



Nations Unies

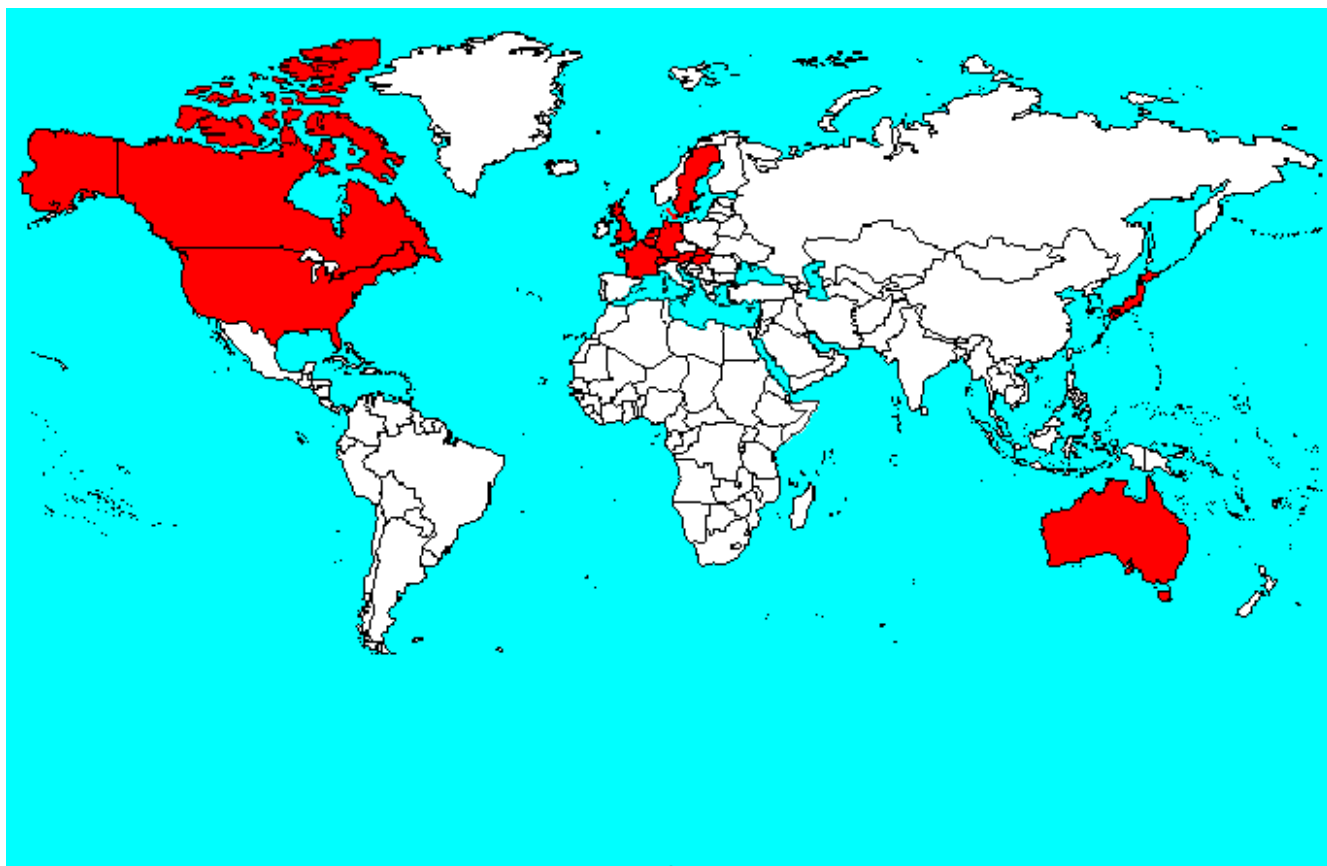
PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR L'ENVIRONNEMENT



PNUE

INVENTAIRES DES DIOXINES ET DES FURANNES

Emissions Nationales et Régionales des PCDD/PCDF



Mai 1999

Elaboré par PNUE / Substances Chimiques

IOMC

PROGRAMME INTERORGANISATION POUR LA GESTION RATIONNELLE DES PRODUITS CHIMIQUES
Un accord de coopération entre PNUE, BIT, FAO, OMS, ONUDI, UNITAR et OCDE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR L'ENVIRONNEMENT
(PNUE)

**INVENTAIRES
DES DIOXINES ET DES FURANNES**

Emissions Nationales et Régionales des
PCDD/PCDF

Elaboré par PNUE/Substances Chimiques

Mai 1999

Cette publication est un premier guide en vue de l'établissement d'inventaires de dioxines et furannes nationaux ou régionaux. L'information contenue dans ce rapport provient de publications scientifiques, de rapports gouvernementaux, d'Internet, ainsi que de communications personnelles. Dans la mesure du possible, les informations présentées le sont avec toutes les précautions d'usage; malgré cela, le PNUE se décharge de toute responsabilité pour d'éventuelles inexactitudes ou omissions que pourrait contenir ce document. Ni le PNUE, ni aucune personne impliquée dans la préparation de ce rapport ne pourra être considéré comme juridiquement responsable de préjudices moral ou physique subis à la suite de l'utilisation des informations contenues dans cette publication.

Les désignations utilisées ainsi que le matériel de présentation dans ce rapport n'engagent ni l'opinion des Nations Unies ni le PNUE sur le statut juridique de tout pays, territoire, ville ou région ou de leurs autorités, ainsi que sur la délimitation de leurs frontières ou limites géographiques. Les opinions exprimées dans ce document ne reflètent pas nécessairement celles du PNUE.

Cette publication a été établie sous contrat par le Dr. Heidelore Fiedler, Université de Bayreuth, Allemagne.

Sur la page de garde: les pays en rouge ont établis un inventaire des dioxines et des furannes

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 reproduit; il est cependant demandé que référence soit faite à la source de ces 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), Suisse
Tel.: +41 (22) 917-8170
Fax: +41 (22) 797 3460
E-mail: chemicals@unep.ch

Substances Chimiques forme parte de la Division de technologie, de l'industrie et de l'économie (DTIE)

Préface

Dans sa décision 19/13 C du 7 février 1997 sur des Polluants Organiques Persistants, le Conseil d'Administration du PNUE a demandé au Directeur Exécutif du PNUE de convoquer un comité pour des négociations intergouvernementales qui aurait comme mandat:

1° de préparer un outil juridiquement contraignant au niveau international pour l'exécution des actions internationales concernant douze POP spécifiés, et

2° de constituer un groupe d'experts pour l'élaboration des critères scientifiques et d'un procédé pour l'identification d'autres POP qui pourraient faire l'objet des actions internationales à l'avenir.

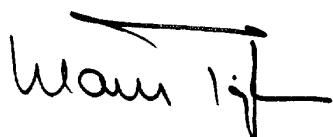
En conformité avec ce mandat visant mettre sur pied une convention pour la réduction et l'élimination des rejets de POP, PNUE Substances Chimiques a initié différentes activités afin d'aider les pays à se préparer pour les négociations futures concernant cette convention. Une de ces premières actions consiste à "... assister les pays dans l'identification des sources nationales des rejets de dioxines et de furannes en promouvant l'accès aux sources d'informations disponibles sur ces composés...".

Les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF) sont des substances polluantes dont des traces peuvent être détectées dans presque tous les secteurs de l'écosystème global. Les PCDD/PCDF n'ont jamais été produits intentionnellement et n'ont jamais eu d'utilité pratique, contrairement à d'autres POP, p.ex. les biphenyl polychlorés (PCB) ou le DDT. Les PCDD/PCDF sont des sous-produits involontaires de nombreux procédés industriels et de la combustion. Par conséquent, il n'est pas possible d'éliminer les dioxines et les furannes simplement en interdisant leur production et leur utilisation. Des mesures indirectes doivent être prises afin de réduire les émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement et de minimiser l'exposition de l'homme à ces substances. Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier et de quantifier les sources des PCDD et des PCDF. Ce n'est qu'après avoir fait cela que des techniques et des mesures pourront être appliquées pour minimiser ou éliminer ces sources.

Compiler des inventaires est une étape essentielle en vue de l'exécution d'un outil international concernant les POP. A part le fait qu'il n'existe que peu d'informations sur la génération de POP en tant que sous-produits, beaucoup de pays en voie de développement ont besoin d'un support technique pour faire des inventaires des dioxines. Lors de la deuxième réunion du Comité de Négociation Intergouvernemental pour un Outil Juridiquement Contraignant au Niveau International pour les POP, il a été demandé que le Secrétariat rassemble des informations nationales sur les inventaires et qu'il en fasse une synthèse.

Les connaissances disponibles aujourd'hui sur les sources des PCDD et des PCDF se basent sur des expériences faites dans un petit nombre de pays industrialisés de l'hémisphère nord. Le présent rapport constitue un premier pas en vue de combler les lacunes dans le contenu des inventaires dioxines et furannes existants. Il résume les informations disponibles à ce jour au sujet des rejets de PCDD/PCDF, disponibles dans la littérature scientifique, les rapports gouvernementaux; et également celles basées sur des communications personnelles.

Le PNUE est conscient qu'il faut encore des efforts considérables pour améliorer la quantification des sources des émissions de dioxines et de furannes avant qu'un inventaire global des dioxines puisse être établi. Les informations réunies ici devront aider les pays à faire leurs propres inventaires de dioxine, comme il a été demandé par les décisions adoptées par le Conseil d'Administration du PNUE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Klaus Töpfer'. The signature is stylized and includes a horizontal line above the first part of the name.

Klaus Töpfer
Directeur Exécutif
Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)

Inventaires des Dioxines et des Furannes

Emissions Nationales et Régionales des PCDD/PCDF

Table des Matières

	Page
Préface	
Table des Matières	i
Table des Tableaux	iii
Tableaux des Figures	vi
Sigles	vii
1 Résumé	1
1.1 Généralités	1
1.2 Inventaires des dioxines et des furannes	2
2 Objet de l'Etude	7
3 Contenu de ce Rapport	9
4 Informations de Base sur la Toxicité des PCDD/PCDF	11
4.1 Toxicité des PCDD/PCDF et Appréciation des Dangers	12
4.1.1 Evaluation par le CIRC des données sur les effets carcinogène chez l'homme et chez les animaux	12
4.1.2 Coefficients de Toxicité Equivalente (TEF)	14
4.2 Données sur l'exposition aux PCDD/PCDF	14
5 Informations de Base sur les Sources des PCDD/PCDF	17
5.1 Sources primaires des dioxines	17
5.1.1 Procédés industriels et chimiques	17
5.1.2 Procédés thermiques	19
5.2 Sources secondaires des PCDD/PCDF = Réservoirs	20
5.3 Technologies de Réduction des Emissions	23
6 Lois et Règlements	25
6.1 Dose journalière admissible (OMS)	25
6.2 Mesures indirectes	25
6.3 Mesures directes	26
6.3.1 Substances chimiques	26
6.3.2 Réglementations concernant l'incinération et la combustion	26
6.4 Autres règlements	28
6.5 Lignes directrices pour les sols et le lait	28
6.5.1 Les sols	28
6.5.2 Lait	29
7 Méthodes pour l'établissement des Inventaires de Dioxines	31

	Page
8 Inventaires des Dioxines en Europe	33
8.1 Autriche	33
8.2 Belgique	33
8.3 République Tchèque et République Slovaque	38
8.4 Danemark	39
8.5 France	40
8.6 Allemagne	41
8.6.1 République Fédérale de l'Allemagne	41
8.6.2 Hambourg	50
8.7 Hongrie	52
8.8 République Slovaque	52
8.9 Suède	53
8.10 Suisse	55
8.11 Pays Bas	56
8.12 Royaume-Uni	57
8.12.1 Emissions dans l'atmosphère	57
8.12.2 Emissions dans l'eau et dans les sols	60
8.13 Inventaire Européen des Emissions	64
8.13.1 Emissions dans l'Atmosphère	65
8.13.2 Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau et les produits résiduels	69
8.13.3 Conclusions	69
8.14 Inventaire européen des émissions atmosphériques	71
9 Inventaires des Dioxines du Continent Américain	77
9.1 Canada	77
9.2 Etats-Unis de l'Amérique du Nord	81
10.3 Autres	86
10 Inventaires des Dioxines en Asie et la Région du Pacifique	87
10.1 Australie	87
10.2 Japon	90
10.3 Nouvelle-Zélande	92
10.4 Corée du Sud	92
11 Inventaire des Emissions Globales	93
12 Conclusions Tirées des Inventaires Nationaux	95
13 Bibliographie	101

Table des Tableaux

	Page
Tableau 1: Concentrations des PCDD/PCDF dans des produits chimiques	18
Tableau 2: Tendances des émissions de PCDD/PCDF à partir de l'incinération des déchets solides ménagers (IDSM)	19
Tableau 3: Sources des PCDD/PCDF en combustion	20
Tableau 4: PCDD/PCDF dans des résidus d'incinération de déchets solides ménagers	20
Tableau 5: PCDD/PCDF dans la boue d'épuration et dans le compost	21
Tableau 6: Réservoirs des PCDD/PCDF à Hambourg, année de référence 1992	21
Tableau 7: Réservoirs des PCDD/PCDF dans des sols à Hambourg	22
Tableau 8: Réservoirs dans les décharges et des zones contaminées	23
Tableau 9: Les valeurs limites de PCDD/PCDF selon la Loi sur les Substances Chimiques	26
Tableau 10: Concentrations directrices des terrains	29
Tableau 11: Valeurs recommandées et niveaux pour action des PCDD/PCDF dans le lait et dans les produits laitiers	30
Tableau 12: Autriche: Emissions de PCDD/PCDF. Flux en g -TEQ/a, année de référence 1994	33
Tableau 13: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; années de référence 1985-1995	34
Tableau 14: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau ; années de référence 1985-1995	35
Tableau 15: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans les sols et dans des déchets dans les trois Régions et par secteur	36
Tableau 16: Belgique: Résumé des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans l'eau et à dans les déchets dans les trois régions; années de référence 1985-1995	38
Tableau 17: République Tchèque et République Slovaque ensembles: Emissions estimées de PCDD/PCDF	38
Tableau 18: Danemark: sources de PCDD/PCDF ; année de référence 1995	40
Tableau 19: France: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1997	41
Tableau 20: Evolution des émissions de PCDD/PCDF en Allemagne	42
Tableau 21: Allemagne: émissions de PCDD/PCDF à partir des industries du fer et de l'acier, et des fonderies; année de référence 1994	43
Tableau 22: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de métaux non ferreux et d'aluminium ; année de référence 1994	44

	Page
Tableau 23: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de zinc secondaire ; année de référence 1994	44
Tableau 24: Allemagne: Total des émissions de PCDD/PCDF à partir des industries du fer et des métaux non ferreux	44
Tableau 25: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir des centrales électriques et d'autres usines industrielles de combustion, année de référence 1994	45
Tableau 26: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir des usines d'incinération de déchets, année de référence 1994	46
Tableau 27: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir du transport routier ; année de référence 1994	47
Tableau 28: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de matériaux minéraux et d'autres procédés de fabrication ; année de référence 1994	48
Tableau 29: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir de sources de combustion à Hambourg	51
Tableau 30: Inventaire des émissions de PCDD/PCDF en Hongrie	52
Tableau 31: République Slovaque: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1993	53
Tableau 32: Suède: Estimations préliminaires des émissions de PCDD/PCDF à partir des sources diverses en Suède pendant les années 1990 et 1993	54
Tableau 33: Suisse: Emissions de dioxines dans l'atmosphère	56
Tableau 34: Estimation des émissions annuelles de PCDD/PCDF dans l'atmosphère aux Pays Bas	57
Tableau 35: Royaume-Uni: Emissions estimées de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; années de référence 1993 et 1997	60
Tableau 36: Royaume-Uni: rejets de PCDD/PCDF dans les sols et dans l'eau ; année de référence 1996	61
Tableau 37: Données nationales: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne	67
Tableau 38: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne - Comparaison des résultats des rapports nationaux avec les valeurs de la nouvelle estimation du LUA ; années de référence 1993-1995	68
Tableau 39: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne - Les plus importantes sources pendant les années de référence 1993-1995, estimation révisée du LUA	69
Tableau 40: Classification des pays dans trois groupes pour assigner les facteurs d'émissions	72
Tableau 41: Facteurs d'émissions par défaut des PCDD/PCDF, spécifiques aux régions	74
Tableau 42: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère en 1990, pour 38 pays européens	75

	Page
Tableau 43: 38 pays européens: Emissions de PCDD/PCDF par pays en 1990	76
Tableau 44: Emissions de PCDD/PCDF réunies ; année de référence 1990	76
Tableau 45: Canada: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère de trois années différentes	80
Tableau 46: Canada: PCDD/PCDF dans des eaux usées	81
Tableau 47: Canada: PCDD/PCDF dans les sols	81
Tableau 48: Canada: Emissions de PCDD/PCDF dans des produits	81
Tableau 49: Canada: Aperçu sur les émissions de PCDD/PCDF dans tous les média	81
Tableau 50: USA: Inventaire des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1995 ; valeurs centrales	85
Tableau 51: USA: Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau, dans les sols et à travers des produits ; année de référence 1995 - Estimations centrales	86
Tableau 52: Australie: Estimations des émissions de PCDD/PCDF	88
Tableau 53: Japon: Emissions annuelles de PCDD/PCDF à partir des sources connues	90
Tableau 54: Evolution des émissions de PCDD/PCDF à partir des IDSM au Japon et prévision pour l'avenir	91
Tableau 55: Japon: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère - estimations récentes	92
Tableau 56: Zones climatiques et flux totaux moyens de PCDD/PCDF dans chaque zone	93
Tableau 57: Facteurs d'émissions, taux globaux de production, émissions moyennes et niveau de confiance de 90 % pour des sources majeures de PCDD/PCDF ; année de référence 1990	94
Tableau 58: Inventaire global des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir des sources connues ; sur la base des inventaires nationaux existants ; année de référence: 1995	96
Tableau 59: Emissions des PCDD/PCDF par catégorie et par pays. Année de référence: autour de 1995	98
Tableau 60: Emissions des PCDD/PCDF par catégorie et par pays en pourcentages des émissions annuelles totales (10.514 g I-TEQ/a). Année de référence: autour de 1995.	98

Tableaux des Figures

	Page
Figure 1: Les émissions annuelles des PCDD/PCDF dans l'atmosphère; année de référence: 1995. Les émissions totales à partir des sources connues = 10.500 g I-TEQ/a	3
Figure 2: Contribution en pourcentages par catégorie et par pays aux rejets atmosphériques totaux de PCDD/PCDF; année de référence 1995	5
Figure 3: Les émissions annuelles des PCDD/PCDF dans l'atmosphère; année de référence: 1995. Les émissions totales à partir des sources connues = 10.500 g I-TEQ/a	95

Sigles

2,4,5-T	acide trichloro-2-4-5-phénoxyacétique
a	an
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
DJA	Dose journalière admissible
EPA	Environmental Protection Agency (Office des Etats Unis pour la Protection de l'Environnement)
EU	Union Européenne (Pays membres: Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Ireland, Italie, Luxembourg, Pays Bas, Portugal, Espagne, Suède, Royaume-Uni)
FAO	Food and Agricultural Organization
HCl	acide chlorhydrique
I-TEQ	Equivalent toxique international
IARC = CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
ID(S)M	Incinération des déchets (solides) ménagers
IFCS	International Forum on Chemical Safety = Forum International sur la Sécurité Chimique
IOMC	Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals
IPCS = PISSC	International Programme on Chemical Safety = Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques
j	jour
K_{oc}	Coefficient de répartition: octanol/carbone
K_{ow}	Coefficient de répartition: octanol/eau
m.s.	matière sèche
MW	Mégawatt
N-TEQ	Equivalent toxique des pays du Nord (schéma adopté par les pays scandinaves)
NATO/CCMS	North Atlantic Treaty Organization/Challenges of Changes in Modern Society
NATO = OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
ND	Données non disponibles
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
p.c.	poids corporel
PCB	Biphényl polychlorés
PCDD	Polychlor-dibenzo- <i>p</i> -dioxines

PCDF	Polychlor-dibenzofurannes
PCN	Naphtalènes polychlorés
PCP	Pentachlorophénol
pJ	Peta-joule (10^{15} Joule)
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POP	Polluants organiques persistants
PVC	Polychlorure de vinyle
t	Tonne (métrique)
TCDD	Tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxine
TEF	Coefficient de toxicité équivalente
TEQ	Equivalent toxique
tJ	Téra-joule (10^{12} Joule)
WHO = OMS	Organisation Mondiale de la Santé

Unités

mg	milligramme
µg	micro-gramme
ng	nano-gramme
pg	pico-gramme
fg	femto-gramme

INVENTAIRES DES DIOXINES ET DES FURANNES

ÉMISSIONS NATIONALES ET RÉGIONALES DES PCDD/PCDF

1 RÉSUMÉ

Par sa décision 19/13 C du 7 février 1997, le Conseil d'Administration du PNUE a demandé au Directeur Exécutif du PNUE de convoquer un Comité pour des Négociations Intergouvernementales, avec le mandat de préparer un outil juridiquement contraignant au niveau international pour l'exécution des actions internationales concernant douze POP spécifiés; également de constituer un groupe d'experts pour l'élaboration de critères scientifiques et d'un procédé pour l'identification d'autres POP qui pourraient faire l'objet de futures actions internationales.

Se basant sur ce mandat pour promouvoir une convention pour la réduction et l'élimination des rejets de POP, PNUE Substances Chimiques a initié plusieurs actions dans le but d'aider les pays à se préparer pour les négociations liées à cette convention. Une de ces premières actions consiste à "... assister les pays dans l'identification des sources nationales des rejets de dioxines/furannes en facilitant l'accès aux sources d'informations disponibles sur les dioxines/furannes...".

1.1 Généralités

Les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF) n'ont jamais été produits intentionnellement mais ils sont les sous-produits involontaires de beaucoup de procédés industriels et de tous les procédés de combustion. Presque tous les 210 congénères possibles sont dégagés par ces sources et, à cause de leur stabilité chimique, physique et biologique ainsi que de leur transport sur de grandes distances, ils sont omniprésents et ont été détectés dans tous les compartiments de l'environnement. En raison de la persistance des congénères 2,3,7,8-substitués et de leurs propriétés lipophiles, des PCDD/PCDF s'accumulent dans les tissus gras et dans les matières riches en carbone telles que sols et les sédiments.

Les effets biologiques des PCDD/PCDF sont ceux généralement associés aux substances chimiques chlorées. Les expositions aux dioxines sont associées à des risques accrus de lésions sévères de la peau, à des modifications du fonctionnement du foie et du métabolisme des lipides, à une faiblesse générale associée à des pertes de poids importantes, à des changements d'activité de différentes enzymes du foie, à un affaiblissement du système immunitaire, et à des anomalies des systèmes endocrine et nerveux. Le 2,3,7,8-Cl₄DD est une substance qui est potentiellement fortement tératogénique et fétotoxique pour les animaux et promoteur puissant de la carcinogenèse chez le foie du rat. Il peut provoquer aussi le cancer du foie et d'autres organes chez l'animal.

En 1997, le IARC a classé le congénère le plus toxique des PCDD/PCDF dans les substances carcinogènes pour l'homme (groupe 1). Tous les autres PCDD/PCDF substitués en positions 2,3,7,8 ont été classés en groupe 3 parmi les substances considérées comme étant non toxiques pour l'homme.

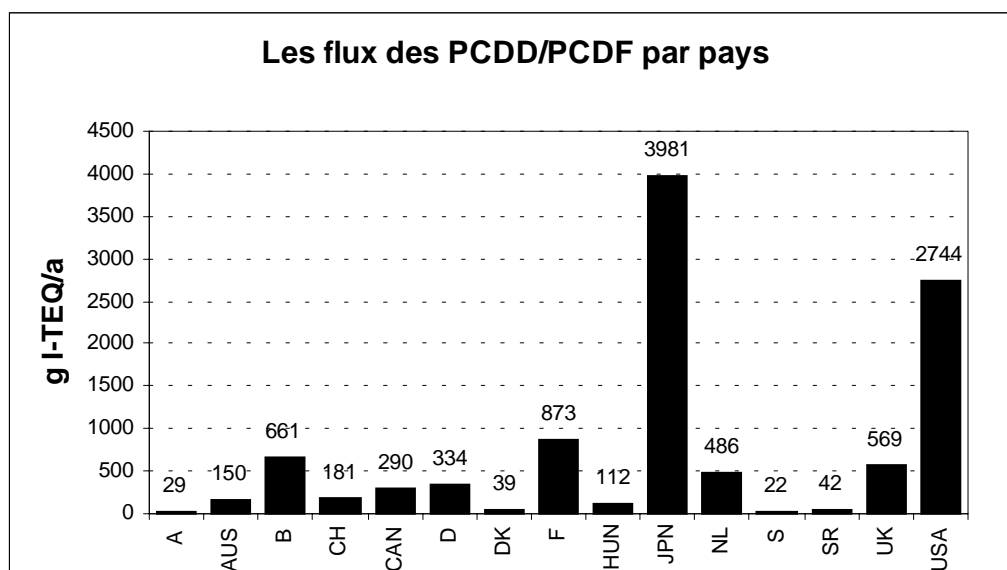
En mai 1998, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a évalué les risques que peuvent présenter par des dioxines pour la santé. A Bilthoven en 1990, des experts de l'OMS ont fixé une dose journalière admissible à 10 pg TCDD/jour/kg de poids corporel (p.c.). Depuis lors, d'autres recherches, notamment sur les effets neurotoxiques et sur l'influence sur le système endocrinien, ont été publiées. Finalement, l'OMS a convenu d'une nouvelle dose admissible: de 1 à 4 pico-gramme par kilogramme de poids corporel et par jour. Pourtant, les experts ont reconnu que des effets complexes sont observés dans la population des pays développés, pour des valeurs de fond de 2 à 6 pico-gramme par kilogramme de poids corporel et par jour. Ils ont donc recommandé que tout effort soit fait afin de réduire l'exposition au niveau le plus bas possible, et que la gamme fixée pour la 2,3,7,8- Cl₄DD soit appliquée à un TEQ qui inclurait les 17 PCDD et PCDF substitués en positions 2,3,7,8 ainsi que les PCB coplanaires substitués en position *mono-orthogonale* (WHO 1998).

Pour l'appréciation du risque des mélanges complexes des PCDD/PCDF, des coefficients de toxicité équivalente ("Toxicity Equivalency Factors" = TEF) ont été introduits. Ils ont été développés afin de permettre une classification des toxicités de 17 congénères différents, substitués en positions 2, 3, 7 et 8 par rapport à la toxicité de la 2,3,7,8- Cl₄DD, en se basant sur la supposition que le même mécanisme d'action, lié au récepteur, soit propre à tous ces composés. Malgré le fait que cette approche ait des limites, dus à un certain nombre de simplifications, les TEF rendent possible la conversion des données quantitatives analytiques pour des congénères particuliers des PCDD/PCDF en équivalents toxiques ("Toxic Equivalent" = TEQ), et permettent donc une estimation de l'ordre de grandeur de la toxicité de ces produits.

1.2 Inventaires des dioxines et des furannes

Les premiers résultats tirés des inventaires nationaux sur les rejets de polychlorodibenzo-*p*-dioxines et de polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF) sont présentés et évalués dans ce rapport. La plupart des pays ont évalué les émissions dans l'atmosphère et il n'y a que peu de données disponibles quant aux émissions dans l'eau et dans le sol.

De nos jours, les émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement proviennent principalement des processus de combustion. Sur la base des données actuellement disponibles et avec un point de référence de l'année 1995, une valeur centrale autour de 10.500 g I-TEQ a été estimée pour des émissions annuelles en PCDD/PCDF. Les estimations varient entre environ 8.300 g I-TEQ/a (valeur la plus basse) et approximativement 36.000 g I-TEQ (valeur la plus élevée). Ce sont surtout les émissions élevées des PCDD/PCDF au début des années 90, communiquées par un petit nombre de pays, qui sont responsables de ce chiffre élevé. Notons que le Japon vient de mettre à jour son inventaire des dioxines; une valeur totale de 5.300 g I-TEQ est avancée pour des émissions en 1998. Ce nouveau chiffre ajoutera encore 1.300 g I-TEQ à l'inventaire "global". Les estimations pour une année autour de 1995 sont présentées dans la figure 1. Quant à la France, c'est l'estimation pour l'année 1998 qui a été incluse.



A	Autriche	CAN	Canada	HUN	Hongrie	SR	Slovaquie
AUS	Australie	D	Allemagne	JPN	Japon	UK	Royaume-Uni
B	Belgique	DK	Danemark	NL	Pays Bas		
CH	Suisse	F	France	S	Suède	USA	Etats Unis

Figure 1: Les émissions annuelles des PCDD/PCDF dans l'atmosphère; année de référence: 1995. Les émissions totales à partir de sources connues = 10.500 g I-TEQ/a

Les chiffres présentés en figure 1 peuvent être comparés à un inventaire fait pour les pays de l'Union Européenne, et à un inventaire du TNO qui tous deux couvrent des zones géographiques plus étendues. L'estimation des émissions à partir des sources connues dans le rapport de l'UE, prenant en considération 17 pays, donne un chiffre d'environ 5.800 g I-TEQ/a. Cependant, les auteurs reconnaissent une large gamme d'incertitude et ne peuvent pas exclure un chiffre de 20.000 g I-TEQ maximale, pour les émissions à l'air des 17 pays européens.

L'étude du TNO entre moins dans les détails quant aux sources des PCDD/PCDF, et les émissions annuelles sont estimées à 11.300 g I-TEQ pour l'année de référence 1990. Finalement, Brzuzy et Hites estiment les émissions globales des PCDD/PCDF à 50.000 g I-TEQ/a, se basant sur relativement peu de suppositions et sans une évaluation détaillée des inventaires des émissions.

Pour comparer les sources d'émissions les plus importantes des inventaires nationaux, les sources de PCDD/PCDF ont été classées en neuf catégories principales de la manière suivante:

Fer et Acier: usines de fer et d'acier, y compris les fonderies, unités de

frittage et cokeries (comme dans beaucoup de pays, le coke n'est fabriqué que pour les besoins des aciéries)

Métaux non ferreux: traitement primaire et secondaire du cuivre, de l'aluminium, du zinc, du plomb

Centrales électriques:	fonctionnant au charbon, au gaz, au fuel, au bois
Usines de combustion industrielles:	unités industrielles fonctionnant au charbon, au gaz, au pétrole, aux boues d'épuration et à la biomasse pour utilisation sur site
Petites unités de combustion:	surtout des chaufferies et les feux de cheminée domestiques au charbon, au mazout et au gaz
Incinération des déchets:	y compris l'incinération de déchets solides ménagers, de déchets spéciaux, de boues de station d'épuration, de déchets hospitaliers, de bois résiduel et les crématoires
Circulation routière:	voitures individuelles, bus, camions fonctionnant à l'essence contenant du plomb ou sans plomb, ou au diesel
Production de matériaux minéraux:	fabrication de ciment, de chaux, de verre, de briques etc.
Autres:	unités de déchiquetage, mélange d'asphalte, séchage de fourrage vert ou de copeaux de bois, l'industrie chimique, incendies accidentels et autorisés

Les quotes-parts de ces catégories par pays sont présentées en figure 2. On constate que la catégorie de l'incinération des déchets comme définie ci-dessus, est toujours la source de rejet la plus importante dans un grand nombre de pays. Des exceptions pendant l'année de référence 1995 sont l'Autriche, l'Australie et l'Allemagne. Quant à l'inventaire "global" se basant sur ces quinze pays, l'incinération des déchets contribue à presque 50% (cf. en figure 2, la barre à droite).

En termes absolus, c'est l'incinération des déchets ménagers au Japon qui est à l'origine de la plus grande quantité d'émissions de PCDD/PCDF dans le secteur de l'incinération des déchets. A elle seule, cette source contribue pour 40% de toutes les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir des sources qui sont identifiées jusqu'ici, et prises en considération dans l'inventaire. D'un autre côté, dans les pays avec une réglementation rigoureuse pour les émissions de PCDD/PCDF à partir de l'incinération de déchets ménagers et spéciaux, p.ex. les membres de l'Union Européenne qui ont adopté des lois au début des années 90, la contribution aux inventaires nationaux de l'incinération de déchet, est négligeable.

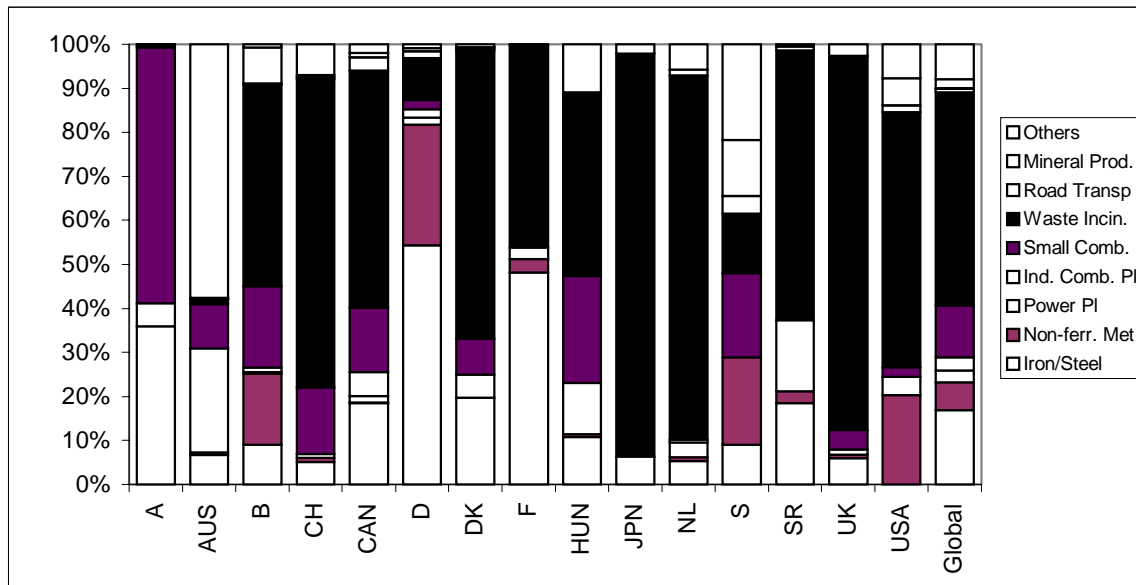


Figure 2: Contribution en pourcentages, par catégorie et par pays, aux rejets atmosphériques totaux de PCDD/PCDF; année de référence 1995

La situation actuelle concernant les inventaires nationaux des émissions de PCDD/PCDF par rapport aux aspects géographiques et les méthodologies se présente de la façon suivante:

- Le nombre des inventaires nationaux sur les émissions de PCDD/PCDF (se basant sur des relevés nationaux) est très faible actuellement
- Dans presque tous les cas, les inventaires faits jusqu'ici ne considèrent que les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère. Il est possible qu'il y ait des quantités considérables de dioxines et de furannes dans des réservoirs où se trouvent des substances chimiques "anciennes" comme l'acide trichloro-2-4-5-phénoxyacétique (2,4,5-T), le pentachlorophénol utilisé pour le traitement du bois, et les biphényl polychlorés (PCB) utilisés dans les transformateurs et les condensateurs. D'autres réservoirs incluent les décharges/dépôts, les sols contaminés et les sédiments
- La plupart des données disponibles proviennent des pays de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord. Cependant, l'inventaire des aux Etats Unis n'a pas encore dépassé l'état de brouillon. En ce qui concerne l'Asie, il n'y a qu'un inventaire----pour le Japon---- qui ne couvre que quelques types des sources, ainsi q'une estimation des émissions à partir des incinérateurs de déchets en Corée du Sud. Quant à l'hémisphère austral, seule l'Australie à l'heure actuelle a évalué les émissions annuelles, ceci en utilisant des facteurs d'émission tirés de la littérature. Il n'y a pas de données disponibles provenant d'Afrique, ni d'Amérique Central et d'Amérique du Sud.
- Les inventaires de quelques pays se basent sur des facteurs d'émission qui proviennent d'autres pays. Pour certaines sources, les facteurs d'émissions ne sont pas déterminés. p.ex. pour les feux sauvages de déchet ou en décharge, etc.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées des inventaires existants:

- Parmi les différentes catégories de sources, les informations les plus complètes concernent l'incinération de déchets solides ménagers, au niveau des analyses de fumées et des taux d'activité. Comme c'est cette catégorie qui connaît les changements technologiques les plus

importants, les facteurs d'émission et les émissions de PCDD/PCDF changent rapidement. Par conséquent, des baisses rapides peuvent être notées dans des pays disposant de technologies modernes ou de lois stricts.

- Le secteur de l'incinération des déchets spéciaux est relativement homogène et ne représente la source principale dans aucun pays.
- Il n'existe que des informations limitées pour la catégorie englobant la production de fer et de l'acier. Quelques pays de l'Europe ont identifié cette catégorie comme l'élément contribuant le plus à l'inventaire national des dioxines. Les Etats Unis et le Canada sont conscients de l'importance de ces sources mais aucune mesure n'a été faite jusqu'à présent. Ici, il est urgent de pouvoir disposer de données fiables.
- Au vu du peu d'exemples qui traitent des émissions de dioxines et de furannes dans l'eau et les sols ou liées à des produits chimiques, il semble qu'il n'y a que l'industrie papetière qui est à l'origine des rejets dans l'eau----à travers ses eaux usées. La contamination des produits se limite plus ou moins au pentachlorophénol (PCP), les PCDF dans les biphényl polychlorés (PCB) étant ignorés.
- Les inventaires de certains pays devraient être mis à jour pour avoir une idée plus exacte de la situation actuelle, notamment après la mise en place d'une réglementation plus stricte.
- Pour le moment il n'existe pas de méthodologies standardisées pour le prélèvement et l'évaluation des inventaires nationaux des PCDD/PCDF. En plus, la prise en compte de certaines sources varie d'un pays à l'autre. Quelques pays comme le Royaume-Uni et les Etats Unis, prennent en compte les rejets de PCDD/PCDF dans les décharges et le sol jusqu'à un certain degré. Quelques pays donnent la gamme entre l'estimation la plus basse et l'estimation la plus haute tandis que d'autres pays utilisent la valeur moyenne/médiane pour calculer l'émission annuelle à partir d'une source donnée. Il est nécessaire d'harmoniser les procédures de prélèvement et d'évaluation des données afin de pouvoir comparer les différents inventaires nationaux des dioxines et furannes.
- Finalement, il est fortement recommandé d'harmoniser les protocoles pour la prise d'échantillons de fumée, d'eau, de sol etc. et pour leur analyse.

Le rapport présent n'est pas plus qu'une prise instantanée de la situation en ce qui concerne les émissions de PCDD/PCDF et l'estimation des rejets totaux dans l'environnement de ces composés. Les plus importantes catégories des sources des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ont été identifiées. Néanmoins, il y a peut-être d'autres sources de PCDD/PCDF qui n'ont pas encore été identifiées ou quantifiées, spécialement pour les régions géographiques où des données n'existent pas encore. Cependant, il faut tenir compte du fait que des facteurs d'émission établis dans des pays industrialisés ne peuvent pas forcément être considérés comme des facteurs étant valables pour des industries dans des pays moins développés.

A présent, les études menées ne couvrent pas suffisamment de régions pour permettre l'estimation globale des émissions de PCDD/PCDF. Des efforts sont en train d'être entrepris afin d'identifier des sources dans des régions du monde pour lesquelles il n'y a pas d'informations disponibles jusqu'ici. En plus, des inventaires déjà faits seront mis à jour, car il est évident que des mesures ont été prises par beaucoup de pays dans le but de réduire les émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement. Pour quelques pays industrialisés en Europe et en Amérique du Nord, nous observons une forte baisse des émissions pendant les années récentes. L'introduction de technologies pour la réduction des émissions industrielles de dioxines, et de technologies de combustion avancées aidera à renforcer cette tendance.

2 OBJET DE L'ETUDE

Le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), dans sa décision 18/32 du 25 mai 1995, a invité des organisations internationales (IOMC, IPCS, FISC) à formuler des recommandations et à fournir les informations en vue d'une prise de décision concernant des éventuelles actions internationales à prendre sur douze Polluants Organiques Persistants (POP). En juin 1996, le Forum Intergouvernemental sur la Sécurité Chimique (FISC) est arrivé à la conclusion que l'information disponible était suffisante pour recommander un plan d'action global sur des POP. Dans sa décision 19/13 C du 7 février 1997, le Conseil d'Administration du PNUE a demandé au Directeur Exécutif du PNUE de convoquer un Comité de Négociation Intergouvernemental (CNI) avec le mandat:

- 1° de préparer un outil juridiquement contraignant au niveau international pour l'exécution des actions internationales concernant, pour commencer, les douze POP spécifiés, et
- 2° de constituer un groupe d'experts pour l'élaboration des critères scientifiques et d'un procédé pour l'identification d'autres POP qui devront faire l'objet des actions internationales à l'avenir.

Suivant ce mandat pour la préparation d'une convention pour la réduction et l'élimination des rejets de POP, le PNUE Substances Chimiques a initié, sous la direction du Directeur Exécutif du PNUE, Dr. Klaus Töpfer, différentes activités afin d'aider les pays à se préparer pour les négociations concernant cette convention. Une de ces premières actions consistait à "... assister aux pays dans l'identification des sources nationales des rejets de dioxines et de furannes en promouvant l'accès aux sources d'informations disponibles sur ces composés...".

Le présent rapport résume des résultats de recherche sur les dioxines et les technologies associées. Il représente un premier effort pour élaborer des inventaires nationaux sur les rejets de polychlorodibenzo-*p*-dioxines et de polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF). Les informations réunies ici peuvent aider les pays à faire leurs propres inventaires suivant la demande qui faisait partie des décisions adoptées par le Conseil d'Administration (CA) pendant sa 19^e réunion (19/13C).

Pour ce rapport, la plupart des informations ont été tirées directement des rapports d'origine des pays concernés ou en résumant des rapports sans que par exemple les catégories des sources ou des procédés industriels soient harmonisés ou classés. Pour cette raison, les résultats actuels sont un peu hétérogènes en ce qui concerne les catégories des sources. D'autres complications en vue de comparer des inventaires des dioxines sont dues au fait que les estimations données se réfèrent à des années différentes et ainsi ne permettent pas une comparaison directe. En outre, la démarche pour aboutir à une estimation total des rejets diffère d'un pays à l'autre. Cependant ce rapport sera mis à jour au fur et à mesure que plus d'informations deviennent disponibles. Plus tard, des facteurs d'émission pourront être inclus ainsi que des évaluations comparatives.

3 CONTENU DE CE RAPPORT

Afin de pouvoir faire un inventaire des dioxines, il est nécessaire de donner quelques informations générales sur cette classe de composés afin de comprendre la logique d'un tel inventaire. Pour cette raison, ce rapport commence avec "Informations de base sur la toxicité des PCDD/PCDF" dans le chapitre 4 pour donner un bref aperçu de l'état actuel des connaissances toxicologique et de la classification des polychlorodibenzo-*p*-dioxines et des polychlorodibenzofurannes du point de vue de leur caractère cancérigène. Il considère aussi la recommandation de l'OMS quant à une dose journalière admissible (DJA) pour l'homme, ce qui représente le point de départ des actions à entreprendre en vue de la réduction de l'exposition des êtres humains aux dioxines et furannes.

Les connaissances acquises sur les sources et les émissions de dioxines et de furannes sont présentées dans le Chapitre 4 "Informations de base sur les sources des PCDD/PCDF". Cette partie résume les informations disponibles dans la littérature et provenant des expériences faites, notamment dans des pays industrialisés. Dans le Chapitre 6 il est brièvement question des technologies pour réduire des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement dont l'application a mené à des résultats positifs. Beaucoup de technologies présentées ici visent à limiter les émissions dans l'atmosphère. Les différentes démarches utilisées par des pays pour établir leurs inventaires se trouvent dans le Chapitre 7.

Au début des années 90, beaucoup de pays industrialisés ont mis en route leurs inventaires nationaux. Par conséquent, des instituts ou laboratoires de recherche de ces pays ont été chargés d'identifier et de quantifier les émissions de PCDD/PCDF à partir des sources connues. Dans certains cas, des mises à jours d'inventaires ont été faits. Des inventaires nationaux des émissions PCDD/PCDF ont été faits pour presque tous les pays européens; ceux-ci sont résumés dans le Chapitre 9: "Inventaires des dioxines de l'Europe". Un bilan des masses régional détaillé a été dressé pour la ville de Hambourg, Allemagne, pour les dioxines. La ville a publié un rapport où presque toutes les sources ont pu être quantifiées; les résultats sont présentés au paragraphe 9.6.2. Jusqu'ici, seule la Commission Européenne a fait des efforts pour quantifier des émissions de dioxines dans un ensemble de pays en utilisant la même approche, avec le lancement d'un projet en vue d'établir un inventaire des émissions de dioxines. Les résultats se trouvent en paragraphe 9.12.2. Le TNO a publié un rapport sur les rejets de métaux lourds et de polluants organiques pour l'année de référence 1990 (UBA 1997); celui-ci fait partie du protocole UN ECE LRTAP. Les résultats concernant les dioxines sont résumés au paragraphe 9.14.

En dehors de l'Europe, il n'y a que deux inventaires nationaux des émissions disponibles; ceux-ci viennent de l'Amérique, plus précisément du Canada et des Etats Unis. Ces deux inventaires sont toujours provisoires et n'ont pas encore été finalisés. Les résultats sont présentés au Chapitre 10 "Inventaires des dioxines des continents américains". Les inventaires pour l'Australie et le Japon sont données au Chapitre 11: "Inventaires des dioxines de l'Asie et de la région du Pacifique".

Dans la plupart des cas, les informations sont basées sur des données provenant de l'ensemble du pays. Cependant pour quelques régions, ce n'est qu'une seule catégorie de sources qui a été considérée jusqu'ici, p.ex. en Corée où les recherches ont seulement concerné l'incinération

des déchets solides ménagers (cf. paragraphe 11.4).

Ron Hites et ses collègues ont fait un effort en vue de dresser un inventaire global des émissions de dioxines. Leurs estimations des émissions se basent sur des mesures de matière déposée à partir d'échantillons collectés à des endroits repartis à travers le globe (cf. chapitre 12).

Les réponses reçues à des questionnaires envoyés aux représentants régionaux pour les POP (POP Focal Points) par PNUE Substances Chimiques en 1997, sont résumées en annexe B. Des informations quantitatives récentes ont été données pour trois pays, qui ne se trouvaient pas dans les rapports et les articles publiés et ainsi elles n'ont pas pu être considérées dans la partie principale du présent rapport (chapters -14). D'autre part, il existe des estimations sur les émissions à partir des sources identifiées qui n'ont pas été visées par le questionnaire.

4 INFORMATIONS DE BASE SUR LA TOXICITÉ DES PCDD/PCDF

Les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF) sont des substances polluantes pour l'environnement dont des traces peuvent être détectées dans presque tous les compartiments de l'écosystème global. Cette classe des composés en particulier sont très préoccupants au niveau de l'environnement. Contrairement à d'autres substances chimiques présentant des risques tels que les biphenyl polychlorés (PCB), les naphthalènes polychlorés (PCN) et les pesticides polychlorés comme le DDT, le pentachlorophénol (PCP) ou d'autres, les PCDD/PCDF n'ont jamais été produits intentionnellement. Ce sont des sous-produits involontaires de beaucoup de procédés industriels et de tous les procédés de combustion (Fiedler *et al.* 1990).

Le terme "dioxines" se réfère aux 75 congénères des polychlorodibenzo-*p*-dioxines (PCDD) et aux 135 congénères des polychlorodibenzofurannes (PCDF). Parmi ces 210 composés il y a 17 congénères qui peuvent avoir des atomes du chlore au moins aux positions 2, 3, 7 et 8 de la molécule mère. Ces 17 congénères substitués en positions 2, 3, 7 et 8 sont toxiques pour un grand nombre d'animaux de laboratoire; ils résistent aux attaques chimiques, biologiques et physiques et ainsi s'accumulent dans l'environnement et dans des organismes tels les animaux et l'homme. Le 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8- Cl₄DD), aussi appelé "dioxine de Seveso", est considéré comme le composé le plus toxique fait par l'homme. En plus des sources dues aux activités de l'homme, la formation *in vitro* des PCDD et des PCDF à partir de 2,4,5- et de 3,4,5-trichlorophénol, des enzymes jouant le rôle de médiateurs, a été démontrée (Öberg *et al.* 1990, Wagner *et al.* 1990).

Les premières évaluations des dangers s'est concentrée sur le congénère le plus toxique: 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxine (2,3,7,8-Cl₄DD = 2,3,7,8-TCDD). Peu après cependant, le constat a été fait que tous les PCDD/PCDF substitués au moins en positions 2, 3, 7 et 8 sont très toxiques et jouent un rôle important dans la toxicité du mélange des dioxines. En plus, malgré la composition complexe de beaucoup de "sources" contenant des PCDD/PCDF, ce ne sont que les congénères substitués aux positions latérales du cycle aromatique, c'est-à-dire aux atomes n° 2, 3, 7 et 8, qui persistent dans l'environnement et qui se concentrent le long des chaînes alimentaires.

Presque tous les 210 congénères individuels ont été identifiés dans des émissions issues des procédés thermiques et industriels. Par conséquence, des PCDD/PCDF se trouvent sous forme de mélanges des congénères particuliers dans des secteurs environnementaux tels que les sols, les sédiments, l'atmosphère, les plants et les animaux inférieurs. Les PCDD/PCDF, notamment ceux qui sont chlorés à un degré élevé, ont une faible solubilité dans l'eau, une faible tension de vapeur et s'adsorbent fortement à des particules et à des surfaces (K_{oc} élevé). Pour cette raison, les PCDD/PCDF ne se trouvent pas à des niveaux significatifs dans l'eau et ils sont immobiles dans les sols. Surtout les PCDD/PCDF substitués aux positions 2, 3, 7 et 8 par du chlore sont extrêmement stables dans l'environnement et se fixent dans des tissus gras (K_{ow} élevé) des animaux et des êtres humains.

4.1 Toxicité des PCDD/PCDF et Appréciation des Dangers

Les PCDD et les PCDF provoquent toute une gamme d'effets toxiques chez l'animal. Toutefois, la majorité des informations disponibles ne concerne que le 2,3,7,8-Cl₄DD (TCDD). La plupart des données sur la toxicité provient des expositions orales des animaux à des doses élevées. Il y a de grandes différences dans les sensibilités de différents animaux à la dose létale des PCDD. Les réactions et les symptômes d'un empoisonnement par des substances chimiques contaminées par de la TCDD, observés chez l'homme, ressemblent à ceux des animaux.

L'exposition des êtres humains aux dioxines est associée à un risque élevé des lésions sévères de la peau (chloracne et hyperpigmentation), à un fonctionnement altéré du foie ainsi qu'à un dérangement du métabolisme des lipides. On peut également observer une faiblesse générale associée à des pertes importantes de poids, des changements de l'activité de différents enzymes du foie, un affaiblissement du système immunitaire et des anomalies des systèmes endocrine et nerveux. Le 2,3,7,8-TCDD est une substance chimique fortement tératologique et toxique au fœtus pour les animaux et est un promoteur très puissant pour le cancer du foie des rats. La substance peut aussi provoquer le cancer du foie et d'autres organes des animaux (cf. ci-dessous).

4.1.1 Evaluation par le CIRC des données sur les effets carcinogène chez l'homme et chez les animaux

Les plus importantes études épidémiologiques en vue d'une évaluation de la 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxine (2,3,7,8-Cl₄DD ou 2,3,7,8-TCDD) sont quatre études de groupe chez des producteurs d'herbicides (un aux Etats Unis, un aux Pays Bas et deux en Allemagne). Ces études concernent des expositions les plus élevées à la 2,3,7,8-TCDD. Le groupe de résidents d'une zone contaminée de Seveso en Italie est bien connu mais les expositions dans ce cas étaient moins intensives, et le groupe a été suivi pendant moins de temps que ceux des sites industrielles. La plupart des études concernant ces quatre groupes industrielles présentent des analyses effectuées avec des sous-groupes, considérées comme étant ceux ayant subi les expositions les plus élevées et/ou avec des plus longues périodes latentes. Globalement, l'évidence la plus nette concerne les effets carcinogènes de 2,3,7,8-Cl₄DD pour toutes les formes de cancer, plutôt que pour un site spécifique. Sur la base de ces études, le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a conclu que le 2,3,7,8-Cl₄DD présentait des effets carcinogènes limités. L'évidence pour démontrer l'effet carcinogène des PCDD (à part le 2,3,7,8-Cl₄DD) est insuffisante.

Quant aux PCDF, deux incidents se sont produits pendant les quels 2.000 personnes ont été concernées, et où certaines ont été exposées à une dose suffisante de PCB et de PCDF pour exhiber des symptômes (accidents de Yucheng et de Yusho). Dans les deux groupes, les cas mortels de maladies de foie étaient deux à trois fois supérieurs que le taux national. Vingt-deux ans après l'accident de Yusho, les cas mortels de cancer de foie chez les hommes ont été trois fois plus élevés, ce qui a été déjà détectable, et même supérieur, après 15 ans. Cette tendance a déjà été mise en évidence, mais de manière plus prononcée, dans une reprise de l'étude 15 ans plus tard. Concernant le groupe de Yucheng au Taiwan, il n'a pas été constaté un excès des cas mortels de cancer du foie 12 ans après l'incident. Au vu de ces données, le CIRC a conclu qu'il n'était pas évident que des PCDF aient des effets carcinogènes sur l'homme.

PCDD: Dans un certain nombre d'expérience où le 2,3,7,8-Cl₄DD a été administrée à des rats et des souris, il a toujours été constaté une augmentation des cas de carcinomes du foie, dans les mâles et les femelles. En plus, les taux des carcinomes ont augmenté dans d'autres organes des rats, des souris et des hamsters syriens, mais ces effets ont été fonction des espèces, du sexe et de la voie d'administration du 2,3,7,8-Cl₄DD. Bien que les doses provoquant une augmentation des cas des carcinomes au niveau des rongeurs soient extrêmement basses, elles sont très proches de celles ayant des effets toxiques sur les mêmes espèces. De ces résultats, la conclusion a été tirée que des effets carcinogènes du 2,3,7,8-Cl₄DD sur des animaux au laboratoire ont été bien démontrés. Une évaluation d'une base de données beaucoup plus restreintes a permis de conclure qu'il n'y a que de l'évidence limitée montrant des effets carcinogènes chez des animaux au laboratoire d'un mélange de 1,2,3,6,7,8- Cl₆DD et de 1,2,3,7,8,9- Cl₆DD, aussi qu'il avait insuffisamment d'évidence des effets carcinogènes chez des animaux au laboratoire du 2,7- Cl₂DD, 1,2,3,7,8- Cl₅DD et du 1,2,3,4,6,7,8- Cl₆DD.

PCDF: Il n'existe pas études à long terme sur les effets carcinogènes des PCDF. Cependant, quelques études sur la promotion du cancer ont été évaluées où des rats et des souris ont été exposés à certains congénères après avoir été exposés pendant un temps court à des carcinogènes connus. Il a été conclu que des effets carcinogènes du 2,3,7,8-Cl₄DF sur des animaux de laboratoire n'étaient pas démontrés, mais que de l'évidence limitée existe démontrant les effets carcinogènes du 2,3,4,7,8-Cl₅DF et du 1,2,3,4,7,8-Cl₆DD chez des animaux de laboratoire.

La toxicité du 2,3,7,8- Cl₄DD repose en grande partie sur une interaction avec le récepteur du cytosolique AhR. Les toxicités relatives d'autres congénères des PCDD et PCDF dépendent de leur capacité d'établir une liaison avec ce récepteur qui est présent dans les tissus de tous les rongeurs et des êtres humains. L'affinité de fixation sur l'AhR des substances 2,3,7,8-Cl₄DF, 1,2,3,7,8- et 2,3,4,7,8-Cl₅DF est du même ordre de grandeur que celle observée pour le 2,3,7,8-Cl₄DD. Des PCDD avec au moins trois atomes latéraux de chlore ont une certaine affinité de se fixer sur l'AhR. Aujourd'hui, il est généralement accepté que la plupart, si non tous, les effets biologiques du 2,3,7,8-Cl₄DD et d'autres PCDD sont dus à une interaction forte avec l'AhR, et il paraît que tous les conséquences biochimiques et toxicologiques des expositions à des PCDF proviennent d'un mode d'action semblable. Le peu de données disponibles sur les effets carcinogènes des congénères autres que le 2,3,7,8-Cl₄DD indique que le potentiel carcinogène est proportionnel à l'affinité pour l'AhR. Sur la base de ces observation, il a été conclu que tous les PCDD et PCDF agissent à travers un mécanisme semblable qui demande une fixation initiale sur l'AhR. La liaison du 2,3,7,8-Cl₄DD au AhR entraîne des modifications de l'activité transcriptionnelle d'un ensemble de gènes sensibles au 2,3,7,8-Cl₄DD. Cependant, il n'a pas été possible d'identifier de gènes ayant un rôle déterminant dans le mécanisme de la carcinogénèse.

L'évaluation globale

En prenant en compte tous les résultats, le CIRC a fait des évaluations suivantes (IARC 1997):

- Le 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxine (2,3,7,8-Cl₄DD) a des effets carcinogènes sur l'homme (Groupe 1).
- Il n'est pas possible de classer d'autres polychlorodibenzo-*p*-dioxines concernant des effets carcinogènes sur l'homme (Groupe 3).

- Il n'est pas possible de classer la substance dibenzo-*p*-dioxine concernant des effets carcinogènes sur l'homme (Groupe 3).
- Il n'est pas possible de classer les polychlorodibenzofurannes concernant des effets carcinogènes sur l'homme (Groupe 3).

4.1.2 Coefficients de Toxicité Equivalente (TEF)

Plusieurs agences de réglementation ont développé des unités, appelées des coefficients de toxicité équivalents (TEF), pour l'appréciation des dangers inhérents aux mélanges complexes des PCDD/PCDF (Kutz *et al.* 1990). Les TEF se basent sur les valeurs de toxicité aiguë issues d'études *in vivo* et *in vitro*. Cette approche se fonde sur le fait qu'il semble exister un mécanisme d'action où un récepteur sert de médiateur, et qui est propre à tous ces composés. Pourtant, l'utilisation des TEF n'a que des applications restreintes à cause d'un certain nombre de simplifications. Bien que la base scientifique ne puisse pas être considérée très solide, cette approche des TEF a été développée pour servir comme instrument administratif, permettant la conversion des données quantitatives pour chaque congénère particulier des PCDD/PCDF en un seul Equivalent Toxicité (TEQ). Cette exploitation des TEF est d'une aide précieuse car elle permet d'exprimer la toxicité cumulative d'un mélange complexe des PCDD/PCDF par une seule valeur en TEQ. Aujourd'hui, les données présentées dans la littérature sont presque toujours des valeurs en I-TEQ.

Notons que des TEF sont des valeurs intérimaires, et aussi un instrument administratif. Ils se fondent sur l'état actuel des connaissances et ils devraient être révisés quand de nouvelles données seront disponibles. Les TEF les plus souvent appliqués de nos jours, sont ceux qui ont été établis par un Groupe de Travail OTAN/CCMS sur des Dioxines et des Composés Semblables et qui sont appelés des Coefficients de Toxicité Equivalente Internationaux (I-TEF) (NATO/CCMS 1988a). Cependant, en 1997, un groupe de travail OMS/PCS a réévalué ces I-TEF et un nouveau schéma a été établi. Les deux schémas se trouvent en Annexe A. Cette révision des TEF a décidé d'inclure aussi les biphenyl polychlorés substitués aux positions *non ortho*- et *mono-ortho* (PCB) dans le schéma de toxicité de la classe des dioxines.

4.2 **Données sur l'exposition aux PCDD/PCDF**

L'exposition de l'homme à une contamination de fond par les PCDD/PCDF est possible par plusieurs voies:

- Inhalation de l'air et absorption de particules dans l'air
- Ingestion à partir des sols contaminés
- Absorption à travers la peau
- Consommation des aliments

En 1990, un groupe de travail de l'OMS a conclu que 90% de la prise journalière des dioxines (due à une contamination de fond) provenait de l'ingestion. En particulier, ce sont des aliments d'origine animale qui sont responsable de 90% de la prise journalière d'environ 2 pg TEQ par kilogramme de poids corporel (p.c.). Tous les autres aliments, notamment ceux "sans graisse", sont d'une importance moindre quant à la prise des PCDD/PCDF. Ils sont soit d'origine

végétale, ou bien n'ont pas grande tendance à une bio-accumulation de composés lipophiles. Grâce à un grand nombre de mesures prises pour réduire les émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement, la contamination des aliments par des PCDD/PCDF a diminué. En conséquence, la prise journalière à travers l'absorption d'aliments est réduite. Tandis qu'Allemagne en 1991, la prise journalière moyenne était de 127,3 pg TEQ/j, la prise journalière d'un Allemand adulte moyenne est aujourd'hui estimée à 69,6 pg TEQ/j. La baisse la plus importante a été observée dans le cas des poissons; en 1991, des poissons ont contribué pour environ 30% à la prise journalière (même pourcentage que pour les produits laitiers et les produits à base de viande). Aujourd'hui, ce ne sont que 10% de la prise journalière qui sont dus aux poissons.

Malgré le fait que jusqu'ici aucune relation de cause à effet n'a pas pu être démontrée entre une exposition de fond à travers le lait maternel et des effets négatifs sur la santé, l'exposition relativement importante des enfants allaités reste toujours une préoccupation. Des analyses sur plus de 1.000 échantillons individuels du lait maternel des mères nourrices en Rhénanie-du-Nord-Westphalie, en Allemagne, ont révélé que la concentration moyenne des PCDD/PCDF a diminué de 34 pg I-TEQ/g matière grasse laitière en 1989 à 14,2 pg I-TEQ/g matière grasse laitière en 1996. Malgré cette réduction de 60 %, la quantité des PCDD/PCDF ingérée par jour par les bébés nourris au sein se situe à 68 pg I-TEQ/kg p.c., ce qui est 70 fois plus élevé que la DJA de 1 pg/(kg p.c. j) pour un adulte.

En mai 1998, OMS a évalué les risques que présentaient les dioxines pour la santé. Lors d'une rencontre précédente à Bilthoven en 1990, des experts de l'OMS avaient fixé une dose journalière admissible à 10 pg TCDD/jour/kg p.c.. Depuis ce temps-là, d'autres données épidémiologique ont parues, notamment sur les effets neurotoxiques et l'influence sur le système endocrine. Finalement, l'OMS est convenu sur une nouvelle dose admissible de 1 à 4 pico-gramme par kilogramme p.c. et par jour. Pourtant, les experts ont perçu que des effets légers s'observent dans toute la population des pays développés où la valeur de fond va de 2 à 6 pico-gramme par kilogramme p.c. et par jour. Pour cette raison ils ont recommandé que tout effort soit fait afin de réduire l'exposition au niveau le plus bas possible. En outre, la gamme fixée pour la 2,3,7,8- Cl₄DD devrait aussi être appliquée à un TEQ comprenant les dix-sept PCDD et PCDF substitués en positions 2,3,7,8 ainsi que les PCB coplanaires et ceux substitués d'une manière mono-orthogonale (WHO 1998, van Leeuwen et Youg 1998).

5 INFORMATIONS DE BASE SUR LES SOURCES DES PCDD/PCDF

Depuis la publication d'un premier aperçu sur la formation et les sources des PCDD/PCDF en 1980 (Esposito et al. 1980), plusieurs mises à jour sont apparues dans la littérature internationale. Les informations disponibles peuvent être résumées de la manière suivante:

- Des PCDD/PCDF n'ont jamais été produits intentionnellement mais ils apparaissent sous forme de contaminants à l'état de traces dans de nombreux procédés industriels et thermiques.
- A cause de leur stabilité chimique, physique et biologique ils persistent dans l'environnement pendant de longues périodes. Ainsi, les dioxines de sources dites "primaires" (dioxines formées dans des procédés industriels et de combustion) peuvent être transférées vers d'autres substrats et entrer dans l'environnement. Ces sources "secondaires" sont les boues de stations d'épuration les boues biologiques, le compost et les sols contaminés (p.ex. Kieselrot en Allemagne).
- Des réactions enzymatiques peuvent dimériser des chlorophénols en PCDD/PCDF. Toutefois, la formation biologique semble d'être négligeable par rapport aux sources chimiques et industrielles, et à la combustion.

5.1 Sources primaires des dioxines

5.1.1 Procédés industriels et chimiques

Dans le passé, les sources primaires de contamination de l'environnement par des PCDD/PCDF ont eu leur origine dans la production et l'utilisation des substances chimiques organiques chlorées, y compris dans l'industrie de la pâte et papier. Dans les procédés chimiques humides, la tendance à produire des PCDD/PCDF pendant la synthèse des composés chimiques, diminue selon l'ordre suivant:

Chlorophénols > Chlorobenzènes > Composés aliphatiques chlorés > Composés
minéraux chlorés

Des facteurs qui favorisent la formation des PCDD/PCDF sont les températures élevées, un milieu alcalin, la présence d'UV et la présence de radicaux dans les réactifs ou dans le procédé chimique (Hutzinger et Fiedler 1991, 1993). Le tableau 1 donne un résumé des concentrations de dioxines qu'on peut trouver dans différents produits chimiques. On peut observer que les concentrations peuvent varier de plusieurs ordres de grandeur, d'un produit à un autre.

Tableau 1: Concentrations des PCDD/PCDF dans des produits chimiques

Substance	Concentration µg I-TEQ/kg
PCP	jusqu'à 2'320
PCP-Na	jusqu'à 450
PCB-Clophène A 30	11
PCB-Clophène A 60	2'179
2,4,6-Trichlorophénol	680
Trichlorobenzène	0,023
<i>p</i> -Chloranil (ancien)	376
<i>o</i> -Chloranil (ancien)	63
Hostaperm Violet RL	1,2
Violet 23	19
Blue 106	56

Des modifications au niveau des procédés industriels ont entraîné une réduction des concentrations des dioxines dans des produits: par exemple, une étude pour l'Allemagne estime qu'environ 105 g I-TEQ de dioxines ont été produits jusqu'en 1990 par l'utilisation du pigment Violet 23 (le chloranil formé comme produit intermédiaire dans l'ancien procédé). L'application d'un nouveau procédé utilisant l'hydroquinone mène à une réduction de la quantité formée d'environ 3 g I-TEQ par an (BGA/UBA 1993).

Des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement à travers l'eau et les sols proviennent des usines de pâte kraft et de papier. L'inventaire de l'EPA aux E-U estime que les émissions annuelles de ces sources à environ 20 g I-TEQ. En plus, des PCDD/PCDF ont été détectés à la fois dans le produit final (pâte de cellulose/papier) et dans les boues produites par les usines de l'industrie papetière. La contamination des eaux usées, des produits, et des boues peut être réduite grâce à des technologies avancées de blanchiment.

En Allemagne, il ne reste maintenant que des procédés au sulfite qui n'utilisent pas le chlore moléculaire. Les valeurs des concentrations de dioxines dosées dans les pâtes produites en Allemagne sont inférieures à 0,1 ng TEQ/kg m.s. (BGA/UBA 1993). Des analyses sur des pâtes à papier importées et obtenues par le procédé Kraft (avec sulfate) indiquent des concentrations entre 0,2 et 1,3 ng TEQ/kg m.s. Actuellement, la quantité importée en Allemagne de la pâte à papier Kraft s'élève à trois millions tonnes, et donc l'importation totale des dioxines à travers la pâte Kraft est entre 0,6 et 3,9 g I-TEQ. Les concentrations des dioxines dans des produits en papier faits de fibres neuves ne dépassent pas généralement 1 ng TEQ/kg m.s. Cependant, les valeurs moyennes trouvées pour des produits en papier recyclé sont entre 5 et 10 ng TEQ/kg.

Il en découle que des produits qui contiennent une des substances chimiques énumérées ci-dessus, sont aussi contaminés par des PCDD/PCDF. Parmi ceux-ci les bois traités avec du pentachlorophénol (PCP) ou d'autres préservateurs chlorés, ainsi que des fluides dans les installations électriques à base de PCB, font partie des produits les plus contaminés. D'autres produits traités au PCP sont des articles textiles, des articles en cuire, et des produits en liège.

5.1.2 Procédés thermiques

Tandis que dans le passé l'industrie chimique et dans une moindre mesure l'industrie papetière ont été considérées comme étant les sources les plus importantes de dioxines, et aussi responsables des sites contaminés, les rejets de dioxines aujourd'hui sont dus surtout aux procédés thermiques. Une attention particulière est toujours accordée aux incinérateurs de déchets, mais à la suite de nouvelles législations dans plusieurs pays fixant les normes d'émission de dioxines dans les gaz de combustion, l'importance de cette catégorie de sources a diminué au cours des dernières années. Ceci peut se voir dans les inventaires des émissions en Europe. En Allemagne par exemple, la quantité annuelle des dioxines émise par l'incinération de déchets solides ménagers (IDSM) à travers les gaz de combustion, qui était d'environ 400 g TEQ en 1988/89 a été réduite à moins de 4 g TEQ depuis 1997.

Tableau 2: Tendances des émissions de PCDD/PCDF à partir de l'incinération des déchets solides ménagers (IDSM)

	Concentration (ng I-TEQ/m ³)	Flux (mg I-TEQ/h)
IDSM des années 1970	50	5
IDSM vers 1990	5	0,5
IDSM moderne	0,1	0,01

Les mécanismes qui mènent à la formation des PCDD/PCDF pendant l'incinération ne sont pas complètement compris, et des différences d'opinion existent. Trois possibilités ont été proposées afin d'expliquer la présence de dioxine et de furanne dans les fumées d'incinérateurs (NATO/CCMS 1988b):

- Des PCDD/PCDF sont déjà présents dans les déchets traités - en Allemagne, des mesures représentatives ont fourni une valeur d'environ 50 ng I-TEQ/kg déchets - et ne sont détruits qu'incomplètement ou transformés pendant la combustion. Ceci n'est pas pertinent dans le cas d'IDSM modernes.
- Des PCDD/PCDF sont produits à partir des précurseurs chlorés apparentés (= pré-dioxines) comme des PCB, des phénols chlorés et des benzènes chlorés.
- Des PCDD/PCDF sont formés via une synthèse *de novo*. Cela veut dire qu'ils sont formés par une pyrolyse de composés non apparentés, comme le chlorure de polyvinyle (PVC) et d'autres composés contenant du chlore et du carbone, et/ou par la combustion de matière organique non-chlorée comme le polystyrène, la cellulose, la lignine et les particules de carbone en présence des donneurs de protons.

Les renseignements tirés de l'exploitation des IDSM permettent de conclure que des PCDD/PCDF peuvent être formés par d'autres procédés thermiques dans lesquelles des substances contenant du chlore sont brûlées ensemble avec du carbone et un catalyseur approprié (de préférence du cuivre) à des températures supérieures à 300 °C et en présence d'un excès d'air ou d'oxygène. Des dioxines sont formées plus particulièrement dans la zone où les gaz de combustion se refroidissent d'environ 450 °C jusqu'à 250 °C (synthèse *de novo*), et pas dans la chambre de combustion. Des sources possibles de sources de chlore sont des résidus de PVC ainsi que des huiles usagées à base de chloro-paraffines, et le chlore minéral.

Le tableau 3 résume des sources de combustion connues pour générer et pour émettre des PCDD/PCDF. Notons que des PCDD/PCDF ne se trouvent pas uniquement dans les fumées mais aussi dans les résidus solides de chaque procédé de combustion, p.ex. les cendres, les

scories et les cendres volantes. Des concentrations typiques trouvées dans des résidus d'incinération de déchets sont présentées dans le tableau 4. Grâce à des technologies avancées et à un meilleur brûlage des cendres et des scories (caractérisée par une teneur basse en carbone organique) ces concentrations ont baissé (Fiedler 1996b).

Tableau 3: Sources des PCDD/PCDF en combustion

Sources stationnaires	
Incinération des déchets:	Déchets solides ménagers, déchets hospitaliers, déchets spéciaux, boue d'épuration
Industrie de l'acier:	Aciéries, unités de frittage, laminage à chaud
Installations de recyclage	Métaux non ferreux (fonderies, moulage ; Al, Cu, Pb, Zn, Sn)
Production d'énergie:	Centrales électriques au combustible fossile, combustion du bois, biogaz de décharge
Sources diffuses	
Circulation:	Automobiles
Chauffage domestique:	Charbon, mazout, gaz, bois
Accidents:	combustion des PCB, incendies de bâtiments, feux de forêts, éruptions volcaniques

Tableau 4: PCDD/PCDF dans des résidus d'incinération de déchets solides ménagers

Substrat	Concentration ng I-TEQ/kg	Remarques
Incinération de déchets solides ménagers		
Cendres volantes	13'000	Moyenne, Allemagne, fin des années 1980
Cendres restant dans les chaudières	< 1'000 50	Technologie récente, Allemagne Moyenne, Allemagne, fin des années 1980
Combustion du bois	5-20	Technologie récente, Allemagne
Cendres volantes	5'800 2,5	Moyenne, déchets de bois, Suisse Moyenne, bois naturel, Suisse
Cendres restant dans les chaudières	820 5,3	Moyenne, déchets de bois, Suisse Moyenne, bois naturel, Suisse
Systemes de chauffage domestique Suie	4-42'048	Fourneaux, bois et charbon, Allemagne

5.2 Sources secondaires des PCDD/PCDF = Réservoirs

Les réservoirs de dioxines peuvent être des substrats et matrices qui contiennent déjà des PCDD/PCDF, soit dans l'environnement, soit sous forme de produits. Les PCDD/PCDF présents dans ces réservoirs ne sont pas formés à ce moment-là, mais proviennent d'autres sources, en se concentrant. C'est une caractéristique de ces réservoirs qu'il y a une grande possibilité que les PCDD/PCDF soient entraînés dans l'environnement. Des exemples de

réservoirs sont le bois traité avec des PCP, les transformateurs et les boues d'épuration contenant des PCB, et le compost et le purin utilisés comme engrais dans l'agriculture et l'horticulture. Des réservoirs dans l'environnement sont par exemple les décharges et dépôts d'ordures, les sols contaminés (principalement dus à une production chimique dans le passé ou la manutention de produits) et des sédiments contaminés (notamment dans les ports et les fleuves où se trouvent des usines avec des rejets directement dans les cours d'eau).

Quelques informations intéressantes sur la boue d'épuration et le compost en Allemagne sont présentées au tableau 5. Une première étude sur des boues d'épuration dans ce pays, visant les boues potentiellement contaminées, a conclu à une concentration moyenne de 202 ng TEQ/kg m.s.: En 1990, la plupart des boues avaient des valeurs se situant entre 50 et 60 ng TEQ/kg m.s.. La concentration limite légale pour une application sur des terrains agricoles est de 100 ng I-TEQ/KG m.s. Le compost issu de l'ensemble de la fraction organique des déchets ménagers destinée à être traitée est fortement contaminé, et ne se prête pas à une utilisation dans les jardins potagers et en agriculture (concentration moyenne: 38 ng TEQ/kg m.s.). Le compost issu de déchets organiques, de déchets sortants des cuisines, ou des déchets verts résultent en une meilleure qualité, à environ 14 ng I-TEQ/kg m.s. Une telle valeur moyenne cependant, est proche de la valeur limite recommandée de 17 ng I-TEQ/kg m.s.

Tableau 5: PCDD/PCDF dans la boue d'épuration et dans le compost

Boue d'épuration	Valeur limite	100 ng I-TEQ/kg m.s.
	1986/87	202 ng I-TEQ/kg m.s.
	1990	50-60 ng I-TEQ/kg m.s.
Compost	Valeur recommandée	17 ng I-TEQ/kg m.s.
	tous les déchets	38±22 ng I-TEQ/kg m.s.
	bio-déchets	14±9 ng I-TEQ/kg m.s.

Jusqu'à présent, il n'y a que très peu de pays qui ont dressé un inventaire des PCDD/PCDF se trouvant en réservoir. Un premier essai a été fait par la ville de Hambourg où des réservoirs stationnaires ont été calculés (cf. tableau 6, FHH 1995). Autrement dit, il n'y a presque pas de connaissances sur la quantité totale des PCDD/PCDF se trouvant dans des réservoirs tels que les sédiments dans les ports, les fleuves, les lacs et les océans, ou les décharge et les sols contaminés par un site de production (chimique). Les références sont indiquées dans le cas des rapports de différents pays, lorsque des données sont disponibles.

Tableau 6: Réservoirs des PCDD/PCDF à Hambourg, année de référence 1992

Compartiment	Réservoir (g I-TEQ)	Pourcentage du total
Sols (sans décharges et terrains contaminés)	4'340	68,7 %
Sédiments du fleuve Elbe et du port	1'980	31,3 %
Eau du fleuve Elbe et du port	1,1	<0,01 %
Air	0,04	<<0,01 %
Végétation	1	<0,01 %
Total	6'322	100 %

Les concentrations des PCDD/PCDF dans les sols de Hambourg ressemblent à celles d'autres villes en Allemagne. Des valeurs supérieures à la moyenne ont été détectées dans une zone d'impact industrielle, au sud-est de Hambourg, sur des surfaces appelées "Spülflächen", où des sédiments enlevés de l'Elbe sont déposés, et sur d'autres terrains qui sont inondés

naturellement par le fleuve. Afin de calculer le réservoir des dioxines présent à Hambourg, la surface totale a été subdivisée en différentes catégories de la manière présentée au tableau 7.

Tableau 7: Réservoirs des PCDD/PCDF dans des sols à Hambourg

Unité	Zone (km ²)	Réservoir (g I-TEQ)
<i>Superficie total de Hambourg (sans les surfaces d'eau)</i>	695	4.340
Exploitation agricole et horticole	200	690
Pâturages / prairies (à l'intérieur des digues)	50	60
Champs (à l'intérieur des digues)	101	420
Jardins	49	210
Zones de récréation, y inclus des forêts	123	140
Forêts	43	60
Prés, parcs, cimetières	58	65
Terrains de sport / Terres de surface	4	4
Terrains de jeux	3	3
Zones protégées	15	8
Zones d'impact des émissions industrielles	69	190
Zones industrielles	60	180
Zones ouvertes au bord des rues	9	10
Autres Zones	239	330
Zones inondées dans le passé	31	2.830
Zones à l'extérieur des digues	11	960
Pâturages / Prairies (à l'extérieur des digues)	9	760
Champs (à l'extérieur des digues)	2	200
Zones avec des sédiments (excavés)	20	1660
Cité de "Bille" (zone habitée)	0,3	210
Couches inférieures des trottoirs et des terrains de sport	33	160
Terrains de sport	2	20
Routes	33	140

Le réservoir des PCDD/PCDF du tableau 7 a été calculé en multipliant l'étendue des surfaces pour une utilisation donnée par la profondeur appropriée pour les terres agricoles (30 cm), les jardins (10 cm), l'horticulture (20 cm) et les autres utilisations (5 cm pour les déchets en forêt, 10 cm pour les terres en forêt et les terrain de sport), avec des densités de terres représentatives de l'utilisation, et des concentrations PCDD/PCDF typiques. Ce calcul a abouti à un réservoir de dioxines de 4,3 kg I-TEQ présent dans les sols de Hambourg (tableau 7). L'inventaire de Hambourg comprend les "Spülflächen" mais pas les décharges et les terrains contaminés.

D'autres réservoirs sont liés à l'utilisation antérieure de produits contaminés par des PCDD/PCDF, comme le 2,4,5-T (acide trichloro-2-4-5-phénoxyacétique), les biphenyl polychlorés (PCB) et les pentachlorophénol/-phénat (PCP/PCP-Na). Bien que des estimations aient été faites sur la quantité totale de ces composés fabriqués pour différentes utilisation, il semble impossible de déduire de ces chiffres une valeur de l'impact quantitatif des PCDD/PCDF sur l'environnement ou sur les personnes (Fiedler 1995). Les réservoirs des dioxines présents à l'intérieur de la ville de Hambourg sous forme des décharges et de sites de production abandonnés sont énumérés au tableau 8.

Tableau 8: Réservoirs dans les décharges et des zones contaminées

Lieu	g I-TEQ
Moorfleeter Brack	1'400
Dépôt d'ordures Georgswerder	270'000
Dépôt d'ordures Müggenburger Straße	100'000
Décharge Brümmer	360
Dépôt d'ordures Neuhöfer Straße	Une estimation n'est pas possible sur la base des données disponibles
Ochsenwerder Landscheideweg	Réhabilité
Anciens sites de production	
Site de production de Boehringer	6'000

Notons que des contaminations semblables ont été trouvées, et peuvent être attendus, pour d'autres endroits. A titre d'exemple, She et Hagenmaier (1994) ont trouvé presque 4'000 ng I-TEQ/kg dans des boues des anciennes installations de chlore-alcali qui utilisaient des électrodes en graphite. Toutefois, il n'y a pas de données chiffrées disponibles jusqu'ici.

Bien que ces réservoirs puissent être fortement contaminés par des PCDD/PCDF, les propriétés physico-chimiques de ces composés indiquent que les dioxines et les furannes restent absorbés sur des particules de carbone organique des sols, ou autres particules. D'un autre côté, il est possible que ces substances soient mobiles en présence de solvants lipophiles (\Rightarrow lixiviation dans des couches plus profondes des sols et/ou dans la nappe phréatique) ou dans le cas d'érosion ou ruissellement de la pluie à la couche supérieure (\Rightarrow mouvement vers les zones avoisinantes). L'expérience a montré que ce deuxième point (transport des PCDD/PCDF dû à l'érosion des terres et au ruissellement par la pluie) ne joue pas de rôle important pour la contamination de l'environnement et pour l'exposition de l'homme aux dioxines (Fiedler 1995).

5.3 Technologies de Réduction des Emissions

Comme pour tous les autres polluants, il y a deux possibilités pour réduire des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement dues à des usines de production: mesures primaires et mesures secondaires. Les mesures primaires incluent des mesures empêchant la formation de polluants; les mesures secondaires éliminent les polluants pour qu'ils ne rentrent pas dans l'environnement. Les mesures primaires comprennent:

- Substitution des substances ou des additifs entrant dans le procédé de production
- Modification de l'opération de l'usine (par exemple: de bonnes conditions de combustion, exemplifiées par les "trois T" = temps, température, turbulence)
- Changements au niveau de la conception de l'usine.

Normalement, ce sont d'abord ces mesures qui sont appliquées pour éviter la formation de sous-produits non souhaités. Cependant, pour satisfaire aux exigences de l'administration, concernant par exemple la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ pour des incinérateurs de déchets, valable dans de nombreux pays européen, il faut des mesures supplémentaires. De telles mesures secondaires ont d'abord été élaborées pour des incinérateurs de déchets. La plus grande partie de l'expérience acquise sur les technologies de réduction d'émissions provient du domaine des incinérateurs de déchets ménagers solides.

Les technologies développées peuvent être appliquées séparément ou en combinaisons différentes (on peut noter que le respect de la valeur limite pour les dioxines n'est pas le seul point critique dans des usines de combustion, et que les technologies développées aussi réduisent souvent les émissions d'autres polluants). Trois techniques sont capables de réduire les concentrations des dioxines à la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ (Fiedler 1998):

- Adsorption des PCDD/PCDF sur charbon actif ou coke
- Lavage à sec de gaz avec chaux + charbon actif, suivi d'un filtre textile
- Réduction catalytique sélective en utilisant un catalyseur TiO₂-DENOX

D'autres détails et expériences provenant des pays européens sont donnés par LUA (1997). En outre, des technologies de réduction des émissions qui ont été appliquées en Allemagne et par l'Union Européenne, sont présentées à la section 9.6.1 et 9.12.2. De telles informations ont été réunies afin d'expliquer les tendances observées pour les émissions de PCDD/PCDF à l'intérieur d'un pays, ou pour indiquer les possibilités de réductions additionnelles.

6 LOIS ET RÈGLEMENTS

Ce chapitre traite brièvement des lois et de la réglementation sur les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF). Dans différents pays des mesures ont été prises pour réduire la formation des PCDD/PCDF dans les procédés industriels et l'incinération, et pour diminuer des émissions de ces composés à partir des différentes sources. Tous ces efforts visent à minimiser l'exposition de l'homme et de l'environnement aux PCD/PCDF. Il y a plusieurs possibilités d'agir et la plupart des actions envisagées ont déjà été appliquées dans le passé: des outils juridiquement contraignants, des lignes directrices et des recommandations. En plus, l'industrie s'est engagée à changer des procédés, à utiliser des matières premières plus propres, ou à fixer des concentrations maximales des PCDD/PCDF pour leurs matériaux.

6.1 Dose journalière admissible (OMS)

De nos jours, les scientifiques sont d'accord que la voie principale par laquelle les êtres humains sont exposés aux PCDD/PCDF, qui explique plus que 95% de la prise par l'homme, est l'ingestion des aliments. Les prises dues à l'eau et aux sols (petits enfants !), à l'inhalation et au contact de la peau ne sont que d'une faible importance.

En mai 1998, l'OMS a évalué les risques des dangers que les dioxines peuvent avoir pour la santé de l'homme. Antérieurement, en 1990, des experts de l'OMS ont fixé une dose journalière admissible (DJA) de 10 pg TCDD/jour/kg p.c.. Depuis ce temps-là d'autres recherches, notamment sur les effets neurotoxiques et l'influence sur le système endocrine ont mis en cause cette valeur. Finalement, l'OMS a convenu d'une nouvelle dose admissible de 1 à 4 pico-gramme par kilogramme p.c. et par jour, se basant sur des connaissances scientifiques récentes. Pourtant, les experts ont perçu que des effets subtils s'observent dans toutes les populations des pays développés où la valeur de base va de 2 à jusqu'à 6 pico-gramme par kilogramme p.c. et par jour. Pour cette raison ils ont recommandé que tout effort soit fait afin de réduire l'exposition à un niveau le plus bas possible. En outre, la gamme fixée pour le 2,3,7,8- Cl₄DD devrait aussi être appliquée à un TEQ qui inclue les 17 PCDD et PCDF substitués en positions 2,3,7,8 ainsi que les PCB coplanaires et ceux substitués d'une manière *mono-orthogonale* (WHO 1998).

6.2 Mesures indirectes

Comme les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes n'ont jamais été produits intentionnellement à une échelle industrielle, ni pour une utilisation commerciale, la production des PCDD/PCDF ne peut pas être interdite ou arrêtée par des lois. C'est pour cette raison que des mesures indirectes ont été prises dans le but de réduire les nouvelles sources de dioxines. Les premières lois visaient à interdire les substances chimiques qui sont connues pour contenir des PCCD/PCDF (gamme des I-TEQ du ppb jusqu'au ppm). A la suite de cela, la plupart des pays industrialisés ont interdit la production et l'utilisation des biphényle polychlorés (PCB) et du pentachlorophénol (PCP). Bien que les PCB soient interdits dans

presque tous les pays industrialisés, le PCP est toujours fabriqué et utilisé en dehors de l'Union Européenne.

6.3 Mesures directes

6.3.1 Substances chimiques

En Allemagne, le Premier Décret sur la Prohibition de Certaines Substances Chimiques a fixé des valeurs limites strictes pour huit PCDD/PCDF dans les produits, les formulations et les articles mis sur le marché. Cette réglementation a été modifiée en 1994 et en 1996 (ChemVerbotsV 1996), et le décret actuel fixe des valeurs limites pour tous les dix-sept congénères substitués en positions 2,3,7,8 par du chlore ainsi que pour huit des dibenzo-*p*-dioxines et des dibenzofurannes substitués en positions 2,3,7,8 par de quatre à six atomes de brome (PBDD/PBDF). Aux termes de cette loi, il n'est pas permis de commercialiser de telles substances ou des formulations et produits en contenant:

- si la somme des concentrations des congénères énumérés dans la colonne 1 sous le N° 1 de la colonne 1 (tableau 9) dépasse la valeur de 1 µg/kg, ou
- si la somme des concentrations des congénères énumérés dans la colonne 1 sous le N° 1 et le N° 2 dépasse la valeur de 5 µg/kg, ou
- si la somme des concentrations des congénères énumérés dans la colonne 1 sous le N° 1, 2 et 3 (c'est-à-dire tous les congénères substitués en positions 2,3,7,8) dépasse la valeur de 100 µg/kg.

Tableau 9: Les valeurs limites de PCDD/PCDF selon la Loi sur les Substances Chimiques.
Remarque: Les concentrations indiquées dans le tableau 9 sont des valeurs absolues, et non pas I-TEQ

	Congénères	Concentrations maximales
N° 1	2,3,7,8-Cl ₄ DD, 1,2,3,7,8-Cl ₅ DD, 2,3,7,8-Cl ₄ DF, 2,3,4,7,8-Cl ₅ DF	Somme des congénères sous N° 1: 1µg/kg
N° 2	1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DD, 1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DD, 1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DD, 1,2,3,7,8-Cl ₅ DF, 1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DF, 1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DF, 1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DF, 2,3,4,6,7,8-Cl ₆ DF	Somme des congénères sous N° 1 et 2: 5 µg/kg
N° 3	1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DD, 1,2,3,4,6,7,8,9-Cl ₈ DD, 1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DF, 1,2,3,4,7,8,9-Cl ₇ DF, 1,2,3,4,6,7,8,9-Cl ₈ DF	Somme des congénères sous N° 1, 2 et 3: <100 µg/kg

Une réglementation semblable existe aux Etats Unis dans le "Toxic Substances Act" (TOSCA); des concentrations maximales admises des 2,3,7,8-TCDD sont fixées.

6.3.2 Réglementations concernant l'incinération et la combustion

Comme l'incinération des déchets a été considérée comme une des sources principales des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement, des concentrations juridiquement

contraignantes dans les gaz d'émission ont été établies dans plusieurs pays. Tandis que les premières réglementations ne parlaient que de l'obligation de minimiser les émissions de PCCD/PCDF en appliquant les "Meilleures Techniques Disponibles" (BAT), des pays s'orientent maintenant vers la fixation de valeurs limites bien définies. Très souvent, ces lois incluent aussi des exigences quant à l'échantillonnage, l'analyse et la manière de consigner les résultats. En général, des incinérateurs neufs doivent satisfaire immédiatement à ces limites; pour les incinérateurs déjà existants, une période de transition est prévue qui va de trois à six ans pour respecter les normes.

Une valeur limite juridiquement contraignant de 0,1 ng I-TEQ/m³ pour des PCDD/PCDF est demandée pour des incinérateurs de déchets spéciaux par le décret 94/67/EC. Les pays de l'Union Européenne doivent entériner la Directive dans leurs lois nationales dans un délai de deux ans. Aujourd'hui, on peut supposer que tous les 15 membres pays de l'Union Européenne ont adopté une telle loi. Des pays comme l'Autriche, la Belgique, l'Allemagne, la Finlande, la France, l'Italie, les Pays Bas et la Suède sont allés plus loin et ont aussi inclus dans la réglementation les incinérateurs pour les déchets ménagers, et ceux pour les boues des stations d'épuration et pour les déchets hospitaliers. Les autres pays ont adopté la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ comme principe directeur.

Aux Etats Unis, la valeur limite est de 0,2 ng TEQ/m³ pour les incinérateurs de déchets ménagers neuf, et de 0,15 ng I-TEQ/m³ pour ceux pour les déchets spéciaux.

Dans sa nouvelle loi, le Japon a pris une approche échelonnée: les incinérateurs neufs d'une capacité supérieure à 4 t/h doivent satisfaire à une concentration limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ (12 % O₂) tandis que les limites pour des usines d'IDSM < 2 t/h et des usines d'IDSM d'une capacité entre 2-4 t/h sont 5 ng I-TEQ/m³ et 1 ng I-TEQ/m³ respectivement.

Quelques pays ont adopté des lois supplémentaires:

Autriche: une valeur limite de 0,4 ng I-TEQ/m³ a été fixée pour des usines de frittage construites après le 1^{er} janvier 2001 (Autriche 1997a). Pour les usines de fer et d'acier, il y a une valeur limite de 0,25 ng I-TEQ/m³ valable jusqu'au 31 décembre 2005 et de 0,1 ng I-TEQ/m³ obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2006. Pour des hauts fourneaux à arc et pour des fourneaux à induction la valeur limite est de 0,4 ng I-TEQ/m³. Toutes les usines existantes doivent satisfaire à ces exigences au plus tard cinq ans après l'adoption de la loi.

Allemagne: en 1997, des valeurs limites de 0,1 ng I-TEQ/m³ pour les dioxines, et de 850°C au maximum pour les températures ont été fixées par la loi pour les crémateurs (27e BImSchV 1997).

Canada: une valeur directrice de 0,5 ng I-TEQ/m³ a été fixée pour des incinérateurs de déchets ménagers, spéciaux et hospitaliers (CCME 1989 et 1992, respectivement).

Japon: les hauts fourneaux électriques utilisés pour la fusion des métaux sont contrôlés par une "Loi sur le Contrôle de la Pollution de l'Atmosphère" qui fixe une valeur limite de 0,5 ng I-TEQ/m³ pour des hauts fourneaux nouvellement construits et de 1 ng I-TEQ/m³ pour ceux déjà existants.

6.4 Autres règlements

Pour arrêter les rejets de dioxines et furannes dans l'environnement causés par l'utilisation des substances chimiques piégeant les radicaux libres (en anglais: "scavengers"), p.ex. le dichloro-éthane et le dibromo-éthane, comme additifs dans les carburants au plomb, l'utilisation de ces substances a été interdite en Allemagne par une loi adoptée en 1992 (19. BImSchV 1992).

Il est connu que les boues d'épuration sont contaminée par des PCDD/PCDF. Afin de réduire les effets de contamination de l'environnement par des dioxines, l'Allemagne a fixé une valeur limite de 100 ng I-TEQ/kg m.s. dans les boues de stations d'épuration utilisées comme engrais en agriculture, en horticulture ou en silviculture (AbfKlärV 1992). En plus, la loi fixe à 5 tonnes de matière sèche la quantité maximale de boue d'épuration par hectare, dont l'application est permise une fois tous les trois ans. L'épandage de boues d'épuration sur des pâturages est interdit.

D'une manière semblable, l'Autriche a établi une concentration maximale de 50 ng I-TEQ/kg dans les engrais, les additifs pour les terres, les substrats pour la culture, les additifs pour plantes. En outre, les produits qui contiennent 20-50 ng TEQ/kg doivent être marqués par une étiquette d'avertissement indiquant "Attention, contient des dioxines/furannes" (l'application est interdite sur des terrains de jeux). Il n'est pas permis que des substrats pour la culture contiennent plus que 20 TEQ/kg (Autriche 1994). En plus, les états fédéraux ("Länder") de "Oberösterreich" et de "Niederösterreich" ont voté des décrets où la valeur limite pour la boue d'épuration est de 100 ng I-TEQ/kg m.s.

6.5 Lignes directrices pour les sols et le lait

Des lignes directrices et des recommandations ont été établies pour des domaines sensibles tels que le sol ou les produits laitiers. Les mesures proposées et les lignes directrices sont des recommandations pour des actions mais elles ne sont pas juridiquement contraignantes. Néanmoins, elles représentent une base pour des décisions politiques en vue de protéger la santé de l'homme et l'environnement. Dans certains cas, p.ex. des accidents tels qu'un incendie dans un magasin de matière plastique, ces recommandations ont été utilisées pour la prise de décisions.

6.5.1 Les sols

Les concentrations indicatives établies par l'Allemagne, les Pays Bas et la Suède sont présentées au tableau 10.

En Allemagne, le premier rapport du Groupe de Travail Commun [sur les dioxines] a été publié en 1992 et contient des valeurs de référence et des recommandations en vue des actions pour l'exploitation des terrains agricoles et horticoles (tableau 10, BLAG 1992):

- Pour des raisons de prévention et comme but à long terme, les concentrations des dioxines dans des sols exploités d'une manière agricole devraient être réduites à des valeurs inférieures à 5 ng TEQ par kilogramme.
- La culture des aliments n'est pas limitée dans le cas où des sols contiennent 5-40 ng par kilogramme. Cependant, une exploitation dans le cas de domaines sensibles, p.ex. la

gestion des pâturages, devrait être évitée si des teneurs élevées des dioxines ont été trouvées dans des produits alimentaires provenant de tels sols.

- Des restrictions à la culture des certains aliments et de fourrage peuvent devenir nécessaires si la contamination par des dioxines est supérieure à 40 ng TEQ par kilogramme de terre. Cependant, il n'y a pas de restrictions pour la culture de produits présentant un transfert minimal de dioxines, p.ex. des céréales.

Des valeurs indicatives ont été établies concernant les mesures à prendre sur des terrains de jeux et dans des zones d'habitation:

- Dans le cas des terrains de jeux, la réhabilitation d'un sol contaminé est exigée si le sol contient plus de 100 ng TEQ par kilogramme. La réhabilitation peut se faire en couvrant le sol par une couche étanche, par décontamination ou en remplaçant la terre ;
- Quant aux zones d'habitation, de telles mesures devraient être prises si la contamination dépasse 1'000 ng TEQ par kilogramme ;
- Dans des zones industrielles, la valeur limite fixée est de 10'000 ng TEQ par kilogramme.

Ces recommandations ont été incorporées dans des décrets gouvernementaux de plusieurs états fédéraux ("Länder") de l'Allemagne.

En 1988, les Pays Bas ont publié des lignes directrices pour la classification et le réhabilitation des sols (Leidraad Bodemsanering 1988). Depuis sa révision en 1994, la teneur de référence des PCDD/PCDF est de 1 ng I-TEQ/kg m.s. pour des sols en exploitation agricole, et de 10 ng I-TEQ/kg m.s. dans le cas de l'élevage de vaches laitières.

En Suède, il existe une teneur de référence de 10 ng I-TEQ/kg m.s. quand il s'agit des domaines sensibles, et de 250 ng I-TEQ/kg m.s. quand l'exploitation concerne des domaines moins sensibles.

Tableau 10: Concentrations directrices des terrains (concentrations en ng I-TEQ/kg m.s.)

En Allemagne	
< 5	Concentration visée
5-40	Contrôle des produits s'il y a transfert de dioxines
> 100	Echange de la terre sur des terrains de jeux
> 1'000	Echange de la terre dans des zones d'habitation
> 10'000	Echange de la terre indépendamment de la zone
Aux Pays Bas	
1	Exploitation agricole
10	Exploitation de l'industrie laitière
En Suède	
10	Exploitation concernant des domaines sensibles
250	Exploitation ne concernant pas de domaines sensibles

6.5.2 Lait

L'Allemagne, l'Irlande, les Pays Bas et le Royaume-Uni ont établi des lignes directrices pour des concentrations des PCDD/PCDF et des recommandations pour le lait. Les teneurs de

référence sont résumées au tableau 11.

Quant à l'Allemagne, le deuxième rapport du Groupe de Travail Commun contient des lignes directrices et des valeurs maximales pour du lait et des produits laitiers, en plus des recommandations en vue des actions (BLAG 1993).

Les valeurs limite données au tableau 11 ont été déduites de la façon suivante:

- Sur la base d'une prise journalière admissible (DJA) de 10 pg de 2,3,7,8-TCDD/kg p.c., la concentration maximale de dioxine dans du lait ne devrait pas dépasser 5,0 pg TEQ/g matière grasse du lait. Donc, le lait et les produits laitiers ne devraient pas être mis sur le marché si la contamination par des dioxines dépasse cette valeur. Cependant vu les données existantes, il est évident qu'une valeur limite de 5 pg TEQ/g matière grasse n'exclurait que quelques cas extrêmes de contamination; cette valeur limite a été considérée comme étant une valeur indicative qui n'aurait aucune conséquence et qui ne pourrait pas améliorer la situation des consommateurs;
- Pour réduire l'impact sur l'homme de la consommation de produits laitiers, une valeur limite de 3 pg TEQ/g de matière grasse a été fixée. Si cette concentration est dépassée, la source des dioxines doit être identifiée et des mesures doivent être prises afin de réduire les émissions. Outre cela, il a été recommandé d'arrêter l'approvisionnement direct des consommateurs avec du lait et des produits laitiers quand ils contiennent plus que 3 pg TEQ/g de matière grasse.
- Finalement, une valeur d'orientation de 0,9 pg TEQ/g matière grasse, se basant sur le principe de la précaution, a été fixée. Cette concentration a été déduite d'une DJA de 1 pg TEQ/kg p.c.. Cette valeur de 0,9 pg TEQ/g de matière grasse ne représente qu'un but à atteindre parce que les données disponibles de l'Allemagne et d'autres pays européens montrent que plus que 50% de toutes les concentrations de dioxines dans le lait dépasseraient cette valeur. Pour atteindre ce but, il est nécessaire de réduire davantage les rejets de dioxines dans l'environnement.

Tableau 11: Valeurs recommandées et niveaux pour action des PCDD/PCDF dans le lait et dans les produits laitiers (Concentrations en ng I-TEQ/kg matière grasse dans le lait)

En Allemagne	
< 0,9	Concentration visée (contribution minimale des dioxines)
> 3,0	1. Identification et réduction des sources Si ce n'est pas possible dans un temps court → arrêter la laiterie
> 5,0	2. Recommandation de ne pas mettre ce lait sur le marché Interdiction de mettre ce lait et ces produits laitiers sur le marché
En Irlande	
5,0	teneur maximale
Aux Pays Bas	
6,0	teneur maximale
Au Royaume-Uni	
0,7	Lait et produits laitiers avec moins que 2 % de graisse
16,6	Concentration maximale pour le lait et les produits laitiers

7 MÉTHODES POUR L'ETABLISSEMENT DES INVENTAIRES DE DIOXINES

Un grand nombre de sources différentes sont à la base des données sur les émissions de dioxines et de furannes, plus précisément les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF) réunies dans ce rapport. Cette diversité se reflète aussi dans le degré de détail des informations disponibles. Dans le cas de certains pays (p.ex. le Canada, le Danemark, les Pays Bas, la Belgique, l'Autriche et l'Allemagne) il y a des rapports complets qui fournissent des informations détaillées sur la génération des données et sur la recherche des valeurs représentatives. Malheureusement, certains rapports ne sont disponibles qu'en leur langue d'origine (p.ex. pour la Belgique, et les Pays Bas). Dans certains cas, les inventaires des émissions (ou la plus récente mise à jour) ont été tirés de références parues dans la littérature scientifique (p.ex. pour la Corée et le Royaume-Uni). Dans des cas pareils, il n'existe que peu d'informations sur la méthodologie utilisée pour obtenir les données et sur la manière dont l'extrapolation a été réalisé pour l'ensemble du pays. Les informations sur l'Autriche et la France ont été trouvées sur le site Internet de l'Agence de l'Environnement. Des extraits des inventaires nationaux des émissions ont été mis à disposition par la République Tchèque (les données sont combinées avec celles de la République Slovaque), la Hongrie et la République Slovaque. Souvent, il n'y a que de données "brutes" disponibles. Dans deux cas, ceux des Etats Unis et de la Suède, les inventaire sont encore au stade d'un brouillon. Néanmoins, les Etats Unis ont fourni plusieurs centaines de pages sur des informations de base (y compris des fichiers électroniques) du rapport provisoire. Finalement, certains informations proviennent de communications personnelles, car certains rapports ne sont pas encore terminés, p.ex. celui de la Suède.

Dans ce rapport, les concentrations des dioxines et furannes sont données en équivalents toxiques internationaux (I-TEQ) en appliquant les coefficients de toxicité internationaux (I-TEF) qui ont été établis par le Groupe de Travail NATO/CCMS sur des Dioxines et des Composés Liés en 1988 (NATO/CCMS 1988a) (En Annexe A, il y a une liste des I-TEF).

La plupart des auteurs ont adopté la même approche pour calculer l'émission annuelle à partir d'une source donnée:

$$\text{Emissions de la source} = \text{facteur d'émissions} \times \text{"taux d'activité"} \quad (1)$$

ou

$$\text{Emissions de la source} = \text{concentration dans l'émission} \times \text{heures en service} \quad (2)$$

Les émissions de PCDD/PCDF sont exprimées en grammes TEQ par an. Suivant la première équation (1), le flux annuel est calculé en multipliant les rejets de PCDD/PCDF (p.ex. en µg I-TEQ) par unité du matériau transformé ou produit (en tonne ou en litre) avec la quantité du matériau transformé ou produit (tonnes par an). Une deuxième méthode - équation (2) - calcule les émissions annuelles à partir d'une source en multipliant les émissions mesurées (p.ex. en ng I-TEQ/m³) avec les heures d'opération par an.

Pour estimer les émissions à partir d'une source, il faut disposer d'informations sur:

- a) Des valeurs représentatives des dioxines pour une source donnée. Dans beaucoup de cas, ces estimations sont peu sûres, car les émissions sont déduites à partir de quelques résultats de test qui sont extrapolées à l'échelle nationale. Dans d'autres cas, il n'y a pas de données existantes et ainsi des chiffres sont pris de la littérature, ou bien les émissions sont dérivées de procédés semblables.
- b) La quantité totale du matériau transformé ou fabriqué. Très souvent, il y a un grand degré de certitude concernant ces informations, p.ex. tous les secteurs de l'élimination de déchets, la production de pâte et de papier, combustible consommé,)

Une seconde approche pour calculer les émissions annuelles des PCDD/PCDF est de multiplier les concentrations mesurées par les heures d'opération annuelles d'une usine, et par le volume total des gaz émis.

Actuellement, il n'existe pas de méthodes harmonisée pour la génération et l'évaluation des inventaires des PCDD/PCDF. En conséquence, quelques pays utilisent des fourchettes avec valeurs minimales et maximales pour présenter leurs données, tandis que d'autres pays présentent des valeurs moyennes ou médianes.

D'autres différences apparaissent à cause de la manière dont sont traitées les données domestiques et étrangères; les Etats Unis, par exemple, ne tient pas compte des informations sur les émissions provenant de pays étrangers ou de publications non soumises à une évaluation par des experts reconnus (p.ex. venant d'autres agences). La prise en compte des informations qui sont fournies par des sources pareilles aurait pu aider à corriger les incertitudes de certaines estimations et à combler des lacunes au niveau des estimations des rejets. D'autres pays comme l'Australie, dépendent presque complètement sur des données de pays étrangers pour établir un inventaire des dioxines national.

Tous les inventaires des PCDD/PCDF réunis dans ce rapport cherchent à quantifier les émissions vers l'atmosphère. Quelques pays comme le Royaume-Uni, le Canada et la Suède tiennent aussi compte des rejets dans l'eau et dans le sol et décharges, ou à travers des produits. En outre, le Royaume-Uni, les Pays Bas et les Etats Unis incluent à un certain degré les émissions venant des réservoirs, p.ex. du PCP dans du bois.

8 INVENTAIRES DES DIOXINES EN EUROPE

8.1 Autriche

En Autriche, une estimation des rejets à partir des sources connues a abouti à un chiffre de 28,7 g I-TEQ pour l'année 1994 (UBAVIE 1996). Les émissions de différentes catégories des sources sont résumées au tableau 12. Le secteur des usines de combustion non-industrielles émet 16,7 I-TEQ, ce qui correspond à 58% de toutes les émissions. Environ 92 % des émissions de dioxines proviennent de la combustion du bois dans les chaudières. Les chauffages domestiques sont à l'origine de plus que 49 % des émissions de PCDD/PCDF mises sur le compte de cette catégorie.

Tableau 12: Autriche: Emissions de PCDD/PCDF. Flux en g -TEQ/a, année de référence 1994 (UBAVIE 1996)

Catégorie des sources	(g I-TEQ/a)
Combustion dans industries énergétique et de transformation	0
Unités de combustion non-industrielles	16,67
Combustion dans l'industrie manufacturière	1,50
Procédés de production	10,360
Transport routier	0
Traitement de déchets et élimination	0,179
Nature	0,024
Total	28,733

8.2 Belgique

Une étude qui a été menée par De Fré et Wevers (1995) décrit l'évolution des émissions des dioxines dans les trois régions de la Belgique pendant la période de 1985 à 1995. En 1990, un accord est intervenu pour réduire les flux des substances dangereuses envoyées vers la mer par voie des airs, de l'eau et des déchets, à l'aide des mesures suivantes:

- Réduction des émissions dans l'environnement marin à partir des sources anthropiques de substances persistantes, toxiques et s'accumulant dans les organismes, selon l'accord de la Déclaration de Londres. Jusqu'à l'an 2000, les quantités dégagées de ces substances doivent être réduites à un niveau en dessous des teneurs nuisibles pour l'homme et l'environnement.
- Une réduction significative de 50 % ou plus des quantités introduites par les fleuves et estuaires entre 1985 et 1995, et de toutes les émissions atmosphériques jusqu'à l'an 1995 ou au plus tard l'an 1999, devrait être atteinte.
- Une diminution de 70 % ou plus des rejets par toutes les voies entre 1985 et 1995, pour les substances qui représentent les dangers principaux pour l'environnement marin, mais au moins pour les dioxines, le mercure, le cadmium et le plomb, à condition que les

Meilleures Techniques Disponibles (BAT) ou autres technologies, qui mènent à la formation de quantités limitées de déchets, rendent de telles réductions possibles.

L'inventaire des émissions de dioxines de la Belgique a été élaboré en 1995 et il résume les informations sur les rejets de dioxines dans l'atmosphère et l'eau à partir de 15 secteurs (De Fré et Wewers 1995). Les estimations prises pour cet inventaire des émissions se basent sur des données disponibles en Belgique et sur des coefficients d'émissions tirés de la littérature internationale. Les sources principales des PCDD/PCDF en Belgique sont l'incinération des déchets domestiques et hospitaliers, et c'est pour ces domaines qu'il y a le plus de données fiables disponibles. Pour la plupart des autres secteurs, il existe une large gamme d'incertitude dans les estimations.

Le rapport de 1995 résume les estimations des émissions de PCDD/PCDF pour les années 1985, 1990 et 1995. Un aperçu sur ces estimations figure au tableau 13. Les deux dernières colonnes donnent un Coefficient de Confiance concernant les facteurs d'émissions et les quantités de combustibles consommés dans une usine donnée.

Tableau 13: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; années de référence 1985-1995. Tous les flux en g I-TEQ/a. * Précision

	1985	1990	1995	Précision *	
				Fact. d'E	Volume
Incineration des déchets					
Déchets ménagers	297	385	187	0	0
Déchets hospitaliers	100	100	95	1	1
Déchets industriels	7,65	11,2	20,9	1	1
Incineration de boues	1,45	0,70	0,75	1	1
Industrie					
Cokeries	1,75	1,59	1,07	2	0
Frittage et agglomération	62,5	67,5	53,2	2	0
Aciéries électriques	2,59	4,89	6,42	2-3	0
Métaux non ferreux	80	109	107	2	1
Cimenteries	16,1	19,7	20,8	2	0
Four à chaux	30,4	34,6	33,4	2	0
Blanchiment du papier/de la pâte de cellulose	0,04	0,05	-	2	1
Industrie chimique					
Installations de chlore-alcali	-	-	-		
Production du PVC	0,447	0,455	0,05	1	0
Energie					
Chauffage de locaux	228	138	122	2-3	0
Installations industrielles de combustion	10,16	8,64	7	2	0
Production d'électricité	1,54	2,11	2,31	1	0
Circulation routière	6,08	4,76	1,71	1	0
Autres					
Crématoires	0,08	0,13	0,19	1	0
Incendies	3,36	3,22	2,56	2	2
Biogaz	0	0	0,012	2	1
Total	850	892	662		

Facteurs d'émissions: La précision est donnée en exposants: Zéro est le degré le plus élevé de précision. Dans les cas il n'y a seulement une ou deux valeurs mesurées disponibles, le taux de confiance est donné comme "2".

Volume: 0 = Exactement connu soit par les données de toutes les installations, soit par des statistiques internationales
1 = Les statistiques sont incomplètes et ont été complétées par des estimations
2 = Pas de données disponibles, le volume a été estimé

Les émissions de PCDD/PCDF dans l'eau pour* Précision la période de référence 1985-1995 sont résumées au tableau 14.

Tableau 14: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau ; années de référence 1985-1995. Tous les flux en g I-TEQ/a

	1985	1990	1995	Précision *	
				Fact. d'E	Volume
Incinération des déchets					
Déchets ménagers	0,0305	0,0471	0,0575	1	1
Déchets hospitaliers	-	-	-		
Déchets industriels	0,0024	0,010	0,021	1	1
Incinération de boues	-	-	-		
Industrie					
Cokeries	0,37	0,33	0,23	2	0
Frittage et agglomération	3,75	4,05	3,19	2	0
Aciéries électriques	-	-	-		
Métaux non ferreux	-	-	-		
Cimenteries	-	-	-		
Four à chaux	-	-	-		
Blanchiment du papier/de la pâte de cellulose	1,81	2,18	-	1	0
Industrie chimique					
Installations de chlore-alcali	0,03	0,03	0,03	1	1
Production de PVC	0,201	0,205	0,222	1	1
Energie					
Chauffage de locaux	-	-	-		
Installations industrielles de combustion	-	-	-		
Production d'électricité	-	-	-		
Circulation routière	-	-	-		
Autres					
Crématoires	-	-	-		
Incendies	0,0198	0,0196	0,0151	2	2
Biogaz	-	-	-		
Total	6,21	6,87	3,77		
Eaux usées	18,2	17,1	9,74	2	1

Les plus importantes sources de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans l'eau et à travers des déchets par les trois régions de la Belgique sont réunies au tableau 15. La plus importante source de PCDD/PCDF en Belgique est toujours l'incinération des déchets solides ménagers, suivie par les chauffages domestiques et l'industrie des métaux non ferreux.. La dernière

colonne au tableau 15 indique le pourcentage de changement de la première année de référence (1985) jusqu'à la dernière (1995).

Tableau 15: Belgique: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans les sols et dans des déchets dans les trois Régions et par secteur (importance décroissante).
Tous les flux en g I-TEQ/a

	1985	1990	1995	% Différence
Incinération des déchets ménagers				
Flandres				
dans l'atmosphère	162	200	50	-69
dans l'eau	0,0234	0,0372	0,0467	+99,5
dans les déchets	192	242	234	+22
Wallonie				
dans l'atmosphère	32,2	62	11,5	-64
dans l'eau	0,0071	0,0099	0,0108	+52
dans les déchets	34	64	108	+218
Bruxelles				
dans l'atmosphère	103	123	125	+21
dans l'eau	-	-	-	-
dans les déchets	108	64	130	+20
Belgique				
dans l'atmosphère	297	385	187	-37
dans l'eau	0,0305	0,0471	0,0575	+88,5
dans les déchets	334	434	472	+41
Chauffages de locaux: émissions dans l'atmosphère				
Flandres	104,2	62,0	53	-49
Wallonie	111	68,9	63	-43
Bruxelles	12	7,25	6,2	-48
Belgique	228	138	122	-46,5
Industrie des métaux non ferreux: émissions dans l'atmosphère				
Flandres	50,38	68,26	67,27	+33,5
Wallonie	22,29	30,27	28,89	+29,6
Bruxelles	7,33	10,15	10,64	+45
Belgique	80	109	107	+33,8
Incinération des déchets hospitaliers: émissions dans l'atmosphère				
Flandres	67,5	67,5	62,5	-7,4
Wallonie	15,7	15,7	15,7	0
Bruxelles	16,9	16,9	16,9	0
Belgique	100	100	95	0
Industrie de l'acier				
Flandres				
dans l'atmosphère	25,7	31,8	30,8	+20
dans l'eau	1,51	1,79	1,66	+10
Wallonie				
dans l'atmosphère	41,1	42	29,9	-27
dans l'eau	2,56	2,55	1,74	-32
Bruxelles				
dans l'atmosphère	0,23	0,2	-	-100
dans l'eau	0,048	0,042	-	-100
Belgique				
dans l'atmosphère	67	74	60,7	-9,4
dans l'eau	4,12	4,38	3,40	-17,5

Tableau 15 (suite)

	1985	1990	1995	% Différence
Incinération de déchets industriels				
Flandres				
dans l'atmosphère	0,36	5,76		+4.761
dans l'eau	0,0001	0,008		+19.900
dans les déchets	0,007	0,064		+3.271
Wallonie				
dans l'atmosphère	0,09	0,09	0,09	0
dans l'eau	-	-	-	-
dans les déchets	-	-	-	-
Bruxelles				
dans l'atmosphère	7,2	5,34	3,31	-54
dans l'eau	0,0023	0,0017	0,001	-56,5
dans les déchets	0,135	0,1	0,062	-54
Belgique				
dans l'atmosphère	7,65	11,2	20,9	+173
Dans l'eau	0,0024	0,010	0,021	+775
Dans les déchets	0,142	0,164	0,298	+110
Cimenteries: émissions dans l'atmosphère				
Flandres	0,5	0,60	0,60	+20
Wallonie	15,6	19,1	20,2	+29
Belgique	16,1	19,7	20,8	+29
Fours à chaux: Emissions dans l'atmosphère				
Wallonie	30,4	34,6	33,4	+9,9
Belgique (fourchette)	30,4 (10,5-49,7)	34,6 (11,9-56,5)	33,4 (11,5-54,5)	+9,9

Un résumé de toutes les émissions de PCDD/PCDF par région est présenté au tableau 16. Il en ressort qu'au total les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ont diminué de 22 % entre 1985 et 1995. Cela veut dire que l'objectif fixé de 70 % n'a pas été atteint. La cause principale d'un tel résultat est le fait qu'en 1985, seulement quelques sources de dioxines ont pu être identifiées mais qu'en 1995, de nombreuses sources supplémentaires ont été identifiées, p.ex. le secteur de la métallurgie et de l'industrie des métaux non ferreux. De surcroît, il faut plusieurs années pour mettre en place des mesures de réduction des émissions. A titre d'exemple, quand tous les incinérateurs de déchets solides ménagers en Belgique répondront aux normes prévues par les lois, les émissions à partir de ces sources devraient baisser à 0,95 g I-TEQ/a, ce qui correspond à une réduction de 99,7 % des émissions estimées pour l'année 1985.

Dans le rapport de la Belgique, il a été constaté que seulement un nombre limité des sources responsables pour des émissions dans l'eau, avaient été identifiées. En général, les facteurs d'émissions de ces sources étaient beaucoup plus petits que ceux des émissions dans l'atmosphère et dans les déchets. Néanmoins, les concentrations des PCDD/PCDF dans des boues d'épuration des stations de traitement municipales en Belgique indiquent que les émissions de dioxines à partir des ménages et des eaux usées de l'industrie sont probablement responsables d'émissions plus élevées dans les eaux de surface, que celles des sources primaires présentées au tableau 14.

Tableau 16: Belgique: Résumé des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans l'eau et à dans les déchets dans les trois régions; années de référence 1985-1995.
Tous les flux en g I-TEQ/a

	1985	1990	1995	% Réduction
Flandres				
dans l'atmosphère	425	448	291	31,5
dans l'eau	1,58	1,88	1,78	+12,7
dans les déchets	201	251	243	+21
Wallonie				
dans l'atmosphère	277	281	208	25
dans l'eau	4,58	4,95	1,99	56,5
dans les déchets	38,3	68,3	112	+192
Bruxelles				
dans l'atmosphère	148	164	163	+10
dans l'eau	0,05	0,045	0,002	96
dans les déchets	108	128	130	+20
Belgique				
dans l'atmosphère	850	892	662	22
dans l'eau	6,21	6,87	3,77	39
dans les déchets	347	447	485	+40

8.3 République Tchèque et République Slovaque

Pour la République Tchèque et la République Slovaque ensemble (l'ancienne Tchécoslovaquie), les émissions de dioxines ont été estimées en 1993 et en 1995 (Holoubek *et al.* 1993, Parma *et al.* 1995). Les premières estimations semi-quantitatives des POP dans la République Tchèque et la République Slovaque ont fourni une valeur globale de 30,25 g I-TEQ/a.

Tableau 17: République Tchèque et République Slovaque ensemble: Emissions estimées de PCDD/PCDF. Concentrations en g I-TEQ/a

Source	Estimation des émissions (g I-TEQ/a)
Chauffages résidentiels	
Anthracite	0,81
Lignite	11,35
Fonderies - fer coulé	0,74
Incinérateurs de déchets ménagers	
République Tchèque	3,6
République Slovaque	6,00
Incinérateurs de déchets industriels	7,68
Incinération d'huiles usagées	paramètres d'entrée et de sortie inconnus
Incinération de boues d'épuration	quantité brûlée inconnue
Incinération de déchets hospitaliers	pas d'informations

8.4 Danemark

Le document de travail "Dioxins, Sources, Levels and Exposures in Denmark (Dioxines, Sources, Teneurs et Expositions au Danemark)" de l'année 1997 (Ministère de l'Environnement et de l'Energie) présente une mise à jour d'un rapport précédent en langue danoise qui avait été publié en 1995. La somme de toutes les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir des sources connues a été estimée à environ 50 g I-TEQ en 1995. La plus importante source d'émissions dans l'atmosphère est l'incinération des déchets solides ménagers, qui est à l'origine de 20 g I-TEQ/a.. Les autres sources de pollution importantes sont l'incinération des déchets hospitaliers et assimilés, qui sont à l'origine d'émissions dans l'atmosphère de 5 g I-TEQ, et une usine de recyclage d'acier responsable pour 7,5 g I-TEQ dans l'air. Les données limitées sur les émissions de dioxines au Danemark indiquent quand même que les émissions de dioxines sont en baisse.

Le présent inventaire n'inclut pas les terroirs de Grönland et des Iles Faroë. Le Ministère de l'Environnement et de l'Energie envisage de mener une étude plus large sur les dioxines en 2001 qui évaluera aussi la situation dans ces deux territoires.

Les sources principales pour la pollution des sols par de dioxines (2 g I-TEQ/a) sont les boues de stations d'épuration et du compost contaminé, qui sont utilisés sur les terrains agricoles. La plupart des résidus de dioxines se trouvent dans les cendres volantes dans les centrales au charbon.

Les nouvelles données se basent en fait sur peu mesures, sur quelques produits (tests ponctuels), tels que des fours à bois, des bio-combustibles, des boues de station d'épuration et des textiles. Sur la base des données disponibles, la conclusion a été tirée qu'au Danemark les émissions de dioxines dans l'environnement à partir des sources connues sont moins élevées que la valeur qui avait été communiquée auparavant. Les émissions totales de dioxines dans l'atmosphère au Danemark à partir de toutes les sources connues ont été estimées à environ 100 g N-TEQ en 1991. La valeur correspondante de l'année 1995 était moins de 50 g I-TEQ. Pour les besoins de l'établissement d'un inventaire de dioxines il n'importe peu si les auteurs se servent des TEF des pays du Nord (N-TEF) ou des TEF Internationaux (I-TEF), car les deux schémas ne diffèrent qu'au niveau d'un seul congénère. Le schéma des N-TEF attribue un TEF de 0,01 au 1,2,3,7,8-Cl₅DF tandis que ce congénère spécifique a une valeur de 0,05 dans celui des I-TEF. Jusqu'à présent, aucune source n'a été identifiée où ce congénère joue un rôle important.

Tableau 18: Danemark: sources de PCDD/PCDF ; année de référence 1995 (Ministère de l'Environnement et de l'Énergie 1997)

Activité/ Procédé	Emissions dans (g I-TEQ/a)				
	l'atmosphère	l'eau	les sols	déchets/résidus	total
Industrie chimique	-	-	-	-	-
Industrie papetière	-	-	-	-	-
Industrie élaboration d'asphalte	0,1	-	-	-	0,1
Industrie acier et métaux					
- récupération d'acier	7,5	-	-	34	42
- déchiqueteuses	0,13	-	-	?	?
- brûlage de résidus de câbles		-	-	-	0,13
Cimenteries	0,08-1,5	-	-	-	0,08-1,5
Combustibles fossiles					
- houille	2	-	-	40	42
- autres	-	-	-	-	-
Bio-combustibles					
- paille	0,07-6,6	-	-	-	0,7-
- bois	0,25	-	-	-	6,6
					0,25
Fours à bois	1,1	-	-	-	1,1
Chauffages domestiques, mazout	0,02	-	-	-	0,02
Incendies de maisons, de décharges, de véhicules	?	-	-	-	?
Déchets solides ménagers	20	-	-	100	120
Incinération des déchets hospitaliers et à risque pour la santé	5	-	-	-	5
Incinérat° de déchets spéciaux					
- déchets spéciaux et huiles usagées	0,23	-	-	1,0	1,23
Emissions des crématrices	0,038	-	-	-	0,038
Boues d'épuration	0,16				0,16
- boues en décharge	-	-	-	0,19	0,19
- boues épandues sur sol	-	-	1,1	-	1,1
- boues incinérées	0,072	0,108	-	0,036	0,22
Compost	-	-	1-5	-	1-5
Circulation	0,2	-	-	-	0,2
Produits textiles	-	0,08	-	-	0,08
Déposition (particules dans l'air)	-	-	120	-	120

8.5 France

En France, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ensemble avec l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), ont initié une étude afin d'identifier et de quantifier les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère. Des résultats

préliminaires qui se réfèrent à un nombre limité de source quantifiée jusqu'ici, sont disponibles via l'Internet (ADEME 1999). Le résumé des émissions annuelles à partir de ces sources pour l'année de référence 1997, se trouve au tableau 19. La source principale identifiée en France, est l'incinération de déchets ménagers, qui contribue pour 400 g I-TEQ/a selon les données publiées par l'Ademe tandis que le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphériques) avance une valeur estimée de 510 g I-TEQ/a. Ces émissions représentent 30 à 40 % de toutes les émissions inventoriées.

Tableau 19: France: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1997 (Ademe 1999)

Les chiffres en italiques sont des estimations faites par le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphériques (CITEPA)

Secteur	Emissions par an (I-TEQ/a)
Usines d'incinération de déchets solides ménagers	400 <i>510</i>
Usines d'incinération de déchets industriels spéciaux	<i>2</i>
Installations industrielles de chauffe de combustion	
• bois	4
• charbon	9
• combustibles fossiles	<i>10</i>
Métallurgie dont	
• fusion de minerai de fer	220-2200 (<i>400</i>)
• fonderies fer et acier	1,2-80 (<i>20</i>)
• aluminium (seconde fusion)	<i>10</i>
• cuivre (seconde fusion)	<i>10</i>
• zinc (seconde fusion)	<i>7</i>
Circulation routière	<i>1-5</i>

8.6 Allemagne

8.6.1 République Fédérale de l'Allemagne

En 1997, l'Office de l'Environnement (UBA) a publié un inventaire des émissions de PCDD/PCDF en Allemagne (Johnke 1997) qui considère la situation dans le passé et donne des tendances pour l'avenir (tableau 20).

Dans les années 1980, les émissions totales en Allemagne fédérale se chiffraient à entre 1 et 2 kg I-TEQ/a. Depuis le début des années 1990, il a été observé une réduction régulière des émissions de dioxines. Tandis que toutes les émissions annuelles ont encore été estimées à plus que 1.000 g I-TEQ au début des années 1990, l'estimation pour 1994/95 indique une valeur autour de 300 g I-TEQ. Jusqu'à l'année 2000 on s'attend à ce que les émissions de dioxines diminuent encore fortement à des valeurs nettement inférieures à 70 g I-TEQ/a.

Une réduction radicale a été observée au niveau des incinérateurs de déchets depuis le début des années 1990. Tandis que la valeur centrale estimée des émissions de PCDD/PCDF de

1989/89 était de 400 g I-TEQ, une réduction de 90 % des émissions de dioxines dans les années 1994/95 était due à l'amélioration des usines existantes, la fermeture d'un petit nombre d'anciennes usines et la construction de quelques IDSM. Il peut être supposé que depuis 1997, les émissions totales de dioxines dues à l'ensemble des incinérateurs de déchets solides ménagers en Allemagne ne dépassent plus 4 g I-TEQ/a (sur la base d'une concentration de 0,015 ng TEQ/m³ dans les fumées et une capacité totale de 15,9 t/a), parce qu'à partir de cette année, tous les IDSM existants doivent satisfaire au règlement exigeant une valeur limite d'émission de 0,1 ng I-TEQ/m³ (17. BImSchV 1990). Pour l'année 2000, pour une concentration moyenne d'émission de 0,015 ng I-TEQ/m³ et une capacité totale de 15,9 millions t/a, on estime que la contribution des émissions dues à l'incinération de déchets atteindra 1,3 g I-TEQ/a pour représenter 2 % de l'inventaire complet (moins que 70 g I-TEQ/a) (Johnke 1997, 1998).

Tableau 20: Evolution des émissions de PCDD/PCDF en Allemagne (Johnke 1998). Flux en g I-TEQ/a

	1989/90	1994/95	Estimation 1999/2000
Incinération de déchets	400	32	<<4 (<2)
Métallurgie, au total	750	220	<40
Aluminium (seconde fusion)	25	18	<1
Fonderie	3	2	<2
Installations de frittage	575	158	<20
Aciéries (procédé par oxydation)	5	4	<3
Aciéries (four à arc)	30	5	<2
Autres	112	33	<12
Centrales électriques	5	3	<3
Chaudières (industrie et commercial)	20	15	<10
Autres procédés thermiques industriels	1	<1	<1
Crématoires	4	2	<1
Circulation	10	4	<1
Chauffages domestiques	20	15	10
Total	1'210	291	<<70

Une description plus détaillée de la situation en Allemagne se trouve dans un rapport de l'Institut IFEU (1998). Chargé par l'Office de l'Environnement (UBA), l'Institut IFEU a calculé les émissions totales de PCDD/PCDF et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à partir de sources en Allemagne pour l'année de référence 1994 (IFEU 1998). Ici, sont résumés des résultats qui concernent des PCDD/PCDF. L'étude a eu pour objectifs:

- Identification des sources importantes
- Détermination des facteurs d'émissions pour chaque source
- Emissions totales de l'année de référence 1994
- Identification des technologies disponible en vue d'une réduction des émissions de POP
- Quantification du potentiel de réduction des émissions

Pendant l'année de référence 1994, la contribution principale aux émissions totales en Allemagne provenait de l'industrie des métaux ferreux et non-ferreux (cf. tableau 21).

La catégorie appelée "fer, acier et fonderies" comprend les installations de frittage, les hauts fourneaux, les aciéries et les cokeries (car en Allemagne, toute la production du coke est

utilisée pour des aciéries). Des valeurs d'émissions de dioxines en dessous de 0,1 ng I-TEQ/m³ ont été mesurées dans le cas d'une usine de cokéfaction. Cependant, il a été considéré que cette seule usine n'était pas représentative de la majorité des usines en Allemagne. Pour cette raison, une émission 7,5 fois plus élevée a été retenue. Quant aux installations de frittage, il y a deux courants d'émissions qui doivent être considérés: le dépoussiérage de la chaîne de frittage et du hall de l'usine.

En Allemagne, approximativement 20 % de la production d'acier brut provient d'usines à arc électrique. Ces usines peuvent accepter jusqu'à 100% de ferraille.

Tableau 21: Allemagne: émissions de PCDD/PCDF à partir des industries du fer et de l'acier, et des fonderies; année de référence 1994 (IFEU 1998). TJ = Térajoule = 10¹² Joule

Catégorie des sources	Facteur d'émissions µg I-TEQ/TJ coke ou µg I-TEQ/t matériau	Taux d'activité TJ coke/a ou t/a	Flux g I-TEQ/a
Fer, acier et fonderies			181
Cokeries	8,65	347095	3,00
Installations de frittage			168
Dépoussiérage de la chaîne de frittage	6,00	25512756	153
Dépoussiérage des ateliers intérieurs	0,59	25512756	15,1
Aciéries			0,79
Régénérateur Cowpers	0,021	29923000	0,63
Atelier intérieur	0,0054	29923000 t/a	0,16
Aciéries (procédé: avec oxygène)			3,72
Emissions primaires			
Emissions secondaires			
Aciéries électriques	0,48	8940941 t/a	4,33
Fonderies fer et acier			1,18
Fours à cubilot (air frais)	1,11	770474	0,85
Fours à cubilot (air chaud)	0,20	1464954	0,30
Fourneaux à arc/à induction	0,032	903651	0,029

En Allemagne, il n'y a pas d'usines produisant l'aluminium, le plomb et le zinc primaires (LUA 1997, IFEU 1998). Pour la production d'aluminium secondaire, on fait fondre des déchets, des morceaux d'aluminium et d'autres matériaux contenant d'aluminium, en présence d'un mélange de sels. Des valeurs relativement larges d'émissions de PCDD/PCDF ont été mesurées dans des installations de séchage de copeaux d'aluminium (0,10-3,8 ng I-TEQ/m³) et dans des fours rotatifs (0,014-11,6 ng I-TEQ/ m³). Vu ces différences, il a été supposé que la teneur en chlore des matières premières pouvaient avoir une influence sur les concentrations en PCD/PCDF. L'extraction du cuivre primaire et aussi du cuivre secondaire nécessitent plusieurs étapes. Des concentrations très basses ont été trouvées dans le cas des convertisseurs. Les émissions de PCDD/PCDF issues des fours à anode, utilisés pour l'extraction du cuivre secondaire, ont été plus élevées de deux ordres de grandeur.

Le zinc secondaire peut être récupéré à partir de poussières d'aciérie, de résidus métalliques et de boues. Des concentrations relativement basses d'environ 0,1 ng I-TEQ/m³ ont été mesurées dans des installations de deuxième fusion du zinc. Les concentrations moyennes de 10,8 à 38,3 ng I-TEQ/m³ ont été trouvées dans des installations pour le moulage à chaud.

Tableau 22: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de métaux non ferreux et d'aluminium ; année de référence 1994 (IFEU1998)

Catégorie des sources	Facteur d'émissions µg I-TEQ/t	Taux d'activité t/a	Flux g I-TEQ/a
Production métaux non ferreux et aluminium			49,7
Aluminium (seconde fusion)			22,9
Séchage des copeaux	9,76	251701	2,46
Fours rotatifs	50,5	402721	20,3
Fours à foyer	1,51	100680	0,16
Cuivre (première et seconde fusion)			26,8
Procédés en lit fluidisé (1 ^{ère} fusion)	0,0050	253000	0,0013
Convertisseurs (1 ^{ère} fusion)	0,0080	253000	0,0020
Fours à anode (1 ^{ère} + 2 ^e fusion)	3,57	592000	2,11
Hauts-fourneaux (2 ^e fusion)	27,1	339000	9,19
Convertisseurs de ferraille (2 ^e fusion)	21,9	339000	7,43
Fonderies (1 ^{ère} + 2 ^e fusion)	4,81	1683290	8,10

Tableau 23: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de zinc secondaire ; année de référence 1994 (IFEU1998)

Catégorie des sources	Facteur d'émissions µg I-TEQ/t	Taux d'activité t zinc/a	Flux g I-TEQ/a
Zinc (seconde fusion)			41,8
Laminoir	175	60000	10,5
Agglomération à chaud	521	60000	31,3
Zinc (refonte)	0,29	60000	0,017

En tout, la production de fer, d'acier et de métaux non ferreux a été à l'origine de presque 280 g I-TEQ d'émission de dioxine pendant l'année 1994 (cf. tableau 24).

Tableau 24: Allemagne: Total des émissions de PCDD/PCDF à partir des industries du fer et des métaux non ferreux

Catégorie des sources	Emissions annuelles g I-TEQ/a
fer et acier	181
aluminium	22,9
cuivre	26,8
zinc (seconde fusion)	41,8
Total	272,5

La catégorie des usines de combustion comprend des centrales électriques, des usines de combustion fonctionnant au lignite, à la houille, au bois ou au pétrole brut. Des valeurs mesurées existent pour des centrales électriques fonctionnant avec différents types de charbon, mais il n'y a pas de données disponibles pour les usines brûlant du pétrole brut. Pour faire l'inventaire, les facteurs d'émissions des diverses centrales électriques ont été appliqués. Dans tous les cas, les émissions déterminées dans les fumées étaient bien inférieures à 0,1 ng I-TEQ/m³. A la rubrique "usines de combustion industrielles" on rassemble toutes les usines

produisant entre 1 MW et 50 MW. Elles produisent en général de la vapeur ou de la chaleur, avec de l'eau chaude. Il n'y a que peu de données pour de telles installations fonctionnant au lignite ou à la houille. Les émissions de PCDD/PCDF des installation au bois ont été étudiées en détail. Tandis que la combustion du bois non traité ne mène qu'à peu d'émissions de PCDD/PCDF, indépendamment du type de brûleur utilisé, la combustion de déchets de bois, traité avec des substances organiques halogénées, peut potentiellement donner des émissions élevées de PCDD/PCDF. Du bois traité avec des agents préservatifs doit être brûlé dans des incinérateurs respectent la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ du règlement allemand pour n'importe quel type d'installation (17. BImSchV 1990).

De petites unités de combustion comprennent un groupe très hétérogène d'unités en ce qui concerne les fourneaux, les techniques de combustion et les combustibles. Toutes ces unités doivent satisfaire au 1^{er} amendement à la loi allemande sur les émissions (1. BImSchV), et sont plus petites que 1 MW. La contribution de ces sources au inventaire de PCDD/PCDF a été discutée pendant des années. IFEU (1998) estime les émissions totales à partir de ces sources à 7,13 g I-TEQ pour l'année de référence 1994.

La co-combustion de matériaux contenant du PVC et des déchets en bois dans de telles petites unités fera augmenter sensiblement le flux annuel. Launhard (1996) estime que la quantité supplémentaire dans la région est de 22 g I-TEQ/a dans le cas de la co-combustion de déchets de bois (46 PJ ; 1 PJ = Peta-joule = 10¹⁵ Joule) et de 42 g I-TEQ/a dans le cas des matériaux contenant du PVC (7 PJ).

Tableau 25: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir des centrales électriques et d'autres usines industrielles de combustion, année de référence 1994 (IFEU 1998)

Catégorie des sources	Facteur d'émissions mg TEQ/TJ	Taux d'activité TJ/a	Flux g I-TEQ/a
Usines électriques			5,34
Lignite	0,004	1249537	5,00
Houille	0,0002	1517285	0,30
Fuel brute (lourde)	0,0004	70115	0,03
Fuel brute (légère)	0,0005	25746	0,01
Installations industrielles de combustion			6,15
Lignite	0,005	365516	1,83
Coke de lignite	0,005	200174	1,00
Houille	0,004	199770	0,80
Cokes d'houille	0,012	1977	0,02
Briquettes d'houille	0,012	16655	0,20
Bois	0,27	7914	2,14
Fuel brute (lourde)	0,0004	208875	0,08
Fuel brute (légère)	0,0005	166420	0,08

En Allemagne, les déchets ménagers solides sont incinérés sans pré-traitement particulier et sont brûlés sur un gril. Les incinérateurs de déchets spéciaux sont des fours rotatifs opérant entre 800 et 1200 °C. Les gaz passe dans une zone de post-combustion à des températures entre 1200 et 1400 °C. Les incinérateurs généralement utilisés pour l'incinération des boues d'épuration sont du type lit fluidisé ou des fours à foyers multiples. Normalement, les déchets hospitaliers se brûlaient dans de petites unités, de manière discontinue. Comme la plupart des

anciennes usines ne pouvaient pas satisfaire aux exigences fixées par le 17. BImSchV, elles ont été arrêtées au début des années 1990.

À la suite de l'entrée en vigueur du 17. BImSchV en 1990 qui fixait une concentration limite juridiquement contraignant de 0,1 ng I-TEQ/m³ pour l'incinération des déchets en Allemagne, une diminution des émissions de PCDD/PCDF a été observée. Aujourd'hui, tous les IDSM et les incinérateurs de déchets hospitaliers satisfont à cette exigence. Tandis qu'en 1989, une étude nationale estimait la concentration moyenne à 8 ng I-TEQ/m³ dans les gaz émis, des concentrations entre 0,5 et 5 ng I-TEQ/m³ étaient mesurées pendant l'année de référence 1994 (IFEU 1998). Douze des 40 IDSM en fonction en 1994 répondaient déjà à la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³. En outre, la concentration moyenne de 1 ng I-TEQ/m³ a été adoptée pour établir l'inventaire, ce qui a abouti à la valeur de 30 g I-TEQ/a pour l'émission annuelle. Pour l'inventaire, une concentration moyenne de 0,5 ng I-TEQ/m³ a été adoptée pour les émissions des incinérateurs de déchets spéciaux. Pendant l'année de référence, 30 usines fonctionnaient. Les émissions à partir des incinérateurs de boue d'épuration étaient plus basses que celles à partir des IDSM; sur la base des valeurs mesurées, une moyenne de 0,08 ng I-TEQ/m³ a été calculée.

Les émissions mesurées des crémateurs donnent des valeurs entre 0,05 et 14,4 ng I-TEQ/m³. Pour l'année de référence 1994, 107 crémateurs étaient en service, fonctionnant pendant approximativement 2.000 heures par an. La somme totale des émissions dues à cette source a été calculée à 2,38 g I-TEQ/a. Depuis 1997, il y a une concentration limite juridiquement contraignant pour des crémateurs qui est de 0,1 ng I-TEQ/m³ (27. BImSchV 1997).

Tableau 26: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir des usines d'incinération de déchets, année de référence 1994 (IFEU 1998)

Catégorie des sources	Concentration des émissions ng I-TEQ/m ³	Taux d'activité	Flux g I-TEQ/a
Incinération des déchets			32
Incinération de déchets solides ménagers	1		30
Incinération de déchets spéciaux	0,1-0,5		2
Incinération de boues d'épuration	0,1-1		0,1
Incinération de déchets hospitaliers	<0,1		<0,1
Crématoires	0,05-14,4	2000 h/a	2,38

Sur la base d'une Directive de l'Union Européenne (91/441/EWG), toutes les voitures fonctionnant à l'essence et mises en circulation après le 31^e décembre 1992 doivent être équipées d'un catalyseur. Bien qu'il ne soit pas question des émissions de PCDD/PCDF dans cette Directive, il peut être supposé qu'un catalyseur entraîne aussi une réduction des émissions de PCDD/PCDF. Le 19. BImSchV, qui est entré en vigueur en 1992 et qui interdit l'utilisation des "scavengers" halogénés comme additives à l'essence, a accentué la baisse des émissions de PCDD/PCDF des voitures à essence. Dans le cas de l'inventaire d'Allemagne, les facteurs d'émissions présentés au tableau 27 ont été appliqués. La plus grande incertitude est liée aux émissions des camions et des autobus, car les publications font état d'émissions beaucoup plus importantes. Cependant, selon l'opinion d'IFEU, ces données ne sont pas adaptées au présent inventaire. Le total annuel des émissions issues du transport routier se monte à moins de 5 g I-TEQ/a.

Tableau 27: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir du transport routier ; année de référence 1994 (IFEU 1998)

Catégorie des sources	Facteur d'émissions ng I-TEQ/L	Taux d'activité t/a	Flux g I-TEQ/a
Circulation routière			4,804
Voitures individuelles, catalyseur	0,07	18361383	1,714
Voitures individuelles, sans catalyseur	0,095	9780766	1,226
Voitures individuelles, gas-oil	0,04	5775074	0,275
Bus, véhicules au diesel	0,076	1120772	0,101
Camions <3.5 t, diesel	0,076	2386434	0,216
Camions, petits, essence	0,094	1511932	0,190
Camions, diesel	0,076	11957804	1,082

La production des matériaux minéraux tels que le ciment, la chaux, le verre et les briques se fait à des températures très élevées. Des émissions mesurées PCD/PCDF étaient bien en dessous de 0,1 ng I-TEQ/m³. En plus, l'estimation inclut aussi la production du dichloréthylène et du vinyl chlorure monomère (VCM). On peut observer que la contribution à l'inventaire national, provenant de ces procédés, est inférieure à 100 mg I-TEQ/a. Finalement, d'autres procédés à température élevée sur lesquels des mesures d'émission de PCDD/PCDF ont été faites, sont également présentés au tableau 28. Globalement, la contribution de ces sources à l'inventaire de l'ensemble des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère est minime (<< 1 g I-TEQ/a).

Quelques données existent pour les fumoirs (0,02 ng I-TEQ/m³), pour les installations de pyrolyse (0,055-2,6 ng I-TEQ/m³) et de séchage des boues d'épuration (0,05-0,11 ng I-TEQ/m³), ainsi que pour la fabrication de fil de fer laqué (0,0035 ng I-TEQ/m³). Puisque des taux d'activité de ces secteurs industriels ne sont pas disponibles, et comme les émissions étaient très faibles, la contribution de ces procédés à l'inventaire total a été jugée négligeable.

Tableau 28: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF à partir de la production de matériaux minéraux et d'autres procédés de fabrication ; année de référence 1994 (IFEU 1998)

Catégorie des sources	Facteur d'émissions ng I-TEQ/t	Taux d'activité mio t/a	Flux g I-TEQ/a
Cimenteries	44,8	4,14	0,19
Four à chaux	78,1	8,51	0,66
Verreries	32,2	4,44	0,14
Briqueteries	86,6	16,7	1,45
Séchage des copeaux de bois	739		0,09
Séchage de fourrage vert	100		0,04
Installations de mélange d'asphalte	2,4		
Déchiquetage de voitures	246		0,37
	Concentration des émissions ng I-TEQ/m ³		Flux mg I-TEQ/a
Production de chlorure de vinyle			76,5
Oxy-chloruration	0,044		2,6
Recyclage de HCl dans la production du dichlor-éthylène	0,77		18,5
Emissions – usines chlorure de vinyle	0,4		55,4

D'autres sources potentielles de PCDD/PCDF avec des émissions peuvent être résumées de la façon suivante:

- L'industrie papetière n'a pas d'importance en Allemagne. L'émissions totales ont été estimées à moins de 1 g I-TEQ/a par la voie principale de rejet, les eaux usées.
- L'utilisation sur les terrains d'une couche de scorie de cuivre appelée "Kieselrot", notamment les terrains de sport, représentent un cas spécial en Allemagne. Il est possible que des PCDD/PCDF entrent de nouveau en circulation à partir de ces terrains hautement contaminés via des processus d'érosion et d'évaporation. Une estimation faite par Lahl *et al.* (1995) donne une valeur d'environ 100 g I-TEQ/a pour cette source. Toutefois, il n'y a pas de base vraiment scientifique pour une telle estimation.
- Une grande incertitude est liée aux émissions qui proviennent des incendies accidentels, surtout quand le PVC est impliqué. Lahl et ses co-auteurs ont estimé que 1-10 g I-TEQ/a sont dus à cette source, en supposant qu'il y ait 500'000 incendies accidentelles par an.
- Des PCDD/PCDF ont été trouvés dans des boues provenant des unités de nettoyage à sec. Comme les résidus de ces unités sont traités comme de la même manière que des déchets spéciaux, il n'y a pas de rejet dans l'environnement.

En conclusion, l'inventaire fait pour l'année de référence 1994 a résulté en une valeur des émissions de 333 g I-TEQ. La plus grande part provient des usines de fer et d'acier et des fonderies qui contribuent pour 54 % à l'inventaire total. Au sein de cette catégorie des sources, la contribution la plus importante provient des installations de frittage. L'industrie des métaux non ferreux, comprenant la production d'aluminium et de cuivre, contribue pour 15 % et vient donc en deuxième place. La production de zinc secondaire se trouve en troisième position avec une part de 12,5 %. En 1994, la contribution de l'incinération des déchets solides ménagers à l'inventaire total a été peu importante, c'est-à-dire de 30 g I-TEQ/a, correspondant à 9,6 % du total.

Possibilités de Réduction

Bien qu'en Allemagne, de mesures pour la minimisation des émissions de PCDD/PCDF aient déjà été introduites en 1994, d'autres possibilités pour réduire les émissions ont été identifiées. Parmi celles-ci le plus grand potentiel de réduction concerne les installations de frittage. Des tests effectués sur installations de frittage ont démontré que des filtres à manches, qui sont utilisés par d'autres industries, ne peuvent pas être appliqués pour de telles installations. Cependant, il a été démontré que l'addition de matériaux absorbant peut réduire efficacement les émissions de PCDD/PCDF. A l'aide d'une telle technologie, il est possible d'arriver à une concentration limite de 0,1 ng I-TEQ/m³. Une fois que cette technologie sera appliquée, les émissions annuelles seront réduites de 98 % à 9,3 g I-TEQ/a (IFEU 1998).

Pour l'instant, il n'y a pas d'expériences de l'application des mesures de minimisation au niveau des usines de zinc. Pourtant, des résultats obtenus dans d'autres domaines industriels indiquent que les mêmes mesures pourraient être appliquées aussi dans ce secteur. Ainsi les émissions annuelles ne seront que de 0,2 g I-TEQ.

L'addition d'un adsorbant après l'unité de combustion réduira les émissions de PCDD/PCDF dans beaucoup de secteurs industriels, p.ex. les fours à cubilot, les fonderies de fer, la production secondaire de l'aluminium.

Dans le cas des usines de cuivre secondaire, une injection d'oxygène mène à des émissions de PCDD/PCDF inférieures à 0,1 ng I-TEQ/ m³.

Quant aux chauffages domestiques (petites unités de combustion marchant avec des combustibles solides), il est important de faire attention à ne pas utiliser du bois traité.

D'un point de vue générale, on peut conclure que l'industrie métallurgique en Allemagne a fait un grand effort afin de réduire les émissions de PCDD/PCDF à partir de leurs usines. Cependant, l'efficacité de ces mesures ne peut pas être quantifiée.

Les résultats de l'année 1994 permettent de conclure que la situation dans les aciéries (procédés: électrique et par oxydation) ne nécessite plus des actions supplémentaires pour réduire les émissions de PCDD/PCDF. Il n'y a pratiquement pas de potentiel de réduction au niveau des centrales électriques fonctionnant aux combustibles fossiles. Les émissions annuelles d'environ 5 g I-TEQ sont dues aux grands volumes concernés.

Dans le cas de l'incinération des déchets, des technologies primaires et secondaires, telles que l'addition de coke ou de charbon actif, la réduction non-catalytique et les convertisseurs catalytiques, ont été appliquées avec succès pour arriver aux concentrations limites exigées par la loi. Depuis le 1^{er} décembre 1996, tous les incinérateurs en Allemagne satisfont à cette valeur. Des résultats de plus de 150 échantillons des cimenteries ont montré que la co-combustion avec d'autres matières, telles que les huiles usagées et les pneus usés ne fait pas augmenter les émissions de PCDD/PCDF. Toutes les concentrations mesurées étaient inférieures à 0,1 ng I-TEQ/m³.

Comme il n'y a plus de carburants contenant du plomb en Allemagne, il est garanti que les émissions provenant de l'utilisation de l'essence contenant du plomb ont été supprimées.

8.6.2 Hambourg

Pour l'année 1992, les flux annuels et l'inventaire des émissions de PCDD/PCDF à partir des sources issues des procédés de combustion dans la ville d'Hambourg en Allemagne, ont été estimés (Lau *et al.* 1996). Les dispositions prises à Hambourg pendant les dernières années ont déjà entraîné une réduction marquée des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement. Afin de réduire davantage l'exposition aux dioxines, il faut entreprendre des mesures supplémentaires au niveau national et international.

Avec une population de 1,65 millions d'habitants Hambourg est la deuxième ville d'Allemagne. En plus, Hambourg est aussi un état fédéral. Son terroir s'étend sur une surface de 755 km². Hambourg est caractérisée par son infrastructure industrielle et urbaine très développée avec 2.200 habitants/km² (par comparaison: la moyenne en Allemagne = 228 habitants/ km²). Hambourg a une longue histoire de dioxines, y compris un ancien site de production de la 2,4,5-T et la décharge "Georgswerder", ainsi que d'autres sites contaminés par de PCDD/PCDF. De surcroît, des sédiments du port et du fleuve Elbe sont contaminés par des dioxines et furannes. A Hambourg, il y a plusieurs sources de combustion (deux incinérateurs de déchets ménagers, un incinérateur de déchets spéciaux, des aciéries et l'industrie des métaux non-ferreux).

Depuis 1983, plus de 800 analyses de dioxines visant les congénères ont été effectuées à Hambourg afin de déterminer les concentrations de PCDD/PCDF dans l'eau, le sol et l'atmosphère. Le nombre et la qualité de ces résultats sur les dioxines sont uniques par rapport à toutes les autres régions d'Allemagne. Les données statistiques pour l'année 1992 sont presque complètes; partout où c'était possible, de nouvelles données ont été utilisées dans l'élaboration de l'inventaire des dioxines d'Hambourg.

A Hambourg, les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère proviennent surtout des activités industrielles et commerciales (production/fabrication et procédés de finissage), des activités domestiques (chauffage), de l'incinération des déchets et de la circulation (automobiles). D'après l'évaluation de 1992, un total de 6,5 g I-TEQ étaient produits par sources identifiées et quantifiées. Le tableau 29 résume les sources issues des procédés de combustion et les quantités annuelles de PCDD/PCDF émises dans l'atmosphère à partir de ces sources.

En 1992, l'incinération des déchets solides ménagers et spéciaux était le secteur principal (industrie) pour les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère; un flux annuel de 4,5 g I-TEQ a été attribué à cette catégorie (cf. tableau 29). Des améliorations au niveau des incinérateurs, l'arrêt d'un ancien incinérateur et l'installation d'un nouveau ont mené à une réduction de plus de 95 % pour l'année 1995 (l'ensemble des émissions à partir de l'incinération des déchets et moins de 0,2 g I-TEQ/a). Les émissions à partir des procédés industriels thermiques, surtout d'une usine de cuivre et à un moindre degré de la production du fer, de l'acier, de l'aluminium et des fumoirs, ont aussi été importantes. La contribution du secteur de la production d'énergie - des usines électriques fonctionnant aux combustibles fossiles, ainsi que la combustion de biogaz des décharges - était faible par rapport à la quantité totale émise de PCDD/PCDF. Les estimations qui concernent les émissions de PCDD/PCDF à partir des chauffages domestiques sont relativement incertaines. La meilleure estimation pour l'année 1992 était entre 70 et 340 mg I-TEQ/a.

Les émissions de dioxines par les voitures étaient dues à la présence de "scavengers" halogénés dans de l'essence contenant du plomb. L'utilisation décroissante de l'essence avec

plomb et le nombre croissant de voitures équipées d'un catalyseur mèneront certainement à une réduction additionnelle d'émission de dioxines provenant de la circulation à Hambourg. Selon l'évaluation faite par Lau *et al.* (1996), il existe toujours un potentiel pour diminuer davantage les émissions de dioxines à partir des sources industrielles. Ces réductions ne peuvent être réalisées qu'au prix d'investissements coûteux dans de nouvelles technologies, par exemple des volumes plus faibles pour les unités de lavage des gaz.

Les estimations qui concernent la contribution des émissions de PCDD/PCDF à partir de chauffage domestique sont toujours peu sûres. Bien qu'il existe de nombreuses données concernant les émissions de PCDD/PCDF produit par l'incinération de bois, et un peu moins sur celles à partir de la combustion du charbon et de fuel, le nombre d'installations de chauffage ainsi que leur fréquence d'utilisation reste inconnu. Des incertitudes touchent aussi le type de combustible utilisé et la raison pour laquelle on brûle des combustibles fossiles dans les fours domestiques en hiver: est-ce pour le chauffage ambiant ou aussi pour l'eau chaude ou autre forme d'énergie? A cause du manque de telles informations, les auteurs ont conclu que des analyses additionnelles de dioxines, même sur un plus grand nombre d'installations, n'augmenteraient pas la compréhension permettant de mieux calculer la quantité annuelle de PCDD/PCDF due à cette catégorie de sources.

Tableau 29: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir de sources de combustion à Hambourg

Source	Flux (mg I-TEQ/a)
Sources stationnaires	
Industrie:	
Industrie du cuivre	1200
Industrie de l'aluminium	8
Production fer et acier	166
Pétrochimie	0,009
Fumage poissons et viande	8
Autres:	
Crématoires	4-21
Génération d'énergie:	
Centrales électriques (combustibles fossiles)	69
Combustion industrielle de bois	150
Combustion de biogaz de décharge	14
Elimination de déchets à Hambourg	
Incinération des déchets ménagers	3.913
Incinération des déchets spéciaux	560
Sous-total sources stationnaires	6'092-6'109
Sources diffuses	
Circulation	
Véhicules	250
Ménages:	
Chauffages domestiques	70-340
Incendies accidentelles dans maisons privées	8
Sous-total sources diffuses	328-598
Total toutes sources connues	6'420-6'707

8.7 Hongrie

En 1997, l'Institut Hongrois pour la Protection de l'Environnement (KGI 1997) a publié un rapport sur les émissions de polluants organiques persistants en vue de l'élaboration des accords internationaux. Ce rapport contient un inventaire des sources de PCD/PCDF en Hongrie. Sur la base des facteurs d'émissions établis dans le rapport du TNO (UBA 1997), les émissions de PCDD/PCDF ont été déterminées pour un certain nombre d'années de référence. Une comparaison de la situation des années de référence 1985, 1990, 1993 1995 et 1996 est présentée au tableau 30. Pour l'année 1985, la plus grande valeur des émissions de dioxines a été estimée à 215 g I-TEQ/a (en 1980 - ce n'est pas montré ici - les émissions totales s'élevaient à 185 g I-TEQ). On peut voir que pour toutes les estimations réalisées, les émissions de dioxines à partir de l'incinération des déchets solides ménagers - une seule usine - n'ont pas changé.

Tableau 30: Inventaire des émissions de PCDD/PCDF en Hongrie (KGI 1997) (g I-TEQ/a)

	1985	1990	1993	1995	1996
Ménages	93,98	66,17	34,79	27,19	25,54
Services	11,02	4,83	4,91	4,15	3,48
Centrales électriques	15,13	12,21	12,98	13,07	13,69
Chauffages urbain	2,59	1,63	2,98	1,48	0,021
Agriculture	4,78	2,76	2,71	3,29	3,01
Industrie	8,51	5,27	3,61	3,40	3,46
Transport routier	0,98	0,88	0,52	0,27	0,20
Incinération	46,50	46,50	46,50	46,50	46,50
Frittage	15,38	12,50	7,40	8,20	4,00
Cuivre (seconde fusion)	n.a.	1,08	0,62	0,70	0,76
Fourneaux à arc électrique	15,79	12,53	3,43	3,96	2,87
Total	214,65	167,36	119,57	112,21	103,53

8.8 République Slovaque

En 1994, la République Slovaque a mené à bien une première étude afin d'établir un inventaire des émissions de POP. L'estimation repose sur les informations disponibles sur des sources des émissions et les paramètres des sources, ainsi que sur les facteurs d'émission ont été obtenus soit de leurs propres analyses, soit de la littérature. L'année de référence est 1993 (Kocan 1994).

Pour l'année de référence 1993, l'estimation a fourni une valeur de 42 g I-TEQ/a pour des émissions totales de PCDD/PCDF dans l'atmosphère. En 1993, l'incinération de déchets a contribué pour 61 % aux émissions totales, les différents secteur de l'industrie des métaux pour 20 % et la production d'énergie pour 17 %. Le tableau 31 donne un aperçu. La République Slovaque est consciente d'autres sources possibles, p.ex. des émissions de l'industrie chimique (y inclus l'exploitation, le transport et le stockage de pétrole, l'industrie pétrochimique, la production des composés organiques halogénés et des peintures), mais celles-ci n'ont pas pu être quantifiées jusqu'ici. Des émissions à partir de décharges et dépôts sauvage, et de l'entraînement de PCDD/PCDF à partir des sols contaminés et des eaux de surface, ont été identifiées mais n'ont pas pu être quantifiées. En plus, les chiffres représentés

au tableau 31 devraient être considérés comme des valeurs estimées basses; les valeurs actuelles seront peut-être plus élevées car il y a une grande incertitude concernant certaines sources.

Les incertitudes des estimations d'émissions proviennent des incertitudes liées au facteur d'émission, aux taux d'émission (la quantité de fuel transformée) et à l'efficacité des installations de contrôle des émissions (le système du lavage de fumées).

Tableau 31: République Slovaque: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1993

Source	Flux g I-TEQ/a	% du total de l'inventaire	Fiabilité
Incinération des déchets	26,0	61,2	
déchets ménagers	11		
déchets hospitaliers	6		ND
déchets industriels	9		ND
Industrie métallurgique	8,6	20,2	
Fer, acier, fonte de fer, alliages de fer	7,4		
Métaux non ferreux légers (Al)	0,4		
Autres métaux non ferreux (Cu)	0,77		
Secteur combustibles/énergie	7,3	17,2	
Installations de combustion >5 MW	4,8		
Installations de combustion 0.2-5 MW	0,4		
Installations de combustion <0.2 MW	1,6		
Production de coke	0,43		
Production gaz énergétique et combustion	0,024		
Industries de la chimie minéraux	0,05	0,1	ND
Ciment	0,023		ND
Chaux	0,014		ND
Installations d'élaboration d'asphalte	0,0006		ND
Verres, grès cérame, fibres minéraux	0,003		
Matériaux réfractaires	0,003		
Briqueteries	0,0006		
Autres procédés à des températures élevées	0,54	1,3	ND
Circulation	0,35		
Crématoires	0,025		
Fumage	0,0009		
Incendies	0,16		ND
Total	42,49	100,0	

ND = Ces valeurs sont moins fiables parce qu'il n'existe pas de valeurs mesurées (pas de données) et les valeurs ont été estimées à partir d'activités difficilement comparables

8.9 Suède

L'étude sur la Suède comprend des estimations des émissions pendant les années 1990 et 1993 (tableau 32) (de Wit 1995). Tandis qu'il n'y a pas de changements au niveau des quantités de PCDD/PCDF rejetées dans l'eau et trouvées dans des produits et des déchets, les calculs font

ressortir une baisse des émissions totales dans l'atmosphère; on a supposé qu'une réduction des émissions dans l'atmosphère de 31,8-115 g N-TEQ en 1990 jusqu'à 21,6-88 g N-TEQ pour l'année 1993. Les catégories accusant les réductions les plus importantes sont la production primaire de chaux, l'incinération des déchets ménagers et des foyers à bois. Toutefois, de petits augmentations dues à un accroissement des quantités de matériau ou de combustible utilisés, ont aussi été remarquées (combustion du gaz naturel et du biogaz aussi bien que du fuel et de l'essence contenant du plomb ; crématoires). Au tableau 32, les réductions sont indiquées par des chiffres en gras et les accroissements sont des chiffres fournis d'un astérisque.

La Suède est consciente de l'existence de sources additionnelles telles que la production de textiles, le nettoyage à sec et les feux de forêt; cependant, aucune estimation n'a été faite pour en tenir compte. La Suède et les Etats Unis (les résultats de la révision de l'estimation préliminaire sur les dioxines de l'année 1994, pas présentés ici) sont les seuls pays qui essaient d'inclure les flux des émissions de dioxines dans l'atmosphère, dans l'eau et dans des réservoir tels que les produits et les déchets.

Tableau 32: Suède: Estimations préliminaires des émissions de PCDD/PCDF à partir des sources diverses en Suède pendant les années 1990 et 1993; données en g Nordic-TEQ (N-TEQ)/a (de Wit 1995)

Source	dans l'atmosphère 1990	dans l'atmosphère 1993	dans l'eau	dans des déchets	dans des produits
Industrie					
Pâte Kraft blanchie	1	1	1,5-5		0,3-6,6
Pâte à papier recyclé					2,8
Installations chlore-alkali			0,28-0,6	0,25	
Distillation de mercure	0,000005	0,000005	0,003	0,004	
Boue d'épuration			0,11	2,9	1,5
Aciéries	1,6-4	1,6-4		8,2	
Aciéries de récupération	0,4-15	0,4-15		20	
Métaux non ferreux - 1 ^{ère} fusion	0,13-0,27	0,13-0,27		0,38	
Métaux non ferreux - 2 ^e fusion	4,3	4,3		2,1	
Fonderies	0,007-0,49	0,007-0,49		0,82-15	
Cimenteries – fumées	0,07-1,3	0,07-1,3			
Cimenteries – poussières	0,35	0,28			
Four à chaux, product° prim.	9,8-18	2-2,5			
Four à chaux - utilisat° indust.	0,5-6,3	0,5-6,3			
Emaillage céramique	0,01	0,01			

Tableau 36 (suite)

Source	dans l'atmosphère 1990	dans l'atmosphère 1993	dans l'eau	dans des déchets	dans des produits
Incinération					
incinérat° déchets fibres de verre	0,00004	0,00006 *			
Incinerat° déchets ménagers	4,5	3,0		0,6-2,4	
Incinerat° déchets spéciaux	0,01	0,007			
Incinerat° déchets hospitaliers	0,001	0,001			
Crématoires	0,34-0,68	0,37-0,73*			
Incendies non contrôlés de décharge	2,8-30	2,8-30			
Récupération sauvage de métaux	?	?		0,02-0,04	
Chauffages/Energie					
Fuel	0,1-2,6	0,1-2,5			
Charbon	0,75	0,61			
Gaz naturel	0,03	0,04 *			
Chauffage au bois	3-13,8	2,1-9,8			
Autres bio-combustibles	1,2-6,4	1,4-7,7 *			
Circulation					
Bacs (gas-oil, fuel lourd)	0,7	0,63			
Avions (kérosène)	0,03-0,93	0,02-0,86			
Véhicules – Diesel	0,067-0,14	0,73-0,15*			
Essence – contenant du plomb	0,026-2,9	0,009-0,97			
Essence - sans plomb	0,08-0,16	0,14-0,27*			
Total	31,8-115	21,6-88	1,6-5,1	35-52	4,6-10,9

8.10 Suisse

L'Agence Suisse de l'Environnement, des Forêts et de la Nature estime que les émissions annuelles de PCDD/PCDF ont été en dessous de que 40 g I-TEQ avant 1955. Entre 1955 et 1980 les émissions de dioxines ont augmenté à une valeur à peu près 12 fois plus élevée et la valeur maximale a été atteinte en 1980 à environ 480 g I-TEQ/a. Depuis 1980, un déclin continu a été observé menant à des émissions estimées à environ 180 g I-TEQ/a pour l'année 1995. Grâce à la réglementation mise en place, il est estimé que les émissions à partir des sources identifiées ne dépasseront plus 70 g I-TEQ par an (BUWAL 1997) en 2000.

Tandis que dans le passé, la majeure partie de toutes les émissions de dioxines étaient dues à l'incinération de déchets (cf. tableau 33), la source principale à l'avenir sera le brûlage sauvage de déchets domestiques. Bien que cette pratique soit interdite depuis 1986, une telle pratique est encore largement répandue aujourd'hui. En l'année 2000, les émissions de dioxines issues du brûlage sauvage de déchets seront environ trois fois plus élevées que celles de tous les incinérateurs légaux de déchets solides ménagers.

Tableau 33: Suisse: Emissions de dioxines dans l'atmosphère (BUWAL 1997)

Source	1990	1995	2000
<i>Ménages</i>	27,4	27,4	29,8
Incinération de déchets	26,8	26,9	29,4
Systèmes de chauffage	0,5	0,5	0,4
<i>Incinération des déchets</i>	112,8	112,8	16,2
Incinération de déchets solides ménagers	96,2	96,2	9,9
Incinération de déchets spéciaux	7,3	7,3	4,9
Incinération de boues d'épuration	0	0	0
Incendies de décharge	9,1	9,1	1,2
Brûlage de câbles	0	0	0
Déchiqueteuses	0,2	0,2	0,2
<i>Construction</i>	22,9	15,4	4,0
Combustion de débris	19,9	12,7	1,6
utilisation de produits protecteurs de bois	3,0	2,7	2,4
<i>Industrie des métaux</i>	20,7	11,2	11,6
Aciérie	12,2	8,0	8,4
Fonderies – métaux non ferreux	6,4	1,8	1,9
Fonderies (fer)	1,3	1,2	1,3
Galvanisation	0,1	0,1	0,1
Aluminium (seconde fusion)	0,7	0	
<i>Industries diverses</i>	16,7	13,1	9,7
Combustion - petites industries et commerce	1,0	1,1	1,1
Incinérateurs de déchets d'hôpitaux	13,8	10,4	6,9
Cimenteries	0,8	0,7	0,7
Installations de fumage de viande	0,4	0,3	0,3
Crématoires	0,4	0,4	0,5
Production de bois aggloméré	0,2	0,2	0,2
Autres	0,1	0,1	0,1
<i>Circulation</i>	1,9	0,9	0,3
Véhicules sans catalyseur	1,8	0,7	0,2
<i>Agriculture et silviculture</i>	0,1	0,1	0,1
Total	242	180	72

8.11 Pays Bas

Les émissions annuelles de dioxines aux Pays Bas ont été estimées par de Koning *et al.* (1994). Selon le tableau 34 le flux total dans l'atmosphère a été considérablement plus élevé en 1989 (960 g I-TEQ) qu'en 1991. Cet abaissement est dû au fait que quelques incinérateurs de déchets ménagers avec des émissions élevées (jusqu'à 92 ng I-TEQ/m³) ont été soit arrêtés, soit améliorés.

En 1991, la majeure part (79 %) était toujours générée par l'incinération de déchets. Les 21 % restants étaient répartis entre 16 catégories de procédés. Les estimations concernant les émissions issues du brûlage de câbles, de la combustion de bois et de l'utilisation antérieure de produits protecteurs de bois, sont assez vagues. C'est intéressant de constater que l'estimation d'émission de la source la plus importante en 1993, l'utilisation du penta-chlorophénol, n'est basée sur aucune donnée évidente. Aussi, il n'y avait pas de données disponibles pour des

incendies accidentelles; ainsi, cette catégorie n'a pas été quantifiée.

Tableau 34: Estimation des émissions annuelles de PCDD/PCDF dans l'atmosphère aux Pays Bas (de Koning *et al.* 1994)

Source	Emissions 1991	Emissions 2000 ¹⁾
Incinération de déchets ménagers	382	2-4
Incinération de déchets spéciaux	16	1,7
Décharges, biogaz, et incinération de boues d'épuration	0,3	1,5
Brûlage de câbles et de moteurs électriques	1,5	1,5
Incinération de déchets hospitaliers	2,1	0
Installations de mélange d'asphalte ²⁾	0,3	0,3
Combustion d'huile	1,0	1,0
Combustion de charbon	3,7	3,7
Combustion de bois ³⁾	12	9
Crématoires	0,2	0,2
Circulation	7,0	0,2-5
Installations de frittage	26	3
Industrie des métaux non ferreux	4,0	4,0
Procédés chimiques de production	0,5	0,5
utilisation de produits protecteurs de bois	25	20
Autres procédés à températures élevées ⁴⁾	2,7	2,7
Incendies accidentels	?	?
Total (sans les incendies accidentelles)	484	au max. 58

1) L'estimation des émissions pour l'année 2000, à l'exception de l'IDSM, ne prend pas en considération l'accroissement ou la diminution de la quantité totale soumise aux procédés.

2) Les émissions provenant des systèmes de chauffe sont mentionnées sous le type de combustion correspondant

3) Très incertain, des recherches complémentaires sont recommandées

4) Traitement thermique de terre, séchage de cendres volantes, production de ciment, de laine de verre/roche, *etc.*

8.12 Royaume-Uni

8.12.1 Emissions dans l'atmosphère

Un inventaire des émissions de PCD/PCDF dans l'atmosphère au Royaume-Uni a été établi en 1995 (HMIP 1995, Eduljee et Dyke 1996). Les chiffres dans la deuxième colonne du tableau 35 correspondant aux estimations pour l'année 1993 faites par Eduljee et Dyke, ont été déduits des facteurs d'émission ($\mu\text{g I-TEQ/ton}$ de matériau transformé ou produit) et la quantité de matériau transformé, ou produit, par chacun des procédés. Dans le cas des crématoires et de la circulation, les facteurs d'émission ont été exprimés en terme de la quantité de PCDD/PCDF émise par crémation et par kilomètre parcouru, respectivement. Les données mesurées ont été utilisées pour l'incinération de déchets ménagers, de déchets hospitaliers et chimiques, de la combustion du charbon, et des installations de frittage, qui ensembles couvrent la part principale des émissions. En ce qui concerne les autres cas, les facteurs d'émission ont été pris dans la littérature. Un coefficient de confiance a aussi été inclus. Puisque les techniques industrielles au Royaume-Uni sont en pleine évolution, les estimations faites pour l'année

1996 et présentées au tableau 35 (2^e colonne) ne peuvent pas être prises comme définitives: elles devraient plutôt être considérées comme représentatives de la situation au Royaume-Uni pendant cette période, utilisant les meilleures données qui étaient disponibles à ce moment-là.

Concernant l'année 1993, il ressort du tableau 35 que les procédés industriels ont contribué pour environ 90 % à l'inventaire total, pour lequel une gamme entre 560 et 1.100 g I-TEQ par an a été donné. L'incinération des déchets ménagers a été identifiée comme source principale des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère. Cependant, comme une réglementation rigoureuse a été mise en place en 1995/96, la contribution de cette source diminuera d'une manière significative. Les sources non-industrielles ont contribué pour 24-145 g I-TEQ/a, approximativement 4-15 % de l'inventaire. A partir de décembre 1996, toutes les IDSM au Royaume-Uni doivent être soit améliorées afin de satisfaire à la valeur limite de 1 ng TEQ/m³ * selon le Décret sur la Protection de l'Environnement, soit être arrêtées. Ainsi, avec la nécessité de respecter cette réglementation, les émissions des anciennes usines devraient être réduites à une valeur dix ou vingt fois plus petite en 1996, par rapport à la valeur estimée pour 1993. En plus, les émissions dans l'atmosphère à partir de sources de combustion telles que l'incinération de déchets et les procédés métallurgiques thermiques, connaîtront des changements significatifs dans les quelques années à venir, grâce à mise en place du Programme Intégré pour le Contrôle de la Pollution (IPC).

Depuis la première estimation des émissions au niveau national (Edujlee et Dyke 1996) un grand nombre de données ont été réunies au Royaume-Uni, tirées des programmes de suivi qui ont été initiés par l'Agence Environnementale (Environment Agency) du pays. Des informations plus actuelles ont été obtenues sur des IDSM, des installations de frittage, des cimenteries, des incinérateurs de déchets chimiques et des procédés métallurgiques. La période de référence va de 1995 jusqu'au début de 1997. Dans beaucoup de cas, la nécessité de démontrer la conformité aux standards concernant les émissions a été à la base du suivi. Bien que des échantillons n'aient été pris qu'une fois pour la plupart des sources, sauf dans le cas des IDSM, ces données plus récentes ont quand même permis une estimation plus précise de l'ensemble des PCDD/PCDF rejetées par des sources au Royaume-Uni. Ces nouvelles estimations sont présentées dans la 3^e (valeurs estimées inférieures) et 4^e (valeurs estimées supérieures) colonne du tableau 35 (Alcock *et al.* 1998).

Des programmes de suivi récents n'ont pris en compte que le fonctionnement normal des usines. Toutes les analyses ont été effectués en utilisant la chromatographie en phase gazeuse haute résolution, et des spectromètres de masse à haute résolution. Néanmoins, il y a eu de contraintes, car il n'était pas possible d'effectuer un échantillonnage iso-cinétique de fumées dans toutes les usines.

Comme dans beaucoup d'autres pays, les incinérateurs de déchets solides ménagers représentent le secteur dont les plus de données sont disponibles. Jusqu'en 1998, des analyses sur des PCDD/PCDF ont été faites sur 14 sites. Les IDSM représentent aussi le secteur où la gamme des valeurs est la plus grande, avec des valeurs de 0,07 jusqu'à 74,4 ng I-TEQ/m³ à la sortie des cheminées. Il n'a pas été trouvé de corrélation entre les concentrations dans les fumées, et l'ancienneté des incinérateurs ou le type de système du lavage des fumées. Malgré les grandes différences au niveau des concentrations mesurées, la répartition des congénères substitués aux positions 2,3,7 et 8 a été semblable pour les IDSM individuels; typiquement, les émissions ont été dominées par la Cl₈DD et 1,2,3,4,6,7,8-Cl₇DD, suivis par la

* La loi prévoit une valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³

1,2,3,4,6,7,8-Cl₇DF et Cl₈DF. Les plus petites différences entre les émissions (normalisées aux I-TEQ) au niveau d'un secteur industriel donné, ont été constatées au niveau des émissions des cimenteries, des incinérateurs de boues d'épuration et des installations de frittage (0,43-1,08 ng I-TEQ/m³). Les I-TEQ pour les dix incinérateurs de déchets chimiques variaient de <<0,1 à 1,27 ng I-TEQ/m³. La répartition au niveau des installations de frittage s'est distinguée de celle au niveau des IDSM; les émissions des installations de frittage étaient dominées par des PCDF et le 2,3,4,7,8-Cl₅DF était le congénère le plus fréquent, suivi par 1,2,3,4,6,7,8-cl₇DF, 1,2,3,7,8,9-Cl₆DF et 1,2,3,4,7,8-Cl₆DF.

Pour établir l'inventaire, les données obtenues par des analyses provenant de chaque type d'industrie ont été réunies, et les émissions de PCDD/PCDF par an ont été calculées à l'aide de chiffres disponibles sur les débits des matériaux et les volumes de gaz engendrés. Concernant certains secteurs tels que les incendies accidentelles, des données de la littérature ont été appliquées. Les valeurs présentées au tableau 35 dans les colonnes de droite montrent que l'incinération des déchets solides ménagers était toujours une source significative dans l'estimation pour 1997, contribuant entre 30 % et 56 % à l'inventaire. Cependant, ceci représente une réduction significative, par rapport au chiffre de 80 % attribué pour l'année 1993 par Eduljee et Dyke (1996). Les émissions dues aux installations de frittage ont contribué pour 5 % à 11 % à l'inventaire total. Comparé à l'inventaire de 1994, le rôle de la combustion du charbon est devenu beaucoup plus importante; sa contribution a été estimée à 18 % approximativement en 1997. Les émissions totales de PCDD/PCDF à partir des sources connues au Royaume-Uni varient de 200 à 660 g I-TEQ/a et sont donc ainsi beaucoup moins élevées qu'en 1994 où l'estimation donnait des valeurs de 560 à 1.100 g I-TEQ/a.

Tableau 35: Royaume-Uni: Emissions estimées de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; années de référence 1993 et 1997 (g I-TEQ/a) (HMIP 1995, Eduljee et Dyke 1996, Alcock *et al.* 1998)

Procédé	1993 Estimation *	1997 Gamme/ valeur inférieure	1997 Gamme/ valeur supérieure
Production de coke	2	2	2
Combustion de charbon (génération d'électricité)	5-67	5	67
Combustion d'huile usagée	0,8-2,4	0,8	2,4
Combustion de bois	1,4-1,9	1,4	1,9
Combustion de paille	3,4-10	3,4	10
Combustion de pneus	1,7	1,7	1,7
Combustion de biogaz de décharge	1,6-5,5	1,6	5,5
Installations de frittage	29-54	25	30
Fer et acier	3-41	3	41
Métaux non ferreux (1 site)	5-35	29,8	29,8
Production de ciment (5 sites)	0,2-11	0,29	10,4
Production de chaux	0,04-2,2	0,04	2,2
Production de verre	0,005-0,01	0,005	0,01
Fabrication de céramique	0,02-0,06	0,02	0,06
Substances chimiques halogénées	0,02	0,02	0,02
Production des pesticides	0,1-0,3	0,1	0,3
Incinération DSM	460-580	122	199
Déchets chimiques (10 sites)	1,5-8,7	0,02	8,7
Déchets hospitaliers (5 sites)	18-88	0,99	18,3
Boue d'épuration (5 sites)	0,7-6	0,001	0,37
Régénération de charbon actif	0,006	0,006	0,006
Mélange d'asphalte	1,6	1,6	1,6
PCP dans l'industrie du bois	0,8	0,8	0,8
Incinération des carcasses animales		0,001	0,18
Crématoires	1-35	1	35
Combustion de bois (non traité)	2-18	2	18
Combustion de bois (traité), chauffages domestiques		1	5
Combustion domestique de charbon	20-34	20	34
Circulation	1-45	1	45
Incendies naturelles (bois)	0,4-12	0,4	12
Feux (accidentels)	10	10	81
Total	559-1099	219	663

* par Eduljee et Dyke 1996

8.12.2 Emissions dans l'eau et dans les sols

Le Centre Environnemental du Royaume-Uni a voulu avoir une idée des émissions de PCDD/PCDF dans l'eau et dans les sols. En 1997, un rapport a été publié par le Centre Environnemental du Royaume-Uni (1997) qui se base sur des données réunies entre février et août 1996. Dans cette étude, des sources industrielles et non industrielles ont été estimées. Les émissions dans les sols incluent aussi les matériaux envoyés en décharge; pareillement, les

émissions dans les égouts étaient incluses dans les émissions dans l'eau. Là où c'était possible, des données du Royaume-Uni ont été utilisées; en l'absence de données indigènes, des données venant d'autres pays ont été appliquées. Néanmoins, il est ressorti un besoin urgent d'obtenir plus de données. Les résultats ont été présentés sous forme des gammes estimées. A cause du manque de données, les rejets dans l'eau ont été quantifiés selon le potentiel d'un procédé de causer des émissions de PCDD/PCDF: E (élevés = plus que 1,0 g I-TEQ/a), M (moyens = 0,1-1 g I-TEQ/a) ou P (petits < 0,1 g I-TEQ/a).

Malgré la rareté de données, il a été possible d'estimer les rejets dans les sols pour un grand nombre de procédés industriels et non industriels. Même dans les cas où il a été possible de faire une estimations des rejets, il s'est avéré qu'une grande incertitude existait. Cette incertitude était liée soit a) aux quantités de matériau rejetés, soit b) aux grandes variations dans les concentrations de PCDD/PCDF dans le même type de matériau d'un échantillon à l'autre, ou d'un procédé à l'autre.

Les rejets totaux dans les sols ont été estimés: 1.500 à 12.000 g I-TEQ par an (tableau 36). Ce chiffre est significativement plus élevée que les valeurs estimées des émissions annuelles dans l'atmosphère. La majorité des émissions dans les sols provenait des résidus et des matériaux amenés en décharges. Dans le cas d'une bonne gestion, il est supposé que des contaminations pareilles ne sont ni mobiles, ni bio-disponibles. Néanmoins, il peut être recommandé de faire un suivi sur le terrain pour suivre la situation. La plus grande part des émissions dans les sols a été attribuée à l'usage ouvert des produits chimiques, à l'incinération des déchets ménagers dans des anciennes unités, aux incendies accidentels, aux procédés chimiques, et à l'industrie des métaux non ferreux. Des données plus récentes, notamment sur les concentrations de produits chimiques sont nécessaires afin de mieux estimer les rejets totaux de PCDD/PCDF.

Le tableau 36 démontre qu'une quantification des émissions de PCDD/PCDF dans l'eau n'était pas possible. Quelques sources seulement ont pu être identifiées. En général, les valeurs estimées sont petites mais cela peut être dû au fait que beaucoup de systèmes de traitement des eaux ont la capacité d'enlever les PCDD/PCDF des effluents.

Tableau 36: Royaume-Uni: rejets de PCDD/PCDF dans les sols et dans l'eau ; année de référence 1996 (Environment Agency 1997). Toutes les concentrations sont données en g I-TEQ/a

Procédé	Emissions dans les sols	Emissions potentielles dans l'eau	Remarques
Carbonisation	0,023-0,85	P (0,0044)	
Combustion du charbon			
• Centrales électriques	1,6-81	P	vente de la moitié des cendres, probablement pas d'émissions
• Industrielle, tout	0,015-4,3	P	
• Domestique: cendres	0,090-0,31	négligeables	inclus la suie de l'utilisation de fuel et du bois
• Domestique: suie	0,16-30	négligeables	

Tableau 36 (suite)

Procédé	Emissions dans les sols	Emissions potentielles dans l'eau	Remarques
Combustion de fuel Industrielle, tout Domestique	pas quantifiées mais petites voir: suie de charbon	négligeables négligeables	uniquement rejet de suie
Combustion des huiles usagées		négligeables	pas de données
Combustion du bois • Industrielle, tout • Domestique	0,40-4,4 0,27-16	négligeables négligeables	voir: suie de charbon/domestique
Combustion de la paille	0,20-10	négligeables	
Combustion de pneus	1,9-2,8	P	
Crématoires	pas quantifiées	négligeables	
Combustion de combustibles dérivé des déchets	3,7-6,4	P/M	
Combustion de litière de volaille	0,26	négligeables	
Procédés industrie pétrolière	pas quantifiées	P	
Installations de frittage	0,020-0,060	négligeables	
Four à arc électrique	59	négligeables	données moyennes des PCDD/PCDF
Aluminium (1 ^{ère} fusion)	0,082	P	
Aluminium (2 ^e fusion)	29-320	P/M	
Magnésium (2 ^e fusion)	0,38-3,2	P/M	sur la base des estimations pour les procédés Al
Cuivre	24	P/M	
Plomb (2 ^e fusion)	95-220	P/M	
Ciment	0,00040-12	P	
Chaux	0,000060-1,8	P	
Autres produits minéraux	pas quantifiées	M (<0,45)	uniquement les données maximales pour le mélange d'asphalte
Production de chlore	6,0	P	
Production du chlorure de polyvinyle/bichlorure d'éthylène	25-80	M (0,070-0,040)	la décharge dans les sols se fait sur terrains endigués, et des lagunes
Production de tri- et de perchloréthylène	350-630	M (0,070-0,040)	décharge dans les sols se fait sur des terrains endigués
Production de pesticides	8,9-2000	E (0,089-2,0)	très peu de données
Production de chlorophénol	pas quantifiées	E	déchets normalement brûlés ; émissions dans l'eau baissent

Tableau 36 (suite)

Procédé	Emissions dans les sols	Emissions potentielles dans l'eau	Remarques
Autres procédés chimiques	-		pas assez de données pour une quantification ; probablement insignifiant
Incinération DSM			
• Usines anciennes	510-2400	M	anciennes installations fermées ou améliorées à la fin 1996
• Usines récentes	14-38	P	
Incinération de déchets chimiques	0,0058-2,0	E (0,018-1,1)	rejets dans l'eau dépendent du traitement appliqué
Incinérat° déchets hospitaliers		M	une augmentation des rejets dans les sols est attendue
• sous autorité nationale	5,3-14		
• sous autorité locale	6,4-22		
• autres	0,050-0,90		
Incinération boue d'épuration	0,98	P (0,0020)	
Industrie papetière	2,8-11	M	peu de données au R.-U.
Traitement des textiles	pas quantifiées	M (0,032-0,93)	basé uniquement sur l'utilisation des PCP
Fabrication de colorants	pas quantifiées	M	informations insuffisantes
Traitement bois de construct°	0,011-0,32	P (0,0028-0,083)	basé l'utilisation des PCP
Incendies accidentelles	7,5-2400	E (0,075-24)	
Elimination boue d'épuration	14-56	E (0,41-1,6)	
Elimination huiles usagées	pas quantifiées	E (0,28-1,2)	pas de données récentes
Incendies divers	0,075-42	négligeables	
Véhicules	-	-	traité ailleurs
Mise en décharge de déchets solides ménagers (DSM)	150	M (0,23-0,59)	valeurs moyennes ; les lixiviats peuvent contenir des PCDD/PCDF
Compost de DSM	1,7	P	
Dragage	29	ne s'applique pas	valeurs moyennes
Utilisation ouvertes de substances chimiques			
• PCP	100-3000	E	pas de données concernant d'autres chlorophénols;
• autres pesticides	4,8-250	E	peu de données actuelles
Ecoulement des eaux de pluies	pas quantifiées	M	non quantifié, rejets de liquides peut-être significatifs
Nettoyage à sec	0,68-9,8	P (0,00090)	
PCB	0,31-0,38	M	pas de données TEQ
Total	1500-12000		

8.13 Inventaire Européen des Emissions

A présent, l'Union Européenne (UE) comprend 15 Etats Membres: l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, les Pays Bas, le Portugal, le Royaume-Uni et la Suède. En février 1993, dans le cadre du "5^e Programme Européen de Politique et d'Action", le Conseil des Ministres a fixé comme l'objectif politique la réduction des émissions de PCCD/PCDF dans l'environnement et dans les chaînes alimentaires de l'homme comme mesure de précaution. L'objectif final à atteindre est de réduire les émissions de PCDD/PCDF de 90 % jusqu'à l'année 2005 par rapport à l'année de référence 1985.

Afin d'identifier les sources de dioxines et de quantifier les rejets totaux de PCDD/PCDF au sein des Etats Membres, le Directorat Général (DG) XI a chargé l'Agence de l'Environnement de Rhénanie-du-Nord-Westphalie (LUA) d'effectuer un programme de recherche. Le programme a été lancé en 1994 et comprend deux étapes (LUA 1997):

- (1) Etape I: réunir les données sur les émissions de dioxines qui concernent la période de référence 1993-1995. En plus des informations sur les émissions dans l'atmosphère, les rejets de PCDD/PCDF dans l'eau, dans les sols et dans les résidus devraient aussi être considérés. Sur la base des informations disponibles les plus importantes lacunes au niveau des données devraient être identifiées ; et
- (2) Etape II: ces lacunes dans les connaissances devraient être comblées, en ce qui concerne les pays disposant de peu d'informations jusqu'ici, et aussi les procédés demandant à être mieux compris.

En 1997, le LUA a publié les résultats de l'Etape I, un programme de recherche de 2 ans sur les informations disponibles sur les émissions de PCDD/PCDF. Le rapport couvre les 15 Etats Membres de l'Union Européenne et considère aussi la Norvège et la Suisse. Les résultats de l'évaluation de 1997 qui se basent sur des documentations nationales, sont résumés au tableau 37.

Il faut noter cependant que des inventaires nationaux des inventaires sur les émissions établis peu après, ont abouti à des estimations différentes (p.ex. les émissions des IDSM en Allemagne, cf. paragraphe 9.5).

Un des plus importants résultats de l'étude du LUA était que les inventaires nationaux étaient loin d'être complets, bien que les connaissances sur les émissions de PCDD/PCDF en Europe aient été considérablement améliorées. Aucune information n'était disponible sur la situation dans les Etats Membres suivants: la Grèce, l'Irlande, le Luxembourg et le Portugal. Les données étaient particulièrement lacunaires au niveau de l'incinération des déchets solides ménagers en Italie et Espagne, et pour de nombreuses petites installations en France. Seul un petit nombre de pays ont fourni des informations sur des émissions non-atmosphériques, et elles ne concernaient qu'un nombre restreint de sources. En général, des facteurs d'émission n'ont pas été donnés.

Pendant l'Etape II du projet, quelques-unes des lacunes précitées seront comblées par le Programme Français National sur les Dioxines en cours et par une campagne d'analyse effectuée en Espagne. Une attention particulière sera portée sur les installations de frittage exploités en Belgique, Espagne, France, Italie et au Portugal. Il faut améliorer la base de données en ce qui concerne l'incinération des déchets hospitaliers, notamment quant au nombre et type d'usines, et pour les statistiques. Il est prévu d'effectuer des analyses dans le

cadre des travaux de l'Etape II en Espagne, au Danemark et en Pologne. On espère obtenir de cette façon une gamme de facteurs d'émission plus fiable pour ce procédé. D'autres sous-projets traiteront de la production de métaux non ferreux au Royaume-Uni. Finalement, les émissions issues de la combustion de bois et des véhicules fonctionnant avec du diesel, seront évalués.

Les informations dans le rapport du LUA seront présentées suivant les procédures SNAP (Selected Nomenclature for Atmospheric Pollutants = Nomenclature Sélectionnée des Polluants Atmosphériques) telles qu'elles ont été établie par le système CORINAIR (European Air Emission Data Base = Base de Données des Emissions dans l'Atmosphère en Europe).

8.13.1 Emissions dans l'Atmosphère

L'exploitation des documents de base fournis par les 17 pays de l'Europe a donné une valeur d'environ 3.300 g I-TEQ/a pour les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir des sources connues (cf. tableau 37). Cependant, une nouvelle évaluation des données utilisant des facteur d'émissions pour chaque type de procédé a été effectuée tenant compte de nouveaux paramètres tels que des techniques de réduction des émissions. Cette procédure d'évaluation a fourni une valeur de 5.800 g I-TEQ/a pour les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère pour les sources les plus pertinentes, qu'on estime être responsable de 90% des émissions totales. Ainsi, il a été possible d'estimer les émissions annuelles de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir de toutes les sources connues dans les 17 pays, à 6.500 g I-TEQ/a. Une comparaison des deux estimations de ces émissions pays par pays est présentée au tableau 38. On peut constater qu'il y a de grandes différences. Ceci n'est pas surprenant car pour quelques pays il n'existait quasiment pas, ou peu, d'informations. En outre, les sources d'informations ont beaucoup varié, allant des rapports complets basés sur un grand nombre de mesurées d'émissions, jusqu'à des estimations succinctes tirées de la littérature. Une autre complication ressort du fait que pendant ces dernières années des progrès techniques considérables ont été réalisées dans beaucoup de régions, ayant comme effet un changement rapide du niveau des émissions. Malgré cela, la nouvelle estimation doit encore être considérée comme assez incertaine à cause du manque de données détaillées et de la faible qualité de nombreuses données.

Sur la base du présent inventaire européen des émissions, établi par le LUA (LUA 1997),

62 % des émissions de PCDD/PCDF sont dues aux:

- * Incinérateurs de déchets solides ménagers
- * Installations de frittage
- * Incinérateurs de déchets hospitaliers, et
- * Installations de l'industrie des métaux non ferreux.

38 % des émissions de PCDD/PCDF sont presque entièrement dues à des sources non industrielles telles que:

- * Les chauffages domestiques, notamment la combustion du bois
- * Les incendies accidentels, et
- * La circulation (surtout quand de l'essence contenant du plomb est utilisée)

La légende du tableau 37

Code de catégorie	Groupes des sources des émissions inclus
01	
02	Combustion domestique dans des chaudières, les fourneaux, et les cheminées (Matériaux utilisés: bois, charbon/lignite)
03	Combustion dans des chaudières industrielles, turbines à gaz, machines stationnaires, installations de frittage, production de cuivre, aluminium, zinc (seconde fusion), ciment, chaux, récupération de métaux à partir des câbles
04	Aciéries électriques, fonderies des métaux non ferreux, frittage des matériaux spéciaux et installations de décrassage; fourneaux à coke, aussi la production du chlore (bichlorure d'éthylène, PVC), pâte de cellulose et papier
06	Préservation du bois, finissage des textiles
07	
08	
09	Incinération des déchets ménagers, incinération de déchets spéciaux, incinération de déchets hospitaliers, crématoires, épandage des boues
12	Incendies de bâtiments, véhicules et feux de décharge (n'a pas fait partie des sous-groupes CORINAIR initialement)

Un examen plus détaillé des données, p.ex. celles de l'Allemagne, donne un flux total de 160,7 g I-TEQ/a pour l'élimination des déchets. De cette valeur, 157,2 I-TEQ/a ont été attribués à l'incinération des déchets solides ménagers pendant la période de référence 1993-1995. Pour l'année 1997,

Pour l'année 1997, La prédiction du LUA pour l'année 1997, quand tous les IDSM devront conformer à la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³, le LUA prévoit que ce chiffre sera de 5,6 g I-TEQ/a (LUA 1997).

o

Tableau 37: Données nationales: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne (g I-TEQ/a)

Cat. des sources Code	Product° d'énergie 01	Combust° n. indust. 02	Indust. de product° 03	Procédés de production 04	Utilisat° solvants 06	Circulation routière 07	Sources mobiles 08	Traitement/éli- minat° déchets 09	Agriculture, Silviculture 10	Nature 11	Incend ies 12	Total
A	0,1	15,1	11,8					0,2		0,02		27
B	2,3	122,2	221,8	8,0	25,0	1,7		343,9	0,1		1,9	727
CH	0,8	0,7	2,7	10,6	2,7	0,8	0,1	154,0			9,1	182
D	3,6	14,5	215,0	121,5		3,8		160,7			81,0	600
DK	2,0	1,1	1,5	7,5		0,2		30,3				43
E	3,9	43,9	67,5	18,0				0,6				134
F			457,5					163,4				621
FIN	0,5	1,1	0,5	15,7		3,6		3,2				25
L			26,8	2,4				0,1				29
N			37,3	4,8				2,8				45
NL	3,0	11,3	33,7	3,3	25,1	2,1	0,6	8,8	0,3			89
S	0,6	5,1	14,3	3,6		0,6	0,8	3,5			7,9	36
UK	10,7	32,0	82,7	12,8	0,3	6,1		568,4		2,2		715
Somme	27,5	247,0	1173,1	208,2	53,1	19,0	1,5	1440,0	0,4	2,2	99,9	3273

Sigles des pays: A = Autriche B = Belgique CH = Suisse D = Allemagne DK = Danemark E = Espagne F = France
FIN = Finlande L = Luxembourg N = Norvège NL = Pays Bas S = Suède UK = Royaume-Uni

Tableau 38: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne - Comparaison des résultats des rapports nationaux avec les valeurs de la nouvelle estimation du LUA ; années de référence 1993-1995 (g I-TEQ/a) (Quaß *et al.* 1998)

Pays	Rapports nationaux	Estimation révisée par LUA
Autriche	29	121
Belgique	727	484
Danemark	43	50
Finlande	25	69
France	621	1119
Allemagne	600	840
Grèce	pas de données	122
Irlande	pas de données	33
Italie	pas de données	1050
Luxembourg	29	50
Pays Bas	89	117
Norvège	45	41
Portugal	pas de données	127
Espagne	134	327
Suède	36	89
Suisse	182	183
Royaume-Uni	715	928
Total	3273	5750

Une évaluation de l'estimation révisée des émissions a révélé que quelques catégories de sources sont prépondérantes dans l'inventaire européen des dioxines. Pendant la période de référence 1993-1995, l'incinération des déchets ménagers a joué le rôle prédominant, suivi par les installations de frittage (cf. tableau 39). Des tendances à la baisse importantes ont été identifiées pour deux catégories de sources: beaucoup de pays sont en train de mettre fin à l'utilisation de l'essence contenant du plomb ce qui entraîne une réduction des émissions de dioxines à partir de ce secteur. La plus grande baisse dans le présent inventaire peut être attendue pour l'incinération de déchets ménagers; tandis que l'estimation révisée a fourni une valeur de 1.467 I-TEQ/a pour la période de référence 1993-1995, les IDSMS en Europe seront à l'origine de seulement 20 g I-TEQ/a s'ils se conforment tous à la valeur limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ tel qu'il a été proposé dans un projet de loi de la Commission Européenne (EU 1998).

Tableau 39: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans la Communauté Européenne - Les plus importantes sources pendant les années de référence 1993-1995, estimation révisée du LUA (g I-TEQ/a) (Quaß *et al.* 1998)
FE = Facteur d'émissions, TA = Taux d'activité

Type de source	PCDD/PCDF g I-TEQ/a)	Remarques	Incertitude FE / TA
Incinération de déchets ménagers	1467 + 174	Tendance à diminuer Brûlage illégal de déchets ménagers	Faible/ Faible
Installations de frittage	1010 +115	Installations de frittage pour la récupération des matériaux	Moyenne / Faible
Combustion domestique de bois	945	L'utilisation de bois contaminé est incertaine	Moyenne / Grande
Incinération de déchets hospitaliers	816	Peu de données et de statistiques sur les usines	Grande / Grande
Préservation du bois	381	De matériaux traités par PCP	très grande / très grande
Incendies	380	Basé sur une seule référence	très grande / très grande
Métaux non ferreux	136	Cu, Al, Zn	Moyenne / Faible
Circulation routière	111	Surtout de l'essence contenant du plomb ; tendance à diminuer	faible/faible

8.13.2 Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau et les produits résiduels

Apparemment, l'information est beaucoup plus fragmentaire au sujet des émissions de PCDD/PCDF dans les eaux usées et les produits résiduels/déchets de procédés. Quelques uns des documents nationaux consultés donnent des estimations sur ces émissions qui s'élèvent à une valeur totale de 3'500 g I-TEQ/a dans le cas des produits résiduels et à environ 20 g I-TEQ/a pour les eaux usées. Ces deux valeurs doivent être considérées avec prudence car il n'y a pas à présent de données disponibles pour un très grand nombre de sources. Les émissions par les eaux usées semblent jouer un rôle négligeable par rapport aux émissions atmosphériques et aux émissions par des produits résiduels. Selon ces résultats, les émissions totales dans l'atmosphère et à travers les produits résiduels envoyés en décharge ou placés dans d'autres réservoirs, sont estimées être du même ordre de grandeur. A cause du manque de facteurs d'émission et de taux d'activité valables, il n'a pas été possible, pour tous les pays, de recalculer les émissions par les eaux usées et par les produits résiduels.

8.13.3 Conclusions

Comme il est indiqué par la grande variation des valeurs de rejet, allant d'environ 1.300 à 20.000 g I-TEQ/a pour des émissions dans l'atmosphère, et de 500 à 9.000 g I-TEQ/a pour des émissions par des produits résiduels, l'incertitude globale des estimations d'émissions inventoriées est généralement assez importante. En plus, la qualité des informations mises à la

disposition par des instituts nationaux respectifs varie considérablement, surtout quant au nombre de sources prises en compte et à l'étendu du programme d'analyses effectué. Le plus grand nombre de données concerne les émissions dans l'atmosphère; la situation est beaucoup moins favorable en ce qui concerne d'autres voies de transfert des PCDD/PCDF dans l'environnement. En particulier, des mesures des concentrations de PCDD/PCDF dans des matériaux résiduels ne sont souvent pas disponibles; des informations sur les quantités et le destin des déchets issus des procédés de production sont rares. Concernant les plus importantes sources d'émissions dans l'atmosphère, il y a toujours des lacunes dans les données et ainsi des incertitudes considérables dans les estimations des émissions:

Incineration des déchets ménagers: Les plus grandes lacunes concernent les usines situées en Espagne et en Italie, où aucune donnée n'était disponible. En plus, il n'existe pas de données concernant les émissions pour le grand nombre de petites installations d'incineration (capacité <3 t/h) fonctionnant en France. Néanmoins, l'estimation des émissions est considérée comme étant assez fiable.

Installations de frittage des minerais de fer: Les émissions de PCDD/PCDF dans le cas d'environ 10 à 15 installations de frittage ont été mesurées pendant les dernières années et les résultats sont plus ou moins comparables. Cependant dans quelques cas des concentrations détectées dans les gaz ont été assez élevées (20 fois plus élevées), une observation inattendue. Par conséquent, il devient urgent d'obtenir des données supplémentaires et fiables de toutes les autres usines. Il a été montré que l'inventaire global européen est très sensible à ce type de valeur aberrante.

Incineration des déchets hospitaliers: La difficulté principale liée à l'estimation des émissions de dioxines vient du fait qu'il n'existe pas de données statistiques cohérentes sur la quantité de déchets hospitaliers incinérés. Apparemment, il n'y a que des données globales d'émission, sans spécification. En plus, il n'existait pas d'informations sur le nombre des installations en fonctionnement actuellement, ni sur les technologies utilisées. Il est connu que dans quelques pays (p.ex. en Allemagne, aux Pays Bas) des petites installations internes ont été arrêtées au début des années 1990. Le petit nombre de valeurs d'émission mesurées montre qu'il y a une large gamme de facteur d'émission. Pour ce secteur, donc, l'incertitude liée à l'estimation des émissions est très élevée. Il est fortement recommandé que des travaux supplémentaires soient entrepris afin d'améliorer la base de données.

Industrie des métaux non ferreux: Parmi le grand nombre d'installations de production dans ce secteur, les usines où des métaux sont récupérés à partir de matériaux secondaires, sont d'un intérêt particulier, notamment en Belgique, France, Espagne, Italie et au Royaume-Uni. Des facteurs d'émission actuels ont été calculés à partir de données rassemblées en Suisse, en Allemagne et aux Pays Bas, et ne sont peut-être pas applicables dans d'autres pays. Comme les émissions de dioxines peuvent varier considérablement en fonction de la technologie appliquée (p.ex. dans le cas des fours à cubilot - air chaud ou froid) l'emploi de données statistiques pures, sans tenir compte de la technologie utilisée, conduirait à des erreurs additionnelles dans l'estimation de l'émission. De surcroît, aucune information n'a pu être trouvée sur le nombre de sites de récupération de câbles. Comme cette source d'émission peut avoir un impact considérable localement, une meilleure connaissance des emplacements de ces installations est indispensable, ainsi que des mesures de leurs émissions. Dans des pays comme l'Allemagne, le recyclage thermique des câbles a été arrêté il y a environ dix ans.

Combustion de bois par les habitants: Ce secteur est toujours assez flou, surtout en ce qui concerne la quantité et la composition du bois brûlé dans les foyers. L'étendu de l'utilisation

de la co-combustion est presque totalement inconnu, et devrait être étudié par une approche empirique car cette pratique peut considérablement influencer les émissions de PCDD/PCDF des fours et des feux de cheminée.

Incendies: Il est bien connu que des PCDD/PCDF peuvent être formés pendant les incendies accidentelles de bâtiments, d'équipement, et de véhicules; cependant une prévision des concentrations des émissions ne peut être que très incertaine. Les facteurs d'émissions déduits jusqu'ici, à partir de quelques expériences doivent être considérés comme peu sûrs. Des résultats obtenus pendant des incendies réelles ont montré que très souvent les concentrations de dioxines sont surestimées dans des expériences de laboratoire et à l'échelle pilote. Généralement, les statistiques des incendies ne comprennent pas de données sur la masse et la composition des matériaux brûlés; ces données ne peuvent qu'être estimées approximativement. Une amélioration de la situation est considérée comme presque impossible et exigerait de grands efforts; le LUA n'a donc pas fait de recommandations pour améliorer encore la base de données.

Circulation routière: Selon les données disponibles, c'est surtout la combustion des carburants contenant du plomb qui est à l'origine des émissions de PCDD/PCDF dans la circulation routière. Pour cette raison, de tels carburants jouent un rôle uniquement dans les pays où ils sont encore utilisés. Sur la base de facteurs d'émission déduits de diverses investigations, il a été possible d'estimer les émissions annuelles de cette catégorie de source avec une précision acceptable. Pourtant, dans la littérature scientifique, de nombreuses publications sont concernées par la question d'émissions possibles de PCDD/PCDF à partir des moteurs diesel des poids lourds; apparemment, des travaux supplémentaires sont nécessaires afin d'obtenir plus de données fiables.

8.14 Inventaire européen des émissions atmosphériques

L'Institut Néerlandais de Sciences Environnementales, de Recherche sur l'Energie et d'Innovations au niveau des Procédés (TNO) à Apeldoorn a publié "L'Inventaire Européen des Emissions Atmosphériques de Métaux lourds et de Polluants Organiques Persistants en 1990" au nom de l'Office de l'Environnement (UBA) en Allemagne (UBA 1997). Ce rapport présente les résultats d'un projet pour inventorier les rejets de métaux lourds et de polluants organiques persistants en 1990. Il se base sur les données communiquées à l'OSPARCOM, à l'HELCOM et à la convention LRTAP par les membres. L'inventaire inclut tous les pays de l'Europe sauf les trois pays caucasiens et la Turquie (au total 38 pays) et a été établi sur la base des soumissions officielles faites par les pays, et des valeurs d'émissions supplémentaires par défaut estimées par le TNO.

La liste des substances chimiques du rapport comprend entre autres les polychlorodibenzo-*p*-dioxines et les polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF). Des estimations d'émission par défaut ont été préparées et intégrées à l'inventaire, pour les pays, pour les sources, ou pour les substances manquantes dans les soumissions officielles. L'inventaire couvre pratiquement toute l'Europe et les résultats de l'inventaire sont disponibles sous forme d'une grille EMEP de 50x50 km² à des fins de modélisation. L'intention du rapport est de constituer un premier pas en vue de l'inventaire européen des émissions, CORINAIR95. De la même manière que le rapport LUA sur l'inventaire des émissions de dioxines (LUA 1997), les sources sont catégorisées selon les catégories SNAP.

Le rapport TNO présente les résultats de l'inventaire sous forme de tableaux, de cartes et de

figures pour tous les composés étudiés. Ici, seuls les résultats qui concernent les PCDD/PCDF sont résumés. Les résultats sont un mélange de données communiquées officiellement par les pays, et des estimations d'émission par défaut du TNO, car tous les pays n'ont pas été en mesure de fournir des informations complètes sur les catégories des sources et sur les substances. La base de données d'émission par défaut a été élaborée pour l'année de référence 1990.

En principe, les émissions de PCDD/PCDF par catégorie des sources ont été estimées pour chaque pays en multipliant le taux d'activité de la source (p.ex.: tonnes de ciment produit) avec un facteur d'émission (p.ex.: mg I-TEQ émis par tonne de ciment produit). Un grand nombre de manuels et de statistiques officielles ont été consultés afin de déterminer les taux d'activité des secteurs SNAP pertinents à ce projet, et qui ont été appliqués dans cet inventaire.

Les facteurs d'émission par défaut ont été appliqués uniformément à travers l'Europe pour la plupart des catégories-----à cause d'un manque de données détaillées et fiables plutôt que par un choix voulu. Dans la base de donnée de validation, les différences dans les facteurs d'émission par défaut entre des régions et des pays, se basent sur des différences à la fois dans les techniques, et dans les systèmes de réduction d' émissions.

Pour déterminer les émissions totales des 38 pays européens, l'Europe a été divisée en trois groupes: le Nord-ouest (avec l'Italie), le Sud (sans l'Italie) et le Centre et Est. Le tableau 40 montre la répartition des différents pays entre les trois groupes.

Tableau 40: Classification des pays dans trois groupes pour assigner les facteurs d'émissions

Région	Pays
Le nord-ouest de l'Europe	Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse
Le sud de l'Europe	Chypre, Espagne, Grèce, Portugal
Le centre et l'est de l'Europe	Albanie, Biélorussie, Bosnie et Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Estonie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, ancienne République Yougoslave de Macédoine, Moldavie, Pologne, Roumanie, Fédération Russe, Slovénie, République Slovaque, République tchèque, Ukraine, Yougoslavie (Serbie et Monténégro)

Les facteurs d'émission par défaut pour les PCDD/PCDF ont été déterminés en fonction du secteur et de la région. Comme on peut voir au tableau 41, il n'y a pas de distinction entre les régions, sauf pour l'incinération de déchets ménagers. En d'autres termes, les mêmes facteurs d'émission ont été appliqués à une industrie donnée, sans distinction de pays. Donc, il a été supposé qu'il n'existe pas de différence quant aux technologies appliquées à travers l'Europe en 1990. En ce qui concerne l'incinération des déchets solides ménagers, un facteur d'émission plus petit de 40 mg I-TEQ/kton (kton = 10³ tonnes) déchets incinérés n'a été adopté que pour les pays de l'Europe de l'Ouest; pour toutes les autres régions on a adopté un facteur d'émission de 150 mg I-TEQ/kton déchets incinérés. Un facteur d'émissions de 40 mg I-TEQ/kton correspond à une concentration d'émission dans la fumée de 8 ng I-TEQ/m³, et un facteur de 150 mg I-TEQ/kton à une concentration de 40 ng I-TEQ/m³. La concentration

limite de 0,1 ng I-TEQ/m³ établie par beaucoup de pays pour l'incinération des déchets solides ménagers, mènerait à un facteur d'émission de 0,5 mg I-TEQ/kton.

Pour l'année 1990, il y a peu de valeurs disponibles pour les industries de métaux ferreux et non ferreux, ainsi que pour des crématrices *etc.* Pour cette raison, les estimations faites par le TNO ne peuvent pas être vérifiées à l'aide des valeurs obtenues expérimentalement. Néanmoins, les rapports entre les différents secteurs ne peuvent guère être confirmés avec les connaissances d'aujourd'hui. A titre d'exemple, il est difficile à comprendre que les IDSM les plus avancés émettent en moyenne huit fois plus de dioxines que les installations de frittage (sur la base de toutes les usines existantes). En plus, il est bien connu que l'industrie du cuivre est bien plus susceptible de générer des dioxines que celle du plomb. Jusqu'à présent, des PCDD/PCDF n'ont pas été détectés dans des émissions de la combustion de kérosène.

Les émissions totales de PCDD/PCDF sont résumées au tableau 42. Pour l'année de référence 1990, le calcul a donné des émissions totales de PCDD/PCDF de 11.300 g I-TEQ. Les émetteurs majeurs étaient des procédés stationnaires de combustion qui se sont chiffrés à 4.300 g I-TEQ/a. L'incinération des déchets était la plus grande source unique (2.660 g I-TEQ/a). La contribution à tout l'inventaire de chaque pays est présentée au tableau 43.

Les sommes des émissions se trouvent au tableau 44. Quant aux Etats Membres de l'OSPARCOM (15) et de la CE (15), les secteurs accusant les émissions de PCDD/PCDF les plus élevées sont avérés être l'incinération de déchets ménagers, la combustion de houille et d'autres combustibles ainsi que les procédés de combustion dans les installations de frittage. Dans le cas des pays de l'HELCOM et de l'Europe Centrale ainsi que ceux de l'Est, la combustion de houille a été identifiée d'être l'élément responsable de la plus grande partie des émissions de tout l'inventaire, suivi par les installations de frittage et l'industrie du cuivre.

L'inventaire européen TNO des émissions a été établi pour une grande gamme de composés, de métaux lourds et de substances organiques, et fait un grand nombre de généralisations. Des facteurs d'émission ont été déterminés sans tenir compte des différences au niveau de la technologie. Même en ce qui concerne les émissions de PCDD/PCDF, pour lesquelles beaucoup de mesures sont disponibles et où presque toutes les catégories de sources potentielles ont fait l'objet d'analyses pour leurs émissions à l'air, la méthodologie appliquée ici semble trop grossière et les données trop anciennes pour refléter la véritable situation aujourd'hui. Le document devrait être utilisé pour se faire une idée générale sur un grand nombre de substances chimiques, et sur des pays pour lesquels il n'y a pas de données disponibles. Pour établir un inventaire national de dioxines, il vaut mieux se servir des expériences d'autres pays et de leurs inventaires.

Tableau 41: Facteurs d'émissions par défaut des PCDD/PCDF, spécifiques aux régions
 Les facteurs d'émissions sont donnés en mg I-TEQ/kton ou en µg I-TEQ/t
 NO = la partie Nord-Est de l'Europe ; S = Europe du Sud,
 C+E = Europe Centrale et de l'Est

Domaine	Description	NO	S	C+E
Transformation lignite	tous les types de lignite	0,10		
Transformat° fuel	fuel léger	1,0		
Transformat° fuel	fuel lourd, pétrole brut	1,0		
Transformation houille	tous les types de houille	0,10		
Transformat° autres combustibles	autres combustibles solides	0,10		
Transformat° autres combustibles	tourbe	0,10		
Sources de petites unités de combustion – lignite	briquettes lignite	10		
Scs pts unit. comb. – lignite	lignite, cokes de lignite	10		
Scs pts unit. comb. – fuel.	fuel léger	1,0		
Scs pts unit. comb. – fuel.	fuel lourd, pétrole brut	1,0		
Scs pts unit. comb. – houille	tous les types de houille	10		
Scs pts unit. comb. – autres comb.	autres combustibles solides	10		
Scs pts unit. comb. – autres comb.	tourbe	10		
Scs pts unit. comb. – autres comb.	bois	5,0		
Industrie – lignite	tous les types de lignite	1,0		
Industrie – fuel	fuel léger	1,0		
Industrie – fuel	fuel lourd, pétrole brut	1,0		
Industrie – houille	tous les types de houille	1,0		
Industrie - autres combustibles	autres combustibles solides	1,0		
Industrie - autres combustibles	tourbe	1,0		
Industrie - autres combustibles	bois	1,0		
Fourneaux à arc		2,0		
Installations de frittage		5,0		
Cu	seconde fusion	20		
Pb	seconde fusion	20		
autre combust° - liée au transport	gas-oil	1,0		
autre combust° - liée au transport	fuel lourd, carburants spéciaux	1,0		
autre combust° - liée au transport	kérosène	1,0		
autre combust° - liée au transport	moteur à essence	1,0		
Incinération des déchets	déchets ménagers	40	150	

Tableau 42: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère en 1990, pour 38 pays européens (UBA 1997). Flux en g I-TEQ/a

Total	11300		
Combustion sur place	4300	Procédés de production	3630
Electricité publique, chauffage urbain	594	Fer et acier	1960
Electricité publique etc. - lignite	48,2	Production de coke	5,43
Electricité publique etc. - houille	48,1	Fonte brute	16,8
Electricité publique etc. - fuel	136	Fours Martin	7,93
Electricité publique etc. - autres fuels	361	Convertisseur à soufflage d'oxygène	19,4
Combustion - commerce, institutions, domestique	2450	Four à arc	287
Commercial etc. - lignite	381	Installations de frittage	1650
Commercial etc. houille	1440	Fonderies	4,00
Commercial etc. - fuel	156	Industrie des métaux non ferreux	1610
Commercial etc. - autres fuels	471	Al	37,8
Combustion industrielle	1270	Cu	1500
Combustion industrielle - lignite	82,1	autres métaux non ferreux	14,4
Combustion industrielle - houille	633	Pb	18,0
Combustion industrielle - fuel	332	Zn	30,0
Combustion industrielle - autres fuels	219	Industrie chimique organique	
Utilisation de solvants	3,40	ici: product° hydrocarbures halogénées	0,240
Préservation du bois	0,400	Pâte à papier (procédé Kraft)	0,100
Transport routier	73,1	Industrie papetière	4,50
Autres sources mobiles et machines	63,0	Asphaltage des routes	1,00
Traitement/élimination de déchets	2710	Cimenteries	19,1
Incinération de déchets	2660	Verreries	0,403
Décharges	19,9	Nature	210
Crématoires	23,1		

Tableau 43: 38 pays européens: Emissions de PCDD/PCDF par pays en 1990 (UBA 1997).
Flux en g I-TEQ/a

Pays	Flux/a	Pays	Flux/a
Albanie	12,1	Irlande	43,9
Autriche	84,8	Islande	0,553
Belgique	616	Italie	583
Bulgarie	154	Lituanie	23,0
Bosnie et Herzégovine	7,13	Luxembourg	27,6
Biélorussie	106	Lettonie	13,5
Suisse	242	Moldavie	22,7
Chypre	1,02	ancienne République Yougoslave de Macédoine	4,90
République tchèque	224	Pays Bas	505
Allemagne	1196	Norvège	38,7
Danemark	70,6	Pologne	359
Espagne	134	Portugal	17,4
Estonie	17,7	Roumanie	1500
Finlande	53,3	Fédération Russe	1412
France	1636	République Slovaque	43,0
Royaume-Uni	881	Slovénie	5,99
Grèce	25,4	Suède	83,5
Croatie	12,9	Ukraine	877
Hongrie	167	Yougoslavie (Serbie et Monténégro)	112
		Total Europe	11314

Tableau 44: Emissions de PCDD/PCDF réunies ; année de référence 1990. Flux en g I-TEQ/a

	Flux/a
OSPARCOM (15) Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Islande, Irlande, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse	5840
HELCOM (9) Allemagne, Danemark, Estonie, Finlande, Lettonie, Lituanie, Pologne, Fédération Russe, Suède	3230
CE (15) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède	6250
Le centre et l'est de l'Europe (19) Albanie, Biélorussie, Bosnie et Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Estonie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, ancienne République Yougoslave de Macédoine, Moldavie, Pologne, Roumanie, Fédération Russe, République slovaque, Slovénie, République tchèque, Ukraine, Yougoslavie (Serbie et Monténégro)	5070

9 INVENTAIRES DES DIOXINES DU CONTINENT AMERICAIN

9.1 Canada

Dans le cadre du mandat confié à une commission sur les dioxines et furannes (Federal/Provincial Task Force on Dioxins and Furans), pour établir un inventaire des sources de rejets au Canada, un rapport a été publié en Janvier 1999 (Environment Canada 1999). Ce rapport d'inventaire a eu pour but d'assister le Comité Fédéral/Provincial Consultatif, dans le contexte d'une loi canadienne pour la protection de l'environnement (CEPA-FPAC), à identifier les secteurs prioritaires pour le développement des mesures de prévention ou de réduction des émissions de dioxines et de furannes (et d'hexachlorobenzène, HCB). L'objectif final est l'élimination virtuelle de ces substances toxiques. Ce rapport d'inventaire couvre les sources connues dues à l'homme, connues pour être à l'origine des émissions continues (ou occasionnelles) de PCDD/PCDF. Les résultats sont résumés dans les tableaux 45 à 49. Le rapport couvre les émissions dans l'atmosphère, l'eau, les sols et à travers des produits.

Entre 1990 et 1997 une réduction de 18 % des émissions atmosphériques a été observée. Pour l'année 1999, il est prévu que les émissions diminueront encore de 25 %, le résultat des améliorations annoncées au niveau des installations industrielles ou des fermetures d'installations; ceci apportera une diminution globale de 43% par rapport à l'année de base 1990. Un nombre de secteurs prioritaires ont été identifiés et des mesures d'amélioration ont été initiées. Au tableau 45 sont indiquées les rejets à partir des sources particulières qui ont déjà été identifiées.

Actuellement, l'incinération des déchets solides ménagers est le secteur le plus important pour les émissions au Canada. Il y a aujourd'hui neuf grands incinérateurs de déchets ménagers en fonctionnement au Canada (66,9 g I-TEQ/a - 23,1 % du total). Huit de ces usines ont fait l'objet d'analyses de fumées pour les PCDD/PCDF; les émissions du dernier ont simplement été estimées. Des 66,9 g I-TEQ/a d'émissions totales, 66,9 g I-TEQ/a sont dus à une seule usine à Lévis, Québec. Cette usine est l'objet d'améliorations qui seront terminées à l'automne 1998, ce qui devrait réduire les émissions de dioxines/furannes à 0,08 g I-TEQ/a. En 1999, on s'attend à ce que l'ensemble des émissions de PCDD/PCDF pour ce secteur s'abaisse à 5,1 g I-TEQ/a. Les concentrations mesurées ont varié de 0,0057 à 390 ng I-TEQ/m³. En 1997, 9,4 % sont issus de petits incinérateurs de déchets ménagers. Tous les petits incinérateurs de déchets ménagers en Colombie Britannique seront fermés et remplacés par d'autres installations avant la fin 1998. La troisième catégorie des incinérateurs de déchets ménagers au Canada est celle des incinérateurs à température modérée Teepee (il y en a 45) situés en Terre-Neuve. Les émissions sont estimées à 74,5 g I-TEQ/a pour l'année 1997. Il faut noter qu'aucune de ces installations n'a été testée; l'estimation se base sur des facteurs d'émission tirés de la littérature.

La combustion de bois par les habitants est un autre secteur important; sa contribution à l'inventaire total de PCDD/PCDF est estimée à 12 %. Concernant ces deux secteurs, la Commission travaillant sur les dioxines a recommandé l'identification de technologies permettant une réduction des concentrations de PCDD/PCDF dans les installations existantes. En plus, des objectifs et des délais réalisables devront être fixés pour être appliqués aux

nouveaux incinérateurs de déchets ménagers et aux installations récentes de combustion domestique du bois.

Il y a deux installations de frittage en Ontario; une a été testée pour ses émissions de PCDD/PCDF (5,6 ng I-TEQ/m³). Les émissions actuelles des industries du fer et de l'acier devront être confirmées. Il existe 13 usines d'acier (four à arc) au Canada: Jusqu'à présent, les concentrations de PCDD/PCDF dans les fumées n'ont pas été déterminées. Afin d'établir l'inventaire, des facteurs d'émission provenant de l'Europe ont été appliqués. Il a été recommandé que les exploitations canadiennes soient obligées d'effectuer des tests représentatifs de cette source de PCDD/PCDF.

En 1995, une expertise de tous les incinérateurs de déchets hospitaliers a révélé qu'il existait 219 incinérateurs au Canada où des déchets biomédicaux étaient brûlés. Des analyses de PCDD/PCDF ont été effectuées sur six incinérateurs représentatifs en Ontario et, sur la base des quantités de déchets brûlés, les résultats de cette étude ont été extrapolés à toutes les usines du Canada. Les émissions de PCDD/PCDF à partir des incinérateurs de déchets hospitaliers au Canada ont été estimées à 8,3 g I-TEQ/a en 1995. Depuis 1995, un certain nombre d'incinérateurs de déchets hospitaliers ont été mis hors de service, réduisant ainsi le nombre d'incinérateurs de ce type à 160, et les émissions totales à 2,5 g I-TEQ/a. Il est prévu d'arrêter tous les incinérateurs de déchets hospitaliers en Colombie Britannique avant décembre 1998. Cela veut dire que les émissions à partir de ce secteur seront réduites davantage.

Il y a une seule source en Colombie Britannique où du bois utilisé dans l'industrie papetière est stocké dans de l'eau salée avant la combustion. Les émissions dues à ce secteur ont été estimées à 10,5 g I-TEQ/a en 1997.

En ce qui concerne les rejets dans l'eau, la comparaison des données de 1997 avec celles de 1990 fait ressortir une réduction de 99 %. Ceci est le résultat de l'adoption et de l'implémentation de la réglementation sur l'industrie de la pâte et du papier. Les rejets dans les eaux usées de l'industrie papetière ont diminué en dessous de la limite "non détectable", étant donc en ligne avec la réglementation qui demande effectivement l'élimination de ces substances. Pour ce secteur, il n'y a pas de recommandations d'entreprendre encore des travaux pour réduire les émissions dans l'eau. Les émissions dans l'eau sont présentées au tableau 46. Avant l'adoption de la réglementation par l'industrie papetière en 1992, les PCDD/PCDF dégagés dans des effluents dans ce secteur se chiffraient à environ 450 g I-TEQ/a. Le plus récent rapport sur la situation dans ce secteur indique un taux de rejet aujourd'hui de 5 g I-TEQ/a. Les émissions de PCDD/PCDF dans le secteur de la pâte de cellulose/du papier sont basées sur un inventaire datant de l'année 1995. La part importante de l'industrie papetière en Colombie Britannique est due aux caractéristiques des eaux usées venant des usines côtières. Ces eaux ont des concentrations plus élevées de certains homologues. La répartition des différents congénères est liée à manière d'opérer les chaudières qui traitent les liqueurs salées, et dont les cendres résiduelles partent à la station d'épuration. Il y a aussi des indications sur cette répartition observée en rapport avec le dépulpage des copeaux de bois traité avec du pentachlorophénol. Ces activités n'ont pas trouvé d'équivalent dans les usines de pâte à papier situées à l'intérieur de la Colombie Britannique, ni ailleurs. Les circonstances particulières des usines côtières de l'industrie papetière expliquent pourquoi les rejets en Colombie Britannique dépassent les quantités auxquelles on pourrait s'attendre d'après le volume de leur production.

Des émissions de PCDD/PCDF directement dans les sols sont à attendre à cause de

l'utilisation de pesticides, et à l'épandage des boues d'épuration. Le Service Régulateur pour la Gestion des Pesticides (Pest Management Regulatory Agency = PMRA) est en train de quantifier les rejets dus à l'application des pesticides. Les boues d'épuration ont été identifiées comme étant une source de PCDD/PCDF, mais les rejets dans les sols n'ont pas encore été quantifiés. Quelques études indiquent que ceci pourrait être préoccupant. Une autre source est le bois traité pendant son utilisation (poteaux électriques, traverses de chemins de fer, etc.). Les résultats sont réunis au tableau 47.

Des PCDD/PCDF retrouvés dans des produits qui pourraient être à l'origine des rejets dans des sols peuvent se trouver dans des cendres issues de la combustion du bois salé en Colombie Britannique et dans le bois traité qui est ensuite éliminé. Les quantités totales n'ont probablement pas changé entre 1990 et 1999 (cf. tableau 48). L'industrie papetière en Colombie Britannique a mesuré les quantités et les concentrations de PCDD/PCDF dans les cendres produites dans ces chaudières. Les concentrations de PCDD/PCDF dans ces cendres ont varié entre 0,009 et 3,7 ng I-TEQ/g cendres. Dans deux cas, les cendres sont placées dans un bassin de décantation, et dans huit cas elles sont envoyées en décharge. La formation des PCDD/PCDF est due au fait que le bois utilisé est stocké dans de l'eau salée avant la combustion. Ce problème est propre à la Colombie Britannique; le phénomène n'a pas été observé dans les usines à la côte orientale.

Tableau 45: Canada: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère de trois années différentes. Flux en g I-TEQ/a

	1990	1997	1999*	Initiative/Remarques
Incinération des déchets ménagers	204	152	82,2	CCME GL
Combustion de bois (domestique)	35,7	35,7	35,7	
Production de fer: Installations de frittage	42,9	42,9	23,5	Arrêt d'Algoma, Ontario (98/6)
Pâte de cellulose/papier: Chaudières où du bois salé est brûlé	10,5	10,5	10,5	Colombie Britannique, possibilités de réduction d'émission à l'étude
Acier: four à arc	9,1	10,2	10,2	
Combustion diesel (circulation)	8,7	8,7	8,7	
Combustion de fuel (résidentielle)	7,0	7,0	7,0	
Production d'énergie électrique	3,4	4,6	4,6	
Combustion déchets de bois (scierie et usines de pâte et papier)	4,4	4,4	4,4	
Cimenteries	2,6	2,8	2,8	CCME GL
Incinérateurs d'hôpital	8,3	2,5	2,5	CCME GL
Production chimique (émissions dans l'atmosphère)	2,2	2,0	0,3	
Poteaux électriques en utilisation	1,9	1,9	1,9	préservation de bois
Usines de préservation de bois	1,8	1,8	1,8	préservation de bois
Incinérateurs de déchets spéciaux	2,1	1,3	0,8	CCME GL, une usine à Alberta arrêtée définitivement en 1998
Pâte de cellulose/papier: Chaudières liqueurs noires (procédé Kraft)	0,7	0,7	0,7	
Incinérateurs fédéraux	1,3	0,6	0,6	
Fonderies d'acier: four à arc	0,4	0,5	0,5	
Incinérateurs de boue d'épuration	0,3	0,3	0,3	
Fusion de métaux de base	0,1	0,1	0,1	
Pb (seconde fusion)	0,1	0,1	0,1	
Incinération de déchets biomédicaux	4,9	0,0	0,0	
Raffineries de pétrole (à suivre)				
Total	353	290	199	

* Les chiffres de l'année 1999 sont des prévisions. Les chiffres en gras sont des secteurs prioritaires

Tableau 46: Canada: PCDD/PCDF dans des eaux usées

	Emissions annuelles (g I-TEQ/a)			Valeur limite
	1990	1997	1999	
Pâte de cellulose/papier - eaux usées	450,0	4,7	4,7	pour 2,3,7,8-TCDD <15 pg/l pour 2,3,7,8-TCDF <50 pg/l
Production chimique	3,7	0,0	0,0	
Boue d'épuration (à suivre)				
Total	454	5	5	

Tableau 47: Canada: PCDD/PCDF dans les sols

Secteur	Emissions annuelles (g I-TEQ/a)		
	1990	1997	1999*
Poteaux électriques- en utilisation	9	9	9
Traverses de chemins de fer - en utilisation	164	164	164
Total	173	173	173

* Prévisions

Tableau 48: Canada: Emissions de PCDD/PCDF dans des produits (g I-TEQ/a)

Secteur	Emissions annuelles (g TEQ/a)		
	1990	1997	1999*
Pâte de cellulose/papier: Chaudières pour le brûlage du bois salé	137	137	137
Déchet de bois traité, mis en décharge	89	89	89
Total	226	226	226

* Prévisions

Tableau 49: Canada: Aperçu sur les émissions de PCDD/PCDF dans tous les média (g I-TEQ/a)

	1990	1997	1999 *
Emissions atmosphériques	353	290	199
Eaux usées	454	5	5
Dans les sols (incomplet)	173	173	173
Total	980	468	377

* Prévisions

9.2 Etats-Unis de l'Amérique du Nord

En 1992, le Département de la Recherche et du Développement du Service Nord-américain pour la Protection de l'Environnement (U.S. Environmental Protection Agency's Office of Research and Development = ORD) a entamé un effort de réévaluation des effets sur la santé d'exposition aux polychlorodibenzo-*p*-dioxines et polychlorodibenzofurannes (PCDD/PCDF). A l'origine, la section "exposition" de la Réévaluation des émissions n'a pas pris en

considération les données de l'inventaire d'émission, car on craignait que la base de ces données soit incomplète. Cependant, les personnes responsables d'une évaluation des rapports préliminaires ont demandé avec insistance à l'EPA d'essayer d'établir un inventaire des émissions sur la base des données disponibles. C'est en réponse à cette demande qu'un inventaire a été dressé et publié pour la première fois en Septembre 1994; ceci faisait partie du brouillon de la Réévaluation.

Cette Réévaluation a été passée en revue par le publique et aussi par la Commission Scientifique de Conseil (Science Advisory Board = SAB) de l'EPA. Pour répondre à tous les commentaires, et en tenant compte des données supplémentaires disponibles, un certain nombre de changements ont été apportés au rapport préliminaire de 1994, menant à des révisions significatives en ce qui concerne la structure de l'inventaire, et les estimations des émissions actuelles. Les informations présentées dans ce paragraphe 9.2, sont tirées du rapport préliminaire d'avril 1998, c'est-à-dire du plus récent inventaire de l'ORD, mais qui n'a pas encore été finalisé (US-EPA 1998).

Contrairement à la version de l'année 1992 de l'inventaire des émissions aux Etats-Unis, l'inventaire présent tient compte du fait qu'un inventaire des émissions change continuellement avec le temps et présente ainsi des estimations pour deux années de référence: 1987 et 1995. L'année 1987 a surtout été choisie car antérieurement, il n'y avait que peu de données empiriques qui auraient permis des estimations spécifiques aux sources. En outre, l'année 1987 correspond plus au moins à la période où des progrès significatifs ont été réalisés quant aux techniques de dosage des émissions, au développement des spectromètres de masse de haute résolution et de la chromatographie en phase gazeuse de haute résolution dont des laboratoires ont besoin afin de détecter des PCDD/PCDF à des concentrations très faibles dans des échantillons environnementaux. Comme conséquence, un certain nombre d'installations ont commencé à introduire des améliorations techniques visant spécialement à réduire les émissions de PCDD/PCDF. L'année 1995 a été sélectionnée parce que c'était la période la plus récente pour laquelle des informations plus ou moins complètes étaient disponibles, compatibles avec le temps nécessaire pour compléter le Réévaluation.

Un élément clé de l'inventaire est la méthode d'extrapolation à partir d'installations éprouvées pour aboutir à des estimations nationales. A cause du fait que seulement quelques unes des installations des E-U dans la plupart des catégories de sources ont été testées pour les émissions de PCDD/PCDF, il a été nécessaire de faire des extrapolations pour estimer les émissions nationales. Pour cette raison la plupart des estimations d'émission nationales ont été développées en appliquant une approche hiérarchisée ("top-down"), la première étape de cette approche étant de calculer à partir de données disponibles un facteur d'émission (ou une série de facteurs d'émission) considéré comme étant représentatif de la catégorie de source (ou de segments de catégorie qui diffèrent en configuration, type de combustible, équipement de contrôle de la pollution, etc.). Puis, le facteur d'émission a été multiplié par une valeur d'activité nationale de base pour ce facteur d'émission (p.ex. poids total en kg de matériau utilisé par an aux Etats-Unis). Bien qu'aucune catégorie n'avait des estimations obtenues complètement par une approche hiérarchisée inverse: "bottom up" (c'est-à-dire: des estimations obtenues à partir des émissions spécifiques à un site, et des données de l'activité pour chaque source individuelle dans une catégorie, qui sont ensuite totalisées pour arriver à un total national), les résultats analytiques obtenus et les données disponibles sur le niveau d'activité pour certaines installations spécifiques de quelques catégories des sources (p.ex. les incinérateurs de déchets solides ménagers) ont montré que cette approche mi-"bottom up" était valable. Pour appliquer cette approche, les émissions annuelles propres aux usines ont été calculées dans le cas où celles-ci disposaient de données adéquates. Quant aux usines non

testées dans la classe, un facteur d'émission de sous-catégorie (ou -classe) a été développé en faisant la moyenne des facteurs d'émission des installations de cette classe disposant de chiffres. Ensuite, le facteur d'émission moyen a été multiplié par la mesure d'activité des usines non testées de cette classe. Les émissions des installations testées et non testées ont été additionnées. Il faut noter que l'EPA a appliqué des facteurs d'émission identiques pour une sous-catégorie donnée pour les deux années de référence 1987 et 1995, bien qu'il puisse être supposé que les émissions de PCDD/PCDF ont diminué grâce à des techniques et des pratiques d'opération améliorées (p.ex. pour les IDSM, il y a 17 sous-catégories selon le type de four et le type l'équipement de contrôle de la pollution).

Les travaux liés à l'établissement de cet inventaire des Etats-Unis ne sont pas encore terminés. Une des activités en cours concerne des recherches au niveau des industries produisant du vinyle et du PVC afin de mieux caractériser les émissions de PCDD/PCDF dans ce secteur. Des échantillons additionnels sont en cours d'analyse. Cette initiative est suivie par une commission de révision indépendante pour améliorer l'étude.

Le rapport préliminaire révisé externe d'avril 1998 "L'inventaire des sources de dioxines aux Etats-Unis" (US-EPA 1998), publié par l'Office Nord-américain pour la Protection de l'Environnement (US-EPA) énumère cinq groupes principaux des sources de PCDD/PCDF:

- Sources de combustion
- Fusion de métaux, affinage et procédés de fabrication
- Production chimique
- Processus biologiques et photochimiques
- Sources sous forme des réservoirs

Pour les sources dans chacune de ces 5 classes---à l'exception des sources sous forme des réservoirs -----des estimations ont été faites pour des émissions dans l'atmosphère, dans les sols, dans l'eau et à travers des produits. Dans tous les cas, des estimations supérieure, moyenne et inférieure ont été données. L'inventaire des émissions a été établi pour les deux années de référence 1987 et 1995 en présentant les estimations aboutissant à une valeur supérieure et une inférieure ainsi qu'à la valeur centrale. Ici, il n'est question que des valeurs centrales des deux années de référence. La dernière colonne du tableau 50 indique l'évolution des émissions en pour-cent entre les deux années. Toutes les données ont été pourvues d'une appréciation de fiabilité (AF) qui est définie de la manière décrite ci-dessous; les données sont accompagnées également d'une indication du nombre d'installations par rapport au nombre total, comme dans le rapport de l'inventaire des émissions en 1998. Un résumé des plus importants résultats a été publié pendant DIOXIN'98, le 18^e Symposium International sur les Dioxines, qui s'est déroulé en août 1998 à Stockholm (Cleverly *et al.* 1998).

Appréciation de fiabilité	Estimation du niveau d'activité	Estimation du facteur d'émission
Elevée	Déduite d'une étude étendue	Déduite d'une étude étendue
Moyenne	Se base sur des estimations du niveau d'activité moyen des usines et le nombre d'usines, ou étude limitée	Déduite des analyses faites à un nombre limité, mais raisonnable, de quelques usines qui sont considérées comme étant représentatives de cette catégorie de sources
Basse	Se base sur des opinions des experts ou des estimations non publiées	Déduite des analyses faites à un nombre très restreint d'usines, peut-être non-représentatives, ou des catégories des sources semblables, ou des observations étrangères où les pratiques industrielles sont probablement différentes

L'EPA s'est rendu compte qu'il y a des milliers de sources individuelles de dioxines. Parmi elles, 10 % seulement ont été caractérisées pour leurs rejets de PCDD/PCDF. Au total, 390 sources ont été analysées pour les PCDD/PCDF. Pour quelques unes des catégories une bonne couverture a été atteinte: par exemple, toutes les 104 usines de pâte à papier (procédé Kraft) ont été testées pour les émissions de PCDD/PCDF. Dans d'autres secteurs, un nombre beaucoup plus petit d'installations a fait l'objet d'études; pour donner un exemple, une seule usine de fusion secondaire de cuivre sur 24 a été examinée pour ses émissions dans les fumées. Jusqu'à présent, aucune des usines sidérurgiques n'a été testée dans le cadre des travaux pour l'inventaire aux Etats-Unis.

Au surplus, l'EPA fait comprendre qu'il y a des sources qui n'ont pas été caractérisées correctement jusqu'ici et qui n'ont pas été considérées dans présent brouillon de l'inventaire. Des sources telles que des feux dans des décharges ou le brûlage sauvage de déchets *etc.* peuvent être très importantes (Lemieux *et al.* 1997). Pour les sources chimiques, avec rejet dans les produits, les plus grandes quantités sont associées au pentachlorophénol. Cependant, l'inventaire EPA ne mentionne pas du tout les PCDF présents dans les PCB (tableau 51).

Les résultats actuels ont été résumés par l'US-EPA de la manière suivante:

- Aux Etats-Unis, il y a des émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement venant d'une grande gamme de sources diverses, mais celles dans l'atmosphère, issues de sources de combustion, sont prédominantes.
- Les valeurs mesurées jusqu'ici sont insuffisantes pour estimer complètement les rejets de PCDD/PCDF dans l'eau et dans les sols.
- Les valeurs estimées moyennes des émissions de dioxines dans tous les compartiments environnementaux se chiffraient approximativement à 12 kg TEQ en 1987 et à 3 kg TEQ en 1995. Suite aux incertitudes liées aux sources individuelles, les estimations des émissions de PCDD/PCDF allaient de 5 kg à environ 30 kg I-TEQ pour l'année 1987 et de 1,2 kg à environ 8 kg pour 1995.
- Une comparaison des estimations moyennes fait ressortir une réduction des émissions de dioxines d'environ 75 % aux Etats-Unis entre 1987 et 1995. Avant tout, cette diminution a été atteinte grâce à la réduction des émissions atmosphériques à partir des incinérateurs de déchets ménagers et hospitaliers.

La légende du tableau 50

e: Inclus dans le total de la combustion de bois - industrielle

* Quelques indications font supposer que cette catégorie est une source d'émission de PCDD/PCDF. Cependant, il n'y a pas assez de données disponibles qui permettent une estimation quantitative ou qualitative des émissions.

** Il existe de l'évidence que cette catégorie est une source d'émission. Des estimations préliminaires des émissions pour l'année de référence 1995 ont été faites, mais la confiance

dans les facteurs d'émission ou le niveau d'activité est tellement faible que les estimations ne sont trop incertaines pour être incluses dans l'inventaire.

Tableau 50: USA: Inventaire des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère ; année de référence 1995 ; valeurs centrales. Tous les flux en g TEQ/a

Source des émissions	1987	1995	Changement
Incinération des déchets			
Incinération de déchets ménagers	7.900	1.100	-86 %
Incinération de déchets spéciaux	5	5,7	+20 %
Chaudières/fours industrielles	1	0,38	-60 %
Incinération de déchets biomédicaux	2.470	477	-80 %
Crématoires		0,24	
Incinération de boues d'épuration	6	6,0	0 %
Combustion de pneus		négligeable	
Industrie papetière - incinérat° de boues		e	
Combustion de biogaz		**	
Production d'énergie (électrique)			
Véhicule – comb. carburant contenant du plomb	32	négligeable	-99 %
sans plomb	4	6,3	+50 %
diesel	26	33,5	+30 %
Combustion de bois domestique	90	62,5	-30 %
industrielle	27	29,1	+10 %
Combustion de charbon domestique		**	
industrielle	63	72,8	+16 %
Combustion de fuel domestique		**	
industrielle	16	9,3	-44 %
Autres sources – températures élevées			
Cimenteries (incinérat° déchets spéciaux)	117	153	+30 %
Cimenteries (incinérat° autres déchets)	14	17,8	+30 %
Installations de mélange d'asphalte		**	
Raffinerie de pétrole: régénération de catalyseurs		*	
Fumée de cigarette	1	0,81	-20 %
Four pour la régénération du charbon actif		négligeable	
Chaudières pour liqueurs noires		2,3	
Combustion très peu ou pas contrôlée			
Brûlage de biogaz de décharge		**	
Incendies de décharge		**	
Incendies accidentelles (bâtiments)		*	
Incendies accidentelles (véhicules)		**	
Feux de forêts, de brousse et de paille	170	208	+22 %
Brûlage sauvage de déchets		**	
Combustion incontrôlée des PCB		*	
Procédés métallurgiques			
Métaux ferreux: fusion/affinage			
Installations de frittage		**	
Production de coke		**	
Fours à arc		**	
Fonderies		**	
Métaux non ferreux: fusion/affinage			
Al (seconde fusion)	10	17,0	
Cu (seconde fusion)	304	541	+78 %
Pb (seconde fusion)	1	1,63	+100 %
Récupération de fil électrique		*	
Récupération de tonneaux et fûts		négligeable	
Production/procédés chimiques		*	
Total	12'000	2'745	-75 %

Tableau 51: USA: Emissions de PCDD/PCDF dans l'eau, dans les sols et à travers des produits ; année de référence 1995 - Estimations centrales (US-EPA 1998)

Source des émissions	Eau	Sols*	Produits
Incinération des déchets			
Production d'énergie (électrique)			
Combustion très peu ou pas contrôlée			
Production/procédés chimiques			
Pâte de bois/papier- blanchiment chimique	19,5	1,4	24,1
Mono- au tetrachlorophénols	négligeable	négligeable	négligeable
Pentachlorophénol	négligeable	négligeable	25.000
Chlorobenzène	négligeable	négligeable	négligeable
Chlorobiphényles (fuites/déversements)	négligeable	négligeable	NA
bichlorure d'éthylène/chlorure de vinyle	*	négligeable	*
Colorants et pigments à base de dioxazine	négligeable	négligeable	0,36
Acide dichloro-2-4-phénoxyacétique	négligeable	négligeable	18,4
Déchets ménagers non-incinérés	NA	207	7,0
Savons liquides à base de tallol	négligeable	négligeable	*
Formation biologique	*	*	NA
Formation photochimique	*	*	NA
Total	20	208	25.050

e: Inclus dans le total de la combustion de bois – industrielle

NA Non applicable

* Quelques indications font supposer que cette catégorie est une source d'émission de PCDD/PCDF. Cependant, il n'y a pas assez de données disponibles qui permettent une estimation quantitative ou qualitative des émissions.

10.3 Autres

En ce qui concerne l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud, il n'y a disponibles ni de données sur des émissions de PCDD/PCDF ni d'inventaires.

10 INVENTAIRES DES DIOXINES EN ASIE ET LA RÉGION DU PACIFIQUE

10.1 Australie

Pour le compte Groupe Australien pour la Protection de l'Environnement (Environment Protection Group = EPG), le groupe Pacific Air & Environment a étudié les sources des émissions de PCDD/PCDF en Australie. Le rapport publié en août 1998 vise à identifier, à quantifier et à recommander des technologies et stratégies afin de réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement dus aux rejets dans l'environnement de douze POP clé identifiés par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (EPG 1998).

Les estimations qui ont été faites pour l'Australie ne se basent pas sur des valeurs mesurées d'émission ou de déposition dans le pays. La méthodologie de base utilisée pour l'étude a été la consultation des études internationales sur les inventaires de PCDD/PCDF; ensuite une liste des industries qui dégagent des PCDD/PCDF dans l'atmosphère a été établie. Les facteurs d'émission de chaque industrie ont été réunis et comparés, puis une gamme de facteurs d'émission a été supposée pour le pays. Lorsque cela a été possible, des valeurs issues des tests concernant les sources en Australie ont été également prises en considération. Toutefois, un assez grand appel à été fait aux données internationales, dû au manque général de données pour les sources nationales.

Par conséquent, les estimations des émissions présentées dans cette étude ne sont pas très fiables. Des données d'activité pour chaque industrie ont été recueillies à partir d'un certain nombre de sources. Dans quelques cas, peu de données étaient disponibles pour avancer de bonnes estimations. Cependant pour certaines sources aucune donnée n'était disponible sur les l'activités, et les émissions de ces industries n'ont donc pas pu être déterminées. En appliquant ces facteurs d'émission et les données appropriées sur l'activité, les émissions ont été quantifiées pour chaque industrie.

Les émissions quantifiées par la méthodologie décrite ci-dessus sont présentées au tableau 52. Ces estimations sont peu fiables. En se basant sur valeurs estimées supérieures dans chaque cas, il semble que les deux sources de PCDD/PCDF potentielles les plus significatives en Australie sont la combustion de biomasse par des feux autorisés, et les feux de brousse incontrôlés. Ces deux sources contribuent pour presque 75 % aux émissions totales de PCDD/PCDF. Le deuxième groupe majeur des sources comprend (en ordre décroissant de contribution):

- Cimenteries ;
- Combustion domestique de bois ;
- Combustion du charbon (domestique et industrielle) ;
- Frittage ;
- Combustion industrielle du bois, et
- Production de chaux

Si on prend ensemble les sources de combustion de combustibles fossiles et de biomasse, et en se référant aux valeurs estimées supérieures, celles-ci sont à l'origine de 50 % des émissions de ces six sources. La production de ciment et de chaux contribue pour 40 %, et les 10 % restant sont attribués au frittage. Ces six sources ensemble contribuent pour 20 % de l'inventaire total des émissions (sur la base des valeurs estimées supérieures). Donc ces sources, additionnées aux sources de feux autorisés et de feux de brousse incontrôlés, sont à l'origine de 95 % de toutes les émissions. La plus importante source non industrielle est la combustion domestique de bois qui occupe la deuxième position. Cependant, d'autres sources telles que les véhicules à moteur ne sont pas considérées comme étant significatives; leur contribution aux émissions totales est inférieure à 1 %. Les émissions issues de la combustion domestique du mazout sont encore moins importantes.

Tableau 52: Australie: Estimations des émissions de PCDD/PCDF (Flux en g TEQ/a)

Source	Flux
Feux autorisés	65-1.300
Feux de brousse	7-400
Cimenteries	0,12-153
Combustion domestique de bois	15-98
Combustion du charbon	4,5-73
Frittage	9-68
Combustion industrielle de bois	10-65
Chaux	0,035-44
Combust° de fuel (industrielle et domestique)	21
Production de métaux non ferreux	1-19
Incinération de déchets médicaux	0,9-19
Véhicule à moteur	0,35-17
Mélange d'asphalte	14,5
Production de fer et d'acier	0,7-9,4
Gaz de décharge	0,8-2,5
Combustion domestique de mazout	0,075-0,2
Céramique	0,02-0,05
Production de coke	0,03
Verreries	0,0014-0,0035
Incinération de déchets ménagers	0
Incinération de boues d'épuration	ND
Incinération de déchets spéciaux	ND
Crématoires	ND
Régénération de charbon actif	ND
Substances chimiques halogénées et monochlorure de vinyle	ND
Production de pesticides	ND
Traitement de bois avec les PCP	ND
Total	150-2'300

A cause de la méthodologie et pour d'autres raisons, il est évident que cette étude est entachée d'imperfections. Les principales raisons en sont:

- Le plus important défaut est le manque de valeurs propres au pays, obligeant une grande dépendance sur des données internationales. L'utilisation de facteur d'émission comme outil pour l'estimation des rejets mène inévitablement à des incertitudes car ils sont basés

sur des mesures limitées d'une catégorie de source. Lorsqu'on applique ces données internationales aux sources australiennes on augmente encore cette incertitude. La plupart des facteurs d'émission ont été tirés des inventaires des Etats-Unis, du Royaume-Uni et des Pays Bas.

- En outre, certains facteurs d'émission internationaux ont été déduits à l'origine en utilisant des facteurs de conversion supposés. Ceci ajoute encore aux incertitudes des facteurs d'émission d'origine.
- Les facteurs d'émission d'un grand nombre de sources couvrent plusieurs ordres de grandeur. Ceci est un reflet des variations potentiellement très grandes qu'on observe à l'intérieur d'une catégorie particulière de sources. Vu ce grand éventail de valeurs, il devient difficile d'identifier les sources qui peuvent être significatives pour l'inventaire des PCDD/PCDF, surtout si la limite supérieure indique que cette source peut être importante, tandis que la limite inférieure indique une contribution minimale.
- Les catégories des sources peuvent utiliser des technologies et des conditions opératoires tellement différentes qu'il devient difficile de prévoir d'une manière sûre les émissions de ces sources à partir de données limitées. Une meilleure analyse de l'industrie rendra possible l'identification de ces types d'industrie.
- Les facteurs d'émissions d'un grand nombre d'industries se basent sur des données d'analyse recueillies pendant une très courte période d'échantillonnage. Il est probable que ces résultats reflètent une situation où il y a une bonne combustion et de bonnes conditions opératoire; ils ne donnent pas forcément des renseignements sur des émissions différentes lors de dérangements et/ou des conditions opérations anormales.
- Les auteurs n'ont pas trouvé de facteurs d'émission pour la verrerie et la production céramique ni pour les sources domestiques mais ont quand même ajouté ces sources, rendant le chiffre final d'estimation peu fiable. Pourtant, il existe des données pour ces sources (UBA 1995).
- L'inventaire australien a pris en compte toutes les émissions à partir des chauffages domestique au bois jusqu'aux feux de brousse incontrôlés, ainsi que le brûlage autorisé de résidus de récolte et de prairies. A cause de ce manque de données, et vu les conditions très variables de ces feux, les estimations des émissions faites pour ces sources doivent être considérées comme très peu fiables.
- Une autre limitation est liée au manque de données sur l'activité d'un certain nombre de sources. Ce défaut empêche l'élaboration d'une liste d'ensemble des sources avec des estimations d'émission. C'est pour cette raison qu'il n'est pas possible de se faire une idée complète de la situation en Australie. Quelques sources non considérées (telle que l'incinération de déchets) peuvent être d'une grande importance pour l'inventaire; il est donc important de les inclure.
- Une autre source identifiée susceptible de rejeter des PCDD/PCDF est celle des incendies accidentelles. Cependant, à cause d'un manque de données, des estimations des émissions n'ont pas pu être déduites. Cette une source qui mérite davantage d'étude.

En considérant toutes ces limitations, il faut souligner que les estimations des émissions élaborées pendant cette étude ne donnent qu'une idée indicative des rejets probables de PCDD/PCDF à partir de différentes sources en Australie. Les estimations ont été développées à partir des meilleures informations disponibles actuellement, mais ces estimations devront être affinées au fur et à mesure que des données supplémentaires seront recueillies.

La plus importante recommandation faite par les auteurs concerne la nécessité d'effectuer plus de mesures en Australie. Pour cette raison, il importe que des analyses sur des PCDD/PCDF soient effectuées sur une large gamme d'industries. D'abord, un fort accent devrait être mis sur

ces industries qui ont été identifiées dans cette étude comme jouant un rôle potentiellement important. Il est important que les informations pertinentes telles que les taux de matériaux entrant ou sortant, la technologie des procédés, les conditions opératoires, et l'équipement de contrôle de pollution soient consignées en même temps que les résultats des mesures. Des renseignements sur les températures d'opération et sur les systèmes de contrôle des fumées devront aussi être ajoutés. En plus, il est important que toutes les analyses au niveau des sources soient effectuées en respectant les protocoles appropriés à l'analyse des sources de PCDD/PCDF.

Comme pour tout autre pays, il manque en Australie des chiffres d'activité de certaines sources de PCDD/PCDF. Il est souhaitable d'avoir de meilleures estimations concernant les feux de brousse mais c'est peut-être une tâche difficile. Il est recommandé d'analyser les installations de combustion domestique au bois pour plusieurs types de bois différents, afin de rendre possible l'élaboration des facteurs d'émission plus fiable.

10.2 Japon

Hiraoka et Okajima (1994) ont publié un inventaire des émissions de PCDD/PCDF au Japon pour l'année de référence 1990. Les résultats de l'estimation nationale sont présentés au tableau 53. On voit que ces estimations ne sont que très approximatives.

Tableau 53: Japon: Emissions annuelles de PCDD/PCDF à partir des sources connues (Hiraoka et Okajima 1994)

Source	Emissions (g I-TEQ/a)
Incinération DSM	3'100-7'400
Incinération de déchets organiques chlorés et d'huiles usagées	460
Incinération de déchets hospitaliers	80-240
Incinération de boues d'épuration	5
Incinération de boues de l'industrie papetière	2
Incinération de liqueurs noires de l'industrie papetière	3
Incinération de bois et de débris de bois	0.2
Usines des métaux	250
Fumée de cigarette	16
Papier et carton	40
Véhicule à moteurs	0,07
Lubrifiants	20
Total	3'981-8'351

Au Japon, 50,3 millions de tonnes des déchets solides ménagers ont été produites en 1993. De cette quantité, 74,3 % ont été brûlés dans 1854 installations d'incinération. A ce moment, l'IDSM a été considérée comme étant la plus grande source des émissions de PCDD/PCDF au Japon..

Une vue d'ensemble des PCDD/PCDF totaux issus des IDSM japonais est donnée au tableau 54. Le flux annuel à partir des IDSM pour l'année 1990 se base sur une moyenne des émissions de PCDD/PCDF de plus que 80 ng I-TEQ/m³. Pour les vingt ans à venir, on prévoit une réduction générale de 99,6 % des émissions de PCDD/PCDF à partir des incinérateurs de déchets solides ménagers, due à l'entrée en vigueur d'une nouvelle Ligne Directrice. La Loi

révisée de Contrôle contre la Pollution de l'Atmosphère a été promulguée en décembre 1997. Cette loi a établi des concentrations maximales suivantes:

- pour des incinérateurs récemment établis à capacité de 4 t/h 0,1 ng I-TEQ/m³
- pour des incinérateurs récents à capacité de 2-4 t/h 1 ng I-TEQ/m³
- pour des incinérateurs récents à capacité de 2-0,2 t/h 5 ng I-TEQ/m³

En outre, dans cette Ligne Directrice il est question de mesures pour la réduction des concentrations de PCDD/PCDF dans les résidus d'incinération tels que les cendres volantes et les scories.

Tableau 54: Evolution des émissions de PCDD/PCDF à partir des IDSM au Japon et prévision pour l'avenir

Année (Période)	g I-TEQ/a	Réduction	Référence
1990	3'100-7'400		Hiraoka et Okajima (1994)
1996	4'300	35 %	Ministère de Santé et d'Assistance publique (1996)
2001	590	86 %	Prévision, Hiraoka <i>et al.</i> 1997
2006	100	98 %	Prévision, Hiraoka <i>et al.</i> 1997
2016	20	99.6 %	Prévision, Hiraoka <i>et al.</i> 1997

En novembre 1998, le Ministère Japonais pour le Commerce International et l'Industrie (MITI) a publié un nouvel inventaire des émissions de dioxines pour le Japon (tableau 55). Les émissions annuelles pendant l'année de référence 1998 se chiffraient à 5'300 g I-TEQ. Ce résultat ne se distingue guère de la valeur estimée par Hiraoka et Okajima pour l'année 1990. Cette estimation plus récente se base sur des valeurs mesurées des émissions et des analyses effectuées volontairement par des secteurs industriels suivant le conseil du MITI. Selon cet inventaire, l'incinération des déchets solides ménagers avec 4'300 g I-TEQ/a représente toujours la plus grande source, contribuant pour environ 80 % à la charge totale des émissions. La somme des autres 27 sources examinées était autour de 1000 g I-TEQ/a. En janvier 1997, il y avait toujours à peu près 100 IDSM dont les émissions ont dépassé 80 ng I-TEQ/m³. Les émissions à partir de ces installations seules ont contribué pour 1338 g I-TEQ aux rejets annuels. Des actions immédiates engagées par le Ministère pour la Santé devaient faire baisser ces émissions à 94 g I-TEQ/a jusqu'en septembre 1998. Il a été estimé que les incinérateurs de déchets spéciaux dégagent 460 g I-TEQ/a.

En plus des procédés de gestion des déchets, plusieurs procédés industriels ont aussi été étudiés. Comme on voit au tableau 55, la production d'acier (four à arc), dont sont issus 190 g I-TEQ/a, contribue pour 3,5 % au total. 119 g I-TEQ/a et ainsi 2,2 % des émissions annuelles dans l'atmosphère proviennent du frittage. Quant aux émissions dues aux procédés de récupération du zinc, les estimations mènent à une valeur de 34 g I-TEQ/a (0,6 %), et 16 g I-TEQ/a (0,3 %) sont attribués aux procédés de production d'alliages d'aluminium. Le Japon a des règlements spéciaux faisant partie de la Loi de Contrôle contre la Pollution de l'Air qui s'appliquent aux fours à arc pour la production d'acier. En ce qui concerne le frittage pour la production d'acier, la récupération du zinc et les production d'alliages d'aluminium, il n'existe pour le moment que des lignes directrices facultatives au niveau de l'industrie, pour encourager le contrôle des émissions de PCDD/PCDF. Les autorités ont porté une attention particulière aux procédés de récupération du zinc où des poussières contaminées par des PCDD/PCDF issues de la production d'acier (four à arc) servent de matière première. Bien que la plupart des PCDD/PCDF se trouvant dans ces cendres soient détruits par les procédés

de raffinage, une partie de la contamination n'est pas détruite et des PCDD/PCDF pourraient à nouveau être formés au cours du procédé. Pour l'année la plus récente, 1998, les rejets annuels ont été estimés à 34 g I-TEQ/a par le MITI (Sakai 1999)

Tableau 55: Japon: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère - estimations récentes (MITI 1998)

Source	Emissions dans l'atmosphère g I-TEQ/a	Pourcentage du total
Incinération DSM	4'300	80 %
Incinération de déchets spéciaux	460	9 %
Incinération de déchets hospitaliers	80-240	1,6-4,6 %
Incinération de boues d'épuration	5	≈0 %
Acier (four à arc)	190	3,5 %
Acier (frittage)	119	2,2 %
Récupération de zinc	34	0,6 %
Alliages d'aluminium	16	0,3 %
Emissions totales dans l'atmosphère (à partir de sources quantifiées)	5'300	100 %

10.3 Nouvelle-Zélande

Un inventaire des dioxines sera bientôt disponible.

10.4 Corée du Sud

Jusqu'à présent, ce sont seulement les émissions à partir des incinérateurs de déchets solides ménagers qui ont été évaluées. Il existe onze incinérateurs de déchets solides ménagers en Corée, fonctionnant depuis 1986, où 3 % de tous les déchets sont éliminés. Il est envisagé de faire augmenter ce pourcentage à 20 % d'ici 2001. Comme les émissions de dioxines à partir des IDSM existants représentent une préoccupation majeure, un premier programme de suivi des émissions de dioxines et les teneurs dans l'environnement a été effectué (Chang *et al.* 1998).

Dans une première étape des échantillons de fumées ont été prélevés de tous les onze IDSM en Corée, suivant la méthode 23 de l'US-EPA modifiée. Les émissions dans les fumées variaient de 0,07 à 22,33 ng I-TEQ/m³. Les émissions annuelles totales dues à cette catégorie de sources ont été estimées à 10,81 g I-TEQ dans l'année de référence 1997. Des concentrations entre 0,37 et 21,0 ng I-TEQ/g ont été trouvées dans les cendres volantes, ce qui mène à une valeur totale annuelle de 127 g I-TEQ (Chang *et al.* 1998).

11 INVENTAIRE DES EMISSIONS GLOBALES

Brzuzy et Hites (1995) ont étudié les concentrations de PCDD/PCDF dans des sols afin de déterminer les flux de dépôt sur une base globale. Ils ont prélevé des échantillons de sites vierges, ainsi que des sédiments. En vue d'une analyse des flux globaux, un total de 107 échantillons de terre ont été récoltés dans différentes régions du monde dans les hémisphères nord et sud (Brzuzy et Hites 1996). Pour analyser les flux, les auteurs ont établi une corrélation entre la déposition de PCDD/PCDF dans plusieurs zones climatiques du monde. Les résultats de cette étude sont présentés au tableau 56.

Tableau 56: Zones climatiques et flux totaux moyens de PCDD/PCDF dans chaque zone (Brzuzy et Hites 1996)

Zone climatique	Superficie (10^{13} m ²)	Flux moyen (ng m ⁻² ·a ⁻¹)	Niveau de confiance de 90 %
subtropicale	0,4	610	90
tempérée	2,4	280	52
polaire/boréale	2,2	41	6
tropicale	5,5	25	7
aride	3,7	18	8
Superficie terrestre totale	14,2		

Les flux moyens les plus élevés ont été mesurés dans les zones subtropicales et tempérées. Il est ressorti de ces recherches que les profils des homologues sont tous pareils dans toutes les zones climatiques (sauf dans la zone boréale où les résultats indiquent une répartition légèrement plus régulière). Les flux totaux respectifs ont été multipliés par la superficie d'une zone donnée pour arriver au taux totale de déposition. L'estimation de la déposition totale des PCDD/PCDF sur toute la terre a fourni une valeur de $12'500 \pm 1.300$ kg/a (NB: Les totaux sont pour les PCDD/PCDF, et non pas le TEQ!).

Jusqu'à présent, il n'y a pas de données sur les flux de dépôt dans les océans. Des données non encore publiées et des concentrations non détectables de PCDD/PCDF dans l'Antarctique, indiquent que les flux dans des régions reculées des océans s'approchent de zéro. Les auteurs ajoutent encore $610 \pm 1'500$ kg des PCDD/PCDF par an qu'ils attribuent aux flux vers les océans. De cette façon, le flux total annuel de déposition des PCDD/PCDF sur les surfaces terrestres et dans les océans se chiffrent à $13'100 \pm 2'000$ kg. Les auteurs ont appliqué un facteur de 60 pour convertir le total des PCDD/PCDF (=somme des homologues, Cl₄-Cl₈) en TEQ. En TEQ, le flux annuel de déposition serait de 220 ± 30 kg/a.

Les mêmes auteurs ont effectué une estimation grossière des émissions connues de dioxines dans l'atmosphère. Sur la base des hypothèses présentées au tableau 57, ils ont calculé les émissions globales annuelles à $3'000 \pm 600$ kg de PCDD/PCDF (total), équivalant à environ 50 ± 10 kg I-TEQ.

Tableau 57: Facteurs d'émissions, taux globaux de production, émissions moyennes et niveau de confiance de 90 % pour des sources majeures de PCDD/PCDF ; année de référence 1990 (Brzuzy et Hites 1996)

	Facteur d'émissions µg/kg	Production 10 ⁹ kg	Emissions totales kg/a	Niveau de confiance à 90 %
Incinération de déchets	13	87	1.130	450
Combustion de biomasse	0,04	8'700	350	140
Production métaux ferreux	0,5	700	350	140
Ciment (déchets spéciaux)	2,6	260	680	280
Ciment (déchets non spéciaux)	0,2	1'600	320	130
Cu (2 ^e fusion)	39	2	78	31
Incinérat° déchets hospitaliers	22 ^a	4	84	35
Combustion carburants +Pb	320 ^b	3'800	1	0.4
Combustion carburants -Pb	2'800 ^b	3'800 ^b	11	5
Total (kg PCDD/PCDF/a)			3'000	600
Total (g I-TEQ/a)			50'000	10'000

^a Le facteur d'émissions et les données de production ne s'appliquent qu'aux Etats-Unis

^b Unités des facteurs d'émissions = pg/km ; unités de production = km/a

12 CONCLUSIONS TIRÉES DES INVENTAIRES NATIONAUX

A présent, il y a 15 pays qui disposent d'un inventaire des PCDD/PCDF. Tous ces pays ont fait une estimation des émissions dans l'atmosphère. Quelques efforts ont été entrepris pour quantifier les rejets dans l'eau et dans les sols, p.ex. Belgique, Canada, Danemark, Suède et les Etats Unis. Les meilleures estimations des évaluations les plus récentes (période: 1993-1997) sont résumées au tableau 58. Sur la base de ces données, la valeur centrale estimée des émissions annuelles totales des PCDD/PCDF est d'environ 10'500 g I-TEQ. Les estimations varient entre environ 8'300 g I-TEQ/a (valeur la plus basse) à approximativement 36'000 g I-TEQ (valeur la plus élevée). En fait, le chiffre global est influencé par quelques pays seulement, ceux qui ont déclaré des émissions élevées des PCDD/PCDF. En particulier, le Japon a publié des émissions élevées à cause de leurs incinérateurs de déchets. Il faut se rappeler que l'inventaire du Japon a été établi en 1994 quand le pays n'était guère sensibilisé aux problèmes des émissions de PCDD/PCDF. Après avoir compris l'importance des incinérateurs de déchets ménagers comme source potentielle des dioxines, les agences japonaises ont lancé des programmes intensifs d'analyses et ainsi les rejets de PCDD/PCDF dans les fumées de 1'900 IDSM ont été déterminés. La plus récente estimation a même abouti à des valeurs supérieures à 5'000 g I-TEQ, produits pendant l'année 1997. Avec les nouvelles lignes directrices établies pour des incinérateurs de déchets ménagers, il peut être supposé que les émissions dues à cette catégorie de sources déclineront fortement dans un avenir proche. Néanmoins, sur la base de nombreuses mesures, l'inventaire des dioxines mis à jour du Japon indique une valeur estimée de 5'300 g I-TEQ en émission totale pour l'année 1998. Ce nouveau chiffre ajoutera encore 1'300 g I-TEQ à l'inventaire "global".

La figure 3 représente un aperçu graphique des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère.

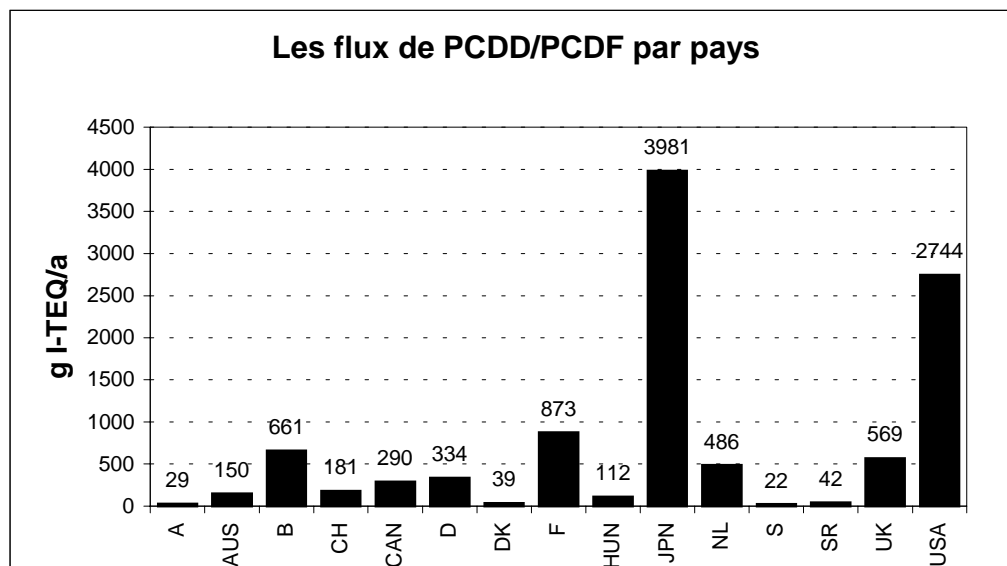


Figure 3: Émissions annuelles des PCDD/PCDF dans l'atmosphère; année de référence: 1995. Les émissions totales à partir des sources connues = 10'500 g I-TEQ/a

Les chiffres présentés dans cet aperçu peuvent être comparés à l'inventaire fait pour les pays

faisant partie de l'Union Européenne et à un inventaire du TNO, qui tous deux s'étendent sur une zone géographique plus large. L'estimation des émissions à partir des sources connues dans le rapport de la CE prennent en considération 17 pays et correspond à un chiffre d'environ 5'800 g I-TEQ/a. Cependant, les auteurs reconnaissent une large part d'incertitude et ne peuvent pas exclure une estimation avec une valeur maximale autour de 20'000 g I-TEQ rejetés dans l'atmosphère par 17 pays européens.

L'étude du TNO est moins spécifique quant aux sources des PCDD/PCDF et les émissions annuelles sont estimées à une valeur de 1'300 g I-TEQ pour l'année 1990. Finalement, Brzuzy et Hites estiment les émissions globales des PCDD/PCDF à 50'000 g I-TEQ/a, se basant sur relativement peu de suppositions et sans une évaluation détaillée des inventaires des émissions.

Tableau 58: Inventaire global des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir des sources connues ; sur la base des inventaires nationaux existants ; année de référence: 1995.

* Valeurs estimées centrales, ou concentrations minimales

		Emissions annuelles* g I-TEQ/a	Données supplémentaires et remarques	
Autriche	A	29		
Australie	AUS	150	2'300	Estimation supérieure
Belgique	B	661		
Suisse	CH	181		
Canada	CAN	290		
Danemark	DK	39	50,05	Estimation supérieure
France	F	873	674-27377 ^e	Fourchette: Min-Max
Allemagne	D	334		
Hongrie	HUN	112		
Japon	JPN	3.981	8'436	Estimation supérieure
Pays Bas	NL	486	58	Prédiction pour 2000
Suède	S	22	88	Estimation supérieure
République Slovaque	SR	42		
Royaume-Uni	UK	569	1'099	Estimation supérieure
Etats Unis d'Amérique	USA	2.744	1'200-7'900	Fourchette: Min-Max
Flux annuel		10'514	28'615	Maximum
Corée		10,8	IDSM uniquement	
Inventaire CE		5'750	1.300-20'000	17 pays, estimations inférieures et sup.
Inventaire TNO		11'300		38 pays, année de référence 1990
Brzuzy et Hites		50'000		Global

La répartition par pays des émissions totales de 10'500 g I-TEQ en fonction des catégories des sources principales, est indiquée au tableau 59. Au tableau 60, la contribution par catégorie des sources et par pays est donnée en pourcentage. On peut constater que l'incinération de déchets est toujours la source la plus importante, contribuant pour près de 70%. La plus grande quantité des émissions de PCDD/PCDF regroupées dans cette catégorie sont dues aux incinérateurs de déchets ménagