/PCDF seront probablement présents en faible quantité, mais il n'y a pas de données disponibles pour en faire une estimation. Le métal récupéré ira probablement vers un procédé de recyclage thermique, et des rejets peuvent avoir lieu.

### 6.2.12 Récupération de fils par voie thermique

Le brûlage des câbles est le procédé par lequel le cuivre et le plomb sont récupérés dans ces produits; les revêtements des fils et des câbles sont brûlés. Dans sa forme la plus simple, ce procédé a lieu à l'air libre et consiste à brûler les déchets de câbles et de fil pour les débarrasser de leurs revêtements. Dans de nombreux pays, cette procédure serait considérée comme illégale. Des opérations plus sophistiquées mettraient en œuvre un four avec nettoyage des gaz consistant en une chambre de post-combustion et des épurateurs. Dans ce procédé, tout les ingrédients nécessaires à la formation de PCDD/PCDF sont présent: carbone (gaines), chlore (PVC ou agent anti-pourriture) et un catalyseur (cuivre).

Il sera peut-être nécessaire de faire une estimation des quantités de câbles brûlés à l'air puisqu'il est très improbable que des statistiques soient disponibles. Les sites où ce procédé a été exploité peuvent être identifiés puisqu'il reste des résidus.

Les classes suivantes de facteurs d'émission ont été développées comme il est indiqué au Tableau 33. Les facteurs d'émissions sont basés sur la masse totale de matériau brûlé, c'est-à-dire l'ensemble des câbles en cuivre et les gaines en plastique.

Tableau 33 : Facteurs d'émission pour la récupération à chaud des fils et câbles

	Facteurs d'émission µg TEQ/t de matériaux				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Câbles brûlés à l'air libre	5'000	ND	ND	ND	ND
2. Fours classiques avec post-combustion et épurateurs à voie humide	40	ND	NA	ND	ND
3. Combustion des moteurs électriques et plaquettes de freins, etc., avec post-combustion	3,3	ND	NA	ND	ND

Les facteurs de la classe 1 sont applicables pour le brûlage à l'air libre ; les facteurs de la classe 2 devront être utilisés pour la récupération des câbles à l'aide d'un four avec un système simple pour le lavage des gaz ; la classe 3 sera utilisée pour les fours traitant les bobinages des moteurs électriques, plaquettes de freins, avec l'utilisation d'un système de nettoyage des gaz.

### 6.2.12.1 *Rejet dans l'air*

A notre connaissance, il n'y a pas de données mesurées pour des câbles brûlés à l'air libre et très peu de données venant des professionnels de la récupération. Les plus hautes concentrations notées à ce sujet ont été de 254 ng TEQ/m<sup>3</sup> (données des Pays Bas), avec des facteurs d'émission jusqu'à 500 µg TEQ/t utilisés dans les inventaires des Pays Bas et d'Autriche (LUA 2000). Les plus faibles étaient de 3,3 µg TEQ/t. L'inventaire suisse a utilisé un facteur d'émission de 2'340 µg TEQ/t (LUA 2003). Pour donner une estimation des émissions venant du brûlage sauvage, un facteur d'émission de 5'000 µg TEQ/t est avancé (classe 1).

Les facteurs d'émission de la classe 2 devraient être utilisés pour les câbles brûlés en fours équipés de systèmes de post-combustion, avec lavage des gaz humides. Une concentration de 40 µg TEQ/t pour les émissions dans l'air a été donnée par Bremmer *et al.* (1994).

Pour les fours brûlant des moteurs électriques, des plaquettes de frein et des objets similaires, avec des brûleurs de post-combustion, un facteur d'émission de 3,3 µg TEQ/t est utilisé (Bremmer *et al.* 1994).

Toute opération de récupération de ce type devrait être examinée, avec consignations des contrôles mis en place ainsi que de tout système de lavage des gaz.

### 6.2.12.2 *Rejet dans l'eau*

Lorsqu'un four est utilisé et qu'il y a des épurateurs de gaz à voie humide, il faut s'attendre à des rejets dans l'eau. La présence de systèmes d'épuration par voie humide dans de telles usines devrait être notée, ainsi que le devenir des effluents et la présence d'un système de traitement des effluents

### 6.2.12.3 *Rejet dans la terre*

Il peut y avoir des rejets dans la terre lorsqu'on brûle à l'air libre ; dans ces cas les résidus iront dans le sol. Sur les sites sauvages ayant servis au brûlage de câbles, des concentrations de pollution jusqu'à 98'000 ng/TEQ/kg ont été mesurées. Dans d'autres cas où les résidus sont enlevés, les rejets seront notés dans la Section sur des résidus. Dans le cas de brûlage en plein air, les contaminations peuvent être significatives, et les sites doivent être identifiés en tant que points chauds potentiels.

### 6.2.12.4 *Rejet dans les produits*

Il ne faut pas s'attendre à des rejets dans le produit, qui est du cuivre.

### 6.2.12.5 *Rejet dans les résidus*

Les résidus de ces procédés contiendront vraisemblablement des PCDD/PCDF, et les niveaux pourront être élevés. Il n'y a pas de données disponibles pour estimer ces rejets.

### 6.3 Catégorie principale 3 – Production de chaleur et d'électricité

La catégorie de la production d'électricité et du chauffage comprend les centrales thermiques, les lieux où l'on exploite des procédés thermiques (fours) et des installations pour le chauffage d'ambiance qui utilisent des combustibles fossiles (y compris la co-combustion avec jusqu'à un tiers de déchets), du biogaz (y compris les gaz de décharge) ou de la biomasse---uniquement. Le Tableau 34 résume les 5 sous-catégories comprises dans cette Catégorie de Source Principale. Les vecteurs principaux des rejets sont l'air et les résidus. La terre est considérée comme un vecteur de rejet uniquement pour le chauffage domestique et les cuisines, utilisant la biomasse (surtout du bois) ou des combustibles fossiles. Il peut y avoir des rejets dans la terre si des résidus sont enfouis sous la terre.

Tableau 34 : Sous-catégories de la Catégorie de Source Principale 3 - Production d'Electricité, et le Chauffage/cuisson

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
3	Production d'énergie et le chauffage/cuisson	X		(X)		X
a	Centrales à combustible fossile (charbon, fuel, gaz, huile de schiste et co-combustion de déchets)	x				x
b	Centrales à biomasse (bois, paille, autre biomasse)	x				x
c	Décharge, combustion de biogaz	x				x
d	Chauffage domestique et les cuisines avec biomasse (bois et autre biomasse)	x		(x)		x
e	Chauffage domestique et les cuisines avec combustible fossile (charbon, fuel, gaz)	x		(x)		x

Comme la génération de chaleur ou d'énergie est la raison d'être de ces unités, dans le cas de la combustion de biomasse ou de combustible fossile, la quantité de PCDD/PCDF ne peut pas être facilement assimilée aux masses de combustibles brûlées (en tonnes). La base préférée pour évaluer les PCDD/PCDF serait la valeur calorifique du combustible. Comme la chaleur ou l'énergie dégagée est le « produit » des procédés dans cette section 6.3, cette Catégorie de Source Principale compare les facteurs d'émission par défaut issus des données disponibles, à la valeur calorifique du combustible. Ainsi, au lieu de noter les facteurs d'émission par défaut en µg I-TEQ/t de combustible, ces facteurs sont donnés en µg I-TEQ/TJ de chaleur à l'entrée. La raison de ce choix peut être facilement expliquée et est basée sur la très grande variété des combustibles utilisés dans les centrales. La gamme des valeurs calorifiques des divers charbons existants au monde varie de plus d'un ordre de grandeur. Pour recalculer les valeurs calorifiques en terme de poids, des tableaux sont donnés en Annexe, section 11.3

## Signification pour l'Article 5, Annexe C

Les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit, par rapport aux provisions de l'Article 5 :

### Les catégories des sources de l'Annexe C, Partie II comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(a)	Co-incinérateurs de déchets	6.3 (dans son ensemble)

Les catégories des sources de l'Annexe C, Partie III comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(c)	Sources de combustion domestique	6.3.4, 6.3.5
(d)	Unités à combustible fossile et chaudières industrielles	couverts dans les procédés de fabrication industriels 6.3.16.3.5
(e)	Installations brûlant bois et biomasse	6.3.2

### 6.3.1 Centrales à combustible fossile

Les centrales fonctionnant aux combustibles fossiles produisent la majorité de l'électricité consommée dans le monde aujourd'hui. Dans la plupart des pays de l'ouest, ces centrales fournissent 50-70% de la production totale. Dans de nombreux pays en voie de développement, comme dans d'autres pays aux économies en transition, l'énergie due au combustible fossile compte pour plus de 90% des secteurs industriels et publiques.

Ici, quatre catégories sont définies à l'intérieur de cette sous-catégorie, selon les types de combustibles utilisés: charbon, fuel lourd, fuel léger, gaz naturel, aussi bien que tout autre combustible en combinaison dans une co-combustion avec toutes sortes de déchets ou de boues. Pour ces quatre catégories, il est supposé que les centrales produisant de la vapeur fonctionnent bien, sont bien entretenues et fournissent le maximum d'énergie. Dans tous les cas, l'air et les résidus sont les deux seuls vecteurs de rejet à considérer.

Le combustible fossile est brûlé dans une grande variété de différents types de centrales, allant de petits fours à alimentation mécanique aux grands fourneaux à chaudière équipés de systèmes sophistiqués de contrôles des gaz (APC). La combustion de charbon dans les centrales se fait en utilisant deux grands types de chaudières qui se différencient par la manière dont les cendres sont extraites. Les chaufferies dites à fond sec utilisent des chargeurs ou des brûleurs de charbon pulvérisé, placés sur les parois opposées, sur toutes les parois, ou dans les coins (appelé aussi brûleur tangentiel). Tous ces systèmes brûlent du charbon d'une manière très efficace et laissent la majorité des cendres comme résidu sec au fond de la chaudière. Les chaudières dites à fond humide utilisent les brûleurs à pulvérisation dans un cyclone ou dans un système de brûlage en U, ce qui mène à des températures de combustion bien plus élevées, provoquant la fusion des cendres et permettant de récolter des scories liquides au fond de la chaudière. Les chaudières à fond humide sont souvent utilisées pour la co-combustion des déchets, particulièrement des combustibles dérivés de déchets et boues. Au fond de la chaudière, les scories fondues fournissent de très hautes températures permettant une oxydation complète des constituants organiques des déchets. Cependant tous les polluants sont rejetés dans le flux des gaz de combustion.

Le fuel lourd est aussi utilisé pour produire de l'électricité. Il est généralement brûlé dans des brûleurs spéciaux, incorporés dans les parois de la chaudière. La formation de PCDD/PCDF est favorisée au cours de la co-combustion des déchets liquides et des boues, telles que les huiles usagées et/ou des résidus de solvants.

Le fuel léger et le gaz naturel sont toujours brûlés dans des équipements spéciaux et ne sont probablement pas des générateurs importants de PCDD/PCDF, puisque ces deux combustibles ont de hauts pouvoirs calorifiques, et brûlent proprement avec un minimum de cendres. On peut penser qu'il n'y aura de plus fortes concentrations de PCDD/PCDF que s'il y a co-combustion avec des déchets liquides ou des boues.

Dans certains pays comme l'Australie, le Brésil, le Canada, la Chine, l'Estonie, la France, la Russie, le Royaume Uni (en Ecosse), l'Afrique du Sud, l'Espagne, la Suède, et les Etats-Unis il existe de grandes quantités de schiste bitumineux (pour une définition, voir la Section 6.4.7 – Traitement des Huiles de Schiste), qui peut être converti en huile de schiste, une substance similaire au pétrole. En Estonie, par exemple, plus de 90% de l'électricité du pays vient de l'huile de schiste (Schleicher 2004a).

Comme dans tous les procédés de combustion, les PCDD/PCDF sont généralement formés après que la combustion ait eu lieu et que le flux des gaz ait refroidi. Les fragments organiques restants, ainsi que le chlore contenu dans le charbon se re-combinent en présence du catalyseur métal-chlore, pour former des PCDD/PCDF. Les rejets dans l'eau, le sol et les produits sont normalement négligeables. Donc les seules voies de rejets importantes sont l'air et les résidus, en particulier par cendres volantes. Des rejets vers l'eau peuvent avoir lieu à des installations où il y a des épurateurs humides et où l'eau n'est pas recyclée dans les épurateurs. Dans de tels cas il faudrait inclure les rejets vers l'eau. Les boues provenant de tels épurateurs, lorsqu'elles sont séparées des effluents, paraîtront sous « Résidus ». Quatre classes de facteurs d'émission ont été établies à partir d'études faites en Belgique, en Allemagne et en Suisse. Elles sont indiquées au Tableau 35.

Tableau 35 : Facteurs d'émission pour les unités de production de chaleur et d'électricité à combustible fossile, dans l'industrie

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/TJ}$ de combustible fossile brûlé		
	Air	Eau	Résidus
1. Chaudières à combustible fossile/déchets	35	ND	ND
2. Chaudières à charbon	10	ND	14
3. Chaudières au fuel lourd	2,5	ND	ND
4. Chaudières à l'huile de schiste	1,5	ND	*
5. Chaudières fuel léger et au gaz naturel	0,5	ND	ND

- Les rejets avec les résidus peuvent être calculés sur la base de leur masse (voir Section 6.3.1.5)

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que les combustibles brûlés mènent à des rejets de PCDD/PCDF associés à l'élimination des cendres volantes. Les émissions par les cendres résiduelles sont négligeables. Aussi, l'efficacité de l'extraction des poussières augmente avec la qualité du système APC employé dans l'usine.

### 6.3.1.1 *Rejet dans l'air*

L'air est le vecteur prédominant pour les rejets dus à la combustion de combustibles fossiles. Typiquement, les concentrations mesurées dans les grandes centrales sont largement en dessous de 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> ; la plupart vont de un à deux ordres de grandeur pour des combustibles solides et liquides. Tandis que des données des Pays Bas pour des grandes centrales à charbon donnent un facteur d'émission de 0,35 µg TEQ/t, des données allemandes étaient entre 0,004 et 0,2 µg TEQ/t (fourchette de 0,09 à 7,1 µg TEQ/TJ), et les données de l'UK avaient une valeur médiane de 0,14 µg TEQ/t (fourchette de 0,06 et 0,32 µg TEQ/t). Des sources suisses ont donné des facteurs d'émission moyens de 230 µg TEQ/TJ pour les centrales à charbon. Des données allemandes indiquent 0,02 et 0,03 µg TEQ/TJ pour les centrales fonctionnant au gaz naturel (LUA 1997).

Le facteur d'émission par défaut pour la classe 1 provient de valeurs rapportées entre 0,4 et 118 µg TEQ/TJ. Pour le Toolkit, on a choisi une valeur moyenne de 35 µg TEQ/TJ. Le facteur d'émission de la classe 2 provient d'une moyenne de valeurs entre 230 (données suisses de LUA 1997) et 7 µg TEQ/TJ. La classe 3 est dérivée de moyennes publiées entre 1 et 4 µg TEQ/TJ. La classe 4 est basée sur des mesures d'émissions à deux centrales en Estonie utilisant de l'huile de schiste, donnant des valeurs entre 2,3 et 24 pg TEQ/m<sup>3</sup> (@ 10% d'O<sub>2</sub>). La concentration relativement élevée de 400 pg TEQ/m<sup>3</sup> (@ 10% d'O<sub>2</sub>) n'a pas été prise en compte en calculant le facteur d'émission à cause de problèmes opérationnels à l'installation (Schleicher et al. 2004). Le facteur d'émission de la classe 5 vient de moyennes rapportées entre 0,5 et 1,5 µg TEQ/TJ (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

### 6.3.1.2 *Rejet dans l'eau*

On ne s'attend pas à ce qu'il y ait de rejet dans l'eau.

### 6.3.1.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol, à moins que des résidus non traités y soient placés, ou mélangés à de la terre.

### 6.3.1.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit; donc, il n'y a pas de rejet.

### 6.3.1.5 *Rejet dans les résidus*

Il y a pénurie de mesures pour les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres volantes et il faudrait qu'il y ait plus de données. On peut penser que la teneur en PCDD/PCDF dans les cendres volantes augmente avec la teneur de carbone non brûlé, et avec le volume de déchets brûlé en co-combustion.

On a mesuré les PCDD/PCDF dans les cendres volantes dans des centrales en Estonie, un pays qui utilise l'huile de schiste; ces centrales étaient équipées d'électrofiltres. Les concentrations dans ces cendres volantes variaient de quantités faibles, non mesurables, à

1,66 ng I-TEQ/kg de cendre sèches (LOQ inclus pour les calculs du TEQ) (Schleicher et al. 2004a. Roots 2001). Les données ne permettent pas de calculer les facteurs d'émission et donc les pays qui voudraient quantifier les rejets des centrales brûlant de l'huile de schiste, et qui sont équipés d'électrofiltres, souhaiteront peut-être multiplier la moyenne des deux valeurs ci-dessus (= 1,2 g TEQ/t de cendre volante venant de l'électrofiltre) par la masse de cendres volantes recueillies dans ces installations.

Afin de faire une première estimation, les données de la Grande Bretagne sur les PCDD/PCDF dans les résidus de combustion industrielle de charbon peuvent être utilisées (Dyke et al. 1997, EC 1999). Les niveaux dans les cendres volantes étaient de 0,23-8,7 ng TEQ/kg de cendres, et les cendres dans le foyer ont donné 0,02-13,5 ng TEQ/kg. Les concentrations dans la suie étaient plus hautes (jusqu'à 53 ng TEQ/kg). En prenant un taux de production moyen de cendres de 10% et une concentration de 4 ng TEQ/kg de cendres, on obtient un facteur d'émission de 0,4 µg/t de charbon utilisé (approx. 14 µg TEQ/TJ).

### 6.3.2 Centrales a Biomasse

Beaucoup de pays et de régions dépendent fortement de la combustion de la biomasse pour la production d'électricité et de chaleur, que ce soit le bois, y compris des petites branches, des écorces, de la sciure, des copeaux, etc., de la tourbe et/ou des résidus agricole (paille, épluchures d'agrumes, coques de noix de coco, litières de volailles, excréments de chameaux etc.). Dans la plupart des cas, la biomasse est brûlée directement et sans ajout de combustible fossile, dans des petites chaudières à vapeur fonctionnant en continu. Pour le Toolkit, deux catégories sont définies dans la sous-catégorie, selon les types de combustibles de biomasse utilisés, c'est-à-dire : les chaudières à bois et tous les autres types de chaudières à biomasse. Pour ces deux catégories, il est supposé que les générateurs d'énergie à vapeur marchent bien et sont bien entretenus, afin de d'optimiser la production d'énergie. Dans tous les cas, l'air et les résidus sont les seuls vecteurs de rejet à considérer. Cette Section ne considère pas l'incinération des bois contaminés, qui sont traités en section 6.1.6.

La biomasse est brûlée dans une vaste gamme de dispositifs de génération d'électricité, qui vont de petits fours de chaufferie, à des systèmes très sophistiqués (chaudière/brûleur) avec des contrôles de pollution d'air à la sortie (APC). La combustion de la biomasse pour la génération d'électricité a lieu principalement dans deux types de chaudières qui se différencient par le moyen par lequel le combustible est introduit.

Les chaudières à chargement mécanique utilisent une grille qui est fixe, vibrante ou en mouvement sur laquelle on fait passer la biomasse à travers le four pendant sa combustion. De l'air primaire est injecté lors de la combustion à travers la biomasse, par le dessous du foyer. Tous ces systèmes de brûlage de la biomasse fonctionnent de manière très efficace, laissant la majorité des cendres comme résidu sec au fond de la chaudière. Seule une petite fraction de ces produits inertes s'échappent de la chaudière sous forme de cendres volantes.

Les chaudières dites à lit fluidisé utilisent un lit de matériau inerte (par exemple du sable ou des cendres) qui est fluidifié par l'injection d'air primaire. La biomasse est déchiquetée et ajoutée à ce lit, où elle brûle. La cendre fluidifiée, qui est emportée par le flux des gaz, est généralement récoltée dans un cyclone (multiple), suivi de filtres électrostatiques, ou de filtres à manches, puis réinjectée dans la chaudière. Il y a très peu, ou pas du tout, de cendres résiduelles qui quittent la chaudière puisque les particules les plus grosses restent dans le lit

fluidisé ou sont collectées dans le cyclone. Presque toutes les cendres sont donc récoltées comme cendres volantes dans le filtre électrostatique, ou dans le filtre à manche.

La présence de PCDD/PCDF dans cette sous-catégorie est basée sur les mêmes règles générales que les usines à combustible fossile. Deux groupes de facteurs d'émission ont été définis à la suite d'études faites en Belgique, l'Allemagne et la Grande Bretagne. Ils sont indiqués au Tableau 36. Des rejets vers l'eau peuvent avoir lieu dans des unités équipées de laveurs humides, où l'eau n'est pas recyclée dans le laveur. Dans de tels cas il faut tenir compte des rejets vers l'eau. Les boues venant de tels laveurs seront classées sous « Résidus » quand elles sont séparées des effluents.

Tableau 36 : Facteurs d'émission pour les centrales à biomasse

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/TJ}$ de biomasse brûlée	
	Air	Résidus
1. Chaudières brûlant de la biomasse mélangée	500	ND
2. Chaudières brûlant des bois propres	50	15

Ces facteurs d'émission par défaut sont basés sur l'hypothèse que des combustibles brûlés mènent à des rejets de PCDD/PCDF associés à l'élimination des cendres. Les émissions par les cendres résiduelles sont négligeables puisque le montant total des cendres dans la biomasse est entre 0,5% (bois) et 1% (autre biomasse). De même, l'efficacité à extraire les particules augmente avec la qualité des systèmes APC employés dans les usines.

Afin de faciliter l'estimation des quantités de biomasse brûlée, on peut utiliser l'approximation suivante pour la combustion de la biomasse : 3 kg de biomasse sont générés pour 1 kg de sucre (Choong Kwet Yive 2004). Veuillez noter qu'il faut convertir la masse de biomasse en énergie (TJ) afin de pouvoir estimer le rejet annuel de PCDD/PCDF. Dans la Section 11.3 – Valeurs de Chauffe – Pour la Catégorie Principale 3, une valeur de chauffe entre 8 MJ/kg et 10 MJ/kg de bagasse a été suggérée.

### 6.3.2.1 Rejet dans l'air

Le vecteur principal des rejets de la combustion de la biomasse est l'air. Le facteur d'émission par défaut de la classe 1 est issu de valeurs moyennes de combustion de paille entre 17 et 54  $\mu\text{g TEQ/t}$ , mesurées en Grande Bretagne. Des données venant d'Autriche vont de 2 à 500  $\mu\text{g TEQ/TJ}$ . En se basant sur une valeur moyenne calorifique d'environ 8-11 MJ/kg, on a choisi un facteur d'émission par défaut de 500  $\mu\text{g TEQ/TJ}$ , valeur représentative même si des valeurs aussi élevées que 5'000  $\mu\text{g TEQ/TJ}$  aient pu être trouvées. La classe 2 provient de valeurs rapportées entre 4,7 (étude belge) et 5,4 (étude UK)  $\mu\text{g TEQ/t}$  de bois brûlé. Basé sur une valeur calorifique moyenne de 12-15 MJ/kg, un facteur d'émission par défaut d'environ 350 ng TEQ/GJ peut être calculée (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).



### 6.3.2.2 *Rejet dans l'eau*

On ne s'attend pas à des rejets dans l'eau. Cependant dans les cas où il y a des laveurs humides et des effluents sont générés, ce vecteur de rejet doit être mis en évidence. A présent il n'y a pas de valeurs chiffrées pour estimer ce rejet.

### 6.3.2.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans la terre sauf si des résidus non traités y sont placés, ou sont mélangés à de la terre.

### 6.3.2.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'ayant pas de produits, il n'y a pas de rejets dans le produit.

### 6.3.2.5 *Rejet dans les résidus*

On peut supposer que des PCDD/PCDF sont présents dans les résidus de cendres. Cependant, on a très peu de données détaillées sur les quantités trouvées. En se basant sur une étude allemande, des valeurs de concentrations dans une fourchette de 30 à 3000 ng TEQ/kg pour les cendres résiduelles et de 30 à 23'000 ng TEQ/kg pour les cendres volantes ont été trouvées. A cause d'un certain chevauchement dans ces valeurs, pour les cendres résiduelles et les cendres volantes, on n'a pas utile d'en faire une différenciation. Une valeur moyenne de 3'000 ng TEQ/kg basée sur une teneur de cendres de 0,5% a donc été choisie pour le facteur d'émission par défaut.

Il n'a pas été possible de trouver des données adéquates pour d'autres combustibles à base de biomasse. D'autres recherches sont donc nécessaires.

## 6.3.3 Combustion de biogaz et de gaz de décharge

Les gaz provenant des décharges et le biogaz sont tous deux générés par une digestion anaérobie de matière organique. Le gaz qui en résulte est un mélange de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et de plus petites portions de gaz combustibles, ainsi qu'une grande proportion d'eau (H<sub>2</sub>O). La portion de gaz qui est combustible est normalement de 50% et la valeur calorifique est de 15-25 MJ/kg dépendant de l'origine du gaz. La combustion de ces gaz se fait normalement dans une torchère, dans des moteurs ou turbines à gaz, ou dans d'autres dispositifs générant de l'électricité.

La combustion de ces gaz, pour produire de l'énergie, a lieu de manière prédominante dans des chaudières brûlant du gaz ou dans des turbines et moteurs à gaz. Les deux systèmes ressemblent aux dispositifs fonctionnant au gaz naturel. Le processus de combustion est pratiquement sans résidus. Un seul facteur d'émission a été dérivé à partir d'études faites en Allemagne, Pays Bas et Grande Bretagne, comme indiqué au Tableau 37.

Tableau 37 : Facteurs d'émission pour la combustion de biogaz, de gaz provenant des décharges, et pour les torchères

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/TJ}$ de gaz brûlé
	Air
Chaudières, moteurs/turbines, torchères	8

#### 6.3.3.1 *Rejet dans l'air*

L'air est le seul vecteur de rejet pour la combustion des biogaz et les gaz provenant des décharges. Le facteur d'émission par défaut est issu de valeurs moyennes de 7,6 et de 8,4  $\mu\text{g TEQ/TJ}$  de biogaz brûlé provenant de l'étude d'Allemagne et celle de la Grande Bretagne, respectivement (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.3.3.2 *Rejet dans l'eau*

Il n'y a pas de rejets dans l'eau.

#### 6.3.3.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol puisque les types de gaz brûlent pratiquement sans résidus.

#### 6.3.3.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit. Il n'y a donc pas de rejets dans les produits.

#### 6.3.3.5 *Rejet dans les résidus*

Il n'y a pas de rejets dans les résidus puisque les deux types de gaz brûlent pratiquement sans résidus.

### 6.3.4 Chauffage et cuisine domestiques, à la biomasse

Les systèmes de chauffage et les cuisinières domestiques utilisant la biomasse sont très répandus dans de nombreux pays. Dans la plupart des cas, le combustible préféré est le bois ; cependant d'autres combustibles à base de biomasse peuvent être utilisés, comme la paille, la tourbe, etc. Ici, seules deux catégories individuelles sont définies dans cette sous-catégorie; la principale différence étant la pureté du combustible. Une telle distinction n'a pas été faite dans les secteurs publiques et industriels pour la génération d'électricité et d'énergie où l'utilisation de biomasse contaminée, par exemple le bois, est considérée comme l'élimination de déchets de bois. Ainsi, la différence est faite entre la biomasse vierge et la biomasse contaminée, par exemple le bois traité ou peint, et la paille très chargée en pesticides chlorés. L'air, les résidus et dans quelques cas le sol, sont des vecteurs de rejet à considérer.

La biomasse pour des chauffages domestiques et les cuisinières est brûlée dans une grande gamme de dispositifs allant de petits fours ouverts à des fours à bois extrêmement élaborés. La combustion de la biomasse à des fins domestiques se fait surtout dans des dispositifs dont l'efficacité de combustion augmente avec le produit national brut du pays, et son état de développement.

Les PCDD/PCDF se forment à cause d'une combustion incomplète, ce qui est typique de ces petits dispositifs qui ont souvent peu, ou pas de contrôles. Les rejets dans l'eau et dans les produits sont négligeables. Des rejets dans le sol peuvent avoir lieu uniquement dans le cas où le brûlage se fait à même le sol (ce cas est traité à la Section 6.6 – Brûlage à l'air libre) ou si les résidus sont éliminés dans la terre. Donc les seules voies significatives de rejet sont l'air, le sol et les résidus. Deux groupes de facteurs d'émission ont été calculés à partir d'études faites en Autriche, en Belgique, au Danemark, en Allemagne, aux Pays Bas, en Suède, en Suisse et en Grande Bretagne. Ils sont indiqués au Tableau 38.

Tableau 38 : Facteurs d'émission pour le chauffage et les cuisines domestiques utilisant de la biomasse

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/TJ de biomasse brûlée		Concentration µg TEQ/kg cendres
	Air	Terre	Résidus
1. Fours brûlant la biomasse contaminé	1'500	ND	2'000
2. Fours brûlant de la biomasse vierge	100	ND	20

Il n'existe que peu de données permettant de calculer des facteurs d'émission pour la biomasse autre que le bois. Les facteurs d'émission des rejets avec résidus sont donnés sur la base de concentrations mesurées dans les cendres (et non pas en relation avec la valeur calorifique du combustible). Il est à noter que lorsqu'on utilise la feuille Excel de la Catégorie 3 pour estimer les rejets annuels, il faut calculer séparément les rejets par les résidus.

#### 6.3.4.1 Rejet dans l'air

L'air est le vecteur prédominant des rejets de la combustion de la biomasse. Le facteur d'émission par défaut de la classe 1 est issu de valeurs rapportées entre 2 et 50 µg TEQ/t de bois brûlé. Les valeurs de 2,4-4,7 µg TEQ/kg citées dans une étude en Autriche, semblent être extrêmement élevées. Les valeurs de 0,2-0,7 µg TEQ/t notées dans l'étude en Allemagne semblent représenter la valeur la plus basse de la fourchette. Il en va ainsi de la valeur suisse de 24 ng TEQ/GJ. Il est important de noter que les valeurs enregistrées pour la combustion de biomasse propre sont constamment d'un ordre de grandeur en dessous des valeurs notées pour la combustion de biomasse contaminée, comme le bois traité ou peint. Donc une valeur moyenne de 1,5 µg TEQ/t a été choisie pour la biomasse propre, tandis qu'une valeur d'environ 25 µg TEQ/t a été utilisée pour la biomasse contaminée. Basé sur une valeur calorifique moyenne de 12-15 MJ/kg pour le bois, des facteurs d'émission par défaut d'environ 100 µg TEQ/TJ peuvent être calculés pour une biomasse propre, et de 1500 µg TEQ/TJ pour la biomasse contaminée (LUA 1197, IFEU 1998). La LUA (1997) avait donné des facteurs de 50 µg TEQ/t pour du bois légèrement contaminé et de 500 µg TEQ/t pour les

bois fortement traités au PCP, ce qui donnerait des facteurs d'émission de 3300 µg TEQ/TJ et de 50'000 µg TEQ/TJ, respectivement.

#### 6.3.4.2 *Rejet dans l'eau*

Il n'y a pas de rejets dans l'eau.

#### 6.3.4.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol sauf si la combustion est faite à même le sol. Il n'a pas été possible, faute de données, de calculer un facteur d'émission par défaut.

#### 6.3.4.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit, il n'y a donc pas de rejets.

#### 6.3.4.5 *Rejet dans les résidus*

Les PCDD/PCDF dans les résidus de cendre vont de quelques nano-grammes à plusieurs milliers de ng TEQ/kg (ou µg TEQ/t, respectivement). La combustion de bois vierge génèrera des concentrations plus basses dans les cendres, alors que le bois traité donnera des concentrations plus élevées. Les concentrations moyennes déterminées par Wunderli et al. (1996) seront utilisées dans le Toolkit comme premières estimation: elles ont mené à une moyenne de 1'000 ng I-TEQ/kg de cendres générées pour le bois contaminé et de 10 ng I-TEQ/kg de cendres générées pour le bois propre. Dans le cas de la tourbe comme combustible, on n'a pas trouvé résultats basés sur le TEQ. Cependant, une publication de Mehrag and Killkam (2003) fait état de 60,6 ng PCDD/PCDF (homologues allant du tétra- aux octa-chlorés) par kg de cendre de tourbe dans un échantillon datant du 19<sup>e</sup> siècle. On propose d'appliquer le facteur d'émission de la classe 2 pour les cendres de tourbe. En utilisant ce facteur, on ne sous-estimera pas les rejets.

Puisque les calculs des rejets via les résidus sont faits sur la base de la masse de cendre générée pendant le procédé de combustion, il est nécessaire d'estimer la masse totale de cendres générée par an.

### 6.3.5 Chauffage et cuisine domestiques, avec combustible fossile

Le combustible fossile est très utilisé pour le chauffage domestique, spécialement dans les pays développés et en voie de transition. Le charbon, le fuel (léger) et le gaz (naturel) sont les sources principales de combustible fossile utilisé pour le chauffage domestique, et qui constitueront les trois catégories dans cette sous-catégorie. Pour les trois catégories, il est supposé que des appareils de chauffage fonctionnent bien et sont entretenus, et sont utilisés afin de fournir un chauffage optimal. Dans tous les cas, c'est l'air qui est le vecteur de rejet à prendre en compte. Dans le cas de l'utilisation du charbon, les résidus doivent être aussi considérés comme un vecteur potentiel.

Le combustible fossile est brûlé dans des appareils qui vont du petit four à chargement mécanique aux systèmes élaborés pour le chauffage central de grands immeubles collectifs.

La combustion du chauffage domestique a lieu dans deux types de chaudières, qui se distinguent par la manière dont la chaleur est transportée et libérée. Dans le cas de ce qu'on appelle le chauffage central, qui utilise généralement du mazout ou du gaz comme combustible, le système est constitué d'une grande chaudière qui chauffe l'eau, envoyée en circulation dans tout l'immeuble et alimentant de nombreux radiateurs répandus dans l'immeuble. Ces systèmes modernes ont une grande efficacité et ne laissent que peu ou pas de résidus à éliminer. Le second type de chauffage est le plus souvent basé sur l'utilisation de combustibles solides (charbon) et consiste en des poêles individuels, placés dans chaque pièce de l'immeuble ou encastrés dans les murs, pour permettre le chauffage de plusieurs pièces à la fois. Ces poêles consistent en des four plutôt petits mais équipés d'un système permettant la circulation de l'air dans le four. Ces systèmes sont plutôt anciens, moins efficaces et brûlent moins proprement. Des cendres résiduelles provenant de la partie inerte du combustible doivent être éliminées. Certains de ces systèmes sont aussi capables de brûler du mazout.

Quatre groupes de facteurs d'émission ont été établis à partir d'études faites en Autriche, Belgique, Danemark, Allemagne, Pays Bas, Suède, Suisse et Grande Bretagne. Ceux ci sont indiqués dans le Tableau 39.

Tableau 39 : Facteurs d'émission pour le chauffage domestique utilisant des combustibles fossiles

Classification	Facteurs d'émission g TEQ/TJ de combustible fossile brûlé	Concentrations ng TEQ/kg de résidus de cendres
	Air	Résidus
1. Poêles à charbon haut en chlore	15'000	30'000
2. Poêles à charbon	100	5'000
3. Poêles à mazout	10	NA
4. Poêles à gaz naturel	1,5	NA

Ces facteurs d'émission par défaut sont également basés sur le fait que seul le charbon brûlé mène à des rejets de PCDD/PCDF, associés à l'élimination des cendres.

### 6.3.5.1 Rejet dans l'air

L'air est le vecteur prédominant des rejets résultant de l'utilisation des combustibles fossiles. Pour le charbon, deux classes de facteurs d'émission sont proposées car on trouve deux gammes distinctes d'émissions de PCDD/PCDF dans la littérature. Le facteur d'émission par défaut de la classe 2 provient de valeurs moyennes rapportées entre 1,6 et 50 µg TEQ/t de charbon brûlé, ce dont font état la plupart des pays européens. Il est important de noter que les valeurs données pour la combustion domestique de charbon se tiennent bien, entre 1 et 7 µg TRQ/t de charbon brûlé. Ainsi, on a choisi une valeur moyenne de 3 µg TEQ/t pour un charbon typique. En se basant sur une valeur calorifique moyenne de 30 MJ/kg pour le charbon, on peut calculer un facteur d'émission par défaut d'environ 100 µg TEQ/TJ. D'un autre côté, une étude autrichienne fait état d'une valeur beaucoup plus élevée de 0,91 TEQ/t, et le chiffre de 230 ng TEQ/GJ venant de la Suisse semble aussi être un peu élevé (LUA

1997). Cependant des facteurs d'émission dans la même gamme ont récemment été signalés pour des petits poêles domestiques lorsqu'on brûle du charbon polonais. Kubica *et al.* (2004) ont fait état de facteurs d'émission entre 108,5 µg TEQ/t et 663,9 3 µg TEQ/t de charbon brûlé. Ces valeurs élevées s'expliquent peut-être par la teneur élevée en chlore – des gammes allant de traces à 0,4% et des valeurs maximales jusqu'à 1,5% de chlore – dans le charbon polonais. Avec une moyenne de 400 µg I-TEQ/t de charbon brûlé, et avec une valeur calorifique moyenne de 25 MJ/kg, pour le charbon bitumineux de la Pologne (et des charbons d'autres régions avec des caractéristiques similaires), on peut adopter un facteur d'émission par défaut pour la classe 1 de 15'000 g TEQ/TJ.

Le facteur d'émission par défaut pour la classe 3 a été calculé à partir de valeurs signalées entre 0,04 et 2 µg TEQ/t. La valeur de 0,04 ng TEQ/t trouvée dans l'étude Autrichienne semble extraordinairement élevée, tandis que la valeur suisse de 0,5 ng TEQ/GJ est extrêmement faible. On a donc pris une valeur moyenne de 0,5 µg TEQ/t pour le mazout. Se basant sur une valeur calorifique moyenne de 44-46 MJ/kg pour le mazout, on calcule un facteur d'émission par défaut de 10 µg TEQ/TJ.

Le facteur d'émission par défaut de la classe 4 a été dérivé de valeurs rapportées entre 0,04 et 0,07 ng TEQ/m<sup>3</sup>. Une valeur moyenne de 0,05 ng TEQ/m<sup>3</sup> a été choisie pour le gaz naturel. Se basant sur une valeur calorifique moyenne de 32-35 MJ/m<sup>3</sup> pour le gaz naturel, un facteur d'émission par défaut de 1,5µg TEQ /TJ a été calculé (LUA 1997, IFEU 1998, Environment Canada 1999).

#### 6.3.5.2 *Rejet dans l'eau*

Il n'y a pas de rejets dans l'eau.

#### 6.3.5.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejets dans le sol.

#### 6.3.5.4 *Rejet dans les produits*

Le procédé n'a pas de produit, il n'y a donc pas de rejet dans le produit.

#### 6.3.5.5 *Rejet dans les résidus*

Les PCDD/PCDF dans les résidus de cendres volantes provenant de la combustion du charbon ont été analysés, et des concentrations entre 4 et 42'000 ng TEQ/kg ont été détectées (Dumler *et al.* 1995). Comme première estimation, un facteur d'émission de 5'000 ng TEQ/kg de cendres devrait être utilisé dans le Toolkit. Il n'a pas été trouvé de facteur d'émission pour le charbon polonais à haute teneur en chlore. Cependant, on pourrait utiliser les valeurs supérieures des données mesurées par Dumler *et al.* (1995) comme première approximation pour les résidus de la classe 1.

## 6.4 Catégorie principale 4 – Produits minéraux

Cette section résume les procédés haute température dans l'industrie des minerais. Les matières premières ou combustibles contenant des chlorures sont susceptibles de mener à la formation de PCDD/PCDF à diverses étapes du procédé, par ex. pendant la phase de refroidissement des gaz, ou dans la zone de chauffe. A cause des temps longs de résidence dans les fours et des hautes températures nécessaires pour la fabrication du produit, il est courant de trouver des PCDD/PCDF dans ces procédés. Dans ce Toolkit, les sous-catégories indiquées au Tableau 40 seront incluses dans l'inventaire des dioxines et furannes.

Tableau 40 : Sous-catégories de la Catégorie principale – Fabrication de produits minéraux

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
4	<b>Fabrication de produits minéraux</b>	X				X
a	Production de ciment	X				X
b	Production de chaux	X				X
c	Production de briques	X				X
d	Production de verre	X				X
e	Production de céramiques	X				X
f	Mélange d'asphalte	X			x	X
g	Pyrolyse de schistes bitumineux	X				X

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

Au regard des provisions de l'article 5, les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit :

#### Annexe C, Partie II ; les catégories de source incluent

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(b)	Fours à ciment utilisant des déchets dangereux	6.4.1

#### 6.4.1 Production de ciment

Les matières premières principales sont l'argile et le calcaire. La fabrication du ciment commence par la calcination, qui est la décomposition du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) à environ  $900^\circ\text{C}$  pour laisser l'oxyde de calcium ( $\text{CaO}$ , chaux) et générer du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). La chaux réagit ensuite, à des températures typiquement de  $1400^\circ\text{C}$ - $1500^\circ\text{C}$ , avec la silice, l'alumine et l'oxyde de fer pour former les silicates, aluminates et ferrites de calcium (le clinker). Le clinker est ensuite broyé et mélangé avec du gypse ( $\text{CaSO}_4$ ) et d'autres additifs, pour produire du ciment (BREF 2001b.).

Il y a quatre manières principales pour fabriquer du ciment : les voies sèche, semi-sèche, semi-humide et humide. Dans la voie sèche, les matières premières sont broyées et séchées pour donner une poudre brute, qui est déversée dans un pré-chauffeur ou dans un four de pré-calcination (ou plus rarement dans un long four sec). La voie sèche demande moins d'énergie que la voie humide. Actuellement la majorité des fours à clinker travaillent par voie sèche (WBSCD 2004). La technologie plus ancienne utilise la voie humide, où les matières premières (souvent avec à forte teneur en humidité) sont broyées dans l'eau pour donner une pâte qui peut être pompée, et qui est déversée directement dans le four, ou, au préalable dans un séchoir. Ceci demande une plus grande quantité de chaleur par tonne de clinker, pour l'évaporation de l'eau supplémentaire, par rapport aux autres procédés.

Le procédé : les matières premières sont d'abord amenées sur le site, mélangées, concassées et broyées pour obtenir une farine brute avec la granulométrie et la composition chimique souhaitée. Cette farine est transformée en clinker par procédé thermique dans de longs fours rotatifs (50m. de long x 5 mètres de diamètre). Ce type de four rotatif consiste en un long tube en acier, légèrement incliné par rapport à l'horizontal, qui tourne à 1-3 tour/minute. Les plus anciens longs fours rotatifs peuvent atteindre plus de 200 mètre de long (BREF 2001b). La matière première est déversée dans l'extrémité du haut, et descend lentement jusqu'à un brûleur qui fournit un chauffage à contre-courant. Les fours rotatifs des cimenteries sont différents des procédés classiques de chauffe, car les matières à traiter et les gaz de procédé passent à contre-courant l'un par rapport à l'autre, ce qui provoque un mélange excellent, des hautes températures (supérieures à 1400°C à la sortie, où se forme le clinker), et un long temps de résidence (5-7 secondes). Ces conditions provoqueront la destruction de contaminants organiques introduits avec le combustible au niveau du brûleur primaire.

Les cimenteries modernes utilisent souvent la voie sèche, dans laquelle les matériaux bruts broyés peuvent être préchauffés verticalement à l'aide dans un dispositif à cyclones multiples, dans lequel les gaz chauds sortant du four entrent en contact avec le flot descendant des matières premières. Quelques procédés par voie sèche emploient aussi un four de précalcination situé en dessous du système de préchauffage, juste avant que les matières premières n'entrent dans le four. La technique à voie humide, où la farine broyée est mélangée avec de l'eau et introduite comme boue dans le four, consomme environ 40% d'énergie de plus que la voie sèche. Les procédés secs et semi-secs utilisent des préchauffeurs à grille, connus aussi sous le nom de fours Lepol.

La dernière étape concerne le refroidissement du clinker. Lorsque le clinker chaud arrive à la sortie basse du four, il est rapidement refroidi à l'air ambiant dans un refroidisseur, par exemple une grille mobile avec des ventilateurs placés en dessous, qui soufflent de l'air froid au travers du clinker (EMEP 1999).

Enfin, le clinker froid est mélangé avec du gypse et, pour des ciments composites, avec d'autres matériaux comme le laitier de hauts fourneaux ; l'ensemble est ensuite broyé en fine poudre homogène qui est le produit fini, et qui est stocké dans des silos avant d'être transporté en vrac, ou mis en sac.

Les combustibles classiques utilisés sont le charbon, le fuel, le gaz ou le coke de pétrole. Dans de nombreux cas, une variété de combustibles de substitution dérivés de déchets est aussi utilisée en complément du combustible fossile. Ces déchets peuvent être : des huiles usagées, des solvants, des farines animales, certains déchets industriels et dans certains cas, des déchets dangereux. La plupart d'entre eux sont brûlés à l'extrémité chaude du four. Des



vieux pneus sont souvent utilisés et peuvent être introduits à une certaine distance de l'extrémité chaude, sous forme entière ou déchiquetée.

Aux USA, des essais faits au début des années '90 ont démontré que des émissions plus importantes étaient trouvées lorsque des matières dangereuses étaient brûlées (EPA 1998). Cependant des études ultérieures, plus poussées, laissent penser que lorsque la combustion est bonne, le facteur prépondérant est la température dans les systèmes de collecte des poussières dans les épurateurs des gaz.

Récemment, SINTEF<sup>5</sup> a terminé une étude très complète sur les émissions de PCDD/PCDF dans les cimenteries. Cette étude représente le travail le plus récent et le plus complet disponible et est une compilation de données de la littérature et venant des rapports de société individuelles (WBCSD 2004).

Dans la plupart des cas, il a été démontré que l'adoption de mesures primaires (optimisation intégrée de procédés) est suffisante pour être en conformité avec une valeur limite d'émission de 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (@ 10% O<sub>2</sub>) dans les installations modernes existantes. On considère les mesures primaires suivantes comme les plus importantes :

- refroidissement rapide des gaz de cheminée des fours à ciment à moins de 200° C dans les fours humides (déjà inhérent aux four préchauffage sec/précalcination) ;
- limitation de la part des matières premières de substitution dans l'apport si celles-ci comprennent des matières organiques ;
- pas d'utilisation de combustibles de substitution pendant le démarrage ou l'arrêt ;
- suivi et stabilisation des paramètres du procédé ;
  - mélanges de matériaux d'apport et de combustibles homogènes
  - dosage régulier
  - excès d'oxygène

A condition que l'on applique les mesures primaires recommandées, la plupart des fours à ciment modernes peuvent respecter une limite d'émission d 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> et seraient alors placés dans la classe 3 dans ce Toolkit. Le fait d'utiliser des combustibles ou apports alternatifs, pour alimenter le brûleur principal ou l'unité de précalcination, ne change pas ni ne modifie, les émissions PCDD/PCDF (BREF 2001b, WBCSD 2004). Le rapport SINTEF montre aussi que beaucoup de fours à ciment dans les pays en développement respectent la limite de I-TEQ/Nm<sup>3</sup>.

Cette dernière conclusion est soutenue par le programme d'échantillonnage et d'analyse des dioxines au Thaïlande, où l'on a pris et analysé des échantillons de PCDD/PCDF provenant de deux fours rotatifs à une installation moderne et bien exploitée. Les échantillons ont été prélevés de deux fours dans des conditions normales (à pleine charge et brûlant un mélange de lignite et de coke de pétrole comme combustibles primaire et secondaire) et avec une co-combustion de (a) pneus usagés et (b) des déchets industriels y compris des huiles usagées (PNUE 2001), Fiedler *et al* 2002).

Il y a quelques indications, par exemple en Asie, qu'on utilise des fours de cimenterie à cuve verticale (VSK) pour fabriquer du clinker. Ces installations sont relativement petites avec une capacité journalière de 50t/j jusqu'à environ 300t/j (NEC 1999, van Oss 1997). Cependant on n'a pas trouvé des valeurs de concentration de PCDD/PCDF. Donc pour les besoins de ce Toolkit, et pour pouvoir faire une première estimation des rejets, on appliquera à ces usines le même facteur d'émission que celui calculé pour les anciens four à ciment humides (Classe 2).

Il faut espérer qu'il y aura bientôt disponibles des facteurs d'émission basés sur de vraies mesures.

Les classes de facteurs d'émission suivantes ont été développées (Tableau 41). Comme on peut voir, il n'y a pas de facteur d'émission pour les rejets par les résidus. La poussière produite par le four est normalement réintroduite dans le procédé avec les matières premières.

Tableau 41 : Facteurs d'émission pour la production de ciment

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de ciment				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Four vertical	5,0	ND	ND	ND	ND
2. Fours humides anciens, température de l'ESP supérieure à 300°C	5,0	ND	ND	ND	NA
3. Four rotatif, température de l'ESP ou filtre à manche 200°-300°C	0,6	ND	NA	ND	NA
4. Four humide, température de l'ESP ou filtre à manche inférieures à 200°C ; four voie sèche ; préchauffeur avec unité ; températures supérieures à 200°C	0,05	ND	NA	ND	NA

#### 6.4.1.1 Rejet dans l'air

Les émissions dans l'air en termes de PCDD/PCDF produit par unité de production seront influencées par la concentration de PCDD/PCDF dans les gaz émis et par la quantité de gaz produite par unité de production. Un plus grand volume de gaz est généré par les procédés à voie humide que par ceux à voie sèche. Les fours à ciment modernes produisent entre 1'500 et 2'500 m<sup>3</sup> par tonne de clinker (BREF 2001b).

L'étude SINTEF (WBSCD 2004) est basée sur plus de 1'700 mesures de PCDD/PCDF depuis le début des années '90 jusqu'à récemment. Elle résume les émissions vers l'air venant de four à ciment sec et humides et d'installations utilisant des combustibles fossiles et des matières premières « naturelles », et aussi d'installations utilisant des matières premières et des combustibles de substitution. Ces combustibles et matières premières de substitution, y compris des déchets, étaient introduits en même temps que les matériaux normaux, dans le brûleur principal, par l'entrée du four rotatif, ou dans le préchauffeur ou l'unité de précalcination. Dans beaucoup de pays ceci est une pratique courante. La grande majorité des données disponibles présentent des concentrations de PCDD/PCDF bien en dessous de la valeur de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>; les émissions des fours secs pourraient être un peu plus faibles que celles des fours humides. Les émissions dans cette gamme correspondent à des facteurs d'émission inférieurs à 0,05 ng TEQ/t de ciment, et on a donc considéré comme BAT ; ce facteur d'émission représente la classe 4. L'étude de SINTEF a cependant inclus quelques données anciennes des Etats Unis qui faisaient état d'émission jusqu'à 25,8 TEQ/Nm<sup>3</sup>, ce qui correspond à un facteur d'émission de 16,7 TEQ/t de ciment.

Des valeurs très faibles de PCDD/PCDF ont été trouvées pendant la campagne d'échantillonnage au Thaïlande dans une usine à ciment utilisant la voie sèche. En opération normale (lignite/coke de pétrole et à pleine charge) les émissions des cheminées étaient toutes

en dessous de 0,02 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> et aussi basses que 0,0001 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> ; les moyennes étaient de 0,0105 02 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> et de 0,0008 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> dans les conditions opératoires normales et de 0,003 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> et de 0,0002 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> pour les essais effectués avec des combustibles secondaires respectivement. Il en découlait des facteurs d'émission en moyenne de 0,02 et de 0,0001 µg TEQ/ t de clinker pour l'opération normale et de 0,005 et de 0,003 µg TEQ/t de clinker dans le cas de co-combustion avec d'autres combustibles/déchets. Ainsi, tous les résultats d'essais se trouvaient en dessous de la valeur d'orientation de 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Ces résultats indiquent que l'addition de pneus et/ou des déchets liquides dangereux n'avait aucun effet sur les résultats d'émission, sans oublier que le procédé sec utilisé dans l'usine de ciment est une installation à technologie moderne et est bien gérée (PNUE 2001, Fiedler *et al.* 2002).

La concentration de PCDD/PCDF dans les gaz de combustion semble être influencée par la température des dispositifs de traitement des poussières. Les basses températures (inférieures à 200°C) semblent indiquer que les concentrations typiques seront en dessous de 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>. Les températures supérieures à 300°C augmentent la probabilité de trouver des émissions plus élevées, les concentrations typiques seraient de 0,3 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> et au dessus. Dans certains cas, on peut trouver des émissions bien plus élevées. Celles-ci semblent être liées aux températures élevées des capteurs de poussières, et aux niveaux élevés de matières organiques dans les matières premières ; ceci pourrait être lié à l'usage de certains déchets dans des conditions inappropriées.

Pour les besoins de ce Toolkit, un facteur d'émission moyen de 5 µg TEQ/t de ciment est appliqué pour les fours anciens équipés de collecteurs de poussières fonctionnant au dessus de 300°C (dérivé de données US anciennes) pour la classe 2. Un facteur d'émission moyen de 0,6 µg TEQ/t de ciment est appliqué quand le collecteur de poussières travaille entre 200° C et 300°C (classe 3). Un facteur d'émission de 0,05 µg TEQ/t de ciment est appliqué pour les installations modernes, où la température du collecteur de poussières est maintenue en dessous de 200°C (classe 4). Puisqu'il n'y a pas de données mesurées pour les PCDD/PCDF dans les fours verticaux, il n'a pas été possible de calculer un facteur d'émission; on a donc provisoirement adopté la classe 1 pour cette technologie et assigné le même facteur d'émission que pour les fours à ciment anciens humides.

#### 6.4.1.2 *Rejet dans l'eau*

On ne pense pas qu'il y ait des rejets dans l'eau. Cependant, si des effluents sont identifiés il faudrait les noter, de même que leur genèse dans le procédé.

#### 6.4.1.3 *Rejet dans la terre*

Quelques résidus peuvent être répandus sur le sol ; dans certains cas, on utilise la poussière de la cimenterie pour augmenter l'alcalinité de la terre, et on a noté aussi l'addition de chaux. Toute utilisation de la poussière de cimenterie (cement kiln dust = CKD) de cette manière devrait être notée.

#### 6.4.1.4 *Rejet dans les produits*

On pense qu'il n'y a que de faibles rejets dans le ciment parce qu'il a été traité à de très hautes températures.

#### 6.4.1.5 *Rejet dans les résidus*

Il faut signaler que les poussières récupérées dans les systèmes de contrôle de la pollution de l'air, qui sont typiquement des filtres électrostatiques (ESP) ou des cyclones, se composent principalement de matières premières introduites dans le four (à la sortie du brûleur secondaire). Le reste de la poussière provient d'émissions du four qui ont passé à travers la zone chaude. Normalement, les poussières venant des cyclones, des ESP ou des filtres à manches sont réintroduites dans le four. Le Tableau 41 des défauts ne contient donc pas de facteurs d'émission pour les résidus.

Dans les cas où les résidus solides provenant des équipements de lavage des gaz ne sont pas recyclés dans le four, une première estimation des rejets de PCDD/PCDF dans les CKD serait basée sur la supposition que environ 30 kg de CKD par tonne de clinker (0,03% de la production de clinker) sont générés. Cette valeur est basée sur un rapport qui donnait une quantité de 0,4 million de tonnes de CKD pour une production de 13,5 millions de tonnes de clinker/ciment (Dyke et al. 1997).

On s'attend à ce que les concentrations de PCDD/PCDF dans les CKD varient, et une gamme de concentrations de 0,001 à 30 ng TEQ/kg a été avancée pour des cimenteries en Grande Bretagne (Dyke et al. 1997), et 1 à 40 ng TEQ/kg pour des tests résumés en Allemagne (SCEP 1994).

### 6.4.2 Production de chaux

La chaux est utilisée dans bon nombre de produits. La chaux vive est de l'oxyde de calcium (CaO) produit par la décarbonisation de calcaire (CaCO<sub>3</sub>). La chaux éteinte est de la chaux vive traitée à l'eau, qui est principalement l'hydroxyde de calcium (Ca(OH)<sub>2</sub>)<sup>1</sup>. Les utilisateurs principaux de chaux sont les industries de l'acier, de la construction, de la pâte à papier et des sucreries.

La production de chaux consiste à brûler le carbonate de calcium et/ou magnésium à une température située entre 900 et 1500°C. Pour certains procédés, des températures bien plus élevées sont nécessaires. L'oxyde de calcium (CaO) sortant du four est généralement concassé, broyé, et/ou tamisé avant d'être convoyé dans un silo. Le calcaire est soit livrée à l'utilisateur final sous forme de chaux vive, soit traité à l'eau dans une unité d'hydratation, pour produire de la chaux hydratée ou chaux éteinte.

---

<sup>1</sup> Très souvent le mot "chaux" est incorrectement employé pour décrire les produits calcaires.

Différents combustibles ---- solide, liquide ou gazeux ---- sont utilisés pour brûler la chaux. Les combustibles fournissent l'énergie pour calciner la chaux mais aussi pour intervenir dans le procédé. La plupart des fours peuvent fonctionner avec plus d'un combustible. Le brûlage de la chaux implique deux étapes (BREF 2000d) :

- 1- qui fournissent une chaleur suffisante à plus de 800°C pour chauffer le calcaire et provoquer la décarbonisation et,
- 2- qui gardent la chaux vive à des températures suffisamment élevées (environ 1200°-1300°C) pour ajuster sa réactivité.

La plupart des fours sont soit de forme verticale, soit rotatif. La plupart d'entre eux sont caractérisés par un flux à contre-courant des solides et des gaz. On peut aussi trouver des fours à lit fluidisé et à foyer rotatif. La capacité classique des fours oscille entre 50 et 500 tonnes par jour (BREF 2000d).

Les matières premières ou les combustibles qui contiennent des chlorures peuvent potentiellement être à l'origine de la formation de PCDD/PCDF dans le procédé de combustion de la chaux. Des données venant d'Europe, à partir de sept fours, dont quatre étaient rotatifs et trois verticaux, ont montré des concentrations de PCDD/PCDF inférieures à 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Des mesures faites sur deux fours circulaires en Allemagne ont toutes donné des valeurs inférieures à 0,05 µg I-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Cependant, la pénurie de mesures signifie qu'on ne peut pas exclure que des usines individuelles peuvent être trouvées en Europe et ailleurs qui pourraient avoir un impact local (LUA1997).

Des concentrations importantes de PCDD/PCDF ont été mesurées dans trois fours, dont deux rotatifs et un vertical, en Suède. Les mesures faites entre 1989 et 1993 ont donné des concentrations de 4,1 à 42 ng N-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Toutes les mesures élevées de PCDD/PCDF ont été expliquées par le contenu des matières premières et/ou des combustibles, ou encore par des conditions insuffisantes de brûlage, soulignant l'importance du contrôle des matières premières du four et du maintien stable des opérations (BREF 2000d).

Les classes suivantes ont été établies de même que les facteurs d'émission (Tableau 42):

Tableau 42 : Facteurs d'émission pour la production de chaux

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de chaux produite				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Pas de contrôle de poussière, ou des combustibles contaminés et pauvres	10	NA	ND	ND	ND
2. Production de chaux avec réduction des poussières	0,07	NA	ND	ND	ND

Les facteurs de la classe 1 doivent être appliqués aux usines avec de mauvais systèmes de combustion, et avec des systèmes de nettoyage de gaz simples ou non existants. Les facteurs de la classe 2 devraient être utilisés quand les fours sont très efficaces sur le plan de l'énergie et sont équipés de filtres en tissu pour le nettoyage des gaz.

#### 6.4.2.1 *Rejet dans l'air*

Des émissions ont été mesurées dans un certain nombre de fours en Allemagne (SCEP 1994). Un facteur d'émission de 0,07 µg TEQ/t de chaux produite doit être utilisé quand les fours à chaux sont bien contrôlés et équipés de systèmes de réduction des poussières (typiquement, filtres électrostatique ou filtres en tissu).

Cependant, diverses usines en Europe (3 fours, 3 fours rotatifs et un four vertical en Suède dans les années de 1989 et 1993) donnaient des concentrations mesurées entre 4,1 et 42 ng N-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Ces émissions de PCDD/PCDF élevées ont été expliquées soit par la matière première et/ou le contenu en combustible, soit par des conditions de combustion insuffisantes, soulignant l'importance de bien contrôler les matières entrantes et de maintenir des conditions opératoires stables (BREF 2000d). Des émissions bien plus élevées sont également citées pour des tests limités (LUA 1997) : un facteur d'émission de 10 µg TEQ/t de chaux produite doit être appliqué lorsque le contrôle des fours est limité et que le contrôle des poussières est simple (cyclone), ou absent.

#### 6.4.2.2 *Rejet dans l'eau*

On ne s'attend pas à de rejets dans l'eau. Tout effluent identifié devrait être enregistré et sa source dans le procédé noté.

#### 6.4.2.3 *Rejet dans la terre*

Les résidus de chaux, comme les produits de nettoyage des gaz peuvent être utilisés pour le sol. Il n'existe pas d'information disponible sur les niveaux de PCDD/PCDF dans ces résidus pour permettre une estimation des rejets dans le sol.

#### 6.4.2.4 *Rejet dans les produits*

Il n'y a pas d'information sur les PCDD/PCDF dans les chaux fabriquées. On pense que les niveaux sont bas du fait des hautes températures pratiquées pendant le procédé.

#### 6.4.2.5 *Rejet dans les résidus*

Un résidu sous forme de poussière des opérations de nettoyage des gaz peut exister, bien que celui-ci puisse être réutilisé dans le procédé ou peut avoir une valeur de produit. Il n'y avait pas d'informations disponibles sur les PCDD/PCDF dans de telles poussières.

### 6.4.3 Production de briques

Les briques sont fabriquées de manière prédominante à partir d'argile avec quelques additifs pour obtenir la porosité désirée ainsi que d'autres caractéristiques. La production industrielle utilise généralement des fours tunnels, à une température d'environ 1'000°C. Les combustibles pour de tels systèmes sont le fuel ou le gaz et une attention est portée au nettoyage des gaz, avec élimination de fluorures dans certains cas.

La cuisson des briques peut se faire en utilisant une grande variété de fours et de combustibles. Dans certains cas, il n'y aura que peu d'équipement pour le nettoyage des gaz.

Les classes suivantes des facteurs d'émission ont été choisies (Tableau 43).

Tableau 43 : Facteurs d'émission pour la production de briques

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de briques produites				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Pas de contrôle de poussière, ou combustible contaminé et pauvre	0,2	NA	NA	ND	ND
2. Production de brique avec extraction de poussière	0,02	NA	NA	ND	ND

Les facteurs de la classe 1 s'appliqueraient aux petits fours, moins bien contrôlés, sans technologie de nettoyage des gaz. Les facteurs de la classe 2 devront être appliqués à la production dans des usines modernes avec de hauts standards de contrôle de combustion et avec une bonne efficacité énergétique.

#### 6.4.3.1 Rejet dans l'air

Les émissions des briqueteries peuvent varier selon le type de procédé, la nature des matières premières et le système de nettoyage des gaz en place. Il y a peu de données sur les rejets de PCDD/PCDF dans la fabrication des briques.

Des tests en Allemagne ont montré des émissions dans l'air variant de 0,002 à 0,23  $\mu\text{g TEQ/t}$  de produit. Tous les tests provenaient d'usines relativement bien contrôlées.

Un facteur d'émission de 0,02  $\mu\text{g TEQ/t}$  de produit est appliqué aux procédés de production de briques avec de bons contrôles, des températures élevées régulières, et des contrôles du combustible utilisé. Des émissions plus élevées peuvent survenir si les contrôles ne sont pas suffisants et si des déchets ou des combustibles de mauvaise qualité sont utilisés ; il faut alors appliquer la classe 1.

#### 6.4.3.2 Rejet dans l'eau

On ne s'attend pas à ce qu'il y ait de rejet dans l'eau. Tout effluent devrait être noté et sa provenance enregistrée.

#### 6.4.3.3 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de rejet dans le sol.

#### 6.4.3.4 Rejet dans les produits

Il n'y a pas de données sur les niveaux de PCDD/PCDF dans les briques. On pense que les niveaux sont bas, puisque les briques ont subi de hautes températures.

### 6.4.3.5 Rejet dans les résidus

Des PCDD/PCDF peuvent être présents dans les résidus du procédé. Il n'y a pas d'information pour estimer les rejets de cette source.

### 6.4.4 Production de verre

Les fours utilisés pour la production de verre peuvent fonctionner en continu ou de manière intermittente. Les combustibles typiques sont le fuel et le gaz. Les matières premières sont principalement : le sable, le calcaire, la dolomite et la soude. En plus, un grand nombre d'autres matériaux peuvent être utilisés pour obtenir les propriétés souhaitées comme la couleur, la transparence et pour la purification. Des composés chlorés ou fluorés peuvent être ajoutés (SCEP 1994).

Dans quelques fours modernes à verre, des gaz sont nettoyés avec des produits absorbants et des filtres électrostatiques ou des filtres en tissu.

Très peu de tests sont disponibles et ceux qui le sont viennent d'Allemagne où le contrôle de la pollution est habituellement très bon ; il est possible que là où les normes de contrôle de la pollution sont moins contraignantes, les émissions pourraient être plus élevées. Un manque de contrôle sur les combustibles utilisés, sur le nettoyage des verres recyclés, ou sur les systèmes de réduction de pollution appliqués, peuvent avoir des effets négatifs sur le niveau des émissions.

Les classes suivantes de facteurs d'émission ont été sélectionnées (Tableau 44).

Tableau 44 : Facteurs d'émission pour la production de verre

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de produit				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Pas de contrôle des poussières, ou combustible contaminé, pauvre	0,2	NA	ND	ND	ND
2. Production de verre avec réduction des poussières	0,015	NA	ND	ND	ND

#### 6.4.4.1 Rejet dans l'air

Des tests en Allemagne sur trois fours de production du verre ont montré des concentrations faibles de PCDD/PCDF (SCEP 1994). Les usines testées étaient équipées de systèmes d'absorption à sec ou de systèmes de lavage à l'eau, ou de filtres électrostatiques. Les facteurs d'émission de deux usines étaient de 0,005 et 0,022 µg TEQ/t de produit, la troisième avait en concentrations un facteur huit fois supérieur, mais il n'a pas été possible de calculer un facteur d'émission.

Un facteur d'émission de 0,015 µg TEQ/t de produit devrait être appliqué aux usines avec des systèmes de contrôle de pollution et des contrôles soigneux de la qualité de la combustion, et des matières premières utilisées.



Un facteur d'émission de 0,2 µg TEQ/t de produit devrait être utilisé là où il n'y a pas de nettoyage de gaz, et où les contrôles dans l'usine sont peut-être moins sévères.

#### 6.4.4.2 *Rejet dans l'eau*

Il peut y avoir des rejets dans l'eau quand des systèmes de lavage à l'eau sont utilisés. Il n'y a pas assez d'information pour estimer un facteur d'émission dans ce cas. La présence et la source de l'effluent devraient être notés.

#### 6.4.4.3 *Rejet dans la terre*

On ne pense pas qu'il y ait de rejet dans le sol.

#### 6.4.4.4 *Rejet dans les produits*

Les rejets de PCDD/PCDF dans les produits du verre sont sans doute très bas, en raison de la température du procédé.

#### 6.4.4.5 *Rejet dans les résidus*

Des PCDD/PCDF peuvent exister dans les résidus des systèmes de nettoyage des gaz, dans la production du verre. Il n'y a pas d'information pour estimer un facteur d'émission.

### 6.4.5 Production des céramiques

Il n'y a pas assez d'information disponible pour considérer que la production des céramiques est une source de PCDD/PCDF. C'est probable qu'il y aura des PCDD/PCDF libérés dans l'air car il s'agit de procédés thermiques. On propose qu'une estimation soit faite en utilisant les facteurs d'émission développés pour la fabrication des briques, citée plus haut.

### 6.4.6 Mélange d'asphalte

L'asphalte est utilisé pour la construction des routes et consiste en général en fragments de roche, du sable, et des charges liés entre eux, dans le bitume. Les charges peuvent comprendre des cendres légères en provenance des usines d'incinération ou de centrales thermiques.

La première étape du procédé est généralement un séchage à l'air des minéraux. Les minerais chauds sont alors mélangés avec le bitume chaud, pour obtenir l'asphalte.

Les usines de mélange d'asphalte dans les pays industrialisés peuvent être équipées de systèmes de nettoyage des gaz qui consistent en des filtres en tissu et des systèmes de lavage à l'eau, pour les contrôles des poussières.

Les classes suivantes de facteurs d'émission ont été développées (Tableau 45).

Tableau 45 : Facteurs d'émission pour le mélange d'asphalte

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ d'asphalte				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Usine de mélange sans nettoyage des gaz, combustibles pauvres	0,07	NA	ND	ND	ND
2. Usine de mélange avec filtres en tissu, ou systèmes de lavage à l'eau	0,007	NA	ND	ND	0,06

Les facteurs de la classe 1 seraient appliqués aux installations sans système de nettoyage des gaz, ou lorsque des combustibles pauvres ou contaminés sont utilisés. Les facteurs de la classe 2 concernent les installations modernes équipées de filtres en tissu ou de systèmes de lavage des gaz à l'eau.

#### 6.4.6.1 Rejet dans l'air

Des tests ont été faits dans des installations de mélange d'asphalte en Allemagne (SCEP 1994) et aux Pays Bas (Bremmer *et al.* 1994). Les usines testées avaient toutes des filtres en tissu et quelques unes utilisaient des cyclones comme pré-séparateurs de poussière. Un facteur d'émission moyen de  $0,007\mu\text{g TEQ/t}$  de produit a été appliqué aux usines équipées de ce type de nettoyage des gaz.

Pour les usines sans filtres en tissu, un facteur d'émission de  $0,07\mu\text{g TEQ/t}$  de produit est appliqué (en supposant que des filtres en tissu captent environ 90% des PCDD/PCDF).

Des émissions peuvent être fortement augmentées quand des matériaux contaminés sont utilisés en tant que composants de l'asphalte---par exemple, des cendres volantes venant d'un vieil incinérateur, pourraient augmenter les rejets. Tout effet dû à de tels matériaux devrait être noté.

#### 6.4.2.2 Rejet dans l'eau

Il n'y a pas de rejet dans l'eau. Si des effluents sont rejetés, leur provenance dans le procédé devrait être notés.

#### 6.4.2.2 Rejet dans la terre

On suppose que l'asphalte est utilisé sur le sol, mais il n'y a pas de données sur les niveaux de PCDD/PCDF dans les asphaltes.

#### 6.4.1.4 Rejet dans les produits

Il peut exister des PCDD/PCDF dans l'asphalte bien que les niveaux soient inconnus. On suppose que l'asphalte sera utilisé sur le sol, pour la construction des routes.

#### 6.4.1.5 Rejet dans les résidus

Les résidus des systèmes de nettoyage des gaz contiennent probablement des PCDD/PCDF. Les quantités sont inconnues. Une première estimation peut être faite en supposant que 90%

des PCDD/PCDF dans les gaz sont arrêtés, et que les gaz bruts contiennent les mêmes quantités que pour les procédés qui sont incontrôlés, ce qui donne un facteur d'émission de 0,06 µg TEQ/t.

#### 6.4.7 Traitement de schistes bitumineux

Le schiste est une roche sédimentaire et fine dont les constituants au départ étaient des argiles ou des boues. Le schiste bitumineux est un terme général appliqué à groupe de schistes fins, de couleur allant du noir au marron foncé, suffisamment riches en matière bitumineuse (appelée kérogène) pour donner des hydrocarbures lorsqu'on le distille. Le kérogène dans le schiste bitumineux peut être converti en huile par pyrolyse. Pendant la pyrolyse le schiste bitumineux est chauffé à 500° C en absence d'air, et le kérogène est converti en hydrocarbures et séparé, un procédé appelé la « distillation en cornu ».

Le terme « schiste bitumineux » est mal approprié. Il ne contient pas de bitume et n'est généralement pas un schiste. La matière organique est surtout du kérogène, et le « schiste » est normalement une roche assez dure, appelée marne. Avec un traitement approprié, le kérogène peut être transformé en un produit similaire au pétrole. Cependant le schiste bitumineux n'a pas été converti en « huile » par des procédés naturels et il est donc nécessaire de le traiter à haute température afin d'obtenir un combustible fossile (WEC 2004).

Il existe deux approches conventionnelles pour le traitement des schistes bitumineux (WEC 2004): dans la première, le schiste est fractionné *in situ* et chauffé pour obtenir des gaz et des liquides. La seconde nécessite l'exploitation, le transport et le chauffage du schiste à environ 450° C, en ajoutant de l'hydrogène, et en éliminant le résidu par stabilisation.

On a brûlé directement le schiste en tant que combustible de basse qualité, et de teneur élevée en cendres, dans quelques pays comme l'Estonie dont l'économie énergétique est toujours dominée par le schiste. Pour les facteurs d'émission des centrales au schiste, voir la Section 6.3.1.

Les facteurs d'émission du Tableau 46 viennent d'une unité estonienne telle que décrite par Schliecher *et al.* 2004b. Le schiste bitumineux entrant est chauffé au moyen des gaz des combustion, est séparé dans des cyclones puis mélangé avec à des cendres chaudes pour atteindre une température d'au moins 480° C. Le kérogène est fractionné en gaz, en huile condensable, et un résidu solide. La décomposition du kérogène commence à environ 300° C et devient plus rapide à des températures plus élevées (480 – 520° C). La phase vapeur est refroidie pour donner une fraction huile et une phase gazeuse. Le gaz est normalement brûlé dans une centrale et on fractionne encore plus pour donner des huiles lourdes et légères, du diesel et de l'essence. Une grande partie de l'huile est utilisée pour chauffer la centrale estonienne. Le résidu solide est ensuite brûlé avec un excès d'air pur dans une chaudière spéciale à 750 – 800° C.

Tableau 46 : Facteurs d'émission pour le traitement de schiste bitumineux

Classification	Facteurs d'émission - $\mu\text{g TEQ/t}$ de schiste bitumineux				
	1. Fractionnement thermique (procédé 1)	ND	ND	ND	ND
2. Pyrolyse de schiste bitumineux	0,003	NA	ND	0,07	2

#### 6.4.7.1 Rejets vers l'air

A partir de l'usine en Estonie, on a obtenu deux séries de données sur les émissions – 0,40-4,8 pg I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (@6% O<sub>2</sub>) et 0,23-4,2 pg TEQ/Nm<sup>3</sup> (@6% O<sub>2</sub>). Les facteurs d'émission correspondants ont été calculés entre 0,2 à 3,5 ng I-TEQ/t de schiste bitumineux. Pour les besoins de ce Toolkit, un facteur préliminaire de 0,003  $\mu\text{g TEQ/t}$  de schiste bitumineux a été choisi (Schleicher et al. 2004b).

#### 6.4.7.2 Rejets vers l'eau

Aucun rejet vers l'eau n'a été rapporté. Si des effluents sont rejetés. Il faudra que cela soit noté.

#### 6.4.7.3 Rejets vers la terre

On ne s'attend pas à des rejets vers la terre. Tous les solides sont traités dans la Section 6.4.7.5 - Rejets dans les résidus

#### 6.4.7.4 Rejets dans les produits

L'Estonie a analysé deux échantillons de schiste bitumineux qui étaient extraits dans la région nord-est de ce pays, et qui ont été pyrolysés pour donner un combustible. Les concentrations mesurées dans ces échantillons de schiste bitumineux étaient de 0,61 et de 0,75 ng I-TEQ/kg de schiste bitumineux (Roots 2001).

#### Rejets dans les résidus

Schleicher et al. (2004b) ont rapporté des concentrations de PCDD/PCDF de 1,9 et de 2,9 ng I-TEQ/kg de cendres. Il n'est pas possible de calculer un facteur d'émission basé sur le tonnage de schiste bitumineux produit et donc le rejet annuel doit être calculé en utilisant la masse de résidus solides de toutes les usines, et en multipliant par la concentration dans les cendres indiquées au Tableau 46.

## 6.5 Catégorie principale 5 – Transport

Les combustibles principaux utilisés dans les transports sont l'essence, le diesel, le GPL. Dans ce Toolkit, les facteurs d'émission sont donnés pour les sous-catégories indiquées au Tableau 47, le principe de base étant le type de combustible et le type de moteur à combustion. Il y a un marché croissant pour les autres combustibles, pour lesquels il n'y a pas de mesures de dioxines jusqu'à présent. Afin de pouvoir tenir compte des rejets de ces sources, les assignations suivantes sont proposées :

- Pour les voitures au GPL : prendre le facteur d'émission pour le moteur à 4 temps avec catalyseur (catégorie 5a3) (Tableau 48).
- Pour les mélanges huile/gaz ou huile/essence : on devra appliquer le facteur d'émission du diesel (catégorie 5c) (Tableau 50).

Jusqu'à maintenant il n'y a pas d'indications que les PCDD/PCDF soient associés aux rejets d'avion. Dans un programme de « biomonitoring » (étude des effets sur l'environnement) effectué à l'aéroport international de Francfort il n'a pas été détecté d'augmentation de PCDD/PCDF, ni des modifications dans leur schéma de répartition pour une exposition à long terme de choux à différents endroits, par ex. le long de la piste ou proche des terminales. Par conséquent, il a été supposé que la combustion de kérosène dans les moteurs des avions n'est pas une source de PCDD/PCDF et cette sous-catégorie ne sera pas prise en compte dans ce Toolkit (Fiedler et al. 2000, Buckley-Golder et al. 1999).

Tableau 47 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 5 – Transportation

N°	Sous-catégories de la Catégorie Principale	Voies de rejet potentiel				
		Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
5	Transport	X				
	a Moteurs 4 temps	X				
	b Moteurs 2 temps	X				
	c Moteurs diesel	X				(x)
	d Moteurs au fuel lourd	X				(x)

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

Par référence aux provisions de l'Article 5, les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit :

#### Annexe C, Partie III ; les catégories source comprennent :

	Catégorie source	Section dans le Toolkit
(h)	véhicules à moteur, surtout utilisant essence au plomb	6.5 ; surtout : 6.5.1., 6.5.2

#### 6.5.1 Moteurs à 4 temps

La plupart des moteurs thermiques à essence utilisés aujourd'hui dans les voitures, camions légers, motocyclettes et autres, sont équipés de moteurs 4 temps. Ces moteurs suivent le cycle de combustion thermodynamique inventée par Nicolaus Otto, qui fonctionne en 4 étapes,

c'est à dire : le mouvement d'entrée, la compression, l'allumage et la combustion, et enfin, l'échappement. Ces quatre temps sont réalisés pendant deux tours complets du vilebrequin. Comme tout procédé de combustion, les moteurs à combustion interne produisent des PCDD/PCDF comme sous-produit indésirable. Des émissions plus élevées ont été associées à l'utilisation de produit chlorés (les « scavengers » en anglais) utilisés dans l'essence au plomb. Cependant, quand l'essence sans plomb est utilisée et qu'un convertisseur catalytique est installé pour retirer le NOx, aussi bien que les hydrocarbures non brûlés, les émissions de PCDD/PCDF sont négligeables. Le seul vecteur de rejet est l'air. Il n'y a pas d'autres vecteurs de rejet. Donc, les facteurs d'émission par défaut ont été établis suivant ces catégories (Tableau 48).

Tableau 48 : Facteurs d'émission des moteurs à 4 temps (par exemple, voitures particulières)

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de combustible brûlé				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Carburant avec plomb *	2,2	NA	NA	NA	NA
2. Carburant sans plomb, sans catalyseur *	0,1	NA	NA	NA	NA
3. Carburant sans plomb avec catalyseur *	0	NA	NA	NA	NA

\* Si les données sur la consommation sont données en litres (L), il est à noter qu'un litre d'essence pèse 0,74 kg ; il faut donc utiliser un facteur de conversion de 0,00074 pour convertir des litres en tonnes

Différentes émissions surviennent lors de diverses phases, comme au démarrage et lors de la chauffe du moteur. Ici, les conditions sont notées pour un régime stable.

### 6.5.1.1 Rejets dans l'air

Le kilométrage moyen parcouru par an, le type et le niveau d'entretien des véhicules sont différents, suivant les pays. L'utilisation de carburant avec plomb décroît de façon spectaculaire en Europe, au Japon et en Amérique du Nord à la suite de la législation cependant, le carburant avec plomb est encore utilisé dans certains autres pays. L'élimination de l'essence au plomb et l'adoption de convertisseurs catalytiques comme exigé par la décision Européenne 94/12EG, ou une législation similaire aux Etats Unis et au Japon, signifiera que les moteurs 4 temps à essence deviendront une source presque négligeable d'émission de PCDD/PCDF dans l'air.

Les facteurs d'émission sont basés sur une étude en Allemagne et en Belgique. D'autres pays comme l'Amérique du Nord et l'Asie, ont des données très limitées sur les émissions des véhicules.

### 6.5.2 Moteurs à 2 temps

La plupart des petits moteurs à essence à combustion interne utilisés aujourd'hui sur les bateaux, les jet skis, les vélomoteurs, les petites motos, les tondeuses à gazon, les tronçonneuses et autres véhicules sont à moteurs 2 temps. Ces moteurs suivent le même cycle de combustion thermodynamique que celui du 4 temps, cependant, il n'a que 2 temps, c'est à

dire admission et l'échappement combinés, et aussi la compression –l'allumage - combustion. La plus grosse différence avec les 4 temps est que tous les cycles se passent au cours d'un seul tour du vilebrequin. La lubrification se fait en général par de l'huile ajoutée au carburant. Donc, des quantités plus élevées de polluants peuvent être rejetées et l'efficacité peut être moindre, comparée à celle des 4 temps. Cependant, la simplicité et le coût faible de production des moteurs 2 temps en font un moteur idéal, spécialement pour les petits modèles. Comme dans tous les procédés de combustion, les 2 temps produisent aussi des PCDD/PCDF comme sous-produit indésirable. Le seul vecteur de rejet est dans l'air ; il n'en a pas d'autres vecteurs. Donc, les catégories suivantes de facteurs d'émission par défaut ont été établies comme indiqués dans le Tableau 49.

Tableau 49 : Facteurs d'émission des moteurs 2 temps (c'est à dire, petites mobylettes)

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de carburant brûlée				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Carburant avec plomb *	3,5	NA	NA	NA	NA
2. Carburant sans plomb, sans catalyseur *	2,5	NA	NA	NA	NA

\* Si les données sur la consommation sont données en litres (L), il est à noter qu'un litre d'essence pèse 0,74 kg ; il faut donc utiliser un facteur de conversion de 0,00074 pour convertir des litres en tonnes

Différentes émissions ont bien lieu au cours de différentes phases, comme le démarrage et la chauffe du moteur. Ici, il s'agit de condition de régimes fixes. Comme les moteurs 2 temps sont utilisés surtout pour des petits moteurs, les convertisseurs catalytiques sont à peine utilisés.

### 6.5.2.1 Rejet dans l'air

Le kilométrage moyen annuel, le type et le niveau d'entretien des véhicules sont différents, suivant les pays. Dans bien des cas, les petits moteurs ne sont pas très bien entretenus. Ceci peut provoquer des émissions de PCDD/PCDF plus élevées. Malheureusement, il n'y a pas de données qui font une relation entre l'âge et le niveau d'entretien par rapport au niveau des émissions de PCDD/PCDF. Toutes les données utilisées sont issues de diverses études en Europe.

### 6.5.3 Moteurs Diesel

Les moteurs diesel sont utilisés sur les camions lourds et légers, les voitures particulières, l'équipement de construction lourd, bateaux, les groupes électrogènes diesel, les pompes, les équipements à la ferme, incluant les tracteurs et autres équipements importants. Ils utilisent généralement du diesel (fuel léger) et un cycle à 4 temps. La compression est utilisée pour l'allumage, plutôt qu'une bougie. L'air est aspiré dans le cylindre et comprimé. Le diesel est injecté à haute pression et brûle. Ceci résulte en une utilisation plus efficace du carburant et des émissions spécifiques plus faibles. Malheureusement, des particules émises sous forme de suie, sont aussi associées au fonctionnement des moteurs diesel, en raison de la combustion incomplète, surtout pendant le démarrage, la chauffe et les changements de régimes. Le dépôt de cette suie peut mener à des rejets via les résidus. Les émissions de particules des moteurs

diesel sont bien connues pour contenir des concentrations élevées d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Cependant, il n'y a pas de données sur les concentrations de PCDD/PCDF dans la suie de diesel. Il n'y a seulement qu'une classe de facteurs d'émission pour les moteurs diesel.

Tableau 50 : Facteurs d'émission pour les moteurs Diesel (c'est à dire, les camions)

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de carburant brûlé				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
Moteurs diesel *	0,1	NA	NA	NA	ND

\* Si les données sur la consommation sont données en litres (L), il est à noter qu'un litre d'essence pèse 0,74 kg ; il faut donc utiliser un facteur de conversion de 0,00074 pour convertir des litres en tonnes

Il y a différentes émissions au cours des différentes phases comme le démarrage et la chauffe du moteur. Ici, les conditions notées sont en état de régime stable.

### 6.5.3.1 Rejet dans l'air

Il n'y a que peu de données permettant d'estimer les émissions de véhicules fonctionnant au diesel. Jusqu'à maintenant, seuls les voitures et camions ont été mesurés ; il n'y a pas de données pour l'utilisation de diesel en dehors des routes (par ex. véhicules de construction, véhicules sur la ferme et des équipements stationnaires). Deux études ont été effectuées aux Etats Unies sur les sorties de tuyaux d'échappement pour lesquelles le Californian Air Resources Board a trouvé des valeurs relativement élevées de 676 pg I-TEQ/km, ce qui correspond à 3.2  $\mu\text{g I-TEQ/t}$  de diesel, en supposant une consommation de 1L de diesel pour une distance parcourue de 5,5 km (CARB 1987). L'autre étude, concernant un seul camion lourd testé par Gullett et Ryan (1997), a trouvé une gamme de facteurs d'émission allant de 3,0 à 96,8 pg I-TEQ/km (moyenne de 29,0 pg I-TEQ/km) ; ceci qui correspond à entre 0,014 et 0,453  $\mu\text{g I-TEQ/t}$  de diesel avec une moyenne de 0,14  $\mu\text{g km I-TEQ/t}$  de diesel.

Marklund et al. (1990) n'ont pas pu quantifier des émissions de PCDD/PCDF à une limite de détection de 100 pg I-TEQ/l pendant des essais sur un camion. Schwind et al. (1991) et Hutzinger et al. (1992) ont trouvé des facteurs d'émission entre 32 et 81 pg I-TEQ/l (ou 6-15 pg I-TEQ/km en supposant une économie de carburant de 5,5 km/l) pour un moteur de camion conduit dans diverses conditions. Hagenmaier (1994) n'a pas trouvé d'émissions d'un bus à une limite de détection de 1 pg/l de carburant pour différents congénères. Pour des voitures au diesel, Hagenmaier et al. (1990) ont trouvé un facteur d'émission de 24 pg I-TEQ pour une seule voiture.

Kim et al. ont investigué les émissions de PCDD/PCDF venant de moteurs diesel dans le mode US D-13 à des taux de charge entre 25% et 75% à vitesse constante (2,400 t/m). Les concentrations en poids pour les trois taux de charge de 14,4 , 6,9 et 6,4 pg I-TQ/m<sup>3</sup> peuvent être converties pour donner les facteurs d'émission suivants : 2,0 , 0,6 , et 0,5 pg I-TEQ/L de diesel (ce qui correspond à 0,002 et 0,001 g TEQ/t de diesel) ; ceux-ci sont plus faibles que ceux rapportés dans les études de CARB, US-EPA et les universités allemandes (CARB 1987, Gullett and Ryan, Schwind et al. 1991, Hutzinger et al. 1992).

Le Ministère de l'Environnement au Japon a publié des chiffres sur les émissions venant de véhicules et camions au diesel ; celles-ci variaient de 0,36 pg TEQ/L à 174 pg TEQ/L de



diesel, ce qui donne des facteurs d'émission basés sur le poids allant de 0,004 g TEQ/t à 0,2 TEQ/t de diesel (MoE Japan 2003).

En se basant sur ce qui a été présenté, un facteur d'émission de 0,1 µg TEQ/t de diesel sera appliqué. Si des filtres sont utilisés, les émissions liées à l'utilisation de diesel sont négligeables.

Les craintes au sujet des camions lourds au diesel vont mener les autorités américaines (US-EPA) à demander que toute véhicule lourde soit équipée de filtres à particules, ce qui réduira les émissions de manière significative et mènera à des émissions comparables à celles des véhicules à essence équipées de filtres catalytiques.

### 6.5.3.2 Rejet dans les résidus

Les émissions de particules des moteurs diesel contiennent probablement des PCDD/PCDF. Les quantités sont inconnues, donc des études sont encore nécessaires pour déterminer les concentrations de PCDD/PCDF.

### 6.5.4 Moteurs à fuel lourd

Les moteurs à fuel lourd sont utilisés dans les navires, les chars, les groupes électrogènes stationnaires et d'autres gros moteurs, quasi stationnaires. Il n'y a que très peu de données sur les facteurs d'émission très limitée et il n'est pas possible de faire une distinction entre la composition des combustibles, la présence chlore, de métaux catalytiques, etc. A partir de plusieurs études, un seul facteur d'émission par défaut dans l'air a été déterminé.

Des huiles usagées sont souvent brûlées dans des moteurs (stationnaires ou sur des bateaux) : ceux-ci seront inclus dans cette sous-catégorie.

Tableau 51 : Facteurs d'émission des moteurs à fuel lourd et à huile usagée (par ex., les navires)

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de carburant brûlé				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
Tous types	4	NA	NA	NA	ND

Différentes émissions arrivent au cours des différentes phases comme le démarrage, la chauffe du moteur. Ici, on considère les conditions en l'état stable de régime.

#### 6.5.4.1 Rejet dans l'air

Les moteurs à fuel lourd provoquent des émissions de PCDD/PCDF dans l'air. Malheureusement, peu de données sont disponibles à partir de mesures isolées en Europe et en Amérique du Nord. De manière typique, les valeurs entre 3 et 6 µg TEQ/tonne de carburant ont été notées à partir d'études au Canada, aux Pays Bas, Suède et Etats Unis.

Des données mesurées venant du brûlage de huiles usagées recyclées viennent de l'Autriche., où des émissions d'un petit incinérateur a donné une concentration de 0,02 ng TEQ/Nm<sup>3</sup>

(@11% O<sub>2</sub>) équivalant à un facteur d'émission de 0,37 µg/ d'huile usagée brûlée (LUA 1997). Des données hollandaises venant de petites installations de brûlage et un ferry ont mené à un minimum de 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> et un maximum de 0,3 ng TEQ/ Nm<sup>3</sup> équivalant à des facteurs d'émission de 2 µg TEQ/t et de 6.5 µg TEQ/t respectivement. La moyenne des mesures étaient de 0.2 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (= 4,25 µg TEQ/t) et la médiane était de 0,17 ng TEQ/m<sup>3</sup> (= 2,9 µg TEQ/t) (LUA 1997). Basé sur ces données un facteur d'émission de 4 µTEQ/t d'huile brûlée est proposé dans ce Toolkit.

#### 6.5.4.2 Rejet dans les résidus

Les résidus des moteurs fonctionnant au fuel lourd, en particulier les suies, contiennent probablement des PCDD/PCDF. Malheureusement, les quantités sont inconnues et des recherches complémentaires sont nécessaires pour déterminer des concentrations exactes.

## 6.6 Catégorie principale 6 – Procédés de combustion à l'air libre

Les procédés de combustion à l'air libre considérés dans cette section concernent le brûlage de résidus de moisson, arbres ou arbustes en plein air lorsque aucun incinérateur, four ou chaudière n'est utilisé. Cette catégorie inclut également l'élimination « informelle » de déchets en fûts ou en plein air ainsi que les feux de décharge ou des feux accidentels dans les bâtiments, véhicules, etc. Généralement, aucun des ces procédés de combustion et d'incendie n'est contrôlé ce qui résulte en de mauvaises conditions de combustion à cause de matières combustibles non homogènes ou mal mélangés, des précurseurs chlorés, de l'humidité ou des métaux qui sont actifs sur le plan catalytique. Le Toolkit fait la distinction entre deux sous-catégories principales (Tableau 52).

Tableau 52 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 6 – Procédés de combustion non contrôlés

No.		Sous-catégories de la Catégorie Principale	Vecteur de rejet potentiel				
			Air	Eau	Terre	Produit	Résidu
6		Procédés de combustion à l'air libre	X				X
	A	Brûlage de biomasse	X	(x)	X		(x)
	B	Brûlage de déchets et feux accidentels	X	(x)	X		(X)

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

En se référant aux provisions de l'Article 5, les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit :

**Les catégories de l'Annexe C, Partie III comprennent :**

	Catégorie de source	Section dans le Toolkit
(a)	Brûlage à l'air libre de déchets y compris des décharges	6.6.2

### 6.6.1 Brûlage de la biomasse

Cette catégorie doit couvrir la combustion de la biomasse quand elle est faite en plein air (c'est à dire en excluant la combustion contrôlée telle que dans des fours, fourneaux, chaudières, etc.). Cette catégorie comprendra les feux de forêts, ainsi que le brûlage de prairies ou de résidus agricoles comme la paille, dans les champs. Le brûlage dans les champs avant la moisson (le chaume et les fossés) est une pratique courante pour certaines cultures telles que la canne à sucre, afin de faciliter la moisson. Le brûlage dans les champs après la moisson est aussi une habitude courante, pour éliminer des résidus, contrôler les mauvaises herbes et libérer des éléments nutritifs pour la prochaine saison. C'est un outil rapide n'utilisant que peu de main d'œuvre pour l'élimination des résidus de cultures dans les secteurs du riz et de la canne à sucre, par exemple. Il faut noter que les feux de forêt, de brousse et d'herbage peuvent être délibérés ou accidentels. Les feux délibérés seraient, par exemple, des feux autorisés dans les prairies et forêts, où des feux contrôlés sont utilisés pour arriver à respecter les objectifs de gestion, tels que des droits de passage pour enlever la végétation, ou pour valoriser les ressources (recyclage d'éléments nutritifs) ou encore pour lutter contre d'autres feux. L'allumage de feux accidentels peut être dû à la foudre, aux cigarettes, au verre, etc. Dans certains pays, des millions d'hectares de prairies et de brousse sont utilisés avec la méthode de coup-et-brûle (aux Philippines, environ 11,4 millions d'hectare supportant une population de 17 à 18 millions de personnes).

On a donc établi les différentes classes de procédés avec leurs facteurs d'émission (Tableau 53). On doit appliquer des facteurs d'émission plus élevés quand les conditions sont telles qu'elles peuvent favoriser la formation de PCDD/PCDF. De telles conditions peuvent résulter de la qualité du feu, laquelle pourrait être moins bonne lorsque le feu est humide, mal ventilé ou à des températures basses, ou bien de la matière qui brûle. Dans ce dernier cas, on utilise le terme « impacté » lorsque la biomasse a par exemple été traitée avec des pesticides contenant des précurseurs de dioxines ou des catalyseurs de la formation des dioxines.

Tableau 53 : Facteurs d'émission de la combustion de la biomasse

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de matériaux brûlés				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Feux de forêts	5	ND	4	NA	NA
2. Feux de prairies et de landes	5	ND	4	NA	NA
3. Feux de résidus agricoles (sur les champs), « impactés », conditions mauvaises	30	ND	10	NA	NA
4. Feux de résidus agricole (sur les champs), « non-impactés »	0,5	ND	10	NA	NA

Les facteurs d'émission sont exprimés par tonne de matériau brûlé. Pour cette sous-catégorie le facteur est donné pour « La terre » car à cause du manque de rétention, les cendres sont éliminées sur le sol et ne sont pas généralement ramassées pour un autre type d'élimination. Avec cette catégorie de source, l'étape la plus dure sera peut être d'estimer la quantité de matériau brûlé, dans chacune de ces classes.

Diverses documentations appropriées sur l'agriculture, la sylviculture et la gestion des sols peuvent apporter des indications sur la quantité de matériaux concernées par le feu sur les sols mis en cause. En Grande Bretagne, les chiffres obtenus sont :

- Landes de bruyères- matière consommée par le feu : 8 tonnes par hectare
- Forêt en GB - matière consommée par le feu : 23 tonnes par hectare

En comparaison, des données de la Nouvelle Zélande (NZ2000) ont indiqué 10 tonnes/ha dans les feux de broussaille et 2,5 t/ha pour des feux de prairie. US-EPA a suggéré un chiffre de 23 tonnes/ha pour les feux de forêts (EPA 1998).

Pour estimer les rejets de PCDD/PCDF résultant du brûlage de la biomasse, les pays pourront peut-être préférer appliquer l'approche telle que celle de la France – et ajuster les chiffres suivant leurs conditions climatiques et végétales. Dans l'inventaire français, on a adopté les approches suivantes pour estimer les rejets de PCDD/PCDF des feux de forêts (Béguier 2004) :

- Les forêts/végétations ont été classés suivant les zones climatiques, donnant des zones tempérées et méditerranéennes (sud de la France) ;
- Dans la zone tempérée, les forêts ont typiquement 20 kg de biomasse par mètre carré (20 kg/m<sup>2</sup>) correspondant à 200 t/ha. Dans la zone méditerranéenne la biomasse est de 4 kg/m<sup>2</sup> ou 40 t/ha ;
- Dans la zone tempérée, et en moyenne, 20% de la végétation est éliminé par les feux ; donc 40 t/ha. Dans la zone méditerranéenne, les feux sont plus efficaces avec une efficacité de 25% ; les feux donc dans le sud de la France vont générer des PCDD/PCDF à partir de 10 t de biomasse par hectare touché par le feu.

Ceux-ci ne sont seulement que des exemples, et la végétation des forêts et de landes variera considérablement selon la localisation géographique d'un pays. Les Philippines ont donné le chiffre de 43t/ha consommés dans leurs feux de forêt typiques. Le degré de brûlage de la végétation est très influencé par les conditions climatiques.

Pour le brûlage avant la moisson de la canne à sucre, on peut utiliser l'approximation suivante pour calculer la quantité de biomasse brûlée : environ 300 kg de biomasse est brûlée pour chaque tonne de sucre produite (Choong Kwet Yive 2004).

Pour le brûlage après la moisson, les pays du sud-est asiatique ont utilisé l'approximation suivante pour estimer la masse de paille de riz brûlée : on génère actuellement 25% de résidus de moisson pour le riz. Dnc : 250 kg de paille de riz sont générés par tonne de riz (poli) produit.

Il est reconnu que la végétation varie entre les régions suivant les espèces, la géographie, et le climat. Suivant ces conditions locales donc, la manière dont les feux de forêt ou de biomasse se développent pourra être différente d'un pays à l'autre. Il n'y a pas disponible actuellement de données mesurées concernant par exemple des feux typiques dans les régions tropicales ou l'influence de leur végétation, et on ne peut donc pas avancer dans ce Toolkit une différenciation suivant les espèces des culture ou des arbres. Il faudrait faire d'autres expériences sur la combustion de telles biomasses.

La meilleure source d'information concernant les endroits où se produisent les feux dans un pays pourrait être les départements du feu. Les départements et instituts de recherche pour l'agriculture et les forêts seraient les meilleures sources pour fournir des estimations de biomasse brûlée dans une région.

### 6.6.1.1 Rejet dans l'air

On n'a pas trouvé de chiffres donnant directement des mesures de PCDD/PCDF rejetés par les feux de forêt. Peu de données existent à propos des feux de bois dans des foyers ouverts (la plupart des tests rapportent des informations sur les feux à bois, fermés). Les feux de forêts concernent probablement une variété de matériaux comme les branches, les feuilles, des bois vivants et des bois morts, alors que la plupart des tests sur des feux dans des foyers concerneront spécifiquement des bûches coupées et sèches; les conditions sont donc bien différentes.

Des tests aux Pays Bas ont donné des facteurs d'émission de 13-28,5 µg TEQ/t (Bremmer *et al.* 1994) qui étaient plus élevés que les facteurs trouvés par les auteurs dans la littérature venant d'Allemagne (0,7-1,2 µg TEQ/t). Des travaux en Suisse ont rapporté un facteur d'émission de 0,77 µg TEQ/t pour du bois brûlé dans des poêles, avec les portes ouvertes pour simuler une cheminée (Schatowitz *et al.* 1994).

Mahnke et Krauss (1996) ont présenté des tests sur des traînées de fumée venant d'un feu à l'air libre, de feuilles de cannes à sucre, au Brésil; ils ont trouvé des niveaux de PCDD/PCDF élevés, comparés aux régions urbaines-les facteurs d'émission ne sont pas disponibles.

Un facteur d'émission de 5 µg TEQ/t est suggéré comme première estimation pour des feux de forêts, compte tenu des tests effectués sur des feuilles en plein air au Japon (Ikeguchi *et al.* 1999).

Un grand nombre de résidus agricoles peuvent être brûlés dans les champs pour être éliminés. Les matières qui sont brûlées pour générer de l'énergie (par exemple, le chauffage) sont exclues de cette Section (cf. Section 6.3), qui vise à estimer les émissions des feux en plein air, généralement dans les champs. Gullett *et al.* (2002) ont effectué des essais sur des feux de biomasse en plein air, et ont déterminé des facteurs d'émission pour la paille de blé (contenant environ 0,8 % de Cl pour le blé de printemps et 0,08% pour le blé d'hiver), pour la paille de riz (contenant 0,33% Cl), pour le chaume (0,33% Cl). Les facteurs d'émission pour la paille de blé allaient de 0,337 à 0,602 µg TEQ/t de paille brûlée, et celui pour le riz était de 0,537 µg TEQ/t de paille. La différence d'un facteur de dix dans la teneur en chlore n'a pas eu d'effet sur les facteurs d'émission. Ces facteurs d'émission mesurés sont bien plus élevés que ceux utilisés par US-EPA pour leur Evaluation des Dioxines (US-EPA 2000). Des facteurs d'émission bien plus élevés ont été trouvés pendant des essais en plein air au Japon (Ikeguchi *et al.* 1999), qui ont inclus des tests avec des feuilles, des bales de paille et des enveloppes de riz. Les facteurs d'émission étaient de 4,6, de 20,2, et de 67,4 µg TEQ/t respectivement.

Il faut s'attendre à ce que les émissions varient beaucoup suivant les conditions dans lesquelles les matériaux sont brûlés, la nature de la plante ou du résidu (par ex. la composition), l'humidité, ou la présence possible de contaminants (on conçoit que la présence de résidus d'eau salée ou l'utilisation de beaucoup de pesticides pourraient modifier les émissions). En se basant sur ces considérations, on distinguera deux classes, avec la classe 3 couvrant le cas où l'on brûle des résidus de moisson relativement propres dans des conditions favorables. La Classe 4 représente le brûlage de résidus dans les champs, dans des conditions moins favorables tels que des situations où l'on a utilisé au préalable des pesticides contenant des précurseurs ou catalyseurs menant à la formation des PCDD/PCDF,

où les conditions de combustion sont mauvaises, où le degré d'humidité est élevé et où le sol est humide. Dans des conditions favorables, un facteur d'émission moyen de 0,5 µg TEQ/t sera appliqué et dans des conditions mauvaises on prendra un facteur 30 µg TEQ/t pour faire une estimation initiale des rejets. Il y a un besoin de plus d'expériences pour mieux rendre compte les résidus de moisson brûlés couramment dans les pays des tropiques, par ex. la canne à sucre, les couvertures de riz, etc.

#### 6.6.1.2 *Rejet dans l'eau*

On ne pense pas qu'il y ait des rejets dans l'eau mais les pluies peuvent laver et disperser les résidus et les déverser dans des cours d'eau. Ces apports dans des cours d'eau devraient être pris en considération.

#### 6.6.1.3 *Rejet dans la terre*

On s'attend à trouver des PCDD/PCDF dans les résidus qui peuvent être laissés sur les champs ou incorporés dans la terre, ce qui constitue un rejet dans la terre.

On peut penser qu'il y a des PCDD/PCDF dans les cendres des feux. Dans certains cas, elles peuvent être utilisées pour leur teneur minérale, en agriculture. La production des cendres de ces feux variera avec les conditions et la nature de la matière brûlée.

Quelques études ont été entreprises pour connaître les niveaux de PCDD/PCDF dans les sols après des feux en plein air (*cf.* les discussions de l'EPA, 1998) et généralement, on n'a trouvé que de légers changements dans les terres, en terme de concentrations de PCDD/PCDF. Des études sur les niveaux de PCDD/PCDF dans les cendres et les suies provenant de feux en plein air ont mis en évidence une très fourchette de concentrations. Le contenu en cendre de bois est normalement assez faible (comparé à des déchets ou à du charbon). Un facteur d'émission de 4 µg TEQ/t de matière brûlée est suggéré, basé sur une moyenne de production de cendres de 2% de la masse brûlée, et sur une concentration dans les cendres de 200 ng TEQ/kg.

#### 6.6.1.4 *Rejet dans les produits*

On ne s'attend pas à avoir des produits.

#### 6.6.1.5 *Rejet dans les résidus*

Les résidus sont supposés être des rejets dans le sol, puisqu'ils sont habituellement laissés sur place.

### 6.6.2 Feux accidentels et feux de déchets

C'est un vaste secteur qui est faiblement quantifié. Ce Toolkit inclut la combustion délibérée des matériaux de déchets pour les éliminer, dans le cas où l'on n'utilise pas de fours ou équipements similaires-----par exemple le brûlage de déchets domestiques et autres, empilés à l'extérieur, le brûlage de déchets dans les décharges----- les feux

délibérés et accidentels, les feux dans les immeubles, voitures et véhicules similaires. Les catégories suivantes, comme indiquées au Tableau 54, ont été sélectionnées pour être étudiées. Pour les classes de 2 jusqu'à 5, on devra prendre le facteur d'émission pour, soit le résidu, soit la terre, selon les conditions locales.

Tableau 54 : Facteurs d'émission des feux de déchets et des incendies accidentels.

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de matières brûlées				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Feux de décharge	1'000	ND	NA	NA	600
2. Feux accidentels dans les maisons, les usines	400	ND	(400)	NA	400
3. Feux non contrôlés de déchets domestiques	300	ND	(600)	NA	60
4. Feux accidentels dans les véhicules	94 (par véhicule)	ND	[18 (par véhicule)]	NA	18 (par véhicule)
5. Feux de bois à l'air libre (construction/démolition)	60	ND	(10)	NA	10

Les feux non contrôlés de déchets domestiques devraient inclure toutes les circonstances où les déchets sont brûlés sans contrôle de pollution et par conséquent les feux en tas, à l'extérieur, en tonneaux ou à la maison. Les feux des déchets en décharge sont considérés comme une catégorie à part. Une estimation des quantités de dioxines qui restent dans les résidus solides peut être déduite pour cette catégorie et est estimée en terme de dioxine par unité de déchets brûlés.

Les feux accidentels sont très variables et les émissions vont fortement dépendre des matières brûlées et de la nature du feu. Il y a des informations limitées sur les émissions dues à ces feux et un simple chiffre indicatif est donné pour couvrir tous les feux accidentels, en excluant les feux dans les véhicules. Les PCDD/PCDF existeront dans les résidus qui pourraient être éliminés ou laissés sur le sol.

Les feux impliquant des produits chimiques peuvent mener à des rejets très élevés, quand certains précurseurs chimiques sont concernés; il y a insuffisamment d'information pour évaluer les rejets d'incendies chimiques, et les rejets sont inclus dans la sous-catégorie de feux accidentels. Il faudrait noter que des événements spécifiques peuvent mener à des contaminations locales et à des « points chauds » potentiels.

Les feux de véhicules peuvent rejeter des PCDD/PCDF, mais il n'existe que des données limitées pour donner de facteurs d'émission pour de tels événements, et ceux ci sont présentés. Les véhicules concernés peuvent varier considérablement, et les émissions varieront aussi ; les chiffres ici sont donnés comme une première estimation seulement.

Dans certains pays, des quantités considérables de bois utilisés dans la construction et la démolition sont éliminées en les brûlant. Des facteurs d'émission sont donnés pour ce cas.

### 6.6.2.1 Rejet dans l'air

Les émissions dans l'air, pour les feux de déchets domestiques similaires dans des conditions non contrôlées, ont été mesurées aux Etats Unis à partir de déchets domestiques brûlés dans un tonneau (US-EPA 1997, Gullett et al. 1999, Lemieux et al. 2003). Les émissions semblent varier considérablement selon les conditions de combustion (hautement variables), et la composition des déchets, allant de moins de 9 µg WHO-TEQ/t de déchets jusqu'à plus de 6655 µg WHO-TEQ/t. Des tests de reproductibilité avec 6 autres essais du brûlage de matériaux de référence dans les mêmes conditions ont donné des facteurs d'émission de 9 à 148 µg WHO-TEQ/t (un facteur de 16 entre les expériences, tandis que on a obtenu 2 fois presque les mêmes facteurs d'émission supérieurs et inférieurs). Les émissions les plus élevées ont été trouvées, soit quand la teneur en chlore organique (PVC ; jusqu'à 7,5% du déchet) augmentait (3543 et 6655 µg WHO-TEQ/t, soit quand la teneur en cuivre (le cuivre agit comme catalyseur) était élevée (2725 µg WHO-TEQ/t). D'un autre côté, les émissions de PCDD/PCDF devenaient assez élevées (jusqu'à 992 µg WHO-TEQ/t) lorsque les conditions de combustion étaient insuffisantes dues au doublement de la charge, l'humidité des déchets était élevée, les déchets étaient comprimés, ou que la teneur en chlore minéral (comme CaCl<sub>2</sub>) était élevée. Un des essais avec 0% de PVC a donné des concentrations plus élevées qu'une des deux expériences avec le cuivre. La valeur moyenne des 25 essais était de 706 µg WHO-TEQ/t et la médiane était de 148 µg WHO-TEQ/t. Il est intéressant de noter que la partie du WHO-TEQ total due aux PCB de structures similaires n'était que de 5% en moyenne. Une valeur de 300 µg TEQ/t est utilisée ici pour les feux à l'air libre où une grande variété de déchets sont brûlés, y compris des objets tels que des déchets domestiques dangereux y compris des produits chimiques.

Relativement peu d'études existent sur les rejets de PCDD/PCDF dus aux feux dans les décharges. De hauts niveaux de PCDD/PCDF ont été associés aux feux de décharge, qui sont associés à de mauvaises conditions de combustion et à des mélanges de déchets. Un facteur d'émission de 1'000 µg TEQ/t est appliqué (basé sur un travail en Suède, par l'EPA, 1998).

Les matières brûlées et les conditions qui règnent dans les feux accidentels varient énormément. Des données limitées sont disponibles pour les émissions de tels feux. Il est difficile de mesurer les émissions, et les études tendent à utiliser des simulations en laboratoire, ou à mesurer la suie et les résidus qui résultent d'un feu. Les facteurs d'émission développés ici ont une valeur indicative et davantage de travail est nécessaire afin d'étudier des feux de tous types pour améliorer les estimations de rejets. Quelques études ont considéré les émissions dues à des feux de PVC seulement, et ont donné des facteurs d'émission basés sur la production de suie, dans la fourchette de 40 à 3500 µg TEQ/t (basé sur un résumé de Carroll, 1996). Les facteurs étaient basés sur des résultats de laboratoire et des échantillons provenant d'incendies réels et attestent que 20% du PVC demeure imbrûlé et que toutes les émissions dans l'air sont capturées dans les suies. Merk et al. (1995) ont brûlé du bois et du PVC dans une pièce fermée et ont mesuré les niveaux de PCDD/PCDF dans l'air/flux de gaz dans la pièce, ainsi que dans des échantillons prélevés sur les murs. En supposant que tout l'air de la pièce était contaminé aux niveaux mesurés, un facteur d'émission de 560 µg TEQ/t de PVC, ou 51 µg TEQ/t de bois/PVC mixte est obtenu. En plus, il a été supposé que la suie déposée ajoute 2200 µg TEQ/t de PVC ou 200 µg TEQ/t de PVC/bois mixte. Ikegushi et al. 1999 ont donné des facteurs d'émission pour les feux en plein air de déchets variés (220 µg TEQ/t de vieux pneus, 1'000 µg TEQ/t pour les gaines de fil électrique, et 6600 µg TEQ/t pour les plastiques utilisés en agriculture (PVC)). Des tests au Danemark, sur les PCDD/PCDF rejetés par des feux de produits chimiques (Vikelsøe et Johanssen 2000) ont



montré une énorme fourchette de facteurs d'émission (à 500°C), allant de 1 µg TEQ/t pour le dichlorobénile jusqu'à 740'000 µg TEQ/T pour le pentachlorophénol (PCP) ; le PVC a produit 100 µg TEQ/t dans ces tests. A 900°C, les quantités étaient fortement réduites. Après un examen des données collectées à partir de feux accidentels dans des résidences, des facteurs d'émission de 83 µg TEQ/t dans l'air, et de 83 µg TEQ/t dans les suies déposées ont été calculés; pour les feux industriels, 500µg TEQ/t dans l'air et 500µg TEQ/t dans les suies déposées dans la région, ont été adoptés pour l'Allemagne (LUA 1997).

Etant donné la gamme très large de matières considérées dans le cas des feux accidentels, ainsi que et la grande fourchette possible des facteurs d'émission, une première estimation peut être faite en appliquant un facteur d'émission de 400µg TEQ/t aux feux accidentels.

Des tests limités ont été effectués sur les rejets de PCDD/PCDF pour des feux de véhicules. Des tests ont été menés dans un tunnel avec une vieille voiture (1974), une voiture récente (1988), un wagon de métro et un wagon de train (Wichmann et al. 1995). Les émissions dans l'air ont été estimées à partir de dépôts de PCDD/PCDF dans le tunnel, et aucune estimation n'a été faite pour des PCDD/PCDF qui aurait pu ne pas se déposer. Les émissions ont été de 32 µg TEQ pour la vieille voiture, 44 µg TEQ le wagon du métro et 9200 µg TEQ pour le wagon de chemin de fer. En vue de la réalisation d'une estimation initiale, un facteur d'émission composite est développé en supposant que 49,5% des feux de véhicules concernent des voitures neuves, et 0,5% chacun des véhicules représentés par des wagons du métro et du chemin de fer, donnant un facteur de 94µg TEQ par événement (NB ce facteur d'émission est chiffré par événement et non par tonne de matériau !).

Il est relativement courant de voir que des feux soient utilisés pour brûler des déchets de construction et de démolition-----ceux-ci sont surtout des feux de bois, mais peuvent être aussi utilisés pour brûler d'autres matériaux. A nouveau, on a peu d'information soit sur les quantités brûlées, soit sur les émissions. Des études au Japon peuvent être utilisées pour faire une estimation initiale d'un facteur d'émission à appliquer : 60 µg TEQ/t (Ikeguchi et al. 1999).

#### 6.6.2.2 *Rejet dans l'eau*

Il existe peu d'information sur les rejets de PCDD/PCDF dans l'eau pour ces types de feux. Les rejets vont varier considérablement mais les plus hauts rejets viendront de l'usage de l'eau pour éteindre les feux, ou de pluie tombant sur un lieu où il y a eu un incendie, enlevant les matériaux pour les amener dans des cours d'eau. Comme ces éléments dépendront de circonstances locales, il n'est pas possible de fournir des facteurs d'émission, mais la question peut être importante.

#### 6.6.2.3 *Rejet dans la terre*

Pour la plupart des cas des feux considérés, un rejet peut avoir lieu dans le sol parce que les résidus sont laissés sur place, sur la terre. Dans ce Toolkit, on propose le même facteur d'émission pour la terre et pour les résidus ; en estimant les rejets nationaux, les pays devront appliquer celui qui est le plus approprié pour leurs conditions locales.

#### 6.6.2.4 *Rejet dans les produits*

Ces procédés ne donnent pas de produits ; il n'y a donc pas de rejet par cette voie.

#### 6.6.2.5 *Rejet dans les résidus*

Les résidus de tous les types de feux considérés dans cette section sont probablement chargés de PCDD/PCDF. Les quantités dépendront des conditions du feu, et de la nature des matériaux brûlés. Les résidus peuvent être enlevés ou laissés sur place. Dans ce Toolkit, on propose le même facteur d'émission pour la terre et pour les résidus ; en estimant les rejets nationaux, les pays devront appliquer celui qui est le plus approprié pour leurs conditions locales.

Un facteur d'émission indicatif de 600 µg TEQ/t de matières brûlées est utilisé pour les feux de déchets domestiques en plein air, basé sur des résultats de feux en tonneaux, aux USA (Lemieux et al. 1997).

Il y a peu d'information pour les feux accidentels et à propos des niveaux de PCDD/PCDF dans les résidus. Une large gamme de concentrations a été mesurée mais il y a souvent des informations insuffisantes pour estimer un facteur d'émission puisque les quantités de cendres produites ne sont pas connues. En Allemagne, une estimation a été faite qui a donné des facteurs d'émission dans les résidus (y compris les suies déposées) de 1'000 µg TEQ/t pour les feux industriels et de 350 µg TEQ/t pour les feux domestiques (LUA 1997). Comme approximation et afin de faire une estimation initiale, un facteur d'émission de 400 µg TEQ/t est utilisé donnant des valeurs égales de PCDD/PCDF dans les émissions dans l'air, et aussi et dans les résidus, en moyenne, pour les feux considérés.

Pour les feux de véhicules, des tests limités en Allemagne (Wichmann et al. 1995) ont donné des quantités de PCDD/PCDF restant dans les résidus ; un facteur d'émission composite est utilisé pour faire une première estimation de 18 µg TEQ par événement (en utilisant les mêmes hypothèses que ci-dessus). Note : ce facteur d'émission est par événement et non par unité de masse.

Pour les feux concernant les bois de construction et de démolition, on n'a pas trouvé de facteurs d'émission. Pour faire une première estimation, un facteur d'émission de 10 µg TEQ/t de bois brûlé est suggéré (venant de travaux en Grande Bretagne sur la combustion de bois industriels Dyke et al. 1997) ; Notez que des bois traités, des charges de combustion mélangées, ainsi que de mauvaises combustions de combustion peuvent augmenter considérablement les quantités de PCDD/PCDF dans les résidus.

## 6.7 Catégorie principale 7 - Production et utilisation de produits chimiques et de biens de consommation

Cette Section 6.7 décrit le potentiel important du domaine des produits chimiques et de la production de biens de consommation pour générer les dioxines et des furannes, en donnant des conclusions à partir de données mesurées et d'informations sur les caractéristiques permettant d'estimer/quantifier les rejets de PCDD/PCDF issues des activités variées de ce secteur. Cette Section 6.7 donne aussi de brèves descriptions des procédés étudiés ici, pour acquérir une compréhension générale des industries. Elles peuvent aider à une meilleure compréhension des relations existantes entre les procédés industriels et les rejets qui en découlent avec ou sans dioxines et furannes. Pour plus de détails, il faudrait consulter d'autres sources d'information et la littérature plus spécialisées.

Comme on le voit au Tableau 55, il existe cinq sous-catégories principales. On peut aussi voir que des rejets de PCDD/PCDF peuvent se produire par divers cheminements ayant pour conséquence la contamination de l'air, de l'eau, du sol ou dans le produit même. De plus, les résidus peuvent également être contaminés par des dioxines et des furannes. Pour toutes les activités listées dans ce secteur, les émissions principales ne sont pas dans l'atmosphère, mais dans d'autres compartiments.

Tableau 55 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 7 - Production et utilisation de produits chimiques et de biens de consommation :

7. Catégories et sous-catégories	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
a. Usines de pâte et de papier	x	X		x	X
b. Industries chimiques (chlorophénols, produits organiques halogénés, production de chlore, procédés de javellisation)	x	X	(x)	X	X
c. Industrie pétrolière (raffineries)	x				x
d. Usines textiles		X		x	
e. Usines de cuir		X		x	

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

En se référant aux provisions de l'Article 5, les sources dans cette catégorie peuvent être classées comme suit :

#### Les catégories de l'Annexe C, Partie II comprennent :

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(c)	Production de pâte utilisant le chlore élémentaire ou des produits chimiques donnant du chlore pour le blanchiment	6.7.1

**Les sources de l'Annexe C, Partie III comprennent :**

**Les catégories de sources de l'Annexe C, Partie II comprennent :**

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(f)	procédés de fabrication chimique spécifiques rejetant des POP formés non intentionnellement, en particulier la fabrication de chlorophénols et de chloranile	6.7.2
(j)	teinture de textile et de cuir (avec chloranile) et finition (avec extraction alcaline)	6.7.4 ; 6.7.5

### 6.7.1 Fabrication de pâte et de papier

En termes simples, le papier est une feuille formée de fibres avec un nombre de produits chimiques ajoutés qui procurent les propriétés et la qualité de la feuille. En plus des fibres et des produits chimiques, la fabrication de la pâte et du papier demande de grosses quantités d'eau et d'énergie (comme de la vapeur et de l'électricité).

La pâte nécessaire à la fabrication du papier, peut être produite à partir de fibres vierges par des moyens chimiques ou mécaniques, ou peut être produite en faisant à nouveau un dépulpage du papier de récupération. Une usine à pâte peut utiliser de la pâte venant d'ailleurs (= usine à pâte non intégrée), ou peut être intégrée en faisant le dépulpage sur le même site (= usine à pâte intégrée). Les usines de pâte kraft peuvent être à la fois non intégrées et intégrées alors que des usines de pâte au sulfite sont normalement intégrées à la production du papier. La production mécanique de pâte et l'utilisation de fibres recyclées font généralement partie intégrante de la fabrication du papier, mais dans quelques cas, est devenue une activité à part.

La production de pâte et de papier est un domaine complexe qui comprend de nombreux procédés avec des étapes différentes et des produits différents. Pour les besoins du Toolkit et en raison de paramètres de base, comme les matières premières, les procédés peuvent être fractionnés en un certain nombre de classes. Bien que ce soit le bois qui est la matière première la plus utilisée pour la fabrication de pâte, il faut noter que d'autres matériaux qui ne sont pas du bois sont aussi utilisés pour la pâte et le papier: paille de blé, roseaux, etc. Ces fibres représentent 6,5 à 11% de la production de pâte vierge dans le monde. Dans les pays en développement ou les pays avec peu de ressources forestières, les fibres dites « non-bois » représentent plus de 35% de la production totale de pâte (Blanco *et al.* 2004). Un des plus importants producteurs de bois à partir de fibres non-bois est la Chine. Les données de Zheng *et al.* concernent une usine de pâte non-bois en Chine (Zheng *et al.* 2001, Zheng *et al.* 1997).

Il faut noter que des informations sur les fibres non-bois sont rares et que les procédés peuvent être différents. La plupart des usines à pâte non-bois ont des capacités faibles et les systèmes de récupération ne sont pas actuellement viables, économiquement ou techniquement. Le problème principal en utilisant des fibres non-bois est la présence de silice dans les liqueurs noires usées, ce qui peut provoquer des problèmes dans les cycles d'élaboration de la pâte et de recyclage chimique ; cela donne aussi un mauvais égouttage pendant la fabrication du papier. Ces liqueurs ne peuvent pas être traitées par des systèmes conventionnels à cause de leurs teneurs élevées en produits inorganiques et leur faible pouvoir calorifique. Il faudrait davantage de recherche dans ce secteur. (Blanco *et al.* 2004).

La production de pâte à papier est la source principale d'impacts sur l'environnement produits par l'industrie de pâte et papier. En termes généraux, les procédés de fabrication du papier et du carton consistent en 3 étapes : fabrication de pâte, sa transformation, puis la fabrication des papiers/cartons.

Produits par des usines de pâte et de papier, les rejets de PCDD/PCDF peuvent avoir lieu via les vecteurs suivants :

- Emissions dans l'air (en brûlant la lignine et les liqueurs noires pour générer de l'énergie) ;
- Emissions dans l'air par le brûlage du bois ou de l'écorce pour générer de l'énergie ;
- Emissions avec les eaux du procédé (les usines modernes de pâte fonctionnent sans le moindre effluent);
- Emissions par les boues de la pâte, qui peuvent être épandues sur le sol, être incinérées ou envoyées en décharge ;
- Emissions dans les produits (= pâte, papier) qui vont dans le commerce comme produit ayant une valeur

#### L'élaboration de la pâte

Pendant le procédé de fabrication de pâte, les fibres de cellulose sont séparées de la lignine du bois, opération connue sous le nom de délignification. Normalement ce sont des bois durs et des bois tendres qui sont utilisés comme matières premières; cependant, d'autres matériaux telles que des coquilles de noix de coco, du bambou, du papyrus, de la paille, *etc.* peuvent également être transformés en pâte. Pour ce faire, on peut employer des méthodes chimiques ou mécaniques.

Dans la fabrication **mécanique** de la pâte, les fibres du bois sont séparées entre elles en appliquant de l'énergie mécanique au produit, par exemple, les bûches sont serrées contre un broyeur rotatif en pierre, simultanément à l'action de l'eau, ou en faisant le défibrage des copeaux de bois entre des disques affineurs. Si des produits chimiques sont ajoutés pour le prétraitement les copeaux de bois, le procédé s'appelle le dépulpage chimico-thermo-mécanique (CTMP). Pour les qualités supérieures de papier, la pâte doit être délignifiée, ou blanchie. Pour cela, deux procédés sont employés :

##### a) Le procédé au sulfite

C'est un procédé de cuisson acide de la liqueur, basé sur l'utilisation de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), et une base : calcium, sodium, magnésium ou ammonium. Son importance a diminué ces dernières années, et aujourd'hui seulement 10% de la production mondiale de pâte est fabriquée de cette manière. L'utilisation de calcium et de magnésium est démodée en Europe car, bien que ce procédé soit moins cher, les produits chimiques de cuisson ne peuvent pas être récupérés. Le sulfite représente le procédé dominant en Europe parce qu'il permet de récupérer le produit chimique. Le procédé au sulfite exige des fibres de haute qualité, alors que les produits qui en sont fabriqués ont une résistance à la traction plus faible. Ce procédé est le plus souvent utilisé pour les bois tendres.

##### b) Le procédé avec sulfate, ou kraft

C'est un procédé de lessivage à l'aide d'une solution alcaline, qui est le procédé de fabrication de pâte le plus employé au monde (80% de la production mondiale de pâte). Il s'applique à tous genres de bois/fibres et produit une cellulose à haute résistance mécanique. Le procédé kraft utilise une solution (liqueur) à base de sulfure de sodium (Na<sub>2</sub>S) et d'hydroxyde de sodium (NaOH) en solution à 10%. Les

produits chimiques qui n'ont pas réagi (liqueurs noires) seront récupérés pour générer de la liqueur blanche, qui sera réutilisée en début de procédé.

### Le blanchiment

Pour enlever les couleurs associées aux résidus de lignine, la pâte est blanchie au cours de trois à cinq étapes de blanchiment, alternant entre des conditions de traitement acides et alcalines.

Les produits chimiques les plus utilisés sont le chlore, l'hypochlorite, le dioxyde de chlore, l'oxygène, l'ozone et le peroxyde. Plus récemment, l'acide peracétique est devenu commercialement disponible comme agent de blanchiment. En augmentant le degré de substitution du dioxyde de chlore, on diminue la formation de substances chlorées aromatiques et on évite la formation de PCDD/PCDF. Il y a quatre approches pour blanchir :

#### 1. Blanchiment par le chlore élémentaire

Ici on utilise du chlore ( $\text{Cl}_2$ ) et de l'hypochlorite pour éclaircir la pâte. Quand le chlore élémentaire et l'hypochlorite réagissent avec la lignine, des composés chlorés, y compris des PCDD/PCDF, sont formés. Le blanchiment avec le chlore et l'hypochlorite représentait environ 25% du marché mondial pour la pâte blanchie en 2000.

#### 2. Blanchiment sans utilisation de chlore élémentaire libre (ECF)

Le blanchiment ECF est une séquence de blanchiment qui utilise généralement du dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ) comme agent principal de blanchiment. Le chlore élémentaire (chlore gazeux,  $\text{Cl}_2$ , hypochlorite aussi) n'est plus utilisé. L'ECF mène à une réduction des niveaux de PCDD/PCDF. En l'an 2000, 67% du marché mondial était approvisionné par de la pâte traitée élaborée ECF.

#### 3. Blanchiment totalement sans chlore (TCF)

Aucun agent de blanchiment contenant du chlore n'est utilisé pour le blanchiment de la pâte ; à la place, l'oxygène ( $\text{O}_2$ ), le peroxyde ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou l'acide per-acétique sont utilisés. Les effluents sont presque sans chlore. En l'an 2000, la pâte TCF totalisait 7% du marché mondial pour la pâte blanchie.

#### 4. Blanchiment de la pâte mécanique

Le blanchiment de la pâte mécanique est complètement différent du blanchiment chimique, car il est basé sur des méthodes conservant la lignine, au lieu des méthodes qui l'éliminent. L'effet n'est pas permanent et le papier jaunit dans le temps. La méthode est menée en 1-2 étapes, en utilisant du sodium dithionite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), du peroxyde ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou une combinaison des deux. Dans l'industrie du blanchiment de la pâte, il existe des mélanges des procédés ci-dessus. Par exemple, certains, comme les producteurs de pâte au Chili, utilisent de faibles quantités de chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ , chlore libre) pendant la première étape de blanchiment dans les procédés TCF avec des faibles teneurs en lignine après le procédé de cuisson. Dans ce procédé, il y a un multiple de chlore faible appliqué pendant la première étape de blanchiment ( $\leq 0,1\%$   $\text{Cl}_2$ ). Ce type se voit dans le Toolkit sous la classe 3 (voir Tableau 57 et 58) (CORMA 2004).

### Fabrication de papier

#### **Papier à fibre primaire :**

Toutes les machines à papier et à carton sont basées sur le même procédé de base, où une suspension aqueuse à 99% de fibres et produits chimiques est asséchée

mécaniquement par des presses, puis passée par des jeux de cylindres à une température un peu au-dessus de 100°C. A la fin, le papier est lissé en passant par des cylindres chauds disposés en paires (calandrage ou calandrage doux) et enfin, le papier est enroulé sur un rouleau maître.

#### **Papier recyclé :**

L'élaboration de pâte à partir de fibres secondaires est un procédé relativement simple, qui utilise des produits chimiques de traitement tels le NaOH. Les procédés à fibres recyclées (RCF) sont soit des procédés avec nettoyage exclusivement mécanique, par exemple, sans désencrage, soit des procédés mécaniques avec désencrage. Le papier récupéré est dispersé dans un désintégreur à eau chaude, séparé des impuretés non fibreuses, et nettoyé progressivement jusqu'à l'obtention de la pâte propre. Pour certaines utilisations, par exemple, du papier graphique, la pâte subit un désencrage pour augmenter la blancheur et la pureté.

#### Systemes de recyclage chimique

Le procédé kraft de recyclage chimique n'a pas beaucoup changé depuis 1884. Les résidus dilués de liqueurs noires sont concentrés par évaporation pour donner une liqueur noire concentrée ; celle-ci est brûlée dans une chaudière à récupération d'énergie, et les produits chimiques du procédé sont extraits du mélange sous forme fondue. Les chaudières à récupération peuvent être complétées par des chaudières à combustible fossile ou brûlant des déchets de bois en copeaux pour répondre aux besoins énergétiques de l'usine. Les émissions de ces chaudières peuvent contenir des rejets de PCDD et de PCDF. Comme il ressort du Tableau 56, il n'y a pas de facteur d'émission pour les rejets de PCDD/PCDF dans les résidus car les cendres provenant de la chaudière des liqueurs noires sont recyclées dans le procédé.

Pour le Toolkit, nous adopterons l'approche courante et noterons les données pour la pulpe en tonnes séchées à l'air (ADt) qui se réfère à la pulpe séchée à 90% et 900 kg de pulpe séchée totalement. Pour le papier, la base est le papier fini, à l'état sec qui en résulte, typiquement à 94-96% de matière sèche. Les nouvelles données pour les fibres non-bois proviennent de la Chine, mais les informations complémentaires ne sont pas suffisantes pour convertir les concentrations relevées dans les rejets d'effluents aqueux en facteurs d'émission basés sur ADt. Il faut donc estimer les rejets dans les eaux usées à partir des concentrations mesurées et le volume d'effluents aqueux rejetés dans l'environnement. Aussi, il n'est pas possible de fournir des facteurs d'émission avec autant de détail que dans le cas du blanchiment du bois (Zheng *et al.* 2001).

Pour l'industrie du papier et de la pâte, les facteurs d'émission devront être choisis comme indiqué aux Tableau 56 et 58

Tableau 56 : Facteurs d'émission pour les industries de la pâte et du papier : chaudières.

	Facteur d'émission	
	<u>Air</u> µg TEQ/ADt	<u>Résidus</u> µg TEQ/t de cendres
1. Chaudières de liqueur noire	0,07	NA
2. Chaudières de boues et de biomasse/écorces	0,2	50

Les émissions annuelles par les effluents d'eaux usées et par les boues de papiers et pâtes (= résidus) seront calculées en multipliant la concentration dans les effluents (en pg TEQ/L) ou la concentration dans les boues (en µg TEQ/t de matière sèche) par les décharges annuelles ou par le volume de production, respectivement. Pour aider à l'estimation des rejets, des valeurs typiques en termes de µg TEQ/ADt sont données dans les tableaux, avec les concentrations typiques dans les effluents et les solides. Ces valeurs peuvent être utilisées si les données des flux bruts ne sont pas disponibles. Les concentrations en PCDD/PCDF pour les différentes classes sont données au Tableau 57. Ces facteurs d'émission pour les usines à fibre de bois supposent que toutes les usines ont des unités de traitements des effluents qui produisent des boues et des effluents ayant des teneurs faibles en solides. Pour l'exemple non-bois, les concentrations concernent l'effluent brut, avant traitement.

Tableau 57 : Facteurs d'émission pour les effluents et les boues de pâte.

Classification	Facteurs d'émission			
	Eau		Résidus = Boues	
	µg TEQ/ADt	pg TEQ/L	µg TEQ/ADt	µg TEQ/t dans les boues
1. Procédé kraft, Cl <sub>2</sub> gazeux, fibres non-bois, traités PCP	ND	300	ND	ND
2. Procédé kraft, ancienne technologie (Cl <sub>2</sub> )	4,5	70	4,5	100
3. Technologie mixte (TCF mais Cl <sub>2</sub> partiellement en première étape)	1,0	15	1,5	30
4. Papiers sulfite, technologie ancienne (chlore libre)				
5. Procédé kraft ; technologie moderne (ClO <sub>2</sub> )	0,06	2	0,2	10
6. papiers sulfite, nouvelle technologie (ClO <sub>2</sub> , TCF)				
7. Pâte thermo mécanique	ND	ND	ND	ND
8. Papier recyclé venant de déchets de papier contaminé *		30		
9. Papier recyclé de journaux modernes	ND	ND	ND	ND

\* Effluents aqueux de systèmes de désencrage



Tableau 58 : Facteurs d'émission pour les produits à base de pâte et de papier.

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de produit
1. Pâtes kraft de fibres non-bois, potentiellement « impactés » par PCP, Cl <sub>2</sub> , blanchiment au gaz	30
2. Papiers et pâtes kraft à partir de fibres vierge, blanchiment au chlore libre	8
3. Technologie mixte (TCF, mais Cl <sub>2</sub> partiellement en première étape)	3
4. Papiers par procédé sulfite, technologie ancienne (avec chlore libre)	1
5. Papiers kraft, nouvelle technologie (ClO <sub>2</sub> , TCF), papiers non blanchis	0,5
6. Papiers au sulfite, nouvelles technologies (ClO <sub>2</sub> , TCF)	0,1
7. Pâte thermomécanique	1
8. Papier recyclé venant de déchets de papier contaminés	10
9. Papier recyclé venant de journaux modernes	3

#### 6.7.1.1 Rejet dans l'air

Les émissions majeures dans l'air des usines de pâte et de papier trouvent leurs origines dans la production d'énergie et non dans les procédés de fabrication eux-mêmes.

Les fabriques de pâte et de papier brûlent la lignine (venant du procédé de dépulpage) pour la production d'énergie utilisée sur le site. De plus, des copeaux de bois ou d'écorces résiduels, etc. peuvent être brûlés dans les chaudières. Pour les deux types d'usines : kraft ou au sulfite, les volumes moyens sont de 6'000-9'000 m<sup>3</sup>/t de pâte et les concentrations de l'ordre de 0,41 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (fourchette : 0,036-1,4 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>) (CEPA-FPAC, 1999). Les émissions plus élevées sont basées sur des mesures faites en zones côtières de la Colombie Britannique, où des bois chargés de sel entrent dans les usines à pâte. Pour les chaudières de liqueurs noires venant d'usines à pâte traitant des fibres non-bois, on n'a pas trouvé d'informations sur les concentrations de PCDD/PCDF. Il faut donc supposer aujourd'hui que les mêmes facteurs d'émission que dans le cas d'usines de traitement de bois s'appliquent. Il faut noter cependant que les usines traitant des fibres non-bois ne possèdent pas de chaudières.

Les chaudières de liqueurs kraft sont utilisées par les industries de la pâte et du papier pour brûler les liqueurs noires concentrées. La plupart sont équipées avec de simples systèmes de lavage des gaz d'émission, par exemple des cyclones, des systèmes de lavage à l'eau, ou des filtres électrostatiques (ESP). Les concentrations moyennes dans les gaz de cheminée sont entre 0,004 et 0,008 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (CEPA- FPAC, 1999). Pour le Toolkit, le facteur d'émission qui devrait être retenu est celui déterminé par le NCASI et utilisé dans la re-évaluation du US-EPA : 0,07 µg TEQ/t de liqueur noire. (US-EPA 2000, volume 2, 5-26).

US-EPA (1998) a noté des émissions provenant de la combustion de résidus de boues ou de bois dans des chaudières à bois (chauffeur avec ESP), d'entre 0,004 et 0,118 µg I-TEQ/t de boues ou de bois, respectivement. Le facteur d'émission par défaut pour la combustion dans les usines à pâte de résidus de boues et de bois, est de 0,06 µg TEQ/t de matières entrantes (c'est à dire, résidus de boues ou de bois). Il n'y aura pas de différenciation entre des

technologies différentes, par exemple au niveau des systèmes de nettoyage des gaz de combustion.

Au Canada, les chaudières brûlant un combustible qui est composé de déchets de bois (hog-fuel) fonctionnent dans des usines de pâtes situées sur la côte. Une chaudière typique est composée d'un four de combustion, des surchauffeurs à vapeur, un banc de génération, un économiseur, un chauffeur d'air, des multicyclones, des filtres électrostatiques ou filtres humides, et une cheminée. Ce combustible contient 0,06% à 2,2 % de NaCl, et 49% à 66% d'humidité. On a trouvé des émissions des cheminées allant de 0,01 ng TEQ/m<sup>3</sup> à 2,8 ng TEQ/m<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>) (Duo and Leclerc 2004). Des tests effectués à une chaudière à déchets de bois ont donné une moyenne pour les émissions de PCCDD/PCDF de 0,295 ng TEQ/m<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>). En opérant une co-combustion avec un combustible (contenant 1,6% de soufre) dérivé de pneus, à une teneur de 5%, les émissions ont été réduites à une moyenne de 0,119 ng TEQ/m<sup>3</sup> (@ 11% O<sub>2</sub>). Le combustible de bois décheté avait une teneur en chlore de 0,02 à 0,585 % de chlore (Duo et al. 2002, Duo et al. 2003).

Les fabriques de pâte kraft sont équipées de fours à chaux pour brûler le carbonate de calcium formé pendant le procédé de caustification. Le four rotatif fonctionne à des températures de 800°C, au départ de la réaction de calcination, et à 1'000-1'100°C pour parfaire la réaction. Le débit de gaz dans le four à chaux est d'environ 1'000 Nm<sup>3</sup>/t de pâte. Ici, les facteurs d'émission pour les fours à chaux devraient être utilisés ; se référer à la Section 6.4.2.

Le facteur d'émission par défaut pour la combustion du bois dans les usines à pâte a été dérivé de ceux calculés pour la combustion du bois, cf. Section 6.3. CORMA (2004) a signalé des facteurs d'émissions entre 0,16 et 0,4 µg TEQ/t d'apport pour les chaudières à écorce (Classe 2), on suggère donc un facteur d'émission de 0,2 µg TEQ/t d'apport pour ce Toolkit.

### 6.7.1.2 Rejet dans l'eau

L'industrie du papier et de la pulpe est l'une des plus grands consommateurs d'eau. Les usines au sulfite rejettent plus d'eau que celles au procédé kraft. Une usine moderne de blanchiment rejette entre 15 et 20 m<sup>3</sup>/t d'eau par tonne de ADT.

En 1988, aux Etats Unis, une usine typique de pâte et de papier utilisait 16'000 à 17'000 gallons d'eau par tonne de pâte produite (60-64 m<sup>3</sup> d'eau/t pâte). Dans l'UE, la consommation d'eau variait de 15 à 100 m<sup>3</sup>/t. La consommation d'eau peut être réduite en augmentant la re-circulation interne de l'eau. Des chiffres typiques pour les rejets d'eaux usées sont de 20-40 m<sup>3</sup> par tonne de pâte produite. Pour le Toolkit, un chiffre de 30 m<sup>3</sup>/t de pâte produite sera utilisé.

Les concentrations dans les effluents varient de 3pg TEQ/l à 210 pg TEQ/l avec une moyenne à 73 pg TEQ/l (US-EPA 1998a). Le facteur d'émission par défaut pour la pâte blanchie fabriquée avec de vieilles méthodes de blanchiment est de 4,5 µg TEQ/t de pâte. Alternativement, la concentration dans l'effluent peut être utilisée et multipliée par la masse totale d'eau rejetée par an, pour calculer le rejet annuel.

La substitution du Cl<sub>2</sub> par du ClO<sub>2</sub> dans la première étape du blanchiment réduira de manière très nette la formation de 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD et de 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF (en dessous de la limite de détection, qui est de 0,3-0,9 pg/l).

Des données récentes générées et publiées par le NCASI (National Council (of the Paper Industry) for Air and Steam Improvement, Inc.) en 1998, aux USA, à partir de 20 lignes de blanchiment dans 14 usines kraft qui remplace complètement le chlore par le dioxyde de chlore, ont donné 119 couples de données pour le 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD et le 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF dans des effluents des usines à pâte. Les résultats ont montré qu'il n'a été détecté aucun cas de la présence de 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD dans des échantillons, au dessus de la valeur recommandée de 10 pg/l. Le 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF a été détecté dans deux échantillons prélevés à l'étape acide du procédé, à des concentrations de l'ordre de 15-18 pg/l, et à l'étape alcaline dans une fourchette de 11 à 18 pg/l.

Le facteur d'émission par défaut des rejets d'usines modernes à pâte, utilisant le dioxyde de chlore sera fixé à 60 ng TEQ/t de pâte blanchie, ce qui représente une valeur conservatrice. Le facteur d'émission ne sera utilisé que s'il y a un déversement direct dans l'environnement. Si des boues sont générées, la dioxine transportée sera collectée dans les boues, et les effluents sortant des unités de traitements de ces effluents auront des concentrations de PCDD/PCDF que l'on ne pourra pas connaître.

Un cas spécial de concentrations plus élevées a été détecté dans des effluents d'usines à pâte situées dans les régions côtières de la Colombie Britannique, au Canada. Ici, des conditions particulières de travail sont utilisées : du bois imbibé de sel est brûlé et les cendres sont éliminées dans les unités de traitement des effluents. Toute situation similaire devrait être notée ; actuellement aucun facteur d'émission par défaut ne peut être donné pour des usines à pâte.

L'élaboration de pâte de bois traité au pentachlorophénol peut augmenter les concentrations dans les effluents, bien qu'il n'y ait pas de données publiées. Tout usage de PCP ou de bois traités au PCP dans l'industrie du bois et du papier devrait être notifié.

Des concentrations beaucoup plus élevées que celles trouvées pour les usines à pâte à papier en Europe ou aux Etats-Unis ont été signalées pour les usines de pâte et de papier en Chine, qui effectuaient un blanchiment au chlore pour les fibres non-bois (Zheng et al. 2000). Les concentrations de PCDD/PCDF dans les eaux usées d'une usine en Chine utilisant la séquence de blanchiment C-E-H étaient de 316 pg I-TEQ/L dont 230 pg/L était le 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD et 122 pg/L était le 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF.

Dans les fabriques de pâte et papier mécaniques (usines intégrées, TMP) les circuits d'eau sont généralement bien étanches afin de maintenir les températures des procédés élevées. Par conséquent, les volumes d'eaux usées sont faibles (5-10m<sup>3</sup>/ADt). Des facteurs d'émission n'ont pas été trouvés.

### 6.7.1.3 Rejet dans les produits

Les produits issus de l'industrie de la pulpe et du papier peuvent être contaminés par les PCDD/PCDF. Le degré de contamination dépendra de la technologie du blanchiment utilisée. Des concentrations élevées de PCDD/PCDF ont été notées lorsque des opérations de blanchiment par le chlore ont été appliquées. Les technologies modernes mènent à des

concentrations plus faibles dans les produits. Le fait de remplacer le Cl<sub>2</sub> par du ClO<sub>2</sub> mène à une réduction des 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD et 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF à des niveaux non détectables. Toutefois, l'élimination complète des PCDD/PCDF dans les effluents et les produits de blanchiment ECF, est une question du nombre kappa et de la pureté du ClO<sub>2</sub>. Avec un nombre kappa élevé et du ClO<sub>2</sub> impur (c'est à dire, avec des teneurs en chlore élevée) les probabilités de formation de PCDD/PCDF augmentent.

Les concentrations dans la pâte peuvent varier de 0,6 ng TEQ/kg de pâte à 200 ng TEQ/kg de pâte blanchie (US-EPA 1998a, Tableau 8-1). Les concentrations médianes s'appliquant aux « technologies anciennes » ont été calculées à 9 ng TEQ/kg de pâte blanchie kraft. Le facteur d'émission par défaut est de 10 µg TEQ/t de pâte kraft blanchie. Le facteur d'émission par défaut de cette pâte TMP est de 1 µg TEQ/t de pâte kraft blanchie.

Les pâtes chinoises blanchies accusaient des concentrations élevées en PCDD/PCDF (Zheng et al. 2000). Zheng et al. (2000) signalent 24,7 ng I-TEQ/kg de pâte pour une séquence de blanchiment C-E-H avec un profil de blanchiment au chlore relativement « typique » (2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF = 13,6 ng/kg et 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD = 2,0 ng/kg, mais des concentrations élevées de 1,2,3,7,8-Cl<sub>5</sub>DD = 29,8 ng/kg et Cl<sub>6</sub>DD = 35,8 ng/kg). Zheng et al. (1977) ont aussi trouvé des concentrations élevées dans cinq pâtes blanchies de fibres de non-bois qui se situaient entre 33,5 ng I-TEQ/kg et 43,9 ng I-TEQ/kg. Ces fumées étaient caractérisées par des concentrations très élevées de 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD, de 1,2,3,7,8-Cl<sub>5</sub>DD, et de 1,2,3,4,7,8-Cl<sub>6</sub>DD mais ne contenaient pas de quantités mesurables de Cl<sub>4</sub>DF et Cl<sub>5</sub>DF substitués en 2,3,7,8.

Les pâtes thermomécaniques (TMP) avaient des concentrations d'environ 1 µg TEQ/t de pâte (de Wit 1989) et entre 0,17 ng I-TEQ et 1,65 I-TEQ/kg (Santl et al. 1994a). Le facteur d'émission pour les TMP est de 1 µg TEQ/t de pâte.

(2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF = 13,6 ng/kg et 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD = 2,0 ng/kg mais des concentrations élevées de 1,2,3,7,8-Cl<sub>5</sub>DD = 29,8 ng/kg et de 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DD = Le facteur d'émission pour la pâte TMP est de 0,1 µg TEQ/t pâte. 35,8 ng/kg.

Les pâtes non blanchies ont des concentrations en PCDD/PCDF faibles. Le facteur d'émission pour la pâte au sulfite est de 0,1 µg TEQ/t de pâte.

Les papiers recyclés venant de déchets de papier avec de faibles concentrations de PCDD/PCDF ont un facteur d'émission de 3 µg TEQ/t, basé sur des informations fournies par CORMA (2004) et les pâtes et papiers recyclés venant de sources « impactées », par exemple des déchets de papier à haute teneur en PCDD/PCDF, ont un facteur d'émission de 10 µg TEQ/t, basé sur des données fournies par Santl et al. (1994a, 1994b).

Le remplacement du Cl<sub>2</sub> dans la première étape du blanchiment par du ClO<sub>2</sub> réduira notablement la formation du 2,3,7,8-Cl<sub>4</sub>DF ; à 0,1-0,3 pg/g de pâte blanchie, correspondant à 0,1-0,3 µg/t de pâte blanchie.

Les concentrations de PCDD/PCDF des papiers kraft blanchis, en utilisant du chlore libre (Cl<sub>2</sub> gazeux) et les facteurs d'émission par défaut correspondants, sont de 5 µg TEQ/t pour des mouchoirs en papier, les sacs pour provisions, et autres papiers de la grande consommation, et de 2 µg TEQ/t pour les filtres en papier et les journaux faits à partir de

fibres vierges. Si le blanchiment est fait avec du dioxyde de chlore ou en absence totale de chlore, le facteur d'émission sera de 0,5 µg TEQ/t.

Les papiers au sulfite utilisant des technologies plus anciennes ont un facteur d'émission de 1µg TEQ/t de papier. Si on utilise les technologies modernes, on abaisse le facteur d'émission à 0,1µg TEQ/t.

Les papiers non blanchis ont un facteur d'émission de 0,5 µg TEQ/t.

Les papiers recyclés auront un facteur d'émission, soit de 10 µg TEQ/t pour les papiers recyclés venant de pâte faite par l'ancien procédé kraft, soit de 3 µg TEQ/t pour les papiers recyclés fabriqués à partir de papier primaire fabriqué par une technologie moderne de blanchiment.

#### 6.7.1.4 Rejet dans les résidus

Les résidus majeurs et ceux contenant potentiellement des dioxines, sont des boues de pâte venant du traitement des eaux usées. La production de boue est entre 14 et 140 kg de boue par tonne de pâte (US-EPA 1998a). En Europe, l'UE fait état de 30-60 kg de déchets organiques par tonne de pâte kraft blanchie, et en plus 40-70 kg de déchets inorganiques par tonne de pâte. La pulpe non blanchie produit 20-60 kg d'extraits secs par tonne de pâte. Pour le calcul du facteur d'émission, on suppose qu'une tonne de pâte génère 50 kg de boue (matière sèche).

L'existence d'un vecteur vers l'environnement sera déterminée par la manière dont les boues sont gérées. Les pratiques courantes d'élimination comprennent la mise en décharge ou en dépôt, l'épandage, le recyclage (compost, litières pour animaux) ou l'incinération.

Les concentrations dans les boues des pâtes fabriquées par les anciens procédés de blanchiment sont dans la fourchette de 2 ng TEQ/kg d.m à 370 ng TEQ/kg d.m avec une moyenne de 93 ng TEQ/kg de boue. Le facteur d'émission pour les boues blanchies kraft est de 4,5 µg TEQ/t de pâte blanchie kraft. Il est aussi possible de prendre un chiffre de concentration de 100 ng I-TEQ/kg de boue, et le multiplier par la masse totale de boue éliminée par an, cela afin de calculer la valeur du rejet annuel.

Presque aucune différence de concentrations dans les boues issues des systèmes de traitement des eaux usées n'a été trouvée entre les usines exploitant le procédé de délignification traditionnelle et celles faisant la délignification par apport d'oxygène. Les boues ont été analysées pour le Cl4DD et le Cl4DF substitués en 2,3,7,8, ainsi que pour tous les 17 congénères de PCDD et de PCDF substitués en 2,3,7,8. Les concentrations vont de 3,8 ng TEQ/kg d.m. à 5,2 ng TEQ/kg d.m. pour la délignification conventionnelle et de 1,8 ng TEQ/kg d.m à 4,5 ng TEQ/kg pour la délignification ED ou ED/OD.

Avec une moyenne estimée de 4 ng TEQ/kg m.s., le facteur d'émission par défaut pour les boues de pâte provenant de méthodes modernes sera de 0,2 µg TEQ/t de pâte.

Dans une usine utilisant du papier récupéré, Santl et al. 1994 ont constaté des concentrations entre 24,9 et 44,37 ng TEQ/kg dans les boues de désencrage. Après traitement des effluents, la contamination dans les boues a été réduite à 11,01 ng I-TEQ/kg. Dans ce Toolkit, on appliquera un facteur d'émission de 30 µg TEQ/kg de boue pour les boues venant du désencrage et les boues à base de fibre, ensemble.

La fabrication de papier, et de la pâte récupérée en particulier, génèrent un nombre de déchets avec des hautes teneurs en carbone organique (par exemple les rebuts de papier, les boues de désencrage, les solides biologiques). Ces déchets peuvent être envoyés en décharge ou incinérés. En Europe, il y a un nombre croissant de grandes usines sur le site même pour la production de vapeur ou pour la co-combustion de boues dans des centrales. Les émissions d'un incinérateur isolé équipé d'injection de charbon actif ou de zéolites ont des teneurs faibles en PCDD/PCDF, aux alentours de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>; de même, la co-incinération de boues de pâtes dans des centrales bien gérées au combustible fossile a donné des résultats inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (BREF 2000a). Puisqu'on n'observe pas d'effet avec des combustibles alternatifs, on peut appliquer les facteurs d'émission pour la combustion des boues utilisées comme indiqué en Section 6.1.5 ; pour les centrales exploitant une co-combustion de boues avec le combustible fossile, la Section 6.3.1 devrait être appliquée.

Dans l'étude canadienne sur les chaudières brûlant des déchets de bois contenant beaucoup de sel, on a trouvé des concentrations de 3,80 µg TEQ/kg de cendres pour les opérations normales, et de 2,63 µg TEQ/kg pour les conditions de co-combustion avec des pneus (Duo et al. 2003, Duo et al. 2002).

Pour le Toolkit et les chaudières aux écorces/bois, le même facteur d'émission que pour le brûlage du bois dans la Section 6.3 est appliqué. Les données de CORMA (2004) ont fourni un facteur d'émission de 48 µg TEQ/t de cendres pour les chaudières aux écorces.

Il faudrait suivre l'élimination des cendres, ainsi que les rejets potentiels dans l'environnement inclus (épandage sur le sol non contrôlé) ou exclus (décharges).

### 6.7.2 L'industrie chimique

Historiquement, les premières observations de contamination par les dioxines et les furannes ont été faites pendant la production de phénols chlorés et leurs dérivés. En particulier, on a trouvé que les pesticides tels que l'acide 2,4,5 trichlorophénoxyacétique (2,4,5-T) et le pentachlorophénol (PCP) étaient contaminés par des PCDD et des PCDF. De hautes concentrations en PCDF ont aussi été trouvées dans les polychlorobiphényles (PCB).

Les PCDD et PCDF peuvent être formés dans les procédés chimiques mettant en œuvre le chlore. Les procédés suivants ont été identifiés comme sources de PCDD et PCDF, en ordre décroissant de probabilité, du haut vers le bas :

- Production de phénols chlorés et leurs dérivés
- Production d'aromatiques chlorés et leurs dérivés
- Production de produits chimiques aliphatiques chlorés
- Production de catalyseurs et de produits chimiques inorganiques chlorés

Pour quelques uns des procédés, la formation de PCDD/PCDF est implicite dans le procédé de fabrication, par exemple lorsque les phénols sont chlorés directement lorsqu'ils sont purifiés par distillation ou par condensation du chlorophénate.

Il a été montré que la production de chlore à partir de sels alcalins ou de saumure utilisant des anodes en graphite mène à de hautes contaminations des résidus, surtout par des PCDF, et un peu moins par des PCDD. Une contamination dans la fourchette de quelques µg TEQ/kg a été mesurée dans les boues d'électrode.

Il faudrait noter que les conditions qui favorisent la formation de PCDD/PCDF dans les procédés industriels chimiques humides, sont différentes de celles qui favorisent la formation de PCDD/PCDF dans les procédés thermiques. Pour les procédés de fabrication de produits chimiques qui impliquent du chlore, la génération de PCDD et PCDF est favorisée si l'une de ces conditions est respectée (pour d'autres informations sur les mécanismes de formation de PCDD/PCDF, voir UNEP Chemicals 2003a, NATO/CCMS 1992b) :

- Hautes températures (>150°C)
- Conditions alcalines (surtout lors de la purification)
- Radiation UV ou autre générateurs de radicaux libres

Les sous-sections suivantes présentent les produits qui ont été notés comme contenant des PCDD et PCDF, ou pour lesquels les procédés de fabrication ont été associés à la formation de PCDD/PCDF. Il faut noter que quelques pays ont publié des listes de produits chimiques qui devront être testés pour la présence de PCDD/PCDF avant d'être mis sur le marché. De telles listes comprennent des produits qui étaient, ou sont, suspectés de contenir des PCDD/PCDF au dessus d'une certaine limite. Pour la plupart des produits, les concentrations de PCDD/PCDF sont en dessous du seuil. Plusieurs de ces produits sont des intermédiaires dans la fabrication d'autres produits : les contaminations en PCDD/PCDF de ces intermédiaires sont transférés dans le produit final (par exemple dans le cas des colorants à base de chloranile, ancien procédé) ou bien seront trouvés dans les résidus (et dans ces cas le plus souvent associés au résidu du procédé d'oxychloration).

Dans tous les cas où des usines sont identifiées comme étant producteurs des produits chimiques listés dans les sous-sections suivantes, il est recommandé de caractériser ces procédés, en commençant par les matières premières et des conditions appliquées au cours des étapes de purification ; on finira par les quantités et par le traitement appliqué aux résidus du procédé (par exemple, quel type de traitement est appliqué aux effluents et quelle est la quantité de résidus produits----et où ils vont). Les principales utilisations des produits et leurs clients, ainsi que toute donnée disponible sur les niveaux de PCDD/PCDF dans les produits, les résidus et les effluents contribueront toutes à la compilation de l'inventaire.

Puisque la conception des procédés et la gestion des effluents et des résidus ont un effet si profond sur la formation des PCDD/PCDF et tout rejet vers l'environnement, il n'est pas possible de donner des facteurs d'émission par défaut pour les différents procédés qui sont considérés dans cette Section. Chaque Section traite des principales caractéristiques des procédés de fabrication de produits chimiques et, si possible, fournit des données sur les concentrations constatées dans les produits. L'approche suggérée pour évaluer les rejets dus à l'industrie chimique est d'identifier les unités de production pour les produits chimiques listés, de détailler les procédés exploités, les techniques de purification, et la fabrication et le traitement des résidus et des sous-produits. De plus, il est important de connaître le destin des résidus (mis en décharge, valorisation de sous-produits, incinération, etc.). Comme bon nombre de ces produits chimiques peuvent être utilisés en formulations, celles-ci devront être identifiées, tout comme les utilisations faites de chaque produit. Il pourrait être possible de valider en termes généraux le flux des PCDD/PCDF dans le produit et aussi d'identifier les points d'entrées dans l'environnement. Toute information sur l'élimination des matières traitées par des produits chimiques peut être aussi très utile.

Certains produits chimiques peuvent ne pas être fabriqués dans le pays, mais être importés en tant que produit final (par exemple, des formulations) ou en tant que produits intermédiaires. Dans d'autres cas des produits qui auront été traités avec une des substances chimiques

peuvent être importés (par exemple, du bois traité avec du PCP). Les importations devraient être notées et quantifiées, si possible, et les utilisations notées. D'un autre côté, il peut exister des usines dans un pays où les produits chimiques listés dans cette Section sont synthétisés pour l'exportation (uniquement). Alors que des rejets potentiels survenant durant une phase de production devraient être comptabilisés dans l'inventaire du pays, les rejets de PCDD/PCDF associés avec les pratiques d'élimination de ces produits chimiques devraient paraître dans le pays récipiendaire.

### **Rejet dans l'air**

La plupart des études sur l'industrie chimique n'ont trouvé que des rejets mineurs de PCDD/PCDF dans l'air, résultants de la fabrication des produits listés.

En général, les rejets dans l'air de PCDD/PCDF seront préoccupants à un niveau local. C'est normalement une question d'exposition professionnelle, d'hygiène de travail, de qualité du lieu de travail, et de l'utilisation de vêtements de protection appropriés (y compris des masques à filtres) qui concernent les ouvriers éventuellement exposés.

Des rejets plus importants dans l'air peuvent être la conséquence des produits chimiques utilisés mais ceux-ci sont difficiles à quantifier et dépendront des conditions locales. D'autres rejets dans l'air peuvent être dus à l'incinération de résidus de procédés de fabrication de produits chimiques. Ceux-ci seront comptabilisés en tant que l'incinération de produits dangereux incinérés, et sont traités à la section 6.1.2

### **Rejet dans l'eau**

Les rejets dans l'eau et dans les égouts peuvent arriver quand les effluents sont déversés et non pas recyclés dans le procédé. Les PCDD/PCDF sont vraisemblablement fortement liés aux matières solides, ou associés aux phases huileuses des effluents. Les rejets de PCDD/PCDF dépendront du procédé utilisé, de la quantité d'effluent produit et du traitement prévu pour les effluents.

Il n'est pas possible de donner des facteurs d'émission dus aux rejets dans l'eau car ils sont dépendants de facteurs spécifiques au site.

Pour chaque procédé il est important de d'identifier les rejets dans les effluents, de noter d'où ils proviennent dans le procédé, d'identifier le traitement appliqué et de noter où l'effluent est déversé (égout, rivière, bassin de décantation, etc.). Il est aussi très utile de disposer de données sur la quantité des effluents et leur composition.

Des rejets peuvent aussi survenir quand des produits sont utilisés. Dans ce cas, il sera peut-être possible d'estimer la quantité de produit rejetée dans l'eau et donc d'estimer les rejets des PCDD/PCDF. Dans d'autres cas, il est intéressant de noter où les rejets dans l'eau peuvent exister à la suite d'une utilisation d'un produit.

### **Rejet dans la terre**

Les rejets dans les terres sont seulement probables à partir de procédés de fabrication au cours desquels les résidus de ces procédés sont simplement déversés sur le sol. On ne peut pas donner de facteurs d'émission mais tous les cas de déversement devraient être notés avec des informations sur les quantités et la source du résidu, si possible.



Les rejets dans le sol à cause de l'utilisation de produits sont possibles, en particulier pour les pesticides. Si des informations fiables existent sur l'usage de produits chimiques contaminés, il sera peut-être possible d'estimer les rejets dans le sol. Dans d'autres cas, notez les rejets possibles dans le sol, et réunissez des données sur les produits utilisés.

### **Rejet dans les produits, et dus à l'utilisation et à l'élimination de produits**

Pour chacun des produits chimiques listés dans les Sections ci-dessous, des données sont fournies sur les concentrations de PCDD/PCDF dans les produits (quand ils sont disponibles). Ceci peut être associé aux données de production, et aux informations sur les importations/exportations pour estimer un flux de PCDD/PCDF dans le produit.

Les rejets dans l'environnement venant du produit dépendront de l'utilisation des produits chimiques et de l'élimination des matériaux traités avec le produit. Quand c'est possible, les données devraient être rassemblées sur les utilisations principales, sur les quantités utilisées, sur la nature des usages industriels ou domestiques, et sur la gestion et le traitement des matériaux qui auront été traités.

### **Rejet dans les résidus**

Les résidus de productions chimiques peuvent contenir des PCDD/PCDF. Les niveaux dépendront du procédé utilisé et de la purification mise en œuvre. Il y a de nombreux courants de résidus possibles. Ceux qui sont dignes d'intérêt incluront les sous-produits (spécialement les résidus huileux, plus denses, venant de la purification), les boues provenant des traitements d'effluents, etc. Les concentrations de PCDD/PCDF peuvent varier beaucoup---de ng TEQ/kg à des mg TEQ/kg. On ne peut pas fournir de facteurs généraux.

Il est utile de rassembler des données sur les résidus produits sur les sites de production chimique, tout comme il est utile de noter comment les résidus sont traités, puis éliminés.

Des résidus peuvent aussi apparaître lors de l'usage du produit ou de sa formulation. Il serait peut-être possible d'estimer la quantité d'un produit contaminé se trouvant dans un résidu.

#### *6.7.2.1 Le pentachlorophénol (PCP) et le pentachlorophénate de sodium (PCP-Na)*

Ces deux produits sont des pesticides également utilisés comme agents de conservation pour, par exemple, les bois (intérieurs et extérieurs), le cuir, les textiles (y compris le coton ou la laine). Le pentachlorophénol (PCP) est un hydrocarbure chloré qui est un fongicide et un insecticide. Il est utilisé principalement pour protéger le bois de construction de la pourriture fongique et des insectes qui attaquent le bois en faisant des trous. Les produits au PCP sont très toxiques pour les plantes et sont utilisés comme défoliants de pré-récolte et comme herbicides globaux. Les formulations techniques contenant du PCP ou du PCP-Na ont été vendues sous de nombreux noms commerciaux.

Jusqu'à la fin des années 1980 au moins, l'usage prédominant du PCP était en tant que conservateur de bois. Aux USA, 95 à 98% de la production américaine de PCP est directement ou indirectement utilisée pour le traitement du bois. Des données du Canada (95%) et d'Allemagne (à 6%) confirment l'usage principal du PCP comme conservateur du

bois. En Allemagne cependant, des quantités considérables de PCP étaient utilisées en 1983 dans le textile (13%), le cuir (5%), l'huile minérale (6%), la colle (6%) (WHO 1987).

Le sel de sodium du pentachlorophénol (PCP-Na) est utilisé principalement en solution aqueuse. Il est utilisé comme fongicide et antibactérien; il a des applications dans les domaines suivants :

- conservateur de bois (fongicide et agent contre le bleuissement)
- agent d'imprégnation des textiles industriels (fongicide)
- bactéricide dans l'industrie de la pâte et papier, et dans les tanneries
- molluscicide dans le traitement des eaux industrielles, en particulier pour les eaux de refroidissement

et quelques fois comme

- un agent stérilisant

En raison de sa toxicité, le PCP a fait l'objet de restrictions variées dans plus de trente pays.

Le pentachlorophénol contient des impuretés dangereuses y compris jusqu'à 0,1% de polychloro-dibenzodioxines et polychloro-dibenzofuranes et de 1 à 5% de phénoxyphénols polychlorés. Les PCDD/PCDF sont émis quand les produits traités au PCP sont exposés au soleil et lorsqu'ils sont brûlés incorrectement à la fin de leur vie utile. Le PCP dans les boues d'épuration est aussi une source de PCDD/PCDF (EC1996).

Il existe trois procédés pour la production commerciale du pentachlorophénol (NATO/CCMS 1992a) :

- La méthode la plus courante est la chloration directe du phénol par du chlore gazeux en présence d'un catalyseur. La réaction entraîne la formation de sous-produits tels que l'hydrogène, le chlorure d'hydrogène et des PCDD/PCDF.
- L'hydrolyse de l'hexachlorobenzène avec de l'hydroxyde de sodium. Les PCDD/PCDF sont formés comme des sous-produits non désirables. Ce procédé était utilisé seulement en Allemagne.

En Chine, le PCP est fabriqué via la thermolyse de l'hexachlorocyclohexane (HCH) (Wu, 1999).

Globalement, il y a deux procédés pour la fabrication du PCP-Na :

- (1) L'hydrolyse de l'hexachlorobenzène (HCB) avec l'hydroxyde de sodium. Ce procédé est connu pour avoir été appliqué en Allemagne jusqu'en 1984 (puis, la méthode (2) avec le PCP comme produit de départ, a été utilisé)
- (2) Dissolution du PCP dans l'hydroxyde de sodium. Après filtration la solution de PCP-Na est concentrée.

Normalement, la contamination des PCDD/PCDF dans le PCP-Na est plus faible que dans le PCP, car une partie de la contamination est éliminée lors de la filtration.

La contamination du PCP et du PCP-Na par les PCDD/PCDF varie de quelques  $\mu\text{g}$  I-TEQ/kg à 1-2 ng I-TEQ/kg ; cela dépend du procédé de fabrication, et du composé. Aujourd'hui, de nombreux pays ont interdit l'usage du pentachlorophénol et de son sel de sodium. En Europe, la Directive 91/173/EC interdit la vente et l'usage du pentachlorophénol, ses sels et esters en concentration égale ou supérieure à 0,1% en poids dans des substances et des formulations. Cependant, il y a quatre exceptions. L'utilisation du pentachlorophénol et de ses composés est autorisée dans les installations industrielles :

- (a) pour la préservation du bois ;

- (b) pour l'imprégnation des fibres et des textiles à usage industriel ;
- (c) comme agent de synthèse et/ou de traitement dans les procédés industriels ;
- (d) pour le traitement *in situ* de bâtiments présentant un intérêt culturel ou historique (à condition de l'existence d'une autorisation individuelle de la part du Pays membre concerné).

Dans tous les cas, le PCP utilisé en tant que tel, ou en tant que constituant de formulations, doit avoir une teneur totale en Cl<sub>6</sub>DD (hexachlorodibenzo-*para*-dioxine) de moins de quatre parties par million (4 ppm). Les autres usages principaux sont le traitement à haute pression de poteaux télégraphiques, de traverses de chemins de fer, et de barrières en bois (voir Catégorie Principale 10, Section 6.10).

Un flux considérable de PCP vers un pays peut se produire à travers des importations du composé chimique lui-même, et aussi dans des produits traités au PCP (bois, meubles, textiles et cuirs). Suivre ces flux est peut être très difficile.

Le facteur d'émission par défaut du PCP fabriqué selon les procédés 1) ou 2) est de 2'000'000 µg TEQ/t (200 µg TEQ/kg). La ligne de production chinoise aura un facteur d'émission de 800'000 µg TEQ/t.

Le facteur d'émission par défaut pour le PCP-Na est de 500 µg TEQ/t. Nota : Santl *et al.* (1994) ont détecté 3'400 µg TEQ/kg dans un échantillon de PCP-Na venant de la France, en 1992.

Les émissions de PCDD/PCDF dans l'air, à partir de matériaux traités au PCP, sont difficiles à quantifier et peuvent être déterminées par des facteurs spécifiques au site ; les rejets dus à l'élimination par combustion de matériaux contenant du PCP peuvent mener à des émissions élevées de PCDD/PCDF, qui ne peuvent être bien étudiées ici. Toutefois, l'impact sur les facteurs d'émission lors de la combustion de bois traité aux PCP est présenté en Section 6.3.4 ; les procédés de combustion non contrôlés mènent aussi à des émissions plus élevées (cf. Section 6.6.2).

### 6.7.2.2 Polychlorobiphényles (PCB)

Les polychlorobiphényles (PCB) ont été largement utilisés dans des applications électriques (transformateurs, condensateurs), comme matériaux d'étanchéité, et dans le papier sans carbone. Depuis 1995, la production mondiale de PCB a été arrêtée mais il reste encore beaucoup d'équipements en fonction, contenant des PCB; des matériaux et déchets contaminés aux PCB sont encore en usage ou attendent d'être éliminés.

Les PCB sont fabriqués commercialement par la chloration progressive du biphenyl en présence d'un catalyseur adapté, par exemple le chlorure de fer. Suivant les conditions de réaction, le degré de chloration varie de 21% à 68% (en poids). Le produit est toujours un mélange de différents congénères et isomères qui sont ensuite purifiés par filtration ou par distillation. En général, les PCB commerciaux contiennent des impuretés, principalement des dibenzofuranes polychlorés (PCDF), à un niveau d'environ quelques µg /kg à des mg/kg, mais pas de dibenzo-p-dioxines polychlorés (PCDD). Bien qu'il y ait 209 sortes de congénères de PCB possibles, seuls 130 sont couramment présents dans les mélanges commercialisés (EHC 1993, Fiedler 1998).

Les PCB sont exclusivement contaminés par le PCDF à travers le procédé de production. Lorsque ces produits sont soumis à de hautes températures leurs niveaux du PCDF augmenteront. Nota : il n'y a pas de formation de PCDD. Selon le degré de chloration, la contamination des produits neufs se trouve dans la région de quelques  $\mu\text{g I-TEQ/kg}$ .

A la connaissance du PNUE, il n'y a aucune production de PCB dans le monde, donc aucun facteur d'émission n'est avancé pour la production de PCB.

Les rejets de PCDF résulteront des emplois de PCB ou d'opérations de recyclage par lesquelles le PCB est extrait de l'équipement, stockés ou éliminés. Les sites où les PCB sont employés, et où des équipements contenant des PCB sont stockés, démantelés, ou éliminés peuvent apporter une contamination locale et des Points Chauds potentiels (cf. Catégories Principales 9, Section 6.9.5 et 10, section 6.10.6).

Pour une première étape d'estimation des rejets de PCDF, associés à l'utilisation d'équipement avec PCB, on peut dresser un inventaire des équipements aux PCB dans le pays. La méthodologie d'assemblage d'un tel inventaire est discuté dans un autre guide du PNUE (UNEP 2000) et va au delà de la portée de ce Toolkit. Au cours de sa phase d'utilisation, un équipement PCB peut avoir des fuites, et les équipements plus anciens qui ne sont plus utilisés, mal stockés et entretenus, peut rejeter des PCB vers l'air, la terre et l'eau. Les équipements aux PCB peuvent perdre des PCB par évaporation et par des fuites de liquide pendant leur utilisation normale. Des estimations de taux de fuites ont été faites aux Etats-Unis. L'inventaire des PCB devrait permettre une améliorer des estimations des taux potentiels de fuites, en considérant la condition des unités dans chaque installation.

Les PCB qui résultent de fuites d'équipement peuvent s'évaporer (rejet dans l'air), être collectés dans des endiguements appropriés autour de l'équipement, et être éliminés----ou peuvent être un rejet dans l'eau ou le sol. Pour les besoins de cet inventaire, quelques exemples de concentrations sont donnés ; ils peuvent être utilisés pour estimer le taux de rejet de PCDF via des fuites identifiées ou estimées. L'ultime destin des PCB et PCDF dépendra des circonstances locales (rejet dans l'air, l'eau, le sol ou l'élimination /destruction).

Les PCB liquides peuvent aussi s'introduire dans l'industrie de la ferraille si des traitements non adaptés sont réalisés. Des rejets peuvent survenir par une évaporation à partir de ferrailles contaminées, par de procédés de traitement des ferrailles, et à partir des fuites des sites d'élimination. Des estimations pour ces rejets n'ont pas été réalisées.

Les PCB peuvent servir d'indicateur, car les PCB plus riche en chlore montrent un comportement similaire (en particulier, de stabilité et de mobilité) dans l'environnement que les PCDF substitués en 2,3,7,8.

La concentration des PCDF dans les produits PCB sera classée en fonction de la teneur en chlore, comme indiqué au Tableau 59:

Tableau 59 : Concentrations des PCDF dans les produits PCB

Type de PCB	PCB neufs ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )	PCB usés ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )
Chloré faiblement, par ex : Clophen A30, Aroclor 1242	15'000	Pas de valeurs disponibles mais supposées être supérieures au produit
Chloré moyennement, par ex. : Clophen A40, Aroclor 1248	70'000	

Chloré moyennement, par ex : Clophen A50, Aroclor 1254	300'000	neuf
Chloré fortement, par ex. : Clophen A60, Aroclor 1260	1'500'000	

Annema *et al.* (1995) ont utilisé des données américaines pour estimer les taux de fuites suivantes pour les PCB dans les condensateurs et transformateurs (Tableau 60).

Tableau 60 : Statistiques des pertes pour les équipements PCB

	Fréquence de fuite (% d'unités installées)	Quantité moyenne de fuite par unité, par an	Perte moyenne par fuite de liquide présent, au total/an
Transformateurs	2 %	30 kg	0,06 %
Condensateurs	3 %	8 kg	1,6 %

Comme il n'existe plus de production de PCB, il n'y aura pas d'émission pour des rejets avec les nouveaux produits dans l'inventaire des dioxines. Cependant, des rejets avec les produits pourraient être estimés pour les PCB dans les équipements existants décrits ci-dessus. Des rejets peuvent également survenir par une élimination inadéquate de l'équipement usagé contenant des PCB. Ces rejets ne peuvent être quantifiés que cas par cas et donc un facteur d'émission ne peut pas être donné. Les rejets de PCDF causés à la suite de fuites de PCB dépendent des conditions locales et feront l'objet d'une évaluation et d'une gestion conformes à la réglementation sur les produits chimiques et déchets dangereux.

### 6.7.2.3 *Le 2,4,5-trichlorophénoxy-acide acétique (2,4,5-T), le trichlorophénol et autres dérivés du chlorophénol*

Les dérivés du chlorophénol connus pour être contaminés par les PCDD/PCDF sont :

- 2,4-D = 2,4,- dichlorophénoxy acide acétique et
- 2,4-DB = 2,4- acide dichlorophénoxybutyrique
- Sésone = 2- (2,4- dichlorophénoxy) sulfate de sodium éthyl
- DMPA = 0- (2,4- dichlorophényl) 0 – méthyl isopropyl- phosphoramidothiolate
- 2,4,5-T = Trichlorophénoxy acide acétique
- Silvex (acide) = 2- (2,4,5- trichlorophénoxy) acide propionique (aussi connu comme le Fenoprop, 2,4,5,-TP,2,4,5- TCPA)
- Erbon = 2,2- acide dichloropropanoïque 2-(2,4,5-trichlorophénoxy) éthyl ester
- Ronnel = 0,0 diméthyl 0 – (2,4,5- Trichlorophényle) phosphoroate (aussi : le Fenchlorfos)

Le 2,4,5-trichlorophénoxy acide acétique (2,4,5-T) est un herbicide qui est surtout utilisé comme défoliant.

De grandes quantités d'esters butyles en mélange à 50:50 de 2,4,5-T et de 2,4-D (2,4-dichlorophénoxy acide acétique) connu sous le nom de Agent Orange ont été pulvérisés sur le Vietnam pendant la guerre dans ce pays. Aujourd'hui, il y a peu de sites de production du 2,4,5-T. Ce dernier était d'ailleurs hautement contaminé par du 2,4,7,8-Cl<sub>4</sub>DD; il n'a pas été identifié d'autres congénères au PCDD ou PCDF. La plus haute concentration signalée, dans un produit en Allemagne a été de 7'000 ng I-TEQ/kg de 2,4,5-T (présent comme 2,3,7,8-

Cl<sub>4</sub>DD). Le 2,4,5-trichlorophénol était principalement utilisé comme intermédiaire pour fabriquer le 2,4,5-trichlorophénoxy acide acétique et l'hexachlorophène. Une seule mesure a donné 680'000 ng I-TEQ/kg.

Le 2,4,5-T est le dérivé le plus important du 2,4,5-trichlorophénol (2,4,5-TCP). Commercialement, on fait réagir le 2,4,5-trichlorophénol avec l'acide chloroacétique dans des conditions alcalines. L'addition ultérieure d'acide sulfurique mène au 2,4,5-T, lequel peut réagir avec une variété d'alcools ou d'amines, pour produire les esters et sels aminés du 2,4,5-T. Bien qu'il n'y ait que peu de fabricants du 2,4,5-T, il y avait un nombre bien plus élevé de sociétés vendant plus de 400 formulations de pesticides formulés contenant du 2,4,5-T (Esposito *et al.* 1980).

Des Ponts Chauds dans le sol peuvent exister sur les anciens sites de fabrication et de manipulation de 2,4,5-T.

Le facteur d'émission pour le 2,4,5-T commercial (produit technique) est de 7'000 µg TEQ/t.

Le facteur d'émission du 2,4,6-trichlorophénol est de 700 µg TEQ/t.

Le facteur d'émission du dichloroprop est de 1'000 µg TEQ/t.

Le facteur d'émission du 2,4-D est de 700 µg TEQ/t (US-EPA 1998a, p 8-74). Les concentrations peuvent varier considérablement : des échantillons pris au hasard à partir de marques américaines ont donné 3 µg TEQ/t ; des marques asiatiques et russes ont donné environ 200 µg TEQ/kg (US-EPA 1998, p 8-77). Le sort final des PCDD/PCDF dans ces produits dépendra de leur usage et sera déterminé par les conditions locales.

#### 6.7.2.4 *Le chloranile*

Le 2,3,5,6- Tetrachloro-2,5-cyclohexadiène-1,4 dione (*p*-chloranile) est le précurseur pour la production des teintures à la dioxazine (pour le coton, le cuir, les synthétiques) et autres produits chimiques (par exemple, les semences et fongicides). La synthèse de pigments se fait par des réactions du chloranile (ou autres benzoquinones halogénés) avec des amines aromatiques pour donner des diarylaminochloroquinones et une cyclisation oxydative dans des solvants à hauts points d'ébullition, comme le *o*-dichlorobenzène, en présence de chlorures acyles ou l'acide sulfurique. Selon les procédés de production, le *p*-chloranile peut être fortement contaminé par les PCDD/PCDF.

Deux procédés de fabrication sont connus :

- (1) Le procédé ancien de Hoechst AG, par la chloration du phénol (utilisé jusqu'en 1990 en Allemagne). En utilisant ce procédé ancien, le *p*-chloranile était contaminé par plusieurs centaines de µg I-TEQ/kg de PCDD/PCDF (surtout le PCDF). La contamination du congénère *ortho* était beaucoup plus faible (environ 60µg I-TEQ/kg).
- (2) Le procédé développé par Rhône Poulenc Chimie et utilisé aujourd'hui par exemple par Clariant (Allemagne) avec la chloration (avec du HCl) de l'hydroquinone. Ce procédé mène à des produits beaucoup plus propres (*p*-chloranile : environ 7 µg I-TEQ/kg) ; la même qualité est obtenue par Tokoyama Soda (Japan).

Aux USA le chloranile a été utilisé comme fongicide et comme apprêt de semences entre 1937 et 1977. Après 1977, tout usage du chloranile en agriculture a été interdit. En Europe, le chloranile n'a pas été utilisé comme fongicide, ni comme agent protecteur de semences. En

Afrique, le chloranile a été utilisé comme fongicide et comme apprêt de semence au moins jusqu'en 1984.

Des 400 tonnes environ de chloranile produites par an jusqu'en 1989, 300t/an étaient consacrées aux pigments et 100 t/an aux matières colorantes (BUA 1992). Au cours de la dernière année de sa production 1990, Hoechst AG en a fabriqué 300t/an. Jusqu'en 1989, 150-200 t/an ont été exportées et environ 50-100t/an ont été importées par Hoescht AG, en provenance de l'Inde. Il est connu qu'en Inde, le même procédé a été utilisé pour la production du chloranile jusqu'à mi-1990. D'autres importations par l'Allemagne ont été estimées à environ 50-100t/an (BUA 1992). Depuis 1990, le seul producteur en Europe de l'Ouest, et probablement le plus grand producteur de chloranile au monde, est Rhône Poulenc Chimie en France. Des sites de fabrication de chloranile plus petites ont été identifiés en Inde, qui pourraient encore utiliser le procédé au phénol. Il n'a pas été possible d'obtenir des informations sur les productions en Europe de l'Est et dans la Fédération de la Russie. Toutefois, on sait que le chloranile a été produit dans la Fédération et qu'il y a aussi été importé. Il n'existe pas de production nationale de chloranile aux Etats Unis d'Amérique (BUA 1992).

Une contamination par le PCDD/PCDF dans les produits finaux fabriqués avec du chloranile, tel que les matières colorantes et les pigments, se trouveront finalement dans des déchets de polymères et plastiques, de textiles et des matériaux d'emballage (papier, boîte en aluminium, etc...) qui seront éliminés en tant que déchet solide municipal ou recyclés. Dans le cas du papier recyclé et de la teinture de textile, le PCDD/PCDF sera rejeté dans l'eau ou retrouvé dans les boues.

Le plus important pigment au dioxazine est le C-I Pigment Violet 23 (de chez Hoechst AG) qui est utilisé pour les laques, les polymères et les encres d'impression. Un usage similaire est fait du C-I Pigment Violet 37 (de Ciba Geigy AG).

Le facteur d'émission du *p*-chloranile fabriqué par le vieux procédé de Hoechst Farben est de 400'000 µg TEQ/t. Le facteur d'émission pour le *o*-chloranile est de 60'000 ug TEQ/t. Les textiles teintés avec du chloranile provenant de système ancien de production peuvent contenir 1'200µg TEQ/t.

Le facteur d'émission utilisant le procédé à l'hydroquinone pour la fabrication du *p*-chloranile est de 100 µg TEQ/t.

Les teintures et pigments à base de dioxazine par l'ancien procédé avaient des concentrations entre 20'000 et 57'000µg TEQ/t (pour le Bleu 106) et entre 1'000 et 19'000µg TEQ/t (violet 23) (Williams 1992). Aux USA les concentrations en chloranile étaient entre 263'000µg TEQ/t et 3'065'000 µg TEQ/t. Le violet Carbazole (colorant à pigment) avait 211'000µg TEQ/t.

Il n'est pas possible de donner des informations quantitatives sur le déversement de PCDD/PCDF dans l'environnement en raison du manque de données analytiques fiables. On peut s'attendre à ce que des rejets dans l'hydrosphère surviennent des industries en aval comme la production de colorants, de la teinture de textiles utilisant des bains de trempage, et du recyclage du papier (BUA 1992). Dans le cas du procédé Hoescht, on a noté la production de 20m<sup>3</sup> d'eaux usées par tonne de produit ; toutefois, les concentrations de PCDD/PCDF dans ces eaux usées n'ont pas été publiées. La synthèse des pigments au dioxazine est réalisée en circuit fermé de telle sorte que, normalement, il n'est pas généré d'effluents. La

contamination de PCDD/PCDF aurait pu être dissoute dans des solvants, par exemple le dichlorobenzène, et serait concentrée dans les résidus de distillation. Le sort de ces résidus solides devrait être noté (par exemple s'ils sont mis en décharge ou incinérés).

De plus, des charbons actifs utilisés au cours de la production des tissus teintés peuvent contenir des PCDD/PCDF (en Allemagne, l'élimination se fait par incinération dans un four rotatif) (BUA 1992).

#### 6.7.2.5 *Le 2,4,6-trichlorophényle-4'-nitrophényle éther (CNP)*

Le CNP (2,4,6-trichlorophényl-4'-nitrophényléther, ou chloronitrofène) a été utilisé en alternative au pentachlorophénol pour des applications intensives dans les rizières au Japon. On a trouvé que le CNP contenait de hautes concentrations en PCDD/PCDF. En particulier, des lots produits dans les années 70 et début 80, avaient une contamination allant de 240 à 540 µg TEQ/kg ; plus tard, les productions ont montré des concentrations plus faibles, au niveau de 400 ng TEQ/kg (Masunaga et al. 2001). Il n'y a pas d'autres informations sur la synthèse et sur ce qui aurait pu provoquer la baisse du niveau de contamination dans les lots les plus récents.

Les facteurs d'émission pour le CNP sont de 300'000 µg TEQ/t par la technologie ancienne et de 400 µg TEQ/t par la nouvelle technologie.

#### 6.7.2.6 *Les chlorobenzènes*

La formation de PCDD/PCDF ne concerne que le trichlorobenzène, dans un procédé spécifique, qui d'ailleurs n'existe plus aujourd'hui (source EUROCHLOR). Les mono- et dichlorobenzènes sont produits commercialement par une chloration directe du benzène, en phase liquide, en présence d'un catalyseur acide Lewis, tel que le chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) ou l'oxychloration du benzène avec du HCl en présence d'oxygène (NATO/CCMS 1990, EHC 1991). Le 1,4 dichlorobenzène (p-DCB) est un des produits chimiques utilisés pour faire des boules de naphthaline. En tant que tel, il a été utilisé comme déodorant pour les décharges et les toilettes publiques, et aussi comme insecticide pour le contrôle des insectes perceurs des arbres fruitiers et des fourmis. Il peut être appliqué aux couches de semis de tabac pour le contrôle de moisissures bleues, et pour le contrôle d'insectes perceurs du pêcher, et du mildiou sur les cuirs et textiles (HSDB 2004).

La formation de PCDD/PCDF n'est pas évidente à partir des mécanismes de réaction cités ci-dessus mais survient probablement au cours de la phase de purification, au cours de laquelle des conditions alcalines sont souvent utilisées.

Les techniques d'analyse des années '80 ne permettaient d'analyser les concentrations de divers congénères substitués en 2,3,7,8, et donc, dans le rapport de 1990 du NATO/CCMS il n'a été donné que chiffres des homologues, ce qui ne permettait pas d'attribuer un facteur d'émission en tant que TEQ. Récemment on a présenté des concentrations en PCDD/PCDF, sur une base TEQ, dans les chlorobenzènes (Liu et al. 2004 ; Tableau 61). Six échantillons ont été prélevés pendant le procédé de fabrication des dichlorobenzènes (o-DCB et p-DCB) et le trichlorobenzène (124-TCB) ; les échantillons S4, S5, et S6 représentent les produits purifiés du procédé chinois, qui ont été synthétisés via la chloration du benzène et du chlorobenzène avec un catalyseur Friedel-Crafts (FeCl<sub>3</sub>) (Yanzh Pesticide Co., Ltd.).



Tableau 61 : Concentrations de PCDD/PCDF dans les chlorobenzènes (Liu *et al.* 2004)

Echantillon	Commentaires	PCDD/PCDF (ng WHO-TEQ/kg)
S1	Intermédiaire : mélange de DCB après distillation et séparation du monochlorobenzène	620
S2		1'850
S3	Résidu après purification du S6	3'370
S4	<i>p</i> -DCB : après distillation et purification (98,1%)	39
S5	<i>o</i> -DCB : après distillation et cristallisation	ND
S6	1,2,4-trichlorobenzène purifié (124-TCB)	ND

A partir de ces résultats on calculera les facteurs d'émission comme il est indiqué au Tableau 62. Il faut noter que les facteurs d'émission dans les résidus se réfèrent à la masse de ces résidus générés dans la fabrication du di- et tri-chlorobenzène. On peut constater que la plus grande partie des PCDD/PCDF se retrouve dans ces résidus lourds (échantillon S3). Leurs rejets ne devront être calculés que si ces résidus sont sortis du procédé et éliminés. Dans les cas où les résidus sont utilisés en tant que matière première pour d'autres procédés de synthèse, ces concentrations ne paraîtront pas dans l'inventaire national des rejets.

Tableau 62 : Concentrations des PCDD/PCDF dans les chlorobenzènes (Liu *et al.* 2004)

	Facteurs d'émission ( $\mu\text{g TEQ/t}$ de produit ou résidu, respectivement)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidu
1. <i>p</i> -dichlorobenzène ( <i>p</i> -DCB)	ND	NA	NA	39	ND
2. <i>o</i> -dichlorobenzène ( <i>o</i> -DCB)	ND	NA	NA	0	ND
3. 1,2,4-trichlorobenzène (124-TCB)	ND	NA	NA	0	3'000

### 6.7.2.7 Production de chlore

Le chlore gazeux est produit par le passage d'un courant électrique au travers de saumure (du sel commun dissout dans l'eau). Les co-produits principaux sont la soude caustique (hydroxyde de sodium, NaOH) et l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Cette section considère donc aussi les usines de chlore-alcali. Il existe trois procédés majeurs ; le procédé au mercure, le procédé au diaphragme, et le procédé à membrane. Le PCDF peut être formé dans les cellules du chlore ; les concentrations de PCDD sont très faibles.

La formation de PCDD et PCDF peut être un facteur à considérer lorsque des anodes en graphite sont utilisées. Dans les premières années, des anodes en graphite ont été utilisées dans les cellules avec diaphragme et mercure. Puisque la technologie à membrane est la technologie moderne, il est peu probable qu'il existe des cellules à membrane qui utilisent des électrodes en graphite comme anode. De nombreux pays industrialisés ont remplacé les anodes en graphite au début des années 70 ; cependant le procédé ancien qui utilise des anodes en graphite peut être une source significative de PCDD/PCDF. En raison des coûts réduits et d'une opération facile, les électrodes en graphite sont couramment utilisées en Chine, le second pays le plus important au monde pour la production de chlore-alcali (Wu 2000). La production historique par cette méthode peut mener à des Points Chauds (cf. Section 6.10.2 – Sites de Fabrication du Chlore). Des données limitées indiquent que le PCDF peut également être présent lorsque des anodes en titane sont utilisées. La source du carbone organique peut être les joints d'étanchéité en caoutchouc, utilisés dans le procédé.

Les Directives Préliminaires sur les BAT/BEP notent que l'utilisation d'électrodes en graphite ne constitue pas une BAT (SC BAT/BEP 2004). Les unités modernes utiliseraient des anodes revêtues de titane (BREF 2001c).

Il a été rapporté dans la littérature (Kannan et al. 1997) que le composé commercial Aroclor 1268 a été utilisé pour lubrifier les électrodes. L'élimination des déchets de ces procédés a causé de sévères contaminations sur l'environnement.

Les inventaires nationaux devraient inclure le rejet de PCDD/PCDF dans les résidus des unités de chlore utilisant des anodes en graphite. Il y aura un facteur d'émission attribué pour les résidus ; les autres vecteurs de rejets sont négligeables, quoiqu'une contamination due à l'élimination des boues d'électrode pourrait avoir lieu. En Allemagne par exemple, le site de décharge d'une ancienne usine de fabrication de chlore qui utilisait des électrodes en graphite avait des concentrations de PCDD/PCDF s'élevant jusqu'à 319 µg I-TEQ/kg (She and Hagenmaier 1994). On a trouvé, dans des sédiments en Chine, des concentrations allant jusqu'à 420 µg I-TEQ/kg de matière sèche (Xu et al. 2000). Il faut noter qu'il y a deux facteurs d'émission ; l'un est basé sur la quantité de boues (= résidu) générées, et l'autre est basé sur une tonne de chlore-alcali fabriqué. Il n'existe pas de facteur d'émission qui se réfère à la quantité de chlore gazeux produit (Tableau 63).

Tableau 63 : Facteur d'émission pour la fabrication du chlore avec électrodes en graphite

Classification	Facteurs d'émission en µg TEQ/kg				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidu
Fabrication de chlore/chlore-alcali avec électrodes en graphite	NA	NA	NA	NA	20 µg TEQ/kg de boue 1'000 µg TEQ/t chlore-alcali

#### 6.7.2.7.1 Rejet dans l'air

A partir de ce procédé, il n'y a pas de rejet de PCDD/PCDF.

#### 6.7.2.7.2 Rejet dans l'eau

Les rejets de PCDD/PCDF dans l'eau dépendront du traitement appliqué à l'effluent. Les PCDD/PCDF sont probablement fortement liés aux particules et l'efficacité avec laquelle ces dernières sont capturées affectera probablement les rejets effectifs dans l'eau. Aucun facteur d'émission ne peut être fourni. Des informations sur les sources, les quantités et les traitements devront être rassemblées.

#### 6.7.2.7.3 Rejet dans les produits

Le chlore gazeux ne contient pas de PCDD/PCDF. Donc le facteur d'émission du chlore est zéro.

#### 6.7.2.7.4 Rejet dans les résidus

La majorité des contaminations par PCDD/PCDF seront trouvées dans les résidus. Il existe des données venant de l'Allemagne (Hagenmaier and She 1994), de la Suède (Rappe et al. 1991), et de la Chine (Xu et al. 2000, Wu 2000). Les concentrations dans les boues de graphite étaient : jusqu'à 3'985 µg I-TEQ dans un échantillon de l'Allemagne, de 13 à 28 µg N-TEQ/kg dans trois échantillons de la Suède (Rappe et al. 1991), et de 21,65 µg I-TEQ dans un échantillon de la Chine (Xu et al. 2000). Pour l'inventaire de la Chine, on a supposé qu'il y avait en moyenne 50 kg de boue de graphite générée par tonne d'alcali fabriqué. Avec une concentration par défaut de 20 µg TEQ/kg de boue de graphite, on propose un facteur d'émission de 1'000 µg TEQ/t de chlore-alcali.

#### 6.7.2.8 *Le dichlorure d'éthylène ou le 1,2-dichloroéthane (EDC)*

L'EDC est un intermédiaire important dans la fabrication du PVC. Aux Etats Unis, plus de 90% de la production totale d'EDC est utilisée pour produire du monomère de chlorure de

vinyle (VCM). La majorité de la production de PVC utilise la déhydrochloration (cracking) du dichlorure d'éthylène (EDC).

Production d'EDC (deux méthodes différentes) :

- a) **Chloration directe** de l'éthylène avec du chlore, en présence d'un catalyseur (chlorures de fer, aluminium, cuivre, antimoine). Le procédé a un taux de conversion élevé. Typiquement, la chloration directe est faite en phase liquide dans un réacteur à des températures entre 50° et 70°C sous des pressions de 400 à 500 kPa. Le HCl formé dans le procédé peut être recyclé dans le procédé d'oxychloration lui-même.
- b) **Oxychloration** d'éthylène par de l'acide chlorhydrique (HCl) en présence d'air ou d'oxygène est réalisée en présence d'un catalyseur (généralement du cuivre) dans un réacteur à lit fixe ou fluidisé. Les températures ne devraient pas excéder 325°C car de plus hautes températures augmenteraient la formation de sous-produits (souvent des chlorés en position 1 ou 2). La première étape du procédé de purification de l'EDC est généralement un refroidissement à l'eau, suivi d'un nettoyage caustique. L'eau est renvoyée dans le procédé ou est entraînée à la vapeur avant d'être éliminée. (cf. le facteur d'émission pour l'élimination de l'eau).

#### Production de VCM

Le VCM est fabriqué par déchloration thermique du EDC. Le four de « craquage » opère à environ 2'000 kPa, à des températures entre 450°C et 650°C. Les matières premières qui n'ont pas réagi sont recyclées dans le procédé. Le VCM (point d'ébullition : -13°C) est séparé des sous-produits par distillation. Les substances avec un point d'ébullition plus élevé peuvent contenir divers produits de condensation, y compris les PCDD/PCDF. Ces matières sont en général décomposées thermiquement ; dans certains cas, le HCl du procédé est récupéré et recyclé.

#### Production de PVC

Il existe les procédés suivants pour produire les résines de PVC :

- Suspension
- Dispersion (émulsion)
- En vrac (masse) et
- Solution

Dans l'industrie de l'EDC/VCM/PVC, l'étape la plus critique pour la génération de PCDD/PCDF est la production d'EDC *via* l'oxychloration d'éthylène. La production de PCDD/PCDF dans la pyrolyse du VCM est peu probable, due à la faible concentration d'oxygène. Les conditions chimiques de génération de PCDD/PCDF n'existent pas dans la polymérisation du PVC.

Les flux qui peuvent contenir des PCDD/PCDF comprennent tous les produits de combustion, y compris tous ce qui vient de la combustion liquide, liquide/gaz, ou gaz de purge. De plus, des PCDD/PCDF peuvent subsister sur le support de catalyse. Les rejets de cette matière diffèrent suivant le procédé de production.

Dans la catalyse en lit fluidisé, il y a un facteur important : la distribution de la dimension des particules du catalyseur. Les petites particules peuvent être entraînées dans la vapeur, et éliminées avec les eaux de refroidissement. Le catalyseur dans les lits fixes est généralement remplacé une fois par an. Il en résulte que les particules provenant de ces systèmes à lit

fluidisé vont se retrouver dans les solides issus de la purification des eaux usées. Le catalyseur provenant des lits fixes, si on s'en débarrasse, représente un flux de déchets bien défini.

Des données pour des rejets de PCDD/PCDF concernant des sites particuliers sont disponibles dans les rapports de EPA TRI. Dans le cadre du TRI, les installations qui fabriquent, traitent ou autrement utilisent certains matériaux toxiques, sont tenues à rendre compte de leurs émissions vers l'air, l'eau et la terre si elles dépassent certains seuils d'activité. Le TRI exige aussi qu'elles fournissent des données sur leurs mesures anti-pollution et sur le recyclage. L'Environmental Protection Agency (EPA) fait une compilation des données TRI chaque année, publie un rapport annuel, et diffuse l'information au grand public par Internet (<http://trifacts.org/>). En octobre 1999, l'EPA a ajouté les PCDD/PCDF à l'inventaire TRI, qui commencera avec les données pour l'année 2000. Les rejets de PCDD/PCDF sont disponibles à [http://www.trifacts.org/dioxin\\_data/index.html](http://www.trifacts.org/dioxin_data/index.html) (Carroll 2004).

Les facteurs d'émission pour l'industrie des EDC/VCM et du PVC sont présentés au Tableau 64. Il y aura trois classes de facteurs d'émission, pour les anciennes et pour les nouvelles technologies. Les unités fabriquant que du PVC sont incluses dans la class 3, comme classe à part. Comme on peut le voir, des facteurs d'émission dans l'air et dans les résidus ne sont pas disponibles actuellement pour les technologies plus anciennes.

Tableau 64 : Facteurs d'émission pour l'industrie des EDC/VCM/PVC.

	Facteur d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ (de produit)			
	Air	Eau	Produits	Résidus (1)
1. Technologie ancienne, EDC/VCM, PVC	ND	1	ND	3
2. Usines modernes EDC/VCM et EDC/VCM/PVC	0,42 (2)	0,5 (2)	0,1 (3)	10
3. Usines modernes : PVC seul (combustion du gaz de purge)	0,0003 (3)	0,03		0,02

(1) comprend le catalyseur usagé et la boue du traitement des eaux usées

(2) par tonne d'EDC

(3) par tonne de produit PVC

#### 6.7.2.8.1 Rejet dans l'air

Les émissions dans l'air à partir de ces procédés proviennent principalement de l'incinération. Celle-ci est utilisée pour contrôler les gaz qui s'échappent de diverses étapes du procédé, avec des types de fours différents : à oxydation thermique, fours rotatifs, incinérateurs à injection liquide, et incinérateurs à lit fluidisé. En raison de la teneur en HCl dans les gaz qui s'échappent, on s'attend à ce que les incinérateurs soient équipés au moins d'un système de refroidissement et de lavage caustique pour neutraliser le HCl.

L'étude américaine des usines à EDC/VCM et PVC (US-EPA 2000, Vinyl Institute 1998) a évalué des résultats venant de 22 incinérateurs au sein de cette industrie. Les émissions

étaient plus faibles pour les gaz de purge produits dans les usines qui ne fabriquaient que le PVC (note : pas d'effluents de résidus liquides). Les facteurs d'émission de la combustion de liquides/purges et purges étaient très variables, variant de quatre ordres de grandeur pour des incinérateurs similaires. Pour le Toolkit, on a pris les émissions moyennes uniquement pour calculer les facteurs d'émission pour la combustion des gaz de purge, et pour les liquides avec les purges basés sur la production d'EDC comme indiqué au Tableau 64.

Les données du Tableau 64 sont basées sur des chiffres de production d'EDC ou de PVC, de l'industrie américaine. Les données US-EPA TRI pour les rejets de PCDD/PCDF dans l'air à partir de 22 unités, peuvent être converties en facteurs d'émission entre 0,0 µg TEQ/t d'EDC et 3 µg TEQ/t d'EDC avec une moyenne de 0,4 µg TEQ/t d'EDC (US-EPA 2004, Carroll 2004, Dyke et al. 2004). Le facteur d'émission pour les unités ne fabriquant que du PVC est pris de US-EPA 2000, Vinyl Institute 1998.

Une autre approche serait d'utiliser des facteurs d'émission basés sur la quantité de déchets apportés. Dans ce cas également, des rejets en provenance des incinérateurs de gaz de purge et de déchets liquides/gaz de purge dans des usines combinant l'EDC/VCM, montrent des émissions variables allant de 1,3 à 14µg TEQ/t de déchet.

Puisque la conception et l'opération du brûleur d'incinération sont les éléments les plus critiques, on suggère qu'une estimation des quantités de déchets brûlées soit faite, et que celle-ci soit ensuite traitée comme une incinération de déchets dangereux. (cf. Section 6.1.2.1)

#### 6.7.2.8.2 Rejet dans l'eau

La fabrication d'EDC/VCM et PVC nécessite des volumes considérables d'eau évacuée de l'usine, ou qui est recyclée pour autant que ce soit possible dans le procédé de fabrication. L'eau du procédé qui ne peut pas être recyclée peut être éliminée sans autre traitement ou dirigée vers un procédé de traitement des eaux usées. Normalement, ceci réduit le DOB (demande en oxygène biologique) et la quantité de solides en suspension, et permet d'ajuster le pH pour pouvoir respecter les directives sur l'eau.

Dans les usines modernes américaines, les concentrations de PCDD/PCDF dans les eaux usées issues des sites de PVC uniquement, étaient proches de la limite de détection. Les concentrations globales moyennes étaient de 0,88 pg I-TEQ/L (ND = 0) et de 4,7 pg I-TEQ/L (ND = ½ DL). Un facteur d'émission de 0,03 µg TEQ/t de PVC a été calculé pour les eaux usées des unités modernes de fabrication de PVC (US EPA 2000, Vinyl Institute 1998).

Dans les usines d'EDC/VCM, tous les échantillons accusaient des concentrations quantifiables, avec des valeurs moyennes de 0,42 pg TEQ/L (ND = 0) et 4,4 pg TEQ/L (ND = ½ DL) (US EPA 2000, Vinyl Institute 1998). Les facteurs d'émission pour des usines d'EDC/VCM et d'EDC/VCM/PVC variaient de 0 g TEQ/t d'EDC/VCM/PVC à 2,5 µg TEQ/t de produit. Pour ce Toolkit, on a choisi un facteur d'émission par défaut de 0,5 µg TEQ/t d'EDC pour les eaux usées des usines modernes d'EDC/VCM (US-EPA 2004, Carroll 2004, Dyke et al. 2004).

Pour les usines d'EDC/VCM et EDC/VCM/PVC, on suppose que les quantités de PCDD/PCDF rejetées vers l'environnement avec les eaux usées dépendent certainement de l'efficacité du système de traitement des effluents aqueux – en particulier en sa capacité pour éliminer les catalyseurs solides usagés – plutôt que le procédé utilisé lui-même.

Pour les systèmes anciens et mal contrôlés, la formation de PCDD/PCDF peut être plus élevée et les rejets dans l'eau pourront être plus élevés aussi à cause de systèmes de traitement des eaux insuffisants. Il n'est cependant pas possible actuellement de donner des facteurs d'émission.

#### 6.7.2.8.3 Rejet dans les produits

Les concentrations de PCDD/PCDF sont faibles dans les produits PVC ; pour la plupart des échantillons il n'est pas possible de mettre en évidence la présence de PCDD/PCDF. On devra utiliser une concentration moyenne de 0,3 ng I-TEQ pour le Toolkit. Dans le EDC, seul un échantillon a donné une concentration mesurable, de 0,03 ng I-TEQ/kg (ND = 0). Il n'est pas possible de donner des facteurs d'émission pour des produits PVC et EDC anciens à cause du manque d'échantillons fiables.

#### 6.7.2.8.4 Rejets dans les résidus

Les principaux résidus intéressants sont : les résidus ultimes venant de la purification de l'EDC, le catalyseur usé (des usines à lit fixe) et les boues de traitement des eaux usées. Chacun de ces résidus peut être manipulé et éliminé par une variété de méthodes, qui affecteront les rejets dans l'environnement.

Pour les usines combinées EDC/VCM, les concentrations dans les boues de traitement des eaux usées variaient de 100 à 5'900 µg I-TEQ/t de produit (VI 1998). Les sites utilisant des technologies à lit fixe étaient généralement plus bas, mais ces sites produisaient un catalyseur usé (dans les procédés à lit fluidisé, ce produit est rejeté avec l'eau, puis est collecté dans les boues du traitement des eaux usées). Les facteurs d'émission moyens étaient de 2 µg I-TEQ/t (production d'EDC). Pour les usines à lit fixe on peut s'attendre à ce que la plupart des PCDD/PCDF soit associé au catalyseur usagé.

Les boues formées sur des sites où seul le PVC est produit ont un facteur d'émission de 0,02 µg TEQ/t de PVC. Des émissions de solides, comme le catalyseur usé et les solides venant du traitement des eaux usées, tous pris ensemble sur les sites d'EDC et d'EDC/PVC combinés, contiendront environ 2,0 µg TEQ/t de produit (US-EPA 2000-Vinyl Institute 1998).

Les concentrations de PCDD/PCDF peuvent être bien plus élevées dans des certains flux de résidus tels que les queues de distillation venant de la purification de l'EDC. Par exemple, Stringer et al. 1995 ont noté des concentrations allant de 3'000 ng TEQ/kg à 5'000'000 ng TEQ/kg dans les déchets de production du PVC. Il est évident que le potentiel des rejets venant de ces courants dépend de la manière dont les matières sont manipulées et éliminées. Le volume de résidu produit devrait être estimé, si possible. Dans bien des cas, ces résidus sont incinérés sur le site, ou dans des incinérateurs commerciaux de déchets dangereux ; pour faire une estimation de rejets dus à cette activité, voir la Section 6.1.2.1- Incinération de déchets dangereux. Dans un petit nombre de cas, les résidus ont été soit éliminés dans des dépôts souterrains (Dyke et al. 1997), soit utilisés comme matière premières pour la production de solvant.

Si les résidus sont éliminés par enfouissement ou utilisés comme matière première pour un autre procédé, ceci doit être noté. Des données britanniques ont montré que des déchets organo-halogénés contenaient 100 µg I-TEQ/t (exprimé par unité de production d'EDC). Ce facteur peut être utilisé pour faire une première estimation des volumes de PCDD/PCDF contenus dans ces flux ; le sort final de ceux-ci doit être identifié.

### 6.7.2.9 Composés aliphatiques chlorés

De nombreux procédés produisant des composés aliphatiques chlorés produisent peu de PCDD/PCDF, ou pas du tout (de récentes mesures sur le perchloréthylène ont donné des résultats inférieurs aux seuils de détection). Cependant, si des résidus de procédés tels que ceux pour la production d'EDC (cf. ci dessus) ou d'autres résidus mixtes sont utilisés comme matière première, il peut y avoir formation et rejets de PCDD/PCDF.

A un moment en Angleterre, des résidus de la fabrication d'EDC étaient envoyés à un oxychlorateur pour produire du per- et du tri-chloréthylène (solvants). Ce procédé produit des quantités significatives de PCDD/PCDF dans les flux de résidus (350-630 g TEQ dans les résidus venant de la production de 130'000 tonnes de tri- et per-chloréthylène, qui produit approximativement 4'000µg I-TEQ/t de produit—Dyke et al. 1997). La manipulation et l'élimination de ces résidus détermineront les rejets actuels dans l'environnement. Il n'est pas possible de donner un facteur d'émission pour les résidus. Lorsque ces résidus de production existent dans les procédés de fabrication, et sont recyclés dans le procédé lui-même, par exemple pour des oxychlorations, ils paraîtront dans les résidus d'oxychloration.

### 6.7.2.10 Produits chimiques inorganiques chlorés

Le chlore est utilisé dans la synthèse de produits inorganiques où il reste dans le produit final (NaOCl, ClO<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, etc.), ou bien est simplement utilisé dans le procédé (TiO<sub>2</sub>, Si) (SC BAT/BEP 2004). Le procédé de fabrication inorganique du chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>), un intermédiaire dans la fabrication du magnésium métallique, est traité dans la Catégorie de Source Principale 2, Section 6.2.9. L'autre procédé faisant appel au chlore est la fabrication du dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>).

Il existe deux voies pour fabriquer le TiO<sub>2</sub>: le procédé au chlore et le procédé au sulfate. Le procédé au sulfate génère bien plus de déchets que le procédé au chlore et donc est moins utilisé. L'utilisation du procédé au chlore s'est développée pendant les trente dernières années à cause du fait qu'il est assez compact, permet le recyclage des matériaux de procédé, donne un produit de meilleure qualité, et génère considérablement moins de déchets. Le TiO<sub>2</sub> est produit à partir de minerais tels que le rutile ou l'ilménite, qui sont chlorés à haute température pour donner le tétrachlorure de titane (TiCl<sub>4</sub>), un liquide stable que l'on peut distiller. Le TiCl<sub>4</sub> est purifié et oxydé avec de l'oxygène, libérant du chlore qui est recyclé dans le procédé. La température optimale de procédé est supérieure à 600°C (SC BAT/BEP 2004).

La présence de coke, de chlore, de métaux, et de températures élevées peut donner lieu à la formation de PCDD/PCDF, comme dans une oxychloration. Les PCDD/PCDF, s'il s'en forme, sont répartis dans les résidus solides (les flux contenant du coke résiduel).

### 6.7.2.11 Résumé

Dans le sous-secteur de l'industrie chimique, les parties les plus critiques des procédés de fabrication sont les procédés d'oxychloration pour fournir le dichloréthylène (EDC) qui est généralement associé à la fabrication de produits organiques chlorés.



Dans certains endroits, il peut exister des opérations isolées qui recyclent le HCl en chlore élémentaire. De tels procédés seraient cependant bien plus coûteux comparés à l'électrolyse du KCl, du NaCl ou de la saumure. Si de telles opérations sont identifiées, il faudrait effectuer une évaluation au cas par cas pour évaluer le risque de formation et de rejet de PCDD/PCDF.

Le procédé le plus critique dans l'industrie chimique est l'oxychloration de l'éthylène pour fabriquer de l'EDC. Plus en aval de la chaîne de production de produits chimiques chlorés ou non chlorés, il n'y a plus d'émissions critiques.

En 1995, le Conseil Européen des Producteurs de Vinyl (ECVM) a fixé des objectifs d'émission facultatifs comme un signe d'encouragement à la qualité de l'environnement. La Charte ECVM, qui est une forme d'autorégulation, comprend les indications pour les émissions de dioxine basée sur les Meilleures Techniques Disponibles (Best available techniques : BAT). Pour l'émission des gaz de purge dans l'atmosphère, les recommandations de l'ECVM pour la dioxine et substances semblables sont de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (selon les conditions normales (européennes) de 11% d'O<sub>2</sub>, 273,15 K ou 0° C, 101,3 kPa) et de 1µg I-TEQ/t d'EDC dans les effluents d'eau. Ces chiffres peuvent être pris comme des estimations grossières pour le calcul des rejets de PCDD/PCDF venant des usines de EDC/VCM exploitant l'état actuel de la technique.

### 6.7.3 Industrie pétrolière

Le pétrole brut est un mélange de nombreux hydrocarbures différents avec de faibles quantités d'impuretés. La composition du brut peut varier beaucoup en fonction de sa source. Les raffineries de pétrole sont des systèmes complexes d'opérations multiples et les modes opératoires en vigueur dans une raffinerie donnée dépendent des propriétés du brut à raffiner et des produits à fabriqués.

Au sein de l'industrie du raffinage du pétrole une seule source potentielle de PCDD/PCDF a été identifiée jusqu'à présent: la re-génération du catalyseur utilisé pour le cracking catalytique des plus grosses molécules d'hydrocarbure, pour les transformer en fractions plus légères (Beard et al. 1993).

La matière première pour les procédés de reformage catalytiques est généralement le naphta à faible indice d'octane. L'hydroraffinage catalytique fait appel à des catalyseurs à base de platine. Dans le procédé en continu, le catalyseur usagé est continuellement extrait du bas du réacteur et envoyé à un régénérateur où le carbone est enlevé du catalyseur par brûlage avec un mélange d'air chaud et de vapeur. Un promoteur à l'état de traces, normalement des organochlorés tels que le tri- ou per-chloréthylène, est ajouté pour conserver l'activité catalytique. On sèche pour enlever l'humidité et le catalyseur régénéré est renvoyé au premier lit catalytique. Dans les unités cycliques ou semi régénératives, la régénération du catalyseur est faite en discontinue, et les émissions qui en résultent sont donc irrégulières. Des PCDD/PCDF n'ont pas été détectés dans ce procédé.

Les PCDD/PCDF peuvent être émis dans l'air ou capturés dans des systèmes de lavage des gaz et transférés aux effluents. Les rejets ultimes dépendront des contrôles de pollution et de la manière de traiter les résidus. On ne peut pas donner de facteurs d'émission à ce jour, par manque de données. Il y a un besoin urgent pour des données mesurées dans cette sous-catégorie.

A présent, les seuls PCDD/PCDF qui peuvent être quantifiés sont ceux générés par les torchères de l'industrie pétrolière. On utilisera le même facteur d'émission que celui du Chapitre 6.3.3 – Combustion de Biogaz et de Gaz de Décharge. Le facteur d'émission vers l'air au tableau 65 est donné par TJ et par mètre cube.

Tableau 65 : Facteur d'émission pour les torchères

Classification	Facteur d'émission - $\mu\text{g}$	Facteur d'émission - $\mu\text{g}$
	TEQ/TJ de gaz brûlé	TEQ/m <sup>3</sup> de gaz brûlé
	Air	Air
Torchères	8	0,0003

### 6.7.3.1 Rejet dans l'air

A présent, seuls les émissions vers l'air peuvent être estimés en appliquant les mêmes facteurs d'émission que pour le brûlage (avec ou sans torchères) de gaz de décharges et de biogaz.

### 6.7.3.2 Rejet dans l'eau

Le volume d'eau usée produit dans le procédé de reformage catalytique est d'environ 190 kg/tonne de matière d'approvisionnement. Les eaux usées contiennent des teneurs élevées d'huile et de solides en suspension. Des émissions de PCDD/PCDF dans l'eau peuvent se produire lors de l'élimination des eaux usées. Toutefois, il n'y a pas de données disponibles actuellement. Toute décharge d'eau usée devrait être notée.

### 6.7.3.3 Rejet dans les résidus

Les fines particules provenant du catalyseur peuvent être générées à partir des systèmes de contrôle de poussières. La quantité de catalyseur usé générée est d'environ 20-25 tonnes par an, pour une raffinerie avec une capacité de 50 millions de tonnes par an. Typiquement, le catalyseur usé est renvoyé pour être recyclé ou régénéré.

Des boues peuvent être générées à partir du traitement des eaux usées. Il n'y a pas de chiffres disponibles actuellement pour les concentrations en PCDD/PCDF; cependant des concentrations de pyrène et de benz-(a)-pyrène dans la région de quelques mg/kg ont été détectées (BREF 2000b).

## 6.7.4 Usines textiles

L'industrie textile est composée d'établissements divers et dispersés qui fabriquent ou traitent des produits à base de textile qui incluent des fibres, des fils, des tissus, etc. qui peuvent être encore convertis dans divers produits finis. Ces établissements peuvent concerner de petites opérations en « arrière cour » avec peu de contrôles, jusqu'aux opérations industrielles, sophistiquées, à grande échelle, avec des contrôles de pollution adaptés. Le procédé de

transformation des fibres brutes en produits textiles finis est complexe ; la plupart des usines textiles se spécialisent donc (US-EPA 1997b). L'industrie textile est perçue comme une source potentielle de PCDD/PCDF, car :

- Des pesticides, comme le pentachlorophénol, connus pour être contaminés par les PCDD/PCDF, peuvent entrer dans une usine *via* les matières premières, par exemple le coton, traité au PCP ;
- les colorants à base de chloranile peuvent être utilisés pour teindre des textiles ;
- les procédés de finition qui peuvent utiliser des produits chimiques chlorés contaminés par des PCDD/PCDF, et les procédés de nettoyage en milieux alcalins font partie des procédés de finition textile ;
- de grandes quantités d'effluents aqueux sont rejetées dans l'environnement.

Les tissés et les tissus tricotés ne peuvent pas être travaillés en produits finis avant qu'ils n'aient subis plusieurs étapes de traitement (apprêt) qui sont des procédés humides et qui nécessitent l'utilisation de grandes quantités d'eau ; ces étapes sont par exemple la fabrication du tissu, la teinture, l'impression, et la finition. Les fibres naturelles exigent davantage d'étapes que les fibres synthétiques. Des volumes relativement importants d'eaux usées sont générés qui contiennent une grande variété de contaminants qui doivent être traités avant élimination. Des quantités importantes d'énergie sont consommées pour chauffer et refroidir les bains chimiques, et pour sécher les tissus et les fibres.

La préparation du tissu exige le **désencollage** (pour enlever les matériaux d'encollage appliqués avant le tissage), le **décapage** (un procédé de nettoyage qui enlève les impuretés des fibres, des fils, ou les tissés grâce à un lavage ; on utilise typiquement des solutions alcalines pour le décapage), et le **blanchiment**, ainsi que le **flambage**. Le blanchiment élimine des matières colorées indésirables des fibres, fils et tissés. Les agents de blanchiment les plus courants incluent le peroxyde d'hydrogène, l'hypochlorite de sodium, le chlorite de sodium, et le dioxyde de soufre gazeux. Le peroxyde d'hydrogène est l'agent de blanchiment le plus couramment utilisé pour le coton et les mélanges de coton, et la mercerisage (conçue pour changer chimiquement ou physiquement les tissés en les faisant passer par un bain d'une solution de 15-20% de soude caustique). Les opérations de teinture sont faites à divers stades de production pour ajouter à la couleur et à la complexité des textiles, en augmentant la valeur du produit. Les colorants utilisés en industrie textile sont largement synthétiques. L'apprêt implique des traitements chimiques ou mécaniques.

Les eaux usées représentent de loin le flux le plus important de déchets de l'industrie textile. Les rejets à grand volume sont les eaux de lavage provenant des prétraitements et de la teinture continue, des déchets alcalins venant des prétraitements la préparation, et des déchet de l'ensimage teinture contenant de grandes quantités de sels, d'acides ou alcalis.

Des 635'000 tonnes métriques (700'000 US short tons) de colorants produits chaque année dans le monde, environ 10-15 % se retrouvent dans les effluents des opérations de teinture. Toutefois, les colorants des eaux usées peuvent être chimiquement liés aux fibres de tissu. La génération moyenne d'eau usée venant d'une grande usine industrielle centralisée de teinture aux Etats Unis est estimée entre 3,8 et 7,5 millions de litres par jour (1 et 2 millions de gallons/jour). Les opérations de coloration et de rinçage pour les colorant dispersés génèrent environ 100-140 litres de produit (12-17 gallons d'eau usée par livre). Des procédés similaires pour la coloration réactive et directe génèrent encore plus d'eau usée, environ 125-170 litres de produit (15-20 gallons par litre de produit) (US-EPA 1997).

En se basant sur l'analyse de 16 échantillons venant d'Allemagne, on a conclu que la concentration de dioxine n'augmentera pas de manière significative au cours de ces procédés de finition : les concentrations moyennes trouvées dans le coton fini étaient de 0,21 plus ou moins 0,10 ng I-TEQ/kg avec une moyenne de 0,20 ng I-TEQ/kg (Horstmann 1994). Ces résultats ont été confirmés par des analyses d'échantillons pris au hasard sur du coton brut et prétraité, arrivant du port de Hamburg, qui contenaient 0,03-0,2 ng I-TEQ/kg (Hutzinger *et al.* 1995, FHH 1995).

Des sources de PCDD/PCDF dans les produits finaux peuvent être dus à :

- l'usage de produits chimiques chlorés, en particulier le PCP, pour protéger les matières premières (coton, laine, autres fibres, cuir, etc...)
- l'utilisation de colorants contaminés par de la dioxine
- la formation de PCDD/PCDF au cours de la finition

Bien qu'il existe de nombreuses données pour les concentrations de PCDD/PCDF dans les produits finaux (textiles) (Tableau 66) on ne dispose pas de données pour les résidus, ni pour les eaux usées. Donc les facteurs d'émission seront donnés seulement comme limites supérieures et inférieures, pour le produit final.

Tableau 66 : Facteur d'émission pour l'industrie textile

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t de textile				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Limite supérieure	NA	ND	NA	100	ND
2. Limite inférieure	NA	ND	NA	0,1	ND

#### 6.7.4.1 Rejet dans l'air

Il n'y a pas d'indications relatives au PCDD/PCDF émis dans l'air dans le cas des usines textiles et donc un facteur ne peut être donné. Les émissions venant de la génération de vapeur et d'énergie devraient être comptabilisées en Section 6.3

#### 6.7.4.2 Rejet dans l'eau

Il n'y a pas de données disponibles et des facteurs d'émission ne peuvent être calculés. En Allemagne, on n'a pas pu trouver de concentrations quantifiables dans les procédés de finition.

Les rejets dans l'eau dépendront des matières et des produits chimiques utilisés ou appliqués à la fois dans le procédé et dans les matières premières, ainsi que dans les traitements d'eau utilisés. Il y a clairement un potentiel de rejets quand il n'y a que de faibles contrôles sur l'élimination, et qu'on utilise de grandes quantités de certains produits chimiques.

#### 6.7.4.3 Rejet dans les produits

Il n'y a pas d'indicateur simple pour identifier des fibres, laines ou textiles contaminés à la dioxine ; tandis que dans la plupart d'échantillons de textiles bruts, des concentrations inférieures à 1ng I-TEQ/kg ont été détectées (moyennes aux alentours de 0,2 ng I-TEQ/kg), il

y avait aussi des échantillons hautement contaminés. Par exemple, 244 ng I-TEQ/kg ont été détectés dans du polyester blanchi ; 370 ng I-TEQ/kg dans du coton bleu (Horstmann 1994), et 86 ng I-TEQ/kg dans de la laine (Mayer 1997). Les profils des homologues de tous les échantillons hautement contaminés sont dominés par des PCDD et PCDF plus hautement chlorés (du Cl7 et Cl8), indicateurs pour les colorants à base de pentachlorophénol ou de chloranile, comme source de la contamination. Cependant, plusieurs analyses ont confirmé qu'il n'y a pas de corrélation entre le PCP et les concentrations de PCDD/PCDF dans les textiles bien que des profils de dioxine aient donné de fortes indications que le PCP est la source. Ces découvertes sont plausibles dans la mesure où le PCP est soluble dans l'eau et qu'il sera extrait lors du procédé de finition et des procédés de lavage, alors que les PCDD/PCDF sont absorbés par la fibre et resteront dans le textile. (Horstmann et McLachlan 1995b, Klasmeier et McLachlan 1998).

#### 6.7.4.4 *Rejet dans les résidus*

En fonction des facteurs décrits ci-dessus les boues venant du traitement de l'eau ou des étapes d'un procédé peuvent contenir des PCDD/PCDF. A présent, il n'y a pas de données mesurées disponibles.

#### 6.7.5 Traitement du cuir

Jusqu'à maintenant, il n'existe pas de données sur la contamination par des PCDD/PCDF dans les usines traitant le cuir, ou aux alentours. Cependant, il a été rapporté que des produits commerciaux en cuir pouvaient être contaminés, et sur la base du profil des PCDD/PCDF, on peut supposer que le PCP est la source de la contamination. Cette hypothèse est soulignée par le fait que depuis l'interdiction du PCP en Allemagne en 1989, qui fixe une concentration maximale de 5mg PCP/kg dans le produit final, les concentrations de PCDD/PCDF dans les produits en cuir diminuent.

Contrairement aux textiles, une fois le PCP appliqué sur le cuir, il n'est pas si facile de le retirer par lavage. Dans des portefeuilles en cuir on a trouvé jusqu'à 430 ng I-TEQ/kg, et dans des chaussures de cuir jusqu'à 6400 ng I-TEQ/kg (Malisch 1994). Bien que dans de nombreux pays l'usage du PCP a diminué, au moins pour les chaussures, les concentrations de PCDD/PCDF n'ont pas baissé, et en Allemagne, des pics de concentrations de 2'100 à 3'000 ng I-TEQ/kg ont été détectées en 1991, par exemple dans des chaussures de cuir. Au cours de l'année 1996, des concentrations extrêmement élevées persistaient (Kleismeier et McLachlan 1997). Pour les produits courant en cuir les concentrations de PCP sont, au moins qualitativement, en corrélation avec les concentrations de PCDD/PCDF. Des profils des homologues et des congénères indiquent fortement que le PCP est la source de contamination par la dioxine.

Pour le Toolkit, il n'est actuellement possible de fournir des facteurs d'émission que pour le produit final. Il n'y a pas de données disponibles pour les effluents ni pour les déchets. Les émissions dans l'air sont estimées être négligeables. Des rejets dans l'eau et par des résidus pourraient être élevés.

Tableau 67 : Facteur d'émission pour l'industrie du cuir

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Limite la plus haute	NA	ND	NA	1'000	ND
2. Limite la plus basse	NA	ND	NA	10	ND

## 6.8 Catégorie principale 8 – Divers

Cette catégorie comprend huit procédés qui ne pouvaient être classés dans les autres Catégories de Source Principale. Les sous-catégories sont données au Tableau 68.

Cette Section comprend aussi deux procédés (séchage du fourrage vert, ateliers de fumage) qui pourraient être considérés comme des procédés de combustion, par exemple : incinération de déchets de bois- Section 6.1.6 ou chauffage et cuisine domestique, Section 6.3.4. Ceux-ci sont traités ici car le séchage du fourrage vert peut avoir un impact important sur les concentrations de PCDD/PCDF dans les aliments pour bétail et l'alimentation, et donc pour l'exposition de l'homme, comme il a récemment été démontré en Allemagne. Aussi, bien que peu étudié, le fumage de la viande et du poisson peut apporter des concentrations plus élevées en PCDD/PCDF dans ces aliments et par conséquent, il y a un impact direct sur les niveaux chez l'homme.

Tableau 68 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 8 - Divers

N°	Catégories et sous- catégories	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>8</b>	<b>Divers</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
	a Séchage de biomasse (fourrage, copeaux de bois)	x				
	b Crématoires	x				X
	c Ateliers de fumage	x			x	X
	d Résidus de nettoyage à sec		x			x
	e Fumées de tabac	x				

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

Par rapport aux provisions de l'Article 5, les sources de cette catégorie peuvent être classées comme suit :

**Les catégories de sources de l'Annexe C, Partie III comprennent :**

	Catégorie de source	Section du Toolkit
(g)	Crématoires	6.8.2

#### 6.8.1 Séchage de la biomasse

Le séchage de la biomasse, par exemple les copeaux de bois ou les fourrages verts, se fait soit dans des tonneaux soit à l'air libre, sans confinement. En l'absence de données mesurées, le copra et autre biomasse locale (très souvent pour l'exportation) seront inclus dans cette catégorie comme Sous-catégorie a.

Dans des conditions contrôlées, des combustibles propres comme le bois seront utilisés. Au cours d'un accident récent en Allemagne, il a été montré que du bois contaminé avait été

utilisé comme combustible, menant à des concentrations très élevées de PCDD/PCDF dans le fourrage brute. Trois catégories ont été établies, comme indiquées au Tableau 69.

Le séchage du fourrage vert en utilisant des combustibles de moyenne qualité (bois traité, vieux textiles, tapis, etc...) peut mener à une contamination du produit. Ceci peut transférer la contamination de PCDD/PCDF dans les aliments pour bétail, vers la chaîne de nourriture humaine. C'est une question de gestion correcte de n'utiliser qu'un combustible approprié pour s'assurer qu'il n'y aura pas de contamination.

Tableau 69 : Facteurs d'émission du séchage de la biomasse (\* après séchage)

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de produit*				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Bois propre	0,007	NA	ND	0,1	ND
2. Fourrage vert	0,1	NA	ND	0,1	ND
3. Biomasse traitée au PCP ou autrement	10	NA	ND	0,5	ND

#### 6.8.1.1 Rejet dans l'air

Des concentrations mesurées dans l'air oscillent entre 0,005 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> et 3,51 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> avec une moyenne de 0,16 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (LUA 1997). Cette très haute concentration a été trouvée lorsque le bois traité au PCP a été utilisé comme combustible pour sécher du fourrage vert.

#### 6.8.1.2 Rejet dans les produits

Les concentrations dans le produit, par exemple du bois vert, sont proches des limites de détection, environ 0,1 ng I-TEQ/kg ; pour le fourrage, des concentrations venant d'études de bio-contrôle au Pays de Galles sur l'ivraie vivace peuvent être utilisées. Les concentrations trouvées dans le produit séché, lorsque du bois contaminé était utilisé comme combustible, variaient entre 0,3 et 0,8 ng I-TEQ/kg matière sèche. Un facteur d'émission de 0,5  $\mu\text{g I-TEQ/t}$  devrait être appliqué si le combustible est du bois traité au PCP, et 0,1  $\mu\text{g I-TEQ/t}$  sera appliqué si un combustible est propre.

### 6.8.2 Crématoires

La crémation est une pratique courante dans de nombreuses sociétés pour l'élimination des corps humains par le feu. Les facteurs essentiels pour la crémation sont : le remplissage des cercueils (et le cadavre) ; la chambre principale de combustion et, quand c'est utilisé, la chambre de post-combustion. Dans certains cas un séparateur de poussières ou un système plus sophistiqué de traitement des gaz est utilisé ; les fumées passent en cheminée. La plupart des fours fonctionnent au fuel ou au gaz naturel ; certains fonctionnent à l'électricité. Les crématoires sont généralement situés dans les villes ou proches de zones résidentielles et, généralement, les cheminées sont relativement basses. Ces deux faits peuvent avoir des impacts quasi immédiats sur l'environnement et sur l'homme.

Certains centres de crémation ne sont pas équipés de systèmes de nettoyage des gaz de combustion, d'autres centres mieux équipés ont des chambres secondaires de combustion



pour assurer une combustion complète des gaz et peuvent être aussi équipés de systèmes de réduction des poussières (cyclones, filtres électrostatiques). Les crématoriums les plus modernes ont des équipements APC sophistiqués, tels que des injections adsorbantes ou des catalyseurs pour extraire ou détruire les PCDD/PCDF. Avec ces dernières techniques, des émissions de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> peuvent facilement être atteintes (la limite légale en Allemagne : 27<sup>ème</sup> BimSchV). Des émissions venant de crématoires sans aucun contrôle de pollution de l'air peuvent atteindre jusqu'à 50 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). Les capacités d'incinération varient de 2 à 70 crémations par jour. Une moyenne de 70 minutes est nécessaire par crémation. Les débits volumiques des gaz varient de 2'000 m<sup>3</sup> /h à 10'000 m<sup>3</sup> /h. On a noté des concentrations de 1'000 et 2'500 ng I-TEQ/kg de cendres venant de multi-cyclones ou de poussières venant des filtres (LUA 1997 ; données belges). Des données des Pays Bas donnent 75g de cendres volantes générées par crémation avec 35'000 ng TEQ/kg.

Le projet d'échantillonnage et d'analyse en Thaïlande a mesuré les concentrations des gaz de combustion et les cendres résiduelles dans un crématoire composé d'une chambre primaire de combustion revêtue de réfractaire, et une seconde chambre de combustion avec un système de post-combustion. Les deux fonctionnaient au fuel. Ensuite il y avait une conduite de gaz avec revêtement réfractaire qui envoyait les gaz vers une cheminée en brique, à une distance d'environ 15 m du four (PNUE 2001, Fiedler et al. 2002).

Tableau 70 : Facteurs d'émission des crématoires

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t par crémation				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Pas de contrôle	90	NA	ND	NA	NA
2. Contrôle moyen	10	NA	ND	NA	2,5
3. Contrôle optimale	0,4	NA	ND	NA	2,5

### 6.8.2.1 Rejet dans l'air

Les facteurs d'émission de la Classe 1 devraient être choisis si les conditions de combustion ne sont pas bonnes, c'est à dire avec des températures inférieures à 850°C, et un flux d'air de combustion incontrôlé, etc., dans les cas suivants :

- si des plastiques ou autres matières de décoration sont brûlés ensemble avec le cercueil
- si le bois du cercueil a été traité avec des conservateurs de bois, ou
- s'il n'y a pas de système de nettoyage des gaz de combustion.

Les facteurs de la Classe 2 devront être appliqués si les conditions de combustion sont meilleures :

- températures certainement au dessus de 850°C
- contrôle de l'air de combustion
- absence de plastiques ou d'autres matières problématiques,

et avec traitement des poussières. Le facteur d'émission de la Classe 3 devrait être appliqué s'il existe un ACPS à technologie récente.

Kim *et al.* (2003) ont signalé des émissions dans l'air de 0,46 à 2,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> générés dans des crématoires en Corée, correspondant à un facteur d'émission de 8,4 g TEQ/cadavre brûlé.

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les gaz du crématoire en Thaïlande variaient de 10,5 à 28,6 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> avec une moyenne de 17,6 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (@11% O<sub>2</sub>). Ces concentrations auraient donné un facteur d'émission de 18 µg TEQ/corps incinéré. Comme le crématoire était équipé d'une post-combustion, il aurait été mis dans la classe 2 avec un facteur d'émission de 10 µg TEQ/corps incinéré ; il tomberait donc dans la fourchette d'émissions attendues. Le facteur d'émission qui en fait a été mesuré était un peu plus haut que ce qu'on attendait, ce qui peut s'expliquer par le fait que le crématoire avait une conduite de gaz souterraine assez longue, ce qui a favorisé la recombinaison des PCDD/PCDF à des températures de la « fenêtre de reformation » des PCDD/PCDF ; les concentrations des PCDD/PCDF ont donc augmenté dans les gaz de combustion (UNEP 2001, Fiedler *et al.* 2002).

#### 6.8.2.2 *Rejet dans l'eau*

Normalement, des systèmes de lavage à l'eau ou de refroidissement à l'eau ne sont pas utilisés dans les crématoires et donc il n'y a pas rejets dans l'eau. Si des systèmes de lavage à l'eau sont utilisés, les eaux peuvent aller dans les égouts ou être rejetés sans collecte préalable. On trouve souvent en Europe de l'Ouest des systèmes APC sans eau, les eaux étant évaporées à l'intérieur du système.

#### 6.8.2.3 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejet dans le sol.

#### 6.8.2.4 *Rejet dans les produits*

Il n'y a pas de produit généré.

#### 6.8.2.5 *Rejet dans les résidus*

Des mauvaises conditions de combustion résulteront dans un mauvais brûlage du carbone, et dans des concentrations plus élevées dans les cendres volantes et les cendres résiduelles. Les concentrations des PCDD/PCDF dans les cendres résiduelles dans un crématoire en Thaïlande étaient de 44 et de 48 ng I-TEQ/kg de cendre résiduelle (PNUE 2001, Fiedler *et al.* 2002). Cependant, il n'y a pas de données suffisantes pour fournir un facteur d'émission.

### 6.8.3 Ateliers de fumage

C'est une pratique courante dans de nombreux pays de fumer la viande et le poisson pour les conserver. Comme les ateliers de fumage sont normalement des petites installations, les conditions de combustion sont rarement optimales et il y a un risque de formation de dioxine provenant du combustible---du bois dans la plupart des cas

Tableau 71 : Facteurs d'émission des ateliers de fumage

Classification	Facteurs d'émission				
	Air µg /t	Eau	Terre	Produit ng TEQ/kg	Résidus µg TEQ/t de résidus
1. Combustible : bois traité	50	NA	NA	ND	2'000
2. Combustible propre, absence de post-combustion	6	NA	NA	ND	20
3. Combustible propre, avec post-combustion	0,6	NA	NA	ND	20

#### 6.8.3.1 Rejet dans l'air

Des chiffres pour les concentrations de PCDD/PCDF dans les gaz émis par les ateliers de fumage ont été publiés en Allemagne (LAI 1993). Une chambre de fumage conventionnelle émet environ 300 m<sup>3</sup>/h et fabrique environ 50 kg de produit par heure. Le volume des gaz de combustion sera de 6'000 m<sup>3</sup>/t de produit. En tenant compte des données mesurées de 1,02 ng TEQ/m<sup>3</sup> pour un atelier de fumage sans post-combustion thermique et de 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> pour un atelier avec une post-combustion thermique, des facteurs d'émission pour les Classes 2 et 3 ont été générées. Les facteurs d'émission de la Classe 1 devraient être appliqués si du bois traité est utilisé. Le facteur d'émission de la Classe 2 devrait être utilisé pour le bois propre.

#### 6.8.3.2 Rejet dans l'eau

Normalement, il n'y a pas de système de lavage à l'eau dans ces ateliers et il n'y donc pas de rejets dans l'eau.

#### 6.8.3.3 Rejet dans la terre

Il n'y a pas de rejet dans le sol.

#### 6.8.3.4 Rejet dans les produits

Il existe des mesures systématiques pour la viande et le poisson fumés. Une augmentation de la concentration en dioxine dans les aliments a été constatée dans un petit nombre de mesures. Cependant la concentration dans l'aliment est déterminée par l'origine de l'aliment (avec des concentrations plus élevées dans le bœuf et le mouton, moins élevées dans le porc ; très variables avec éventuellement des concentrations très élevées pour les poissons).

#### 6.8.3.5 Rejet dans les résidus

Les facteurs d'émission sont les mêmes que ceux de la combustion du bois (voir Tableau 38)

#### 6.8.4 Nettoyage à sec

Des PCDD/PCDF ont été détectés dans les résidus de distillation venant du nettoyage à sec (nettoyage de textiles avec des solvants, et non pas avec de l'eau). La contamination des textiles avec des PCDD/PCDF, c'est à dire venant de l'utilisation de PCP comme biocide pour protéger le textile ou la matière première (laine, coton, etc.) ou venant de colorants, a été identifiée comme la source de la contamination. Le procédé de nettoyage à sec en lui-même ne génère aucun PCDD/PCDF. Au cours du procédé de nettoyage à sec, la contamination par les PCDD/PCDF est extraite des textiles et se trouve transférée dans le solvant. Ce dernier est distillé pour être récupéré et recyclé et en conséquence les PCDD/PCDF sont concentrés dans les résidus de la distillation, qui sont normalement éliminés. Des recherches approfondies ont montré que les concentrations de PCDD/PCDF dans les résidus de distillation ne sont pas influencées par la nature du solvant utilisé dans le procédé de nettoyage à sec. L'influence du solvant utilisé est donc négligeable ; les solvants typiques sont le perchloréthylène, le pétrole ou des fluorocarbones.

Tableau 72 : Facteurs d'émission pour les résidus du nettoyage à sec

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/t}$ de résidus distillés				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Textiles lourds, traités au PCP, etc...	NA	NA	ND	ND	3'000
2. Textiles normaux	NA	NA	ND	ND	50

##### 6.8.4.1 *Rejet dans l'eau*

Il n'y a pas de rejet dans l'eau.

##### 6.8.4.2 *Rejet dans la terre*

Il n'y a pas de rejet dans le sol.

##### 6.8.4.3 *Rejet dans les produits*

Il n'y a pas de produits générés (le problème est seulement avec les résidus de distillation).

##### 6.8.4.4 *Rejet dans les résidus*

Le facteur d'émission de la Classe 1 devrait être appliqué si des textiles hautement contaminés ont été nettoyés dans le procédé, par exemple des tapis ou des rideaux lourds suspectés d'avoir été traités avec du PCP (le pays d'origine peut être un indicateur) ou bien des habits de travail utilisés dans des environnements pollués par des dioxines. Le facteur d'émission de la Classe 2 devrait être utilisé si des vêtements normaux sont nettoyés dans le système.

Le traitement des résidus devrait être noté.

### 6.8.5 Fumée de tabac

Comme pour tout autre procédé thermique, la « combustion » de cigarettes et de cigares produit des PCDD/PCDF. Des études sur les dix marques les plus populaires fumées en Allemagne ont donné des « émissions » de 0,1 pg I-TEQ/cigarette. Il n'y a pas de résultat pour les cigares. Seuls les rejets dans l'air sont considéré; tout autre rejet reste insignifiant.

Tableau 73 : Facteurs d'émission de la fumée de tabac

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/cigarette ou cigare				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Cigare	0,3	NA	NA	NA	NA
2. Cigarette	0,1	NA	NA	NA	NA

#### 6.8.5.1 *Rejet dans l'air*

Les facteurs d'émission s'expliquent par eux-mêmes. Le facteur d'émission pour les cigares a été calculé pour la plus grande quantité de tabac fumé. Un cigare peut contenir de 2 à 20 fois plus de tabac qu'une cigarette.

#### 6.8.5.2 *Rejet dans l'eau*

Ne s'applique pas.

#### 6.8.5.3 *Rejet dans la terre*

Ne s'applique pas.

#### 6.8.5.4 *Rejet dans les produits*

Il n'y a pas de produit généré.

#### 6.8.5.5 *Rejet dans les résidus*

Pas applicable.

## 6.9 Catégorie Principale 9 – Elimination/décharges

La manière dont un déchet est manipulé et éliminé peut entraîner des effets importants sur la formation et le rejet de PCDD/PCDF. Dans les Sections précédentes, on a décrit de nombreux procédés pouvant produire des résidus contenant des PCDD/PCDF. Le sort final de ces résidus, par exemple la confinement dans des décharges sécurisés, la destruction (décontamination thermique ou chimique) ou le rejet dans l'environnement, c'est à dire, des effluents simplement déversés dans des rivières, des lacs ou des océans peuvent être la conséquence de rejets faibles ou très importants de ces contaminants. Toutes les pratiques d'élimination des résidus contenant des dioxines devraient être notées. Dans des cas extrêmes, le traitement de résidus peut mener à de hautes expositions aux PCDD/PCDF. Un des exemples récents est l'accident impliquant des poulets en Belgique, où un petit volume d'huile aux PCB a été recyclé dans des graisses utilisées par l'industrie de production d'aliments pour bétail ; un autre concernait l'usage de chaux contaminée dans la production du même type d'aliment.

Cette Section considère quelques options d'élimination autres que l'incinération, ou le recyclage thermique. La raison de la présence de PCDD/PCDF est que des dioxines et des furannes ont été formées dans d'autres procédés, mais que la contamination sera concentrée ou dispersée par les options de gestion listées au Tableau 74. Des exemples de produits contaminés par des PCDD/PCDF ont été donnés précédemment, en particulier dans la Section 6.7. La présence de dioxines et de furannes dans l'environnement de l'homme en général, en tant que biens de consommation et dans les résidus, y compris la poussière domestique, fait que les déchets « normaux » de ménage contiennent des PCDD/PCDF. Il existe quelques données à propos des concentrations de PCDD/PCDF dans les déchets solides municipaux ; les chiffres varient de concentrations relativement basses, d'environ quelques ng I-TEQ/kg à des concentrations supérieures à 100 ng I-TEQ/kg avec des pics plusieurs fois supérieurs (surtout lorsque des poussières sont présentes). En Allemagne, une concentration moyenne de 50 ng I-TEQ/kg a été estimée au début des années '90, et en Grande Bretagne une concentration moyenne de 6 ng I-TEQ/kg a été mesurée vers le milieu des années '90. Comme la composition des déchets variera beaucoup d'un pays à l'autre, et au cours de l'année (avec davantage de déchets verts durant l'été) et comme les émissions ou le produit utilisé changent, il sera nécessaire de prendre en compte des variations avec le temps. De telles variations avec le temps apparaîtront si les plans de gestion des déchets sont changés, par exemple, l'installation d'un système de recyclage pour vieux papiers et cartons (journaux, papiers de bureaux, papiers d'emballage) ou pour le verre, boîtes de conserve, etc...ou la promotion pour favoriser le compostage en retirant ces fractions des déchets devant être enfouis ou mis en décharge. D'un autre côté, la croissance économique peut mener à une augmentation de la quantité de plastiques de toutes sortes et des matériaux composites qui doivent être éliminés à la fin de leur vie utile. Enfin, il est très difficile, voire impossible de prendre un échantillon de déchet qui soit représentatif, et de déterminer sa concentration en PCDD/PCDF.

Tableau 74 : Sous-catégories de la Catégorie Principale 9- Elimination

N°	Catégories et sous- catégories	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
<b>9</b>	<b>Procédés de traitement</b>		X	X	X	
a	Enfouissement, mise en décharge		x			
b	Eaux usées/traitements des eaux usées	(x)	x	x	x	x
c	Déversement dans les cours d'eaux		x			
d	Compostage			x	x	
e	Elimination des huiles usagées (non thermique)	x	x	x		

### Signification pour l'Article 5, Annexe C

Par rapport aux provisions de l'Article 5, les sources de cette catégorie peuvent être classées comme suit :

#### Les catégories des sources de l'Annexe C, Partie III comprennent :

	Catégorie des sources	Section dans le Toolkit
(g)	Raffinage d'huiles usagées	6.9.4

#### 6.9.1 Décharges et enfouissement de déchets

Pour les besoins du Toolkit, les décharges et les sites d'enfouissements de déchets sont considérés comme des endroits où les déchets sont éliminés par enfouissement dans le sol ou par empilement sur la surface. Une décharge est donc un site de stockage de déchets qui est conçu en fonction des types de déchets, la localisation des déchets, et la gestion (collecte de gaz et de liquides, etc.) tandis qu'un site d'enfouissement (décharge sauvage) est normalement pas contrôlé et contient divers types de déchets mélangés qui sont déposés sans précaution particulière.

Les matières organiques se dégradent dans les décharges et les sites d'enfouissement, ce qui mène à la formation de gaz (dont le méthane est l'un des principaux constituants). Le passage de l'eau au travers des déchets mène à la formation d'un lixiviat. S'il n'existe pas de systèmes de collecte, les gaz et les lixiviats peuvent s'échapper de ces sites de manière incontrôlée

Il faut être prudent lors qu'on calcule les émissions de décharges (Tableau 75) ou de dépôt qui brûlent. Le Toolkit faire une distinction entre l'utilisation du gaz de décharge (du méthane généré par la décomposition des déchets) pour la génération d'énergie, et l'incendie d'une décharge dû à une mise à feu. Dans le premier cas, lors que les gaz sont collectés et brûlés dans un torchère ou autre dispositif simple, on considère que la combustion correspond à la production d'énergie et ne tombe pas donc dans la Sous-catégorie 6.3.3. Pour le Toolkit, c'est indifférent que l'on utilise « l'énergie » ou pas. L'incendie de décharge ou de site d'enfouissement sous la catégorie 6.6.2 décrit la situation quand l'ensemble des déchets brûle. Dans ce contexte ce n'est pas important que le feu soit initié par l'auto-ignition de méthane, etc. (= combustion spontanée des sites de décharge) ou que le feu ait été commencé de manière intentionnelle, par ex. pour créer plus de place pour de nouveaux arrivages de

déchets. Le niveau de l'émission sera décidé par la durée de l'incendie et la quantité de déchets qui ont brûlés.

Tableau 75 : Facteurs d'émission des décharges et dépôts de déchets

Classification	Facteurs d'émission pg TEQ/l de lixiviats rejetés				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Déchets dangereux	NA	200	NA	NA	50
2. Déchets non dangereux	NA	30	NA	NA	6

### 6.9.1.1 Rejet dans l'air

En moyenne, une tonne de déchet municipal normal placé dans une décharge génère 150 m<sup>3</sup> de gaz (déchet Européen) sur une période de 10-20 ans (ou même plus). La production de gaz la plus forte a lieu dans les premières années de l'élimination. Des mesures sur des gaz de décharge n'ont pas permis de détecter des concentrations quantifiables de PCDD/PCDF. Des concentrations de PCDD/PCDF ont été détectées en aval des flammes et des moteurs à gaz (cf. Chapitre 6.3.3). Dans les gaz de décharge, il n'a pas été possible de quantifier les PCDD/PCDF. Aucune émission mesurable dans l'air n'est attendue de cette activité.

### 6.9.1.2 Rejet dans l'eau

Le lixiviats ou des fuites issus des décharges et dépôts peuvent contenir des PCDD/PCDF. Des données limitées existent sur les concentrations de PCDD/PCDF dans les lixiviats. Les PCDD/PCDF sont probablement concentrés dans toute phase huileuse du lixiviat (la phase huileuse peut être trouvée soit au-dessus, soit en dessous de la phase aqueuse). Jusqu'à présent, des analyses de la phase aqueuse des fuites n'ont pas permis de constater la présence de PCDD/PCDF, pas plus que dans les eaux venant des décharges municipaux, mixtes ou contenant des déchets dangereux..

Des données concernant cinq décharges en Nouvelle Zélande variaient de 7,5 à 221 pg I-TEQ/l. L'inventaire néo-zélandais (NZ 2000) a subdivisé cette fourchette en 14 à 8,3 pg I-TEQ/l, pour les décharges petites et moyennes, et en 7,5-221 pg I-TEQ/L pour décharges plus grandes. La concentration la plus élevée a été trouvée dans une décharge contenant des quantités significatives de déchets industriels qui étaient potentiellement dangereux.

Pour le Toolkit, on suggère deux catégories : la Classe 1 avec un facteur d'émission de 200 pg I-TEQ/l pour les décharges qui peuvent contenir des déchets dangereux, et de 30 pg I-TEQ/l dans la Classe 2 pour les décharges contenant des déchets municipaux non dangereux.

### 6.9.1.3 Rejet dans la terre

La contamination du sol peut venir de décharges et de dépôts mal contrôlés.

### 6.9.1.4 Rejet dans les produits

Il n'y a pas de rejets dans les produits.



### 6.9.1.5 *Rejet dans les résidus*

Il n'y a pas de production de résidu, en général. Les PCDD/PCDF présents dans les enfouissements représentent un réservoir et une source potentielle, pour le futur. Les quantités de PCDD/PCDF présentes dans les décharges et enfouissements seront déterminées par le niveau des sources dioxines dans le pays. Les pays avec peu d'activités susceptibles de générer des dioxines devront appliquer un facteur d'émission de 6 µg TEQ/t de déchet domestique mis en décharge, tandis qu'un facteur de 50 µg sera appliqué dans les pays avec des sources PCDD/PCDF repérées. Dans cette sous-catégorie il n'est possible de quantifier que la charge historique.

### 6.9.2 Eaux usées et traitement des eaux usées

Cette section inclut des effluents aqueux qui sont collectés dans un système centralisé. Le rejet final peut se faire avec ou sans traitement de ces effluents, avec ou sans génération de boues. Le rejet direct dans l'environnement est considéré dans la section 6.9.3.

La boue considérée ici est le résidu solide issu du traitement des eaux usées, en particulier celles venant de l'activité des ménages. Les eaux usées peuvent inclure des effluents venant de l'homme (station d'épuration), de l'eau venant des activités de lavage de l'homme et de ses vêtements, dans certains cas des ruissellements d'eaux pluviales, et des effluents industriels rejetés dans les égouts. Puisque la plupart de la contamination présente dans la boue trouve son origine dans d'autres procédés ou produits <sup>7</sup>, les boues d'épuration peuvent être considérées comme des réservoirs pour les PCDD/PCDF formés et émis auparavant par d'autres sources. Cependant, la manipulation des boues peut être une cause de rejets de PCDD/PCDF. Des concentrations dans des boues d'épuration ont été mesurées dans plusieurs pays. De plus, d'autres pays comme l'Allemagne et l'Autriche, avec une législation en place, analysent de manière routinière les boues des eaux usées pour détecter la présence de PCDD/PCDF. Dans cette Section, seules les boues des eaux usées domestiques sont prises en considération. Les boues produites par des procédés de production tels que l'industrie de la pâte et du papier sont listées dans les sous-catégories respectives (surtout en Section 6.7.1).

Les systèmes de stations d'épuration peuvent avoir des configurations différentes allant du simple transfert de l'effluent vers un site de dépôt (peut-être en mer) sans traitement, à une simple séparation pour enlever les gros morceaux de solides (dans des bacs de sédimentation ou un dégrillage); aussi un traitement biologique avec décantation. Dans certains cas d'autres étapes de traitement peuvent être considérées.

<sup>7</sup> Nous savons que la formation de PCDD/PCDF dans les boues de stations d'épuration a été rapportée par certains auteurs. Cependant, la contribution des sources biologiques est très faible et ne peut être quantifiée en terme de facteurs d'émission. De plus, on n'a pas tenu compte de la dégradation des PCDD/PCDF pendant la fermentation. Des PCDD/PCDF peuvent aussi être formés lorsque l'on sèche les boues thermiquement.

Les quantités de PCDD/PCDF qui entrent dans une station d'épuration ou station de traitement dépendront des sources de ces eaux usées. Les apports aux eaux usées peuvent être très variables et il est donc difficile de faire des estimations. Les concentrations les plus

basses seront trouvées dans les régions sans industrie, isolées ou au cœur de zones non développées. Dans de tels cas, les concentrations de PCDD/PCDF dans les écoulements sont faibles (sans déposition atmosphérique). Des concentrations basses peuvent aussi être attendues dans des régions où des contrôles rigoureux sont en place pour le rejet d'effluents industriels dans les égouts, avec contrôles efficaces pour les PCP, etc. sur les textiles, et qu'il n'y a pas d'utilisation de papier hygiénique blanchi au chlore. Des niveaux plus élevés auront lieu dans les régions urbaines avec des industries variées et avec l'utilisation de produits de consommation contenant des dioxines. Occasionnellement, des rejets directs d'effluents industriels (comme référence, cf. Section 6.7.2) sans aucun traitement peuvent amener à des niveaux très élevés de PCDD/PCDF dans les boues d'épuration.

Avec un traitement plus avancé, tel qu'un traitement biologique générant de la boue, il est vraisemblable que la plupart des PCDD/PCDF sera concentrée dans ces boues. Les quantités de PCDD/PCDF dans les effluents dépendront probablement des quantités de solides en suspension qui restent dans les effluents.

On a mesuré les concentrations de PCDD/PCDF depuis la fin des années '80, lorsque Hagenmaier a trouvé une concentration moyenne de 200 ng TEQ/kg de matière sèche dans 43 STEP allemandes (Hagenmaier 1988). Plus tard, environ 300 unités ont été analysées donnant une moyenne de 50-60 ng TEQ/kg ms (Butzkamm-Erker et Mach 1990). Dans 30 unités suisses, Rappe et al. (1994) ont trouvé des concentrations entre 6 et 4'100 ng TEQ/kg ms, avec quatre échantillons au-dessus de 1'000 ng I-TEQ/kg ms. Typiquement, dans les pays industrialisés, les concentrations dans les boues d'épuration ont tendance à baisser à la suite de mise en place de contrôles des sources.

Les sources potentielles de PCDD/PCDF dans les boues d'épuration peuvent inclure des formations microbiennes, des ruissellements de sols et de surfaces des villes contaminés par les produits utilisés, ou le dépôt d'émissions antérieures, des eaux usées ménagères, des eaux usées industrielles, etc. Cependant une série d'études a démontré que les eaux provenant des blanchisseries et des salles de bains pourraient être la source principale dans presque toutes, sinon toutes les stations d'épuration servant surtout les populations résidentielles (pour un résumé, voir US-EPA 2000 et les références qui y sont contenues).

Les concentrations de PCDD/PCDF dans les effluents ménagers varient entre 0,8 pg I-TEQ/l et 15 pg I-TEQ/l. Certaines fractions, comme celles provenant des machines à laver ont des concentrations plus élevées (17-25 pg I-TEQ/l) et d'autres, comme celles provenant de douches ou baignoires étaient plus basses (2 – 16 pg I-TEQ/l) (Horstmann et McLachlan 1995, Horstmann et al. 1993c).

Tableau 76 : Facteurs d'émission pour les boues des eaux usées  
(à noter que les facteurs d'émission sont donnés en pg I-TEQ/l d'eau d'égout et en µg I-TEQ par tonne de boue d'épuration (ms = matière sèche) générée).

Classification	Facteurs d'émission			
	Air	Eau pg I-TEQ/l	Terre	Produit= Résidu µg TEQ/ms
1. Alimentation mixte industrielle et domestique (avec possibilité de chlore)	NA	5 <sup>a</sup>	NA	1'000
	NA	0,5 <sup>b</sup>	NA	1'000

2. Environnements urbains	NA	2 <sup>a</sup>	NA	100
	NA	0,5 <sup>b</sup>	NA	100
3. Environnements isolés ou alimentation contrôlée (avec systèmes de traitement en place)	NA	0,1	NA	10

a = sans séparation des boues    b = avec séparation des boues

#### 6.9.2.1 *Rejet dans l'air*

Les émissions dans l'air, autres que celles de l'incinération ou d'autres traitements thermiques des boues d'égouts, ne sont pas pertinentes.

#### 6.9.2.2 *Rejet dans l'eau*

Les effluents provenant de stations d'épuration sont normalement très faibles et l'extraction des particules mène à une élimination complète des PCDD/PCDF, puisque les dioxines et les furannes se lient étroitement au carbone organique des particules des boues. Le facteur d'émission le plus élevé de la Classe 1 devrait être appliqué là où les boues ne sont pas générées ; le facteur d'émission de la Classe 2 devrait être utilisé si les boues sont séparées.

#### 6.9.2.3 *Rejet dans la terre*

Les boues venant du traitement des eaux usées peuvent être épandues sur le sol pour améliorer la qualité des terres. Dans ce cas, les concentrations du produit seront utilisées.

#### 6.9.2.4 *Rejet dans les produits*

La boue peut être considérée comme un produit lorsqu'elle est épandue sur le sol pour améliorer la qualité. Dans ces cas, elle sera considérée comme un rejet dans le sol (cf. ci-dessus). Les boues éliminées autrement sont des résidus.

Ici, la boue est le produit, et des résidus ne sont pas générés. La concentration de la Classe 1 devrait être appliquée si, à côté des effluents domestiques normaux, des effluents industriels pouvant être contaminés par les dioxines et les furannes sont collectés dans le même système d'égouts, ou si des eaux d'écoulement venant des toits et des sites enfermés ayant des teneurs élevées de matières particulaires fines, entrent dans la station d'épuration. Les facteurs de la Classe 2 devront être appliqués pour les zones urbaines et industrialisées ; les facteurs de la Classe 3 devront être utilisés pour les régions isolées qui ne sont pas proches d'une source possible de dioxines (Rappe et al. 1996). Les facteurs d'émission de la Classe 3 devront être aussi choisis pour les régions/pays où une réglementation est en place pour empêcher les effluents contaminés de pénétrer dans les stations d'épuration (ceci explique la raison pour laquelle des concentrations plutôt basses sont trouvées dans les boues des grandes villes européennes).

### 6.9.2.5 *Rejet dans les résidus*

Le résidu est la boue d'épuration (venant des traitements biologiques ou des bassins de décantation) et les matériaux grossiers séparés par décantation. Il n'y a pas de production de résidu lorsqu'on ne fait de traitement. Lorsque la boue est épandue sur la terre, on doit le considérer comme un rejet dans le sol. Si les boues sont déversées en mer, ceci doit être noté.

Un pays asiatique a calculé les rejets de PCDD/PCDF dans les boues en supposant que la génération de boues dans les STEP correspond typiquement à 0,4% de boue brute dans les effluents aqueux. L'effluent contient normalement 3% de matière sèche. Selon le degré d'industrialisation et la présence de articles de consommation contaminés aux PCDD/PCDF, ainsi que l'arrivée d'effluents potentiellement contaminés dans la STEP, on prendra le facteur d'émission le plus élevé ou le moins élevé (Asia Toolkit Workshop 2002).

### 6.9.3 Décharge dans les cours d'eau

La décharge dans les cours d'eau est une pratique de gestion de déchet ou d'eau usée qui existe pour les produits en aval d'activités domestiques ou industrielles. Dans cette section on ne considérera que les effluents ou autres déchets qui sont rejetés directement dans l'environnement. Dans la plupart des cas, les déversements ont lieu dans les eaux, c'est à dire des rivières, lacs ou océans.

Comme dans la section précédente 6.9.2, cette Sous-section 6.9.4, ne considère pas les effluents industriels, qui sont tous traités sous les industries respectives. On appliquera donc les mêmes classifications, menant aux mêmes quantités de PCDD/PCDF rejetées. Les facteurs d'émission sont donnés au Tableau 77.

Tableau 77 : Facteurs d'émission des décharges dans des cours d'eaux

Classification	Facteurs d'émission $\mu\text{g TEQ/m}^3$				
	Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
1. Eaux usées contaminées	NA	0,005	NA	NA	NA
2. Eaux usées mixtes urbaines	NA	0,0002	NA	NA	NA
3. Endroits isolés ou contrôle des arrivées	NA	0,0001	NA	NA	NA

#### 6.9.3.1 *Rejet dans l'air*

Non applicable.

#### 6.9.3.2 *Rejet dans l'eau*

Non applicable.

### 6.9.3.3 *Rejet dans la terre*

Non applicable.

### 6.9.3.4 *Rejet dans les produits*

Non applicable, car il n'y a pas de produit.

### 6.9.3.5 *Rejet dans les résidus*

Non applicable.

## 6.9.4 Le compostage

Le compostage est une méthode populaire de transformation des déchets venant des jardins, des cuisines, des parcs et de l'entretien de lieux publics ou privés, ainsi que des déchets issus de l'agriculture et des forêts. Au fond, toute matière organique peut être compostée et le procédé d'élimination bénéficie d'un haut degré d'acceptation par le public. Le procédé de compostage mène à une perte de l'ordre de 50% du poids de départ des matières traitées. La teneur moyenne en eau du compost est de 30%.

Des données européennes ont montré que la contamination du compost par des PCDD/PCDF peut être élevée si toute la fraction organique est compostée. Certaines fractions qui peuvent entrer dans le procédé du compostage peuvent avoir des concentrations importantes de PCDD/PCDF ; ainsi, par exemple, le contenu d'aspirateurs ou des fines particules comme la poussière venant de la maison, des terres venant de sols contaminés se mêlant aux végétaux et autres rebuts de plantes, des feuilles venant de chemins pollués par le trafic de véhicules au plomb, matière vertes venant des cimetières ou autre déchet organique traité aux pesticides. Cette pratique donnera une contamination inacceptable du produit final qui ne sera plus utilisable en horticulture. Des concentrations supérieures à 100 ng I-TEQ/kg ont été détectées dans ces composts.

Tableau 78 : Facteurs d'émission pour le compostage

Classification	Facteurs d'émission µg TEQ/t ms			
	Air	Eau	Terre	Produit = Résidu
1. Fraction tout organique	NA	NA	NA	100
2. Déchets de cuisine, de jardin	NA	NA	NA	15
3. Matières vertes venant d'environnements « non-impactés »	NA	NA	NA	5

### 6.9.4.1 *Rejet dans l'air*

Les rejets dans l'air sont très faibles (quelques pg par m<sup>3</sup>) et ne seront pas à prendre en considération.

#### 6.9.4.2 *Rejet dans l'eau*

Le procédé du compostage génère de l'eau. Toutefois, les concentrations sont normalement très basses et l'eau est recyclée dans le compost au cours du procédé.

#### 6.9.4.3 *Rejet dans la terre*

L'utilisation normale du compost fini est l'application sur le sol ; on utilisera donc les concentrations du produit.

#### 6.9.4.4 *Rejet dans les produits*

Dans le cas du compost, le produit égale le résidu. La concentration de la Classe 1 devrait être appliquée quand la fraction organique entière est compostée, et éventuellement si on inclut les contenus d'aspirateurs, les cendres des cheminées ou de foyers ou venant de barbecue et de grills. Le facteur d'émission de la Classe 2 devra être utilisé si des déchets de jardin et des épiluchures de cuisine sont compostés ensemble avec les feuillages ou les aiguilles d'épicéa des parcs, etc. Le facteur d'émission de la Classe 3 devra être appliqué dans les cas où les végétaux et les résidus de plantes sont compostés sans avoir subi un traitement avec des pesticides chlorés et sans qu'il ait de fines particules présentes.

### 6.9.5 Traitement des huiles usagées (non thermique)

L'estimation pour l'élimination d'huiles usagées dans l'inventaire des dioxines s'avère difficile pour plusieurs raisons. En premier lieu, il n'y a pas de définition claire entre l'huile « usagée » et l'huile « déchet ». Pour les besoins de cette section des directives, les déchets d'huile (ou huiles usées) sont définis comme étant toute huile à base de pétrole, huile synthétique, ou huile à base animale ou végétale qui a déjà été utilisée. Les huiles usées peuvent avoir deux origines principales: celles qui sont des huiles usées industrielles, et les huiles usées d'origine végétale et animale. Parmi les déchets d'huiles venant de l'industrie, on peut identifier trois grandes catégories : l'huile industrielle (par ex. l'huile hydraulique, les huiles de lubrification moteur, les huiles de coupe) ; l'huile des garages et ateliers ; et l'huile des transformateurs.

On a constaté dans des huiles usagées des contaminations aux dibenzo-p-dioxines polychlorés (PCDD), aux dibenzofuranes polychlorés (PCDF), et aux polychlorobiphényles (PCB). Les huiles contenant des PCB sont considérées à la Catégorie Principale 10 (voir Section 6.10.6).

A présent, il n'a pas été trouvé de preuve indiquant que des PCDD/PCDF sont nouvellement créés dans les raffineries d'huiles usées. Les données disponibles indiquent que les PCDD/PCDF et PCB rejetés par ces raffineries et par des unités de gestion et de manutention d'huiles usées proviennent de la production intentionnelle de PCB ou de chlorobenzènes qui sont présents dans les huiles usées, soit par une contamination dans le procédé de synthèse (de ces produits), soit par une contamination pendant la phase d'utilisation ou pendant un procédé de recyclage antérieur (SC BAT/BEP 2004).

Il n'existe pas de voie uniforme pour le traitement des huiles usagées. Selon les informations disponibles, les options de gestion d'huiles usées comprennent: la réutilisation ou la

régénération ; le cracking thermique ; l'incinération ou l'utilisation comme carburant (par exemple dans les four à ciment, les briqueteries, etc.). Certaines peuvent être mélangées avec des fuels lourds, avec ou sans raffinage préalable, et être utilisées dans des moteurs, par exemple, des bateaux. Il faut noter que la mise en décharge et le brûlage à l'air libre se pratiquent aussi, dans de nombreux pays.

Les huiles collectées dans différents pays aboutiront donc dans d'autres procédés, et ces différents applications devront être incluses dans les sections concernant l'incinération de déchets (Section 6.1.1, 6.1.2), l'utilisation dans des centrales (Section 6.3.1), le chauffage domestique et les cuisines (section 6.3.5), les fours à ciment (section 6.4.1), les briqueteries (section 6.4.3), les stations de mélange d'asphalte (section 6.4.6), ou les transports (Section 6.5.4).

La gestion des huiles contaminées aux PCDD, PCDF ou PCB peut mettre en danger le personnel qui est appelé à collecter et à manipuler les huiles. Des émissions diffuses peuvent avoir lieu pendant le stockage et la manutention. L'environnement peut être contaminé par des déversements de l'huile contaminée. Les produits des opérations de recyclage peuvent contenir des concentrations élevées de PCDD/PCDF. Une élimination inappropriée peut provoquer une contamination des terres ou des eaux. On peut supposer qu'il sera nécessaire de procéder à des évaluations de sites ou de procédés.

Il n'est possible à présent de donner des facteurs d'émission pour aucun de ces vecteurs de rejet.

## 6.10 Catégorie principale 10 : Points Chauds

Cette Section 6.10 donne une liste indicative des activités qui aurait pu conduire à une contamination des sols ou des sédiments par les PCDD/PCDF. Si une des activités citées ci-dessus a été exploitée ou pratiquée, il existe une grande probabilité qu'il sera possible de détecter une contamination par les PCDD/PCDF. Il n'est pas possible d'avancer des valeurs chiffrées mais dans de nombreux cas les concentrations seront quelques ordres de grandeurs supérieures aux concentrations de fond. Chacun de tels points chauds potentiels nécessite une étude propre du site en partant d'une évaluation historique des activités suspectes qui y ont été poursuivies, ou qui le sont encore. Dans ce contexte, il est important d'obtenir une estimation portant par exemple sur les quantités de produits chimiques fabriqués ou utilisés, et sur le déroulement des activités dans le temps (mois, années, décennies).

### 6.10.1 Sites de production d'organochlorés

Il existe une forte probabilité de pollution des bâtiments et des sols situés les sites de production de produits organochlorés, actuels ou passés. Les plus hautes concentrations de PCDD/PCDF seront associées à la production de phénols chlorés et leurs dérivés. S'il y a eu des déversements d'eaux usées dans les cours d'eau, les sédiments situés au pied des tuyaux de décharge peuvent être pollués par les PCDD et les PCDF. Si des eaux usées ont été déversées dans des lagunes ou réservoirs de sédimentation, les sédiments et les boues peuvent être hautement contaminées par les PCDD/PCDF.

### 6.10.2 Sites de production de chlore

La fabrication de chlore utilise une cellule au mercure et des anodes en graphite qui laissent une contamination aux PCDD/PCDF dans les résidus. Une contamination proche de 4 mg TEQ/kg de résidu a été trouvée dans un échantillon de boue ; d'autres échantillons avaient des teneurs allant de 0,15 µg I-TEQ/kg à 23,1 I-TEQ/kg (She and Hagenmeier 1994). Des anodes en graphite étaient presque exclusivement utilisées pour la production de chlore avant d'être remplacées dans les années 70, par des anodes en métal. L'anode en graphite était composée de différents types de poudres de coques avec un brai servant de liant. Un peu d'oxygène était libéré à l'anode avec le chlore, et cet oxygène pouvait attaquer le graphite en formant du monoxyde et du dioxyde de carbone. L'usure de cette électrode était responsable d'une consommation de graphite d'environ 2 kg par tonne de chlore produite à partir du chlorure de sodium, et 3-4 kg par tonne de chlore dans le cas du chlorure de potassium. Le résidu du graphite produit était contaminé par les composés des PCDD/PCDF, surtout venant de la réaction entre le chlore et le liant de brai qui contient des hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) (Ullman 1996).

Les premières cibles seront les sols, et dans le cas où des lixiviations se seraient produites aux alentours, des compartiments avoisinants et peut-être les sédiments des rivières proches peuvent aussi être affectés. Une indication forte d'une contamination par les PCDD/PCDF sera donnée par des concentrations élevées en mercure, un problème en soi. Malheureusement il n'est pas possible d'établir une corrélation entre les concentrations de mercure et de PCDD/PCDF.



### 6.10.3 Sites de formulation des phénols chlorés

Il existe des sites sur lesquels des phénols chlorés ont été formulés sous forme de pesticides pour l'agriculture et pour d'autres applications. Normalement, la contamination sera trouvée dans les bâtiments où les phénols chlorés ont été formulés ou stockés. Par conséquent, il y a un très fort risque de contamination.

### 6.10.4 Sites d'application des phénols chlorés

Ces sites comprennent les endroits où des produits chimiques, par exemple des pesticides, ont été utilisés. Suivant les schémas d'utilisation, des herbicides contenant des dioxines comme le 2,3,4-T, le 2,4-D et autres (cf. Sections 6.7.2.3, 6.7.2.5 ou 6.7.2.6) ont été utilisés en agriculture ou pour délimiter des droits de passage. En plus des utilisations indiquées en Section 6.10.5, des contaminations par le pentachlorophénol et ses sels peuvent survenir dans les rizières ou sur des terres fermières quand les poteaux traités au PCP sont utilisés comme barrières ou autour des poteaux téléphoniques, etc.

### 6.10.5 Sites de production et de traitement du bois

Les scieries et sites de production de bois sont souvent associés à l'usage de pentachlorophénol. Les terres et sédiments peuvent être contaminés par les PCDD/PCDF car ces industries utilisent beaucoup d'eau et sont souvent localisées près de rivières. Comme le PCP et le PCP-Na ont des solubilités bien supérieures dans l'eau et des demi vies deux fois plus faibles, la concentration de PCP dans les terres et sédiments ne peut donner que des indications approximatives de la contamination par des PCDD/PCDF. Une corrélation quantitative entre les concentrations de PCP et les PCDD/PCDF ne peut pas être établie car les deux classes de composés ont des comportements physiques et chimiques différents selon leurs dégradations différentes dans les conditions environnementales.

### 6.10.6 Transformateurs et condensateurs remplis avec du PCB

Chaque fois qu'un transformateur ou un condensateur contenant du PCB est détecté, il y aura présence de PCDF car une contamination aux PCDF se produira à cause du procédé de production des PCB (la chloration de biphényl par le chlore gazeux en présence de catalyseurs). Avec l'âge et la durée d'utilisation des équipements, les concentrations de PCDF dans les roulements des transformateurs augmenteront. Aussi longtemps que les transformateurs et condensateurs seront en bon état, sans fuites, il n'y aura pas de rejet de PCDF, ni de PCB dans l'environnement. Une fois que des fuites auront été constatées, les PCDF seront libérés dans les alentours, par ex. le sol, les surfaces, les sédiments. Les PCB peuvent servir d'indicateur puisque les PCB les plus chlorés ont des comportements similaires (en particulier la stabilité et la mobilité) dans l'environnement, que les PCDF substitués en 2,3,7,8.

Dans cette section et pour les besoins de l'inventaire dioxines/furannes, les rejets de PCDF (en tant que TEQ) seront estimés. Il faut noter qu'avec le rejet du mélange commercial de PCB, il y aura également des rejets de PCB proches des dioxines, et différents des dioxines. Cependant ces derniers deux groupes de POP ne tombe pas dans le cadre du présent Toolkit

(voir Chapitre 1 – Introduction). Pour des informations complémentaires sur les PCB ressemblant aux dioxines dans les mélanges commerciaux de PCB, voir Schmidt et al. 1996.

Les facteurs d'émission pour les produits PCB seront groupés en fonction de la teneur en chlore ; ils sont indiqués au Tableau 79. Il est connu que sous contrainte thermique les PCB se transforment en PCDF avec donc une augmentation du TEQ. On ne peut pas établir de corrélation mais on peut supposer que le PCB usagé aura des concentrations plus élevées que le PCB neuf. Puisque à présent tout PCB trouvé dans un équipement sera un PCB « usagé », les concentrations données ci-après devront être considérées comme les limites basses.

Tableau 79 : Facteurs d'émission des PCB.

Type de PCB	PCB neuf ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )
Chlore bas, par exemple le Clophen A30, Aroclor 1242	15'000
Chlore moyen, par exemple le Clophen A40, Aroclor 1248	70'000
Chlore moyen, par exemple le Clophen A50 Aroclor 1254	300'000
Chlore élevé, par exemple le Clophen A60, Aroclor 1260	1'500'000

En raison des lois existantes sur les PCB dans de nombreux pays, les équipements contenant des PCB doivent de toute manière être inventoriés et doivent être traités comme des déchets toxiques (destinés à l'élimination). De telles actions aideront à identifier les PCB pour les besoins de l'inventaire des dioxines, et aussi à identifier d'éventuels points chauds où des équipements aux PCB pourraient avoir subis des fuites vers l'environnement.

#### 6.10.7 Décharges de déchets/résidus venant des catégories 1-9

Partout où des produits ou des résidus contenant des PCDD/PCDF ont été éliminés, il existe une probabilité que ces contaminants seront rejetés dans l'environnement. La décharge et le site d'enfouissement sont en eux-mêmes des réservoirs. Les PCDD/PCDF sont relativement immobiles dans ces décharges, aussi longtemps qu'il n'y a pas d'écoulement d'eau capable de mobiliser la contamination des PCDD/PCDF. Une fois libérés, les PCDD/PCDF vont se concentrer dans les couches huileuses (phases organiques dans le mélange des phases aqueuses et organiques). Pour les contrôles analytiques seule la phase organique devrait être analysée pour les PCDD/PCDF. Toutes les expériences ont montré que les phases aqueuses contenaient des concentrations non détectables de PCDD/PCDF.

Des indications que des décharges peuvent contenir des PCDD/PCDF existent dans les cas où l'un ou plusieurs des déchets suivants y ont été éliminés :

- Résidus de fabrications chimiques, en particulier des chlorophénols,
- Résidus venant des procédés de combustion et d'incinération, surtout des cendres volantes,
- Équipements contenant des PCB (par exemple, des condensateurs, des transformateurs et autres appareils)
- Boues d'usines à pâte utilisant du chlore gazeux (chlore libre) pour le blanchiment
- Industrie du bois où des PCP ou autres conservateurs à base de chlore ont été employés

En plus, des points chauds seront créés :

- lorsque des câbles de cuivre gainés par du plastique ont été brûlés
- à la suite de feux de décharge accidentels ou fortuits.

### 6.10.8 Sites d'accidents pertinents

Des accidents tels que des incendies peuvent produire de la suie et des résidus à haute concentration en PCDD/PCDF (cf. aussi la Section 6.6.2). De tels accidents résultent très souvent de feux, par exemple des incendies de transformateurs, des feux dans des entrepôts, des incendies de maisons (en particulier s'il y a des bois traités, des plastiques, des tapis ou lorsqu'il y a des produits anti-feu à base de brome). Normalement la contamination PCDD/PCDF sera concentrée dans la suie. Celle-ci devrait être collectée et éliminée proprement comme un déchet dangereux.

### 6.10.9 Dragage des sédiments

Les sédiments venant des ports ou du dessous des conduits d'élimination industrielle de toute activité citée précédemment peuvent être contaminés par des PCDD/PCDF. Très souvent, pour permettre la navigation ces sédiments sont dragués et épandus sur le sol. Cette activité déplace seulement la contamination des PCDD/PCDF de l'endroit actuel et du chemin suivi dans l'eau, mais ne fait que transférer cette contamination à un autre endroit, provoquant potentiellement de nouvelles expositions (vers des sols résidentiels ou agricoles). Toutefois, il faut considérer avec soin la meilleure façon de gérer les sédiments contaminés, pour réduire tout risque d'exposition par inadvertance.

### 6.10.10 Sites d'extraction de kaolin ou d'argile figuline (*ball clay*)

Récemment, un nombre grandissant d'observations ont indiqué que des PCDD/PCDF auraient pu être présents dans l'environnement depuis beaucoup plus longtemps que la création de l'industrie du chlore-----et qu'ils auraient pu en fait avoir été formés par des processus qui ne dépendent pas de l'activité de l'homme. Des concentrations élevées, surtout de PCDD, ont été trouvées dans des mines de ball clay aux Etats Unis et de kaolin en Allemagne, dans des échantillons extraits de sols profonds en Grande Bretagne, dans des carottes de sédiments marins, datées, au Queensland (Australie), et dans des carottes provenant de sédiments dans des lacs artificiels dans le Mississippi (USA). L'originalité de tous ces échantillons réside en l'absence presque totale de PCDF, et dans la répartition quasi identique des congénères/isomères, au travers de toutes les géographies concernées. Toutes les études fournissent une forte indication que des PCDD/PCDF ont été formés par des voies naturelles. Ces observations devraient mener à des recherches approfondies pour comprendre l'étendu du phénomène naturel de formation des PCDD/PCDF, et pour connaître le mécanisme de formation qui pourrait expliquer ces observations. Toute observation à ce sujet devrait être notifiée.



## 7 REFERENCES

Annema J.A., J.E.M. Beurskens, and C.W.M. Bodar (1995): Evaluation of PCB Fluxes in the Environment, RIVM, Bilthoven, The Netherlands

Beard A., K.P. Naikwadi, and F.W. Karasek (1993): Formation of Polychlorinated Dibenzofurans by Chlorination and *de novo* Reaction with FeCl<sub>3</sub> in Petroleum Refining Industry. Environ. Sci. Technol. **27**, 1505-1512

Béguier S. (2004): Personal communication to H. Fiedler; CITEPA, Paris, France

BImSchV (1990): 17. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 23.1.1990 (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV). Bundesgesetzblatt Teil I, Jahrgang 1990, 2832. (Ordinance for waste incinerators, Germany)

BImSchV (1997): 27. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung - 27. BImSchV) vom 19. März 1997. BGBl. I, S. 545. (Ordinance for crematoria)

Blanco A., C. Negro, C. Monte, E. Fuente, and J. Tijero (2004): The Challenges of Sustainable Papermaking. Environ. Sci. Technol. **38**, 414A-420A

Bramley M. (1998): Dioxins and Hexachlorobenzene Releases from Magnesium Production in North America: Lessons from Noranda's Magnola Project in Asbestos, Quebec. Greenpeace, Canada

BREF (2001a): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries. December 2001. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

BREF (2001b): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Technique in the Cement and Lime Manufacturing Industries. December 2001. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

BREF (2001c): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Technologies in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry. December 2001. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

BREF (2000a): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Technique in the Pulp and Paper Industry. July 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

BREF (2000b): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Technologies for Mineral Oil and Gas Refineries. Draft dated February 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

BREF (2000c): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel. March 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

Bremmer H.J., L.M. Troost, G. Kuipers, J. de Konig, and A.A. Sein (1994): Emissions of Dioxins in the Netherlands, RIVM/TNO, The Netherlands

Bröker G., P. Bruckmann, and H. Gliwa (1999): Study of Dioxin Sources in North Rhine-Westphalia. *Chemosphere* **38**, 1913-1924

BSE (2002): personal communication by Dr J Apfel, Badische StahlwerkeEngineering GmbH, Kehl, Germany

Buckley-Golder D., P Coleman, M Davies, K King, A Petersen, J Watterson, M Woodfield, H Fiedler, and A Hanberg (1999): Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data. Report produced for the European Commission DG Environment, and UK Department of the Environment, Transport and Regions (DETR), October 1999: URL: <http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/download.htm#Identification%20of%20relevant%20industrial%20sources%of%20dioxins%20furans>

Butzkamm-Erker R. and R. E.Mach (1990): Neuer Daten über Dioxingehalte in Klärschlamm. *Korrespondenz Abwasser* **37**, 161-163

CARB (1987): Determination of PCDD and PCDF emissions from Motor Vehicles. California Air Resources Board). Draft report, October 1987. Test Report No. C-86-029.

Carroll W.F. (2004): information submitted to H. Fiedler, UNEP Chemicals by Chlorine Chemistry Council, U.S.A. for EPA TRI data

Carroll W.F. (1996): Is PVC in House Fires the Great Unknown Source of Dioxin? *Fire and Materials* **20**, 161

Charles Napier (1998): PCDD and PCDF Emission Inventory, Prevention and Control Techniques in the Iron and Steel Sector, Environment Canada (Napier C.E. and Co, CC Doironn Associates)

Choong Kwet Yive N.S. (2004): information submitted to H.Fiedler, UNEP Chemicals by University of Mauritius, Réduit, Mauritius

COCHILCO (2004): Resumen descriptivo de la tecnologías y operacion de las fundiciones primarias de concentrados de cobre de Chile. Documento Tecnico elaborado por la Comision Chilena del Cobre en base a la informacion entregada por las fundiciones chilenas

Copper Smelters (2004) : Information on processes, raw materials, and recycling of German, Swedish, and Canadian copper manufacturers is taken, among others, from the following URLs (accessed in December 2004):

Germany: [http://www.na-ag.com/NA\\_en/rohstoffe\\_frame.html](http://www.na-ag.com/NA_en/rohstoffe_frame.html)

Sweden: <http://www.boliden.com>  
<http://noranda.com>

CORMA (2004): Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases - Comentarios. Information submitted to UNEP Chemicals by Corporación Chilena de la Madera A.G., Chile, March – October – November 2004

DEH

DEPR (2003): Department of Environment, Parks, and Recreation of the Ministry of Development, Brunei Darussalam, in UNEP 2003b

DINAMA (2002): Inventario nacional de liberaciones de dioxinas y furanos – Uruguay 2000. UNEP and DINAMA, Uruguay, Marzo, 2002. Dirección Nacional de Medio Ambiente of Ministerio de Vivenda, (Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Uruguay

Dumler-Gradl R., H. Thoma, and O. Vierle (1995): Research Program on Dioxin/Furan Concentration in Chimney Soot from House Heating Systems in the Bavarian Area. *Organohalogen Compd.* **24**, 115-118

Dyke P.H., M.J. Wenborn, P.J. Coleman, M.J. Woodfield, and C.L. Rose (1997): A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK, Environment Agency, R&D Publication 3, Environment Agency, UK

EAA (2003): personal communication, European Aluminium Association, Brussels, Belgium

EC (1999): Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe. Report for Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Germany on behalf of European Commission, CD Environment, Brussels, Belgium, September 1999

EC (1996): 96/211/EC: Commission Decision of 26 February 1996 concerning the prohibition of pentachlorophenol (PCP) notified by Denmark (Only the Danish text is authentic) (Text with EEA relevance). *Official Journal* No. L 068 , 19/03/1996 P. 0032-0040

EMEP (2002): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 3<sup>rd</sup> edition October 2002 UPDATE, Technical report no. 30, EEA – European Environment Agency, Copenhagen, and

EMP (1999): Emission Inventory Guidebook, September 1999

EC-JRC (2000a): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. July 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

EC-JRC (2000b): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries. Draft dated February 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

EC-JRC (2000c): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel. March 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

EC-JRC (2000d): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries. March 2000. European Commission, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Seville, Spain

EMEP (1999): Emission Inventory Guidebook. September 1999

Environment Canada and the Federal/Provincial Task Force (1999): Dioxins and Furans and Hexachlorobenzene. Inventory of Releases. Prepared by Environment Canada and the Federal/Provincial Task Force on Dioxins and Furans for the Federal Provincial Advisory Committee for the Canadian Environmental Protection Act (CEPA-FPAC), January 1999

Essers U., O. Hutzinger, and H. Hagenmaier (1992): Untersuchungen zur Emission halogenierter Dibenzodioxine und Dibenzofurane aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen. Bericht an das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit München, PT Umwelt und Klimaforschung

EU (2002): Directive 2000/76/CE du Parlement Européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets. Journal officiel des Communautés européennes 28.12.2000 L 332/91

EU (1999) : Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe. Final Report by M. Wenborn, K. King, D. Buckley-Golder, and J. Gascon, produced for Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Germany on behalf of the European Commission DG Environment, September 1999

EU SCAN (2000): Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin Contamination of Feedingstuffs and their Contribution to the Contamination of Food of Animal Origin. European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, Directorate C - Scientific Opinions, C3 - Management of scientific committees II; scientific co-operation and networks. Brussels, Belgium

Fiedler H., O. Hutzinger, and C.W. Timms (1990): Dioxins: Sources of Environmental Load and Human Exposure. *Toxicol. Environ. Chem.* **29**, 157-234

Gullett B.K., P.M. Lemieux, C.C. Lutes, C.K. Winterrowd, and D.L. Winters (1999): PCDD/F Emissions from Uncontrolled Domestic Waste Burning. *Organohalogen Compd.* **41**, 27-30 (and 157-160)

Hagenmaier H., P. Krauß, J. Vatter und M. Walczok (1995): Bedeutung der Dioxin-Einträge durch Automobilabgase und Hausfeuerungen. *Organohalogen Compd.* **22**, 49-54

HMIP (1995): A Review of Dioxin Emissions in the UK, Her Majesty's Inspectorate of Pollution, DOE/HMIP/RR/95/004, UK



Horstmann M., M.S. McLachlan, M. Reissinger, and M. Morgenroth (1993a): An Investigation of PCDD/F Formation during Textile Production and Finishing. *Organohalogen Compd.* **11**, 417-420

Horstmann, M., M.S. McLachlan und M. Reissinger (1993b): Further Investigations of the Sources of PCDD/F in Municipal Sewage Sludge. *Organohalogen Compd.* **11**, 293-296

Horstmann M., M.S. McLachlan and M. Reissinger (1993c): Investigations of the Origin of PCDD/F in Municipal Sewage Sludge. *Chemosphere* **27**, 113-120

Hutzinger O., H. Fiedler, C. Lau, G. Rippen, U. Blotenberg, H. Wesp, S. Sievers, P. Friesel, B. Gras, T. Reich, U. Schacht, and R. Schwörer (1995): Dioxin-Bilanz für Hamburg. *Hamburger Umweltberichte* **51/95**. Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (eds.), Hamburg September 1995, ISSN 0179-8510

Ifeu (1998): Ermittlung von Emissionen und Minderungsmaßnahmen für persistente organische Schadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. Stoffband A: Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). Ifeu-Institut, Heidelberg, März 1998. Forschungsvorhaben Nr. 104 02 365. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin

Ikeguchi T. and M. Tanaka (1999): Experimental Study of Dioxin Emission from Open Burning Simulation of Selected Wastes. *Organohalogen Compd.* **41**, 507-510

Kutz F.W., D.G. Barnes, E.W. Bretthauer, D.P. Bottimore, H. Greim (1990): The International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) Method for Estimating Risks Associated with Exposures to Complex Mixtures of Dioxins and Related Compounds. *Toxicol. Environ. Chem.* **26**, 99-110

LUA (1997): Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe. *Materialien No. 43*. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, 1997

Mahnke K. and P. Krauss (1996): Burning of Biomass – An Important Source for Global PCDD/F Emission? *Organohalogen Compd.* **27**, 167-170

Merk M., K.-W. Schramm, D. Lenoir, B. Henkelmann, and A. Kettrup (1995): Determination of the PCDD/F Concentration in the Fumes from a PVC Fire. *Organohalogen Compd.* **23**, 491-494

Musdalslien U.I., P.H. Nokleby, and O. Wallevik (1998): Formation of dioxins from carbonaceous materials in production of anhydrous magnesium chloride. *Organohalogen Compd.* **36**, 81-84

Napier C.E. and Co, CC Doiron Associates (1998): PCDD and PCDF Emission Inventory, Prevention and Control Technologies in the Iron and Steel Sector, Environment Canada

NATO/CCMS (1988): International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) Method of Risk Assessment for Complex Mixtures of Dioxins and Related Compounds. Pilot Study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, Report Number **176**, August 1988, North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society

NZ (2000): New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water, and Reservoir Sources. S.J. Buckland, H.K. Ellis, and P.H. Dyke. Organochlorines Programme, Ministry for the Environment, Wellington, NZ, March 2000

Oehme M., S. Mano, and B. Bjerke (1989): Formation of PCDF and PCDD by Production Processes for Magnesium and Refined Nickel. *Chemosphere* **18**, 1379

Rappe C., R. Andersson, M. Bonner, K. Cooper, H. Fiedler, F. Howell, and C. Lau (1996): PCDDs and PCDFs in Samples of Sewage Sludge and Effluent from the State of Mississippi. *Organohalogen Compd.* **28**, 105-110

SCEP (1994): Determination of Requirements to Limit Emissions of Dioxins and Furans - Report of the Working Group of the Subcommittee Air/Technology of the State Committee for Emission Protection (SCEP) - Germany

Schatowitz B., G. Brandt, F. Gafner, E. Schlumpf, R. Buhler, P. Hasler, and T. Nussbaumer (1994): Dioxin Emissions from Wood Combustion. *Chemosphere* **29**, 2005-2013

Smit A., T.H.P. Leuweink, A.L.J. van der Panne, W. Gebert, H. Lanzerstorfer, H. Riepl, and K. Hofstadler (1999): Reduction of Dioxin Emissions from Hoogovens Sinter Plant with the AIRFINE System. *Organohalogen Compd.* **40**, 441-444

Stringer R., P. Costner, and P.A. Johnston (1995): PVC Manufacture as a Source of PCDD/Fs. *Organohalogen Compd.* **24**, 119-123

UBA (1997): The European Atmospheric Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants for 1990. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy and Process Innovation. Forschungsbericht 104 02 672/03 im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Germany, June 1997

UBAVIE (2000): Stage of the Art in the Production of Secondary Aluminium with Regard to the IPPC-Directive. Zusammenfassung Monographien, Band 120, Umweltbundesamt Wien, Austria

Ullmann (1996): Chlorine - Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A 6, 399-481. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim, Germany

UNEP (2001): Training Module for Reducing Releases of Dioxins and Furans. Report by UNEP Chemicals (*in preparation*)

UNEP (1999): Dioxin and Furan Inventories, National and Regional Emissions of PCDD/F, UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland

US-EPA (2000): Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds. Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds – Volume 2: Sources of Dioxin-Like Compounds in the United States. EPA/600/P-00/001Bb, September 2000. Draft Final Report. [www.epa.gov/ncea](http://www.epa.gov/ncea), Washington, D.C., USA

US-EPA (1998a): The Inventory of Sources of Dioxin in the United States - REVIEW DRAFT - EPA/600/P-98/002Aa, Washington, D.C., USA

US-EPA (1998b): EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Metal Casting Industry. October 1998. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA

US-EPA (1997): Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels - EPA/600/P-97/134a, Research Triangle Park, NC, USA

van Leeuwen F.X.R. and M. Younes (1998): WHO Revises the Tolerable Daily Intake (TDI) for Dioxins. *Organohalogen Compd.* **38**, 295-298

Vikelsee J and E. Johansen (2000): Estimation of Dioxin Emissions from Fires in Chemicals. *Chemosphere* **40**, 165-175

Wichmann, H., Lorenz, W and Bahadir, M (1995): Release of PCDD/F and PAH During Vehicle Fires in Traffic Tunnels. *Chemosphere* **31**, 2755

Wunderli S., M. Zennegg, I.S. Dolezal, D. Noger, and P. Hasler (1996): Levels and Congener Pattern of PCDD/PCDF in Fly and Bottom Ash from Waste Wood and Natural Wood Burned in Small to Medium Sized Wood Firing Facilities in Switzerland. *Organohalogen Compd.* **27**, 231-236

## 8 ANNEXE 1 : COMPILATION DE TOUS LES FACTEURS D'EMISSION

Cette annexe présente une compilation de tous les facteurs d'émission pour les dix Catégories de Source principales et leurs sous-catégories. Ces feuilles sont aussi disponibles en format EXCEL, pouvant être utilisées directement pour le calcul des rejets annuels, à travers tous les vecteurs.

Dans les Tableaux qui suivent (Tableau 80 à Tableau 89), la majorité des facteurs d'émission est donnée en µg TEQ par tonne de matière traitée ou de produit, respectivement. Dans le cas de quelques exceptions, par exemple, les résidus des fours à charbon pour le chauffage domestique (Sous-catégorie 3e), aussi bien que pour les rejets d'eaux dans la Catégorie 9, les émissions annuelles sont estimées sur la base des résidus générés. Pour les autres estimations, par exemple les rejets d'eaux et de résidus de l'industrie de la pâte et du papier, on préfère peut-être l'option de calculer les rejets annuels sur la base des volumes rejetés et les concentrations dans les eaux et les résidus.

Il faut aussi faire attention à ce que les rejets annuels ne soient pas comptabilisés deux fois : par exemple le résidu d'un procédé peut être la matière d'approvisionnement pour un autre procédé ou une autre activité. Des exemples sont les cendres de l'industrie des métaux ferreux et non ferreux qui peuvent être utilisées dans des procédés secondaires. De plus, les eaux usées venant de procédés industriels devraient normalement être comptabilisées pour l'industrie même qui les a générées. Toutefois, occasionnellement, des statistiques peuvent fournir des données pour un site d'élimination, par exemple la quantité d'eau usée rejetée à un endroit spécifique peut être connue, par exemple pour les déversements dans des cours d'eau, ou les éliminations dans les stations d'épuration. Une attention particulière doit donc être apportée lorsque l'on reprend ces chiffres, notamment pour ceux du secteur 9.

Dans les Tableaux suivants,

« NA » signifie qu'il n'y a probablement pas de vecteur,

« ND » signifie qu'il n'existe pas actuellement de facteur d'émission disponible.

Ceci signifie qu'il peut être important de noter ce vecteur, mais qu'à l'heure actuelle il n'est pas possible de calculer les rejets liés au vecteur.

Tableau 80 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 1 – Incinération de Déchets

Cat.	Sous-cat.	Classe	Sous-catégories	Voies de rejet potentielles (µg TEQ/t) Résidus					
				Air	Eau	Terre	Produits	Cendres volantes	Cendres résiduelles
<b>1</b>			<b>Incinération de déchets</b>						
	a		<b>Incinération déchets municipaux solides</b>						
		1	Techn. de combustion faible, sans APC	3'500		NA	NA	0	75
		2	Combustion contrôlée, APC minimale	350		NA	NA	500	15
		3	Combustion contrôlée, bon APC	30		NA	NA	200	7
		4	Comb. haute température, APCS sophistiqué	0,5		NA	NA	15	1,5
	b		<b>Incinération déchets toxiques</b>						
		1	Techn. de combustion faible, sans APC	35'000		NA	NA	9'000	
		2	Combustion contrôlée, APC minimale	350		NA	NA	900	
		3	Combustion contrôlée, bon APC	10		NA	NA	450	
		4	Comb. haute temp., APCS sophistiquée	0,75		NA	NA	30	
	c		<b>Incinération déchets d'hôpitaux/médicaux</b>						
		1	Comb. non-contrôlée, sans APCS	40'000		NA	NA		200
		2	Contrôlée, discontinue, pas ou peu d'APCS	3'000		NA	NA		20
		3	Contrôlée, discontinue, bon APCS	525		NA	NA	920	ND
		4	Haute technologie, continue, APCS sophistiqué	1		NA	NA	150	
	d		<b>Incinération fraction légère déchets de déchiqueteurs</b>						
		1	Comb. non-contrôlée, sans APCS	1'000		NA	NA	ND	ND
		2	Contrôlée, discontinue, pas ou peu d'APCS	50		NA	NA	ND	ND
		3	Haute technologie, continue, APCS sophistiqué	1		NA	NA	150	
	e		<b>Incinération boues d'égout</b>						
		1	Fours anciens, discontinus, peu ou pas d'APCS	50		NA	NA	23	
		2	Plus modernes, continus, un peu d'APCS	4		NA	NA	0,5	
		3	APCS haute technologie	0,4		NA	NA	0,5	
	f		<b>Incinération déchets de bois et de biomasse</b>						
		1	Fours anciens, discontinus, peu ou pas d'APCS	100		NA	NA	1'000	
		2	Plus modernes, continus, un peu d'APCS	10		NA	NA	10	
		3	APCS haute technologie	1		NA	NA	0,2	
	g		<b>Incinération de carcasses d'animaux</b>						
		1	Fours anciens, discontinus, peu ou pas d'APCS	500		NA	NA		ND
		2	Plus modernes, continus, un peu d'APCS	50		NA	NA		ND
		3	APCS haute technologie	5		NA	NA		ND

Tableau 81 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 2 – Fabrication de métaux ferreux et non ferreux

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
2			<b>Fabrication de métaux ferreux et non ferreux</b>					
	a	1	<b>Frittage de minerais de fer</b> Niveau de recyclage élevé, y compris matériaux contaminés à l'huile	20	ND	ND	ND	0,003
		2	Peu de recyclage de déchets, usine bien contrôlée	5	ND	ND	ND	0,003
		3	Haute technologie, réduction des émissions	0,3	ND	ND	ND	0,003
	b	1	<b>Production de coke</b> Sans lavage des gaz	3	0,06	ND	ND	ND
		2	Post combustion/élimination des poussières	0,3	0,06	ND	ND	ND
	c	1	<b>Usine et fonderies pour la production de fer et d'acier</b> Déchets pas propres, préchauffage des déchets, contrôles limités	10	ND	ND	NA	15
		2	Déchets propres/fer vierge, post-combustion, filtre à manche	3	ND	ND	NA	15
		3	Déchets propres/vierge, fourneaux BOS	0,1	ND	ND	NA	1,5
		4	Haut fourneaux avec APC	0,01	ND	ND	NA	ND
		1	<b>Fonderies</b> Four cubilot à air froid ou four rotatif, pas d'APCS	10	ND	ND	NA	ND
		2	Four rotatif – filtre à manche	4,3	ND	ND	NA	0,2
		3	Four cubilot à air froid, filtre à manche	1	ND	ND	NA	8
		4	Four cubilot à air chaud ou four à induction, filtre à manche	0,03	ND	ND	NA	0,5
		1	<b>Unités de galvanisation à chaud</b> Unités sans APCS	0,06	NA	NA	NA	ND
		2	Unités sans étape de dégraissage, bon APCS	0,05	NA	NA	NA	2'000
		3	Unités avec étape de dégraissage, bon APCS	0,02	NA	NA	NA	1'000
	d	1	<b>Production de cuivre</b> Cu second. - Technologie de base	800	ND	NA	NA	630
		2	Cu second. - bien contrôlé	50	ND	NA	NA	630
		3	Cu second. – optimisé pour contrôle PDD/PCDF	5	ND	NA	NA	300
		4	Fusion et coulage de cuivre/d'alliages cuivre	0,03	ND	NA	NA	ND
		5	Cu primaire, bien contrôlé, avec quelques apports secondaires	0,01	ND	NA	NA	ND
		6	Fusion de cuivre primaire, propre, sans apport de produits secondaires	ND	ND	NA	NA	NA
	e	1	<b>Production d'aluminium</b> Traitement de déchets d'Al, peu de traitement des matières premières, enlèvement de poussières simple	150	ND	NA	NA	200

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
		2	Traitement des déchets, bien contrôlé, bon APCS	35	ND	NA	NA	400
		3	Traitement de déchets, bien contrôlé, filtre à manche, injection de chaux	5	ND	NA	NA	100
		4	Procédé optimisé pour élimination de PCDD/PCDF	0,5	ND	NA	NA	100
		5	Séchage de tournures (unités simples)	5,0	NA	NA	NA	NA
		6	Déshuilage thermique, fours rotatifs, post-combustion, filtres à manche	0,3	NA	NA	NA	NA
		7	Unités d'Al primaire pur	ND	NA	NA	NA	ND
	f		<b>Production de plomb</b>					
		1	Plomb second. à partir de déchets, séparateurs PVC batteries	80	ND	NA	NA	ND
		2	Plomb second. à partir de déchets sans PVC/Cl <sub>2</sub> , un peu d'APCS	8	ND	NA	NA	5
		3	Plomb second. à partir de déchets sans PVC/Cl <sub>2</sub> dans fours modernes avec lavage des gaz	0,5	ND	NA	NA	ND
		4	Production de plomb primaire pur	0,5	ND	NA	NA	ND
	g		<b>Production de zinc</b>					
		1	Fourneau sans contrôles des poussières	1'000	ND	NA	NA	ND
		2	Briquetage à chaud/fours rotatifs, contrôle de base	100	ND	NA	NA	ND
		3	Contrôle complet	5	ND	NA	NA	ND
		4	Fusion (seule)	0,3	ND	NA	NA	ND
		5	Production de zinc primaire pur	ND	ND	NA	NA	ND
	h		<b>Production de laiton et d bronze</b>					
		1	Déshuilage thermique des tournures	2,5	NA	NA	NA	NA
		2	Four simple de fusion	10		NA	NA	ND
		3	Apports mélangés, four à induction, filtre à manche	10	ND	NA	NA	125
		4	Equipement sophistiqué, apports propres, bon APCS	0,1	ND	NA	NA	ND
	I		<b>Production de magnésium</b>					
		1	Traitement thermique de MgO/C dans le chlore, pas de traitement d'effluents, APCS insuffisant	250	9'000	NA	ND	0
		2	Traitement thermique de MgO/C dans le chlore, contrôle de pollution complet	50	24	NA	ND	9'000
		3	Procédé de réduction thermique	3	ND	NA	NA	ND
	j		<b>Production thermique de métaux non-ferreux (par ex. Ni)</b>					
		1	Ferraille contaminée, contrôle de poussière simple ou absent	100	ND	ND	ND	ND
		2	Ferraille propres, bon APCS	2	ND	ND	ND	ND
	l		<b>Déchiqueteurs</b>					
		1	Unités de déchiquetage de métaux	0,2	NA	NA	ND	ND
	m		<b>Récupération de fils par voie thermique</b>					

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
		1	Brûlage de câbles à l'air libre	5'000	ND	ND	ND	ND
		2	Four de base avec post-combustion, lavage humide	40	ND	NA	ND	ND
		3	Brûlage de moteurs électriques, patin de freins, etc., unité de post-combustion	3,3	ND	NA	ND	ND

Tableau 82 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 3 – Génération d'électricité et chauffage/cuisines

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/TJ)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
3			<b>Génération d'électricité et chauffage</b>					
	a		<b>Centrales aux combustibles fossiles</b>					
		1	Chaudières de puissance aux co-combustibles fossiles et déchets	35	ND	NA	NA	ND
		2	Chaudières de puissance au charbon	10	ND	NA	NA	14
		3	Chaudières de puissance au fuel lourd	2,5	ND	NA	NA	ND
		4	Centrales à l'huile de schiste	1,5	ND	NA	NA	ND
		5	Chaudières de puissance au fuel léger ou gaz naturel	0,5	ND	NA	NA	ND
	b		<b>Centrales à la biomasse</b>					
		1	Chaudières de puissance aux biomasses mixtes	500	ND	NA	NA	ND
		2	Chaudières de puissance au bois propre	50	ND	NA	NA	15
	c		<b>Combustion de gaz de décharge et biogaz</b>					
		1	Chaudières au biogaz, moteurs/turbines, torchères	8	ND	NA	NA	NA
	d		<b>Chauffage et cuisines domestiques – biomasse</b>					ng TEQ/kg cendre
		1	Fours au bois ou biomasse contaminés	1'500	ND	NA	NA	1'000
		2	Fours au bois ou à la biomasse verts	100	ND	NA	NA	10
	e		<b>Chauffage domestique – combustibles fossiles</b>					ng TEQ/kg cendre
		1	Poêles brûlant du charbon haut en chlore	15'000	ND	NA	NA	30'000
		2	Fours au charbon	100	ND	NA	NA	5'000
		3	Fours à l'huile	10	ND	NA	NA	NA
		4	Fours au gaz naturel	1,5	ND	NA	NA	NA



Tableau 83 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 4 – Fabrication de produits minéraux

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
4			<b>Production de produits minéraux</b>					
	a		<b>Four à ciment</b>					
		1	Fours verticaux	5	NA	NA	ND	ND
		2	Fours humides anciens, température ESP > 300 ° C	5	NA	ND	ND	NA
		3	Fours humides, température ESP/FF 200 à 300 ° C	0,6	NA	ND	ND	NA
		4	Fours humides, ESP/FF température < 200 ° C et tous les types de fours secs avec préchauffage/précalcination, T<200 ° C	0,05	NA	ND	ND	NA
	b		<b>Chaux</b>					
		1	Cyclone, pas de contrôle poussière, combustibles pauvres ou contaminés	10	ND	ND	ND	ND
		2	Bon filtrage poussières	0,07	ND	ND	ND	ND
	c		<b>Briques</b>					
		1	Cyclone, pas de contrôle poussière, combustibles contaminés ou pauvres	0,2	NA	ND	ND	ND
		2	Bon filtrage poussières	0,02	NA	ND	ND	ND
	d		<b>Verres</b>					
		1	Cyclone, pas de contrôle poussière, combustibles contaminés ou pauvres	0,2	NA	ND	ND	ND
		2	Bon filtrage poussières	0,015	NA	ND	ND	ND
	e		<b>Céramiques</b>					
		1	Cyclone, pas de contrôle poussière, combustibles contaminés ou pauvres	0,2	NA	ND	ND	ND
		2	Bon filtrage poussières	0,02	NA	ND	ND	ND
	f		<b>Mélange d'asphalte</b>					
		1	Unité de mélange sans lavage des gaz	0,07	NA	ND	ND	ND
		2	Unité de mélange avec filtre tissu, lavage humide	0,007	NA	ND	ND	0,06
	g		<b>Traitement de schiste bitumineux</b>					
		1	Fractionnement thermique	ND	ND	ND	ND	ND
		2	Pyrolyse de schiste bitumineux	0,003	NA	ND	0,07	2

Tableau 84 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 5 – Transport

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
5			<b>Transport</b>					
	a	1 2 3	<b>moteurs 4-temps</b>					
			Combustible au plomb	2,2	NA	NA	NA	NA
			Combustible sans plomb, sans catalyseur	0,1	NA	NA	NA	NA
	b	1 2	<b>Moteur 2-temps</b>					
			Combustible avec plomb	3,5	NA	NA	NA	NA
	c	1	<b>Moteurs diesel</b>					
			Moteurs diesel	0,1	NA	NA	NA	ND
	d	1	<b>Moteurs au fuel lourd</b>					
			Tous types	4	NA	NA	NA	ND

Tableau 85 Facteurs d'Emission pour la Catégorie 6 – Procédés de combustion non contrôlée

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
6			<b>Procédés de combustion non contrôlés</b>					
	a	1 2 3 4	<b>Feu/brûlage - biomasse</b>					
			Feux de forêt	5	ND	4	NA	ND
			Feux de prairies et de landes	5	ND	4	NA	ND
			Brûlage de résidus agricoles (sur le champ), impactés, mauvaises conditions de combustion	30	ND	10	NA	ND
	b	1 2 3 4 5	<b>Feux, brûlage de déchets, feux de décharge, feux industriels, feux accidentels</b>					
			Feux de décharge	1000	ND	NA	NA	600
			Feux accidentels dans des maisons, des usines	400	ND	400	NA	400
			Brûlage non contrôlé de déchets domestiques	300	ND	600	NA	600
			Feux accidentels dans des véhicules (par véhicule)	94	ND	18	NA	18
			Brûlage à l'air libre de bois (construction/démolition)	60	ND	10	NA	10

Tableau 86 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 7 – Fabrication et utilisation de produits chimiques et de produits de grande consommation

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
7			<b>Production de produits chimiques et de grande consommation</b>					
	a		<b>Usines de pâte et de papier</b>					
		1	<i>Chaudières (par tonne de pâte)</i> Chaudières aux liqueurs noires, brûlage de boues, de bois	0,07				NA
		2	Chaudières uniquement à écorces	0,2				50
			<i>Effluents aqueux et produits</i>	Eau		Résidus		
		1	Procédé kraft, Cl <sub>2</sub> gazeux, fibres non-bois, impacté		ND		30	ND
		2	Procédé kraft, ancienne technologie (Cl <sub>2</sub> )		4,5		8	4,5
		3	Procédé kraft, technologies mixtes		1,0		3	1,5
		4	Pâte/papier sulfite, ancienne technologie		ND		1	ND
		5	Procédé kraft, technologie moderne (ClO <sub>2</sub> )		ND		0,5	0,2
		6	Papiers sulfite, nouvelle technologie (ClO <sub>2</sub> , TCF)		ND		0,1	ND
		7	Pâte TMP		ND		1,0	ND
		8	Recyclage de papiers de vieux papiers contaminés		ND		10	ND
		9	Recyclage pâte/papier modernes		ND		3	ND
	b		<b>Industrie chimique</b>	air	eau	terre	produits	résidus
			<i>PCP</i>					
		1	Fabrication européenne, américaine (chloration du phénol avec le Cl <sub>2</sub> )				2'000'000	
		2	Fabrication chinoise (thermolyse de HCH)				800'000	
		3	PCP-Na				500	
			<i>PCB</i>	air	eau	terre	Produits	Résidus
		1	Faible chloration, par ex. Clophen A30, Aroclor 1242,				15'000	
		2	Chloration moyenne, par ex. Clophen A40, Aroclor 1248				70'000	
		3	Chloration moyenne, par ex. Clophen A50, Aroclor 1254				300'000	
		4	Chloration élevée, par ex. Clophen A60, Aroclor 1260				1'500'000	
			<i>Pesticides chlorés</i>	air	eau	terre	produits	Résidus
		1	2,4,5-trichlorophénoxy acide acétique pur (2,4,5-T)				7'000	
		2	2,4,6-trichlorophénol (2,4,6-PCPh)				700	
		3	Dichlorprop				1'000	

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels (µg TEQ/t)				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
		4	2,4-dichlorophénoxy acide acétique (2,4-D)				700	
		5	2,4,6-trichlorophényl-4'-nitrophényl éther (CNP=chloronitrofen) Technologie ancienne Technologie nouvelle				300'000 400	
		6	Chlorobenzènes					
		7	Production de chlore avec anodes en graphite					
			<i>Chloranile</i>	air	eau	terre	produits	résidus
		1	<i>p</i> -chloranile par chloration du phénol				400'000	
		2	<i>p</i> -chloranile via l'hydroquinone				100	
		3	colorants à base de chloranile (ancien procédé, Classe 1)				1'200	
		4	<i>o</i> -chloranile via chloration de phénol				60'000	
			<i>Chlorobenzènes</i>					
		1	<i>p</i> -dichlorobenzène	ND	NA	NA	39	ND
		2	<i>o</i> -dichlorobenzène	ND	NA	NA	0	ND
		3	1,2,4-trichlorobenzène	ND	NA	NA	0	3'000
			Production de chlore/chlore-alcali					
			Production chlore-alcali avec anodes en graphite	NA	NA	NA	NA	1'000
			<i>ECD/VCM/PVC</i>	air	eau	terre	produits	résidus
		1	Technologie ancienne, EDC/VCM, PVC		1	NA		ND
		2	Usines modernes, EDC/VCM ou EDC/VCM/PVC	0,4	0,5	NA	0,03	10
		3	PVC seul	0,0003	0,03	NA	0,1	0,2
	c	1	<b>Raffineries pétrolières</b> Tous les types (torchères) (µg TEQ/TJ)	air	eau	terre	produits	résidus
				0,8	NA	NA	NA	ND
	d		<b>Usines textile</b>	air	eau	terre	produits	Résidus
		1	Limite supérieure	NA	ND	NA	100	ND
		2	Limite inférieure	NA	ND	NA	0,1	ND
	e		<b>Traitement du cuir</b>	air	eau	terre	produits	Résidus
		1	Limite supérieure	NA	ND	NA	1'000	ND
		2	Limite inférieure	NA	ND	NA	10	ND

Tableau 87 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 8 – Divers

Cat.	Sous-cat.	Classe		Voies potentielles de rejet ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
8			<b>Divers</b>					
	a		<b>Séchage de biomasse</b>					
		1	Bois propre	0,007	NA	ND	0,1	ND
		2	Fourrage vert	0,1	NA	ND	0,1	ND
		3	Biomasse traitée PCP, ou autrement	10	NA	ND	0,5	ND
	b		<b>Crématoires</b>					
		1	Pas de contrôle	90	NA	NA	NA	ND
		2	Contrôle moyen	10	NA	NA	NA	2,5
		3	Contrôle optimisé	0,4	NA	NA	NA	2,5
	c		<b>Ateliers de fumage</b>					
		1	Bois traité, déchets combustibles utilisés comme combustibles	50	NA	ND	ND	2'000
		2	Combustible propre, pas de post-combustion	6	NA	ND	ND	20
		3	Combustible propre, post-combustion	0,6	NA	ND	ND	20
	d		<b>Résidus de nettoyage à sec</b>					
		1	Textiles lourds, traités PCP, etc.	NA	NA	NA	NA	3'000
		2	Textiles normaux	NA	NA	NA	NA	50
	e		<b>Fumée de tabac</b>					
		1	Cigares (par unité)	0,3	NA	NA	NA	NA
		2	Cigarette (par unité)	0,1	NA	NA	NA	NA

Tableau 88 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 9 – Elimination/décharges

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
9			<b>Elimination/décharges</b>		$\mu\text{g TEQ/t}$			$\mu\text{g TEQ/t}$
	a		<b>Lixiviat de décharge</b>					
		1	Déchets dangereux*	NA	0,2	NA	NA	50
		2	Déchets non-dangereux*	NA	0,03	NA	NA	6
	b		<b>Traitement d'effluent d'égout, de boues</b>					
		1	Industriel, ménager mixte, avec possibilité de chlore	NA				
			Pas de séparation de boue	NA	0,005	NA	NA	1,000
			Avec séparation de boue	NA	0,0005	NA	NA	1,000
		2	Lieux urbains	NA				
			Pas de séparation de boue	NA	0,002	NA	NA	100
			Avec séparation de boue	NA	0,0005	NA	NA	100
		3	Isolé ou résidentiel, ou unité de traitement moderne	NA	0,0001	NA	NA	10
	c		<b>Elimination dans les cours d'eau</b>					
		1	Mélange domestique et industriel	NA	0,005	NA	NA	NA
		2	Lieux urbains	NA	0,0002	NA	NA	NA
		3	Lieux isolés, ou contrôle des matières entrantes,	NA	0,0001	NA	NA	NA
	d		<b>Compostage</b>					
		1	Fraction toute organique	NA	ND	NA	100	NA

Cat.	Sous-cat.	Classe	Catégories de sources	Vecteurs de rejets potentiels ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )				
				Air	Eau	Terre	Produits	Résidus
		2 3	Déchets cuisines et jardins Matériaux verts, environnements non-impactés	NA NA	ND ND	NA NA	15 5	NA NA
	e	1	<b>Elimination huiles usagées</b> Toutes fractions	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 89 : Facteurs d'Emission pour la Catégorie 10 – Identification de Points Chauds

Cat.	Sous-cat.	Classe	Sous-catégories	Produit ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )
<b>10</b>			<b>Identification des Points Chauds</b>	
	<b>a</b>	1 2	<b>Sites de production d'organo-chlorés</b> Chlorophénols et dérivés ou PCB Autres organo-chlorés	
	<b>b</b>	1 2	<b>Sites de production de chlore</b> Avec électrodes graphite Sans électrodes graphite	
	<b>c</b>		<b>Formulation de phénols/pesticides chlorés</b>	
	<b>d</b>		<b>Sites d'utilisation de conservateurs contenant des dioxines</b>	
	<b>e</b>	1 2	<b>Production de bois</b> Utilisant PCP, ou autres conservateurs contenant des dioxines Pas d'utilisation de PCP, pas ouvert à l'environnement	
	<b>f</b>	1 2	<b>Equipement contenant des PCB</b> Faible taux de chlore, par ex. Clophen A30, Aroclor 1242, Taux de chlore moyen, par ex. Clophen A40, Aroclor 1248 Taux de chlore moyen, par ex. Clophen A50, Aroclor 1254 Taux de chlore élevé, par ex. Clophen A60, Aroclor 1260 Lixiviation Pas de lixiviation	15'000 70'000 300'000 1'500'000
	<b>g</b>		<b>Dépôts de déchets/résidus des catégories 1-9</b>	
	<b>g</b>		<b>Sites d'accidents pertinents</b>	
	<b>h</b>		<b>Dragage de sédiments</b>	

## 9 ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRES

Ce Chapitre présente des échantillons de questionnaires qui peuvent être utilisés pour la compilation des données spécifiques sur les usines ou sur les usines. Les questionnaires seront également fournis en forme électronique sur le site web du PNUE et peuvent être téléchargés. L'objet de ces questionnaires et la manière de les utiliser, sont expliqués dans les Chapitres 4.3 et 4.4.

Des questionnaires spécifiques pour chaque catégorie devront être accompagnés d'un document de couverture indiquant clairement le nom de l'expéditeur (avec toutes ses coordonnées), le contexte avec par exemple l'année de référence, et la date limite pour le retour du questionnaire.

Les questionnaires ont été conçus pour chaque catégorie (on peut utiliser le même questionnaire pour certaines catégories).

Exemple de page de couverture pour le questionnaire

### **Inventaire de rejets PCDD/PCDF (dioxines et furanes)**

**Année de référence : 20..... (1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre)**

Demandé par : \_\_\_\_\_ (nom de l'organisation avec adresse ;  
 \_\_\_\_\_ nom de la personne de contact avec téléphone et  
 fax ; adresse e-mail )

A : \_\_\_\_\_ (nom de l'organisation avec adresse et autres  
 coordonnées)

**Veillez retourner le questionnaire dûment rempli à l'adresse ci-dessus au plus tard le : ..... (date)**

## Questionnaire 1 : Catégorie 1 – Incinération de déchets

Type d'usine	Déchets municipaux solides Déchets industriels Déchets médicaux Déchiqueteur léger Boues d'épuration Déchets de bois et de biomasse Carcasses d'animal	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Nom de l'usine		
Localisation		
Adresse		
Contact (nom, adresse, téléphone, fax, e-mail)		
Nombre de fours		
Type d'opération	Discontinue (p.ex. : 100 kg par opération) Semi-continue (p.ex. : 8 h par jour) Continue (24 h par jour)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Capacité annuelle de fonctionnement (par unité)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	
Capacité annuelle de fonctionnement (total)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	
Type de four	Four à grille, avec paroi d'eau Lit fluidisé Four à foyer Four rotatif Autre (à spécifier)	
Température du four	Four principal Post combustion/seconde chambre (°C)	
Type de système de contrôle de la pollution de l'air	Filtre électrostatique Cyclone Manche à filtre Lavage humide Lavage sec Injection de chaux Injection de NaOH/alcali Injection de charbon actif/coke Filtre de charbon actif Convertisseur catalytique (SCR)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



	Ventilation induite ou forcée Autre (veuillez préciser) Aucun	( ) ( )
Système de récupération de chaleur	Oui ( )	Non ( )
Température des gaz	A l'entrée du APCS (°C) ( )	A la sortie de l'APCS (°C) ( )
Flux des gaz de sortie	(m <sup>3</sup> /h) (gaz sec)	

<b>Résidus</b>		Elimination de ces résidus	
Génération de cendres résiduelles	t/an ( )	Recyclage ( )	Décharge ( )
Génération de cendres volantes	t/an ( )	Recyclage ( )	Décharge ( )
Génération d'eau (effluents)	t/an ( )	Elimination	
Génération de boues (en tant que matières sèches)	t/an ( )	Recyclage ( )	Décharge ( )

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission (µg TEQ/t)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## Questionnaire 2 : Catégorie 2 – Production de métaux ferreux et non-ferreux

Type d'usine	Frittage Coke Fer et/ou acier Fonte Cuivre Aluminium Plomb Zinc Etain/bronze Magnésium Autres métaux non-ferreux Déchiqueteur autre	( ) ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( ) primaire ( )	Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( ) Secondaire ( )
Adresse			
Contact (nom, adresse, téléphone, fax, e-mail)			
Nombre de fours			
Type d'opération	Discontinue (p.ex. : 100 kg par opération) Semi-continue (p.ex. : 8 h par jour) Continue (24 h par jour)	( ) ( ) ( )	
Capacité annuelle de fonctionnement (par unité)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)		
Capacité annuelle de fonctionnement (total)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)		
Type de four	Haut fourneau Four à induction Four à arc électrique (EAF) Four Cowper Four rotatif Four à réverbère Autre (à spécifier)		
Température du four	Four principal (°C) Post-combustion/seconde chambre (°C)		
Combustible primaire	Type		t/an

Combustible secondaire/de substitution	Type	t/an ou %
Type de système de contrôle de la pollution de l'air (APCS)	Filtre électrostatique Cyclone Manche à filtre Lavage humide Lavage sec Injection de chaux Injection de NaOH/alcali Injection de charbon actif/coke Filtre de charbon actif Convertisseur catalytique (SCR) Ventilation induite ou forcée Autre (veuillez préciser) Aucun	( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )
Système de récupération de chaleur	Oui ( )	Non ( )
Température des gaz	A l'entrée du APCS (°C) ( )	A la sortie de l'APCS (°C) ( )
Flux des gaz de sortie	(m <sup>3</sup> /h) (gaz sec)	

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission (µg TEQ/t)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## Questionnaire 3 : Catégorie 3 – Production d'électricité et chauffage

Type d'usine	<b>Centrales électriques</b>	
	Charbon	( )
	Lignite	( )
	Charbon bitumineux	( )
	Anthracite	( )
	Autre	( )
	Bois	
	Combustibles fuels	
	Gaz naturel	( )
	Bois	( )
	Gaz de décharge	( )
	Gaz d'égout	( )
	Biomasse (à spécifier)	( )
	<b>Unités de combustion industrielles (petites) ou dispositifs de chauffage et de cuisine domestiques</b>	
	Charbon (à spécifier)	( )
	Lignite	( )
	Charbon bitumineux	( )
Anthracite	( )	
Autre	( )	
Bois naturel	( )	
Combustion d'autres types de biomasse		
Canne à sucre	( )	
Tapioca	( )	
Coton	( )	
Bambou	( )	
Banane	( )	
Résidus de moisson	( )	
Autres (à préciser)	( )	
Combustibles fuels	( )	
Autres (à préciser)		
Adresse		
Contact (nom, adresse, téléphone, fax, e-mail)		
Nombre de fours/chaudières		
Type d'opération	Discontinue (p.ex. : 100 kg par opération) Semi-continue (p.ex. : 8 h par jour) Continue (24 h par jour)	( ) ( ) ( )
Capacité annuelle de fonctionnement (par unité)	t/h (tonnes par heure) ou TJ/h (terajoule par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) ou TJ/j	

	(Terajoule par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an) ou TJ/an (terajoule par an)	
Capacité annuelle de fonctionnement (total)	j/an (jours par an) h/an (heures par an) TJ/an (Terajoule par an)	
Type de four/brûleur	Chaudière Chauffage pour procédé Torchère Turbine (gaz interne) Moteur à combustion (interne) Autre (à spécifier)	
Température du four	Four principal (°C) Post-combustion/seconde chambre (°C)	
Type de système de contrôle de la pollution de l'air	Filtre électrostatique Cyclone Manche à filtre Lavage humide Lavage sec Injection de chaux Injection de NaOH/alcali Injection de charbon actif/coke Filtre de charbon actif Convertisseur catalytique (SCR) Ventilation induite ou forcée Autre (veuillez préciser) Aucun	( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )
Système de récupération de chaleur	Oui ( )	Non ( )
Température des gaz	A l'entrée du APCS (°C) ( )	A la sortie de l'APCS (°C) ( )
Flux des gaz de sortie	(m <sup>3</sup> /h) (gaz sec)	

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission (µg TEQ/t)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## Questionnaire 4 : Catégorie 4 – Fabrication de produits minéraux

Type d'usine	Ciment Chaux Briques Verre Céramiques Mélange d'asphalte	( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )
Adresse		
Contact (nom, adresse, téléphone, fax, e-mail)		
Nombre de fours		
Matières premières (nature, quantités, = t/an)		
Combustible primaire (nature, quantités = t/an)		
Combustible secondaire ou de substitution (nature, quantités = t/an)		
Type de procédé	Sec ( )	Humide ( )
Type d'opération	Discontinue (p.ex. : 100 kg par opération) Semi-continue (p.ex. : 8 h par jour) Continue (24 h par jour)	( ) ( ) ( )
Capacité annuelle de fonctionnement (par unité)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	
Capacité annuelle de fonctionnement (total)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	
Type de four	Four rotatif Four vertical Four à tunnel Autre (à spécifier)	
Température du four	Four principal (°C) Post-combustion/seconde chambre (°C)	
Type de système de contrôle de la pollution de l'air	Filtre électrostatique Cyclone Manche à filtre	( ) ( ) ( )

	Lavage humide	( )
	Lavage sec	( )
	Injection de chaux	( )
	Injection de NaOH/alcali	( )
	Injection de charbon actif/coke	( )
	Filtre de charbon actif	( )
	Convertisseur catalytique (SCR)	( )
	Ventilation induite ou forcée	( )
	Autre (à préciser)	( )
	Aucun	( )
Système de récupération de chaleur	Oui ( )	Non ( )
Température des gaz	A l'entrée du APCS (°C) ( )	A la sortie de l'APCS (°C) ( )
Flux des gaz de sortie	(m <sup>3</sup> /h) (gaz sec)	

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission (µg TEQ/t)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
	Rejets annuels (g TEQ/an)				
Activité annuelle (t/an)	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## Questionnaire 5 : Catégorie 5 - Transport

Région/Province/Pays			
Adresse			
Contact (nom, position, téléphone et fax, e-mail)			
<b>Type de combustible</b>	<b>Essence au plomb</b>	<b>Essence sans plomb</b>	<b>Diesel/fuel léger</b>
Consommation nationale annuelle de combustible en litres par an (l/an)			
<b>Voitures des particuliers</b>			
Nombre de voitures			
Kilométrage annuel par véhicule (km/an)			
Consommation de combustible (l/km ; l/an)			
Consommation annuelle totale (l/an)			
APCS* (oui/non)			
<b>Bus</b>			
Nombre de bus			
Kilométrage annuel par véhicule (km/an)			
Consommation de combustible (l/km ; l/an)			
Consommation annuelle totale (l/an)			
Consommation en tonnes par an (t/an)			
APCS (oui/non)			
<b>Bus et camions</b>			
Nombre de bus			
Kilométrage par véhicule et par an (km/an)			
Consommation de combustible (l/km ; l/an)			
Consommation annuelle totale (l/an)			
Consommation annuelle en tonnes/an (t/an)			
APCS (oui/non)			
<b>Bateaux</b>			
Nombre de bateaux			
Kilométrage par véhicule et par an (km/an)			



Consommation de combustible (l/km ; l/an)			
Consommation annuelle totale (l/an)			
Consommation annuelle en tonnes par an (t/an)			
APCS (oui/non)			
<b>Chemins de fer</b>			
Nombre de trains (utilisant un des combustibles ci-dessus)			
Kilométrage annuel des chemins de fer par unité et par an (km/an)			
Consommation de combustible (l/km ; l/an)			
Consommation annuelle totale (l/an)			
Consommation annuelle totale (t/an)			
APCS (oui/non)			

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

\*APCS veut dire l'utilisation d'un catalyseur pour arrêter les particules du Diesel

## Questionnaire 6 : Procédés de combustion à l'air libre

Région/province/nation			
Adresse			
Contact (Nom, position, telephone et fax, e-mail)			
<b>Brûlage de biomasse</b>			
Type de biomasse, par ex. pins, canne à sucre, etc.	Quantité de biomasse brûlée par hectare (t/ha)	Surface brûlée par hectare et par an (ha/an)	Quantité de biomasse brûlée en tonnes par an (t/an)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
Total			
<b>Brûlage de déchets à l'air libre et feux accidentels</b>			
Statistiques générales sur les déchets			
Tonnes de déchets générées	Par personne et par jour	Par personne et par an	Pour l'ensemble du pays et par an (t/a)
Type de source	Quantité de déchets brûlés par personne (t/an)	Nombre d'habitants	Quantité de déchets brûlés par an (t/an)
	(%) (t/a)	(%)	(%) (t/a)
1) Feux de décharge			
2) Brûlage de déchets domestiques non-contrôlé			
3) Brûlage de bois à l'air libre (de construction/démolition)			
Région/province/tous le pays	Nombre de maisons brûlées par an (no./an)		Nombre de véhicules brûlés par an (no./an)
4) Feux accidentels dans les maisons et dans les usines			
5) Feux accidentels dans les véhicules			

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## Questionnaire 7 : Catégorie 7 – Production et Utilisation de Produits Chimiques et de Biens de Consommation (rejets vers l'air et vers l'eau)

Industrie Chimique : type d'usine	Industrie de la pâte et du papier : pâte à papier Industrie de la pâte et du papier : papier (primaire ou recyclé) Pâte et papier - intégrés Production d'organo-chlorés Dichloro-éthylène PVC Pesticides (PCP, 2,4,5-T, 2,4-D) Production de chlore gazeux (électrodes en graphite) Fabrication de produits inorganiques chlorés Raffineries de l'industrie pétrolière	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Adresse		
Contact (nom, adresse, téléphone, fax, e-mail)		
Capacité : consommation de matières premières (type, quantités = t/an)		
Blanchiment	Chimique (oui/non) Séquence(s) de blanchiment	
Capacité : Produit final des matières premières (type, quantités = t/an)		
Type de procédé	Lit fixe Lit fluidisé Autre	
Type de opération	Discontinue (p.ex. : 100 kg par opération) Semi-continue (p.ex. : 8 h par jour) Continue (24 h par jour)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Capacité annuelle de fonctionnement (par unité)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	
Capacité annuelle de fonctionnement (total)	t/h (tonnes par heure) h/j (heures par jour) j/s (jours par semaine) t/j (tonnes par jour) j/an (jours par an) h/an (heures par an) t/an (tonnes par an)	

Température d'opération/ de production	(°C)	
Décharge d'eau (l/h, m <sup>3</sup> /an)		
Traitement d'eau	Réservoir de décantation Lagune aérée Traitement secondaire Traitement tertiaire Autres (à spécifier)	( ) ( ) ( ) ( ) ( )
Production de boues	t/an (tonnes par an)	
Elimination des boues	Décharge (t/an) Terres agricoles (t/an) Sur site (t/an) Incinération (t/an) Autres (à préciser) (t/an)	
Type de système de contrôle de la pollution de l'air	Filtre électrostatique Cyclone Manche à filtre Lavage humide Lavage sec Injection de chaux Injection de NaOH/alcali Injection de charbon actif/coke Filtre de charbon actif Convertisseur catalytique (SCR) Ventilation induite ou forcée Autre (veuillez préciser) Aucun	( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )
Température des gaz	A l'entrée du APCS (°C) ( )	A la sortie de l'APCS (°C) ( )
Flux des gaz de sortie	(m <sup>3</sup> /h) (gaz sec)	

**Classification finale et évaluation** (à remplir par la personne responsable de l'évaluation)

Classe	Facteur d'émission (µg TEQ/t)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus
Activité annuelle (t/an)	Rejets annuels (g TEQ/an)				
	Air	Eau	Terre	Produit	Résidus

## 10 ANNEXE 3 : PRESENTATION DES INVENTAIRES

### 10.1 Exemples de tableaux pour l'inventaires

Le Tableau 90 montre un exemple chiffré dans le format EXCEL avec les données sur les rejets annuels générés par le tableur. Cet exemple est pris de l'inventaire des rejets du Paraguay pour la catégorie 6 (SEAM 2003). En appliquant le Toolkit et ses facteurs d'émission par défaut, il suffit que le pays inscrive les données sur l'activité dans la colonne bleue « Production par an » et les rejets annuels se calculent automatiquement.

Tableau 90 : Exemple de tableau généré par le programme EXCEL montrant les données d'entrées et de sorties pour les rejets vers l'air, l'eau, les produits et les résidus

Cat.	Sub-Cat	Classe	Catégories de Sources	Voies de rejet potentielles ( $\mu\text{g TEQ/t}$ )					Production t/an	Rejet annuel				
				Air	Eau	Terre	Produit	Résidu		g TEQ/an	g TEQ/an	g TEQ/an	g TEQ/an	g TEQ/an
<b>6</b>			<b>Procédés de combustion non contrôlés</b>											
	<b>a</b>		<b>Feux/brûlage de biomasse</b>					<b>932'748</b>	<b>22,413</b>	<b>0</b>	<b>8'504</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
		1	Feux de forêt	5	ND	4	NA	ND	259'440	1,297				3,75
		2	Feux de prairies et de landes	5	ND	4	NA	ND	183'233	0,916				14
		3	Brûlage de résidus agricoles (sur champ), « non impacté »	0,5	ND	10	NA	ND	0					0,75
		4	Brûlage de résidus agricoles (sur champ), « impacté », mauvaises conditions de brûlage	30	ND	10	NA	ND	673'308	20,199		6,7330		0
	<b>b</b>		<b>Feux, brûlage de déchets, feux de décharges, feux industriels, feux accidentels</b>					<b>48'4780</b>	<b>14,8790</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28,584</b>	
		1	Feux de décharge	1'000	ND	NA	NA	ND	1	0,001				0
		2	Feux accidentels dans les habitations, usines (par feux)	400	ND	Voir résidu	NA	400	2'515	1,006				1,0060
		3	Brûlage de déchets domestiques, non contrôlé	300	ND	Voir résidu	NA	600	45'963	13,789				27,578
		4	Feux accidentels de véhicules (par véhicule)	94	ND	Voir résidu	NA	18	887	0,083				0,016
		5	Brûlage de bois à l'air libre (construction/démolition)	60	ND	NA	NA	10		0,083				0,000
		<b>6</b>								<b>37,291</b>	<b>0</b>	<b>8,504</b>	<b>0</b>	<b>25,584</b>

Lorsqu'on aura rempli les neuf feuilles Excel pour les neuf catégories quantifiables avec les informations d'activité disponibles, on obtiendra un tableau résumant tous les rejets des neuf catégories ensemble, ceci pour tous les vecteurs de rejet. Le Tableau 91 donne l'exemple venant du Paraguay (SEAM 2003).

Tableau 91 : Exemple des rejets nationaux de PCDD/PCDF (Paraguay, tiré de SEAM 2003)

Cat.	Catégories de Sources	Rejets annuels (g TEQ/an)				
		Air	Eau	Terre	Produit	Résidu
1	Incinération de déchets	3,50	0	0	0	0,023
2	Production de métaux ferreux et non ferreux	1,52	0,03	0	0	0
3	Génération d'électricité et chauffage	3,10	0	0	0	0,6
4	Fabrication de produits minéraux	1,07	0	0	0	0,06
5	Transportation	0,37	0	0	0	0
6	Brûlage à l'air libre	61,1	0	8,50	0	76,2
7	Fabrication/utilisation de produits chimiques et de grande consommation	0	0	0	0,0002	
8	Divers	0,03	0	0	0,221	0
9	Elimination/décharges	0	0,17	0	0	0
<b>1-9</b>	<b>Total</b>	<b>70,7</b>	<b>0,2</b>	<b>8,5</b>	<b>0,22</b>	<b>76,3</b>
	<b>Grand Total</b>	<b>156</b>				

## 10.2 Inventaires nationaux des PCDD/PCDF compilés à l'aide du Toolkit

Depuis la parution de la première version du Toolkit en Janvier 2001 (Toolkit 2001), la méthodologie du Toolkit a été appliquée dans de nombreux pays, et d'autres sont attendus. Afin de tenir compte de ces nouveaux Toolkits, le PNUE Substances Chimiques prépare la publication des inventaires nationaux de dioxines et de furanes qui sera une mise à jour du rapport de 1999 : « Inventaires des Dioxines et Furanés, Emissions Nationales et Régionales des PCDD/PCDF » (UNEP 1999). Ici nous donnons simplement certains des inventaires nationaux de rejets qui ont été préparés à l'aide du Toolkit. Cette liste comprend des exemples de pays en voie de développement, et développés. Un résumé de ceux qui sont consultables est donné au Tableau 92.

Tableau 92 : Inventaires des rejets de PCDD/PCDF élaborés avec le Toolkit

Pays	Référence
Argentine	SAyDS 2004
Australie	DEH 2004
Brunei Darussalam	DEPR 2003 ; dans UNEP 2003b
Cambodge	Dans : UNEP 2004a
Chile	Dans : UNEP/GTZ/CONOMA 2004
Cuba	CITMA-CIGEA 2004
Equateur	Dans : UNEP/GTZ/CONOMA 2004
Estonie	Lassen <i>et al.</i> 2003
Nouveaux membres de l'UE	Quass <i>et al.</i> 2004
Jordanie	MoE Jordan 2003 ; dans UNEP 2003b
Lettonie	Lassen <i>et al.</i> 2003
Liban	MoE 2003 ; dans UNEP 2003b
Lituanie	Lassen <i>et al.</i> 2003
Mauritanie	UNEP 2004b
Paraguay	SEAM 2003
Philippines	ITDI 2003 ; dans UNEP 2003b
Pologne	Lassen <i>et al.</i> 2003
Sri Lanka	Dans : UNEP 2004a
Thaïlande	PCD 2002 ; dans UNEP/PCD/BMZ/BMU/UBA/GTZ (2002)
Uruguay	DINAMA 2002
Vietnam	NEA 2003 ; dans : UNEP 2003b
Zambie	UNEP 2004b

## 11 ANNEXES TECHNIQUES

### 11.1 Facteurs d'équivalence toxique (TEFs)

De nombreuses agences de réglementation ont développé ce que l'on appelle les facteurs d'équivalence de toxicité (TEF) pour l'évaluation du risque de mélanges complexes de PCDD/PCDF. Les TEF sont basés sur des résultats de toxicité aigus, venant d'études *in vitro* et *in vivo*. Cette approche est basée sur des indications qu'il existe un mécanisme commun pour l'action de ces composés basé sur le rôle de récepteurs. Toutefois, l'approche utilisant les TEF a ses limites en raison d'un certain nombre de simplifications qui sont faites. Bien que les bases scientifiques ne puissent pas être considérées comme fiables, l'approche TEF a été développée comme outil administratif et permet de convertir des données analytiques quantitatives pour des congénères individuels de mélanges de PCDD/PCDF, en une simple valeur du TEQ. Les TEF aident en particulier à exprimer la toxicité cumulative des mélanges complexes de PCDD/PCDF, en une seule valeur TEQ. Il faut noter que les TEF sont des valeurs provisoires, et des outils administratifs pour obtenir des ordres de grandeur des estimations. Ils sont basés sur l'état actuel des connaissances et devraient être révisés au fur et à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles.

Aujourd'hui, deux schémas sont appliqués : le plus ancien est représenté par les TEF établis par le Groupe de Travail sur les Dioxines et les Composés Voisins de OTAN/CCMS comme Facteurs d'Equivalence Internationale de Toxicité (NATO/CCMS Working Group) en tant que « International Toxicity Equivalency Factors » (I-TEQ) (NATO/CCMS 1998, Kutz *et al.* 1990) ; le plus récent schéma a été établi par un groupe de travail du OMS/IPCS, qui a réévalué les I-TEF et a créé un nouveau schéma. Les deux schémas se trouvent au Tableau 93. Ici, nous ne montrons que l'évaluation du risque des TEF sur l'homme et mammifères, bien que le groupe OMS/IPCS ait aussi inclus les polychlorobiphényles (PCB) substitués en positions *non-ortho* et *mono-ortho* dans le TEF, et ait établi des TEF distinctes pour les poissons et pour les oiseaux (Van Leeuwen et Younes 1998).



Tableau 93 : Facteurs d'Equivalence de Toxicité (TEFs) – comparaison des deux schémas les plus courants

Congénère	I-TEF	OMS-TEFs
2,3,7,8-Cl <sub>4</sub> DD	1	1
1,2,3,7,8-Cl <sub>5</sub> DD	0,5	<b>1</b>
1,2,3,4,7,8-Cl <sub>6</sub> DD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-Cl <sub>6</sub> DD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-Cl <sub>6</sub> DD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl <sub>7</sub> DD	0,01	0,01
Cl <sub>8</sub> DD	0,001	<b>0,0001</b>
2,3,7,8-Cl <sub>4</sub> DF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-Cl <sub>5</sub> DF	0,05	0,05
2,3,4,7,8-Cl <sub>5</sub> DF	0,5	0,5
1,2,3,4,7,8-Cl <sub>6</sub> DF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-Cl <sub>6</sub> DF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-Cl <sub>6</sub> DF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-Cl <sub>6</sub> DF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl <sub>7</sub> DF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-Cl <sub>7</sub> DF	0,01	0,01
Cl <sub>8</sub> DF	0,001	<b>0,0001</b>

Pour tous les congénères substitués en 2,3,7,8, aucun TEF n'a été attribué.

Les chiffres en gras représentent des TEF qui ont été modifiés par l'OMS à partir des I-TEFs.

## 11.2 Utilisation d'unités pour les émissions dans l'air

En présentant des concentrations dans l'air, il faut faire bien attention aux unités de base utilisées. Les définitions suivantes s'appliquent :

$m^3$  Mètre cube : est l'unité le volume SI et peut être utilisé pour exprimer le volume de toute substance, que ce soit solide, liquide ou gazeux

$Nm^3$  Mètre cube normalisé : se réfère au volume de n'importe quel gaz à 0° et 1 atmosphère (101,325 kPa).

En Europe et pour les émissions d'incinérateurs municipaux (également la co-combustion de déchets) :  $Nm^3$  est défini dans les conditions suivantes : 101,325 kPa (= 1 atm.), 273,15 K, gaz sec, et à 11% d'oxygène. Pour les émissions d'autres types de combustion/usines thermiques, il n'est pas nécessaire de normaliser à 11% d'oxygène.

$Rm^3$  au Canada : Le mètre cube de référence. En utilisant R, les conditions sont 25°C, 1 atm., sec. La nécessité pour une correction oxygène devra être explicitement précisée, bien que cela n'est pas toujours le cas. Les normes utilisées dans tout le Canada supposent une correction à 11% d'oxygène pour les incinérateurs et les chaudières de pâte et de papier situées sur la côte, et qui brûlent des résidus de bois contenant du sel. Pour d'autres secteurs tels que les usines de frittage, il a été décidé de ne pas appliquer une correction oxygène.

$Sm^3$  aux USA : Représente le mètre cube standard à sec (dscm) à une atmosphère de pression et 20 degrés Celsius (68 degrés F). La concentration de contamination est corrigée à une valeur en % d'oxygène ou  $CO_2$  dans les gaz de combustion, normalement 7% d'oxygène et 12% de  $CO_2$ .

### 11.3 Valeurs calorifiques – Pour la Catégorie Principale 3

Dans la Catégorie de Source Principale 3, la base pour comptabiliser les facteurs d'émission par défaut est la production d'énergie. Pour ceci, le Toolkit utilise des TJ (Terajoules), et non pas la masse d'une tonne de matière de matière première utilisée. Dans certains cas, il n'y aura disponibles que les consommations en masse, et les tableaux suivants ont été préparés pour fournir une liste indicative permettant de trouver le rapport entre les masses (en kg) et la chaleur produite (en MJ).

Tableau 94 : Valeurs calorifiques pour le charbon

Type de charbon	Valeur calorifique
Anthracite, Allemagne	27–35 MJ/kg suivant la mine
Charbon bitumineux, France	32–34 MJ/kg
Charbon bitumineux, USA	31–32 MJ/kg
Anthracite, Russie	30 MJ/kg (Donez Bay)
Charbon bitumineux, Allemagne	29–32 MJ/kg
Charbon bitumineux, Chine	25–27 MJ/kg
Charbon bitumineux, Pologne	20,5 – 30,5 MJ/kg
Charbon sub-bitumineux, Espagne	16–17 MJ/kg
Charbon sub-bitumineux, Croatie	13–15 MJ/kg
Charbon sub-bitumineux, Turquie	12–14 MJ/kg
Lignite, Allemagne (centrale)	10–12 MJ/kg
Lignite, Tchéquie	9–11 MJ/kg
Lignite, Allemagne (occidentale)	8–10 MJ/kg
Lignite, Autriche	8–9 MJ/kg
Lignite, Allemagne (est)	7–9 MJ/kg
Lignite, Grèce	4–6 MJ/kg

Tableau 95 : Valeurs calorifiques pour le coke

Type de coke	Valeur calorifique
Coke boursouflant, Tchéquie	31–32 MJ/kg
Coke d'anthracite, Allemagne	28–30 MJ/kg
Coke de lignite, Allemagne	27–28 MJ/kg
Coke boursouflant, Allemagne	23–25 MJ/kg

Tableau 96 : Valeurs calorifiques pour les huiles

Type d'huile	Valeur calorifique
Essence	44–47 MJ/kg
Fuel léger, diesel	43–46 MJ/kg
Fuel lourd	40–43 MJ/kg
Huile légère de goudron de lignite	38–40 MJ/kg
Huile de goudron d'anthracite	37–39 MJ/kg
Alcool méthylique	20–23 MJ/kg
Schiste bitumineux (Estonie)	8-10 MJ/kg

Tableau 97 : Valeurs calorifiques pour le gaz

Type de gaz	Valeur calorifique
Méthane	50–55 MJ/kg
Gaz naturel, Mer du Nord—Grande Bretagne	48–53 MJ/kg
Gaz naturel, Mer du Nord---Allemagne	47–52 MJ/kg
Propane	46–50 MJ/kg
Gaz naturel classe H	44–49 MJ/kg
Gaz naturel classe L	40–45 MJ/kg
Gaz naturel, Pays-Bas	38–44 MJ/kg
Méthanol	20–23 MJ/kg
Monoxyde de carbone	10–11 MJ/kg
Comme première estimation, des valeurs moyennes devraient être appliquées comme suit :	
Gaz naturel	48 MJ/kg
GPL (valeur calorifique moyenne)	46 MJ/kg

Tableau 98 : Valeurs calorifiques pour le bois

Type de bois	Valeurs calorifiques
Epicéa, séché à l'air	14–17 MJ/kg
Peuplier, séché à l'air	15–16 MJ/kg
Hêtre, séché à l'air	13–15 MJ/kg
Hêtre, vert	12–13 MJ/kg
Ecorce de hêtre	11–13 MJ/kg
Ecorce d'épicéa	10–12 MJ/kg

Tableau 99 : Valeurs calorifiques pour la biomasse

Type de biomasse	Valeur calorifique
Coquilles de noix de coco	17–19 MJ/kg
Coquilles d'amandes	17–19 MJ/kg
Granulé de tourbe	15–18 MJ/kg
Tourbe, Allemagne	15–17 MJ/kg
Paille (blé)	15–17 MJ/kg
Fibres de noix de coco	14–16 MJ/kg
Coques de riz	14–15 MJ/kg
Résidus de torréfaction du café	9–11 MJ/kg
Tourbe, Finlande	9–11 MJ/kg
Bagasse	8–10 MJ/kg
Tourbe, Espagne	1–3 MJ/kg

Les correlations suivantes existent pour convertir les unites d'energie et de puissance

Tableau 100 : Quelques corrélations pour les unités d'énergie et de puissance

<b>Energie</b>		Correspond à	
Watt heure	1	3'600	Joule (J)
	1	3,6	Kilojoule (kJ)
	1	0,0036	Megajoule (MJ)
Kilowatt heure	1	3'600'000	Joule
	1	3'600	Kilojoule (kJ)
	1	3,6	Megajoule (MJ)
	1	3,6 x 10 <sup>-6</sup>	Terajoule (TJ)
Gigawatt (GWh)	1	3,6	Terajoule (TJ)
Terajoule	1	277'777,778	Kilowatt heure (kWh)
<b>Puissance</b>			
Watt (Wh)	1	1	Joule par seconde (J/s)
	1	60	Joule par minute (J/min)
	1	3,600	Joule par heure (J/h)
	1	1,000,000	Joule par seconde (J/s)

Tableau 101 : Facteurs de conversion sélectionnés et équivalents énergétiques pour la Catégorie 3

<b>WEC unités standard d'énergie</b>	<b>égale</b>	
1 tonne d'équivalent huile (toe)**		42 GJ (valeur calorifique nette)
1 tonne d'équivalent charbon (tce)		29,3 GJ (valeur calorifique nette)
<b>Facteurs de conversion moyenne représentatifs</b>		
1 tonne de gaz naturel liquide		45 GJ (valeur calorifique nette)
1'000 mètres cubes standard de gaz naturel		36 GJ (valeur calorifique nette)
1 tonne de tourbe		0,2275 toe
1 tonne de bois à brûler		0,3215 MJ
1 kWh (équivalent d'énergie primaire)		9,36 MJ
<b>Electricité</b>		
1 kWh d'électricité produite		3,6 MJ

\* World Energy Council

\*\* la tonne équivalent d'huile couramment utilisée par l'Agence Internationale pour l'Energie et la Division des Statistiques des Nations Unies est définie à 107 kilocalories, valeur calorifique nette (ce qui équivaut à 41, 868 GJ)

#### **11.4 Valeurs de conversion pour les combustibles liquides et solides – pour les Catégories Principales 3 et 5**

Très souvent, les chiffres pour les consommations d'essence et de diesel dans le cas du transport, ou pour le brute dans le cas de l'énergie, sont donnés en litres (L). De plus, les chiffres pour la consommation de combustibles gazeux, tel que le gaz naturel, sont donnés en mètres cubes (m<sup>3</sup>). Pour le Toolkit, ces volumes doivent être convertis en tonnes ou valeurs calorifiques ; ceux-ci sont donnés dans la section 11.2. Pour faciliter l'utilisation du Toolkit, les valeurs moyennes de valeurs calorifiques sont données dans cette section. Pour les besoins du Toolkit :

1 litre d'essence pèse environ 0,74 kg : on doit donc utiliser un facteur de conversion de 0,00074 pour convertir des litres d'essence en tonnes ;

1 litre de fuel (normal) diesel (pour voitures, camions, etc.) et/ou du fuel léger (y compris l'huile de chauffage) pèse environ 0.85 kg ; on doit donc utiliser un facteur de conversion de 0,00085 pour convertir des litres de diesel et/ou fuel léger en tonnes ;

1 litre de fuel lourd pèse environ 0,970 kg ; on doit donc utiliser un facteur de conversion de 0,00097 pour convertir des litres de fuel lourd en tonnes ;

1 m<sup>3</sup> de gaz naturel pèse entre 0,77 et 0,85 kg, avec une moyenne de 0,80 kg ; on doit donc utiliser un facteur de conversion de 0,0008 pour convertir des m<sup>3</sup> de gaz naturel en tonnes ; un facteur de conversion de 0,0000008 doit être utilisé pour convertir des litres de gaz naturel en tonnes ;

1 m<sup>3</sup> de GPL (mélange de propane et de butane) pèse environ 2 kg ; on doit donc utiliser un facteur de conversion de 0,002 pour convertir des m<sup>3</sup> de GPL en tonnes, et un facteur de conversion de 0,000002 pour convertir des litres de GPL en tonnes.

### 11.5 Séquences de blanchiment – pour la Catégorie Principale 7

Les lettres code ainsi que les formules chimiques pour les étapes de blanchiment sont désignées comme il est indiqué au Tableau 102.

Tableau 102: Symboles utilisés dans les étapes de blanchiment

Produit chimique (de blanchiment)	formule chimique	lettre code
Soude caustique	NaOH	E
Etape d'extraction utilisant le NaOH avec addition ultérieure d'oxygène gazeux ou eau oxygénée comme agent(s) de renforcement		Eo, Ep, ou E/O, E/P
Chlore élémentaire	Cl <sub>2</sub>	C
Dioxyde de chlore	ClO <sub>2</sub>	D
Hypochlorite	HClO, NaOCl, Ca(OCl) <sub>2</sub>	H
Oxygène	O <sub>2</sub>	O
Eau oxygénée	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	P
Dioxyde de soufre	SO <sub>2</sub>	S
Acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	A
Acide diamine tetra-acétique (étape acide pour enlever les métaux)	EDTA	Q
Etape de lavage		W
Ozone	O <sub>3</sub>	Z

En Europe, les séquences de blanchiment au sulfite sont :

EOP-Q-EP-EP (HC) EOP-EP(HC) EOP-Q-EP-EP

Les séquences de blanchiment kraft aux Etats Unis en 1991 (= technologie ancienne) étaient basées sur le chlore élémentaire et ont été comme suit (EPA 1995) :

C-E-D-E-D                    C-E-H-D-E-D  
C-E-H-E-D                    C-E-H, C-E-H-P

Le blanchiment ECF (par le chlore élémentaire libre) est différent pour les bois tendre et les bois durs. Normalement le bois dur a besoin de moins de produits chimiques que le bois tendre pour atteindre une certaine brillance, ce qui veut dire que le nombre d'étapes de blanchiment peut être plus faible. Des exemples de séquences ECF légères sont (DZ)(EOP)D, (DQ)(PO), D(EOP)D(PO), qui peuvent s'appliquer au deux types de bois, suivant le degré de blancheur désiré.

Actuellement, la délignification à l'oxygène est devenue de plus en plus courante, suivie de séquences de blanchiment telles que (en usines ECF) :

D-E-D-E-D                    D-EOP-D-E-D  
D-E-D-D                      QP-DQ-PO

Suivant les besoins du marché, quelques usines ECF ont la possibilité de produire des Pâtes Exemptes de Chlore (TCF). Les usines TCF ont développé des technologies telles que :

Q-E/P-E-P	OP-ZQ-PO
Q-Z-P-E-P	OP-Q-PO.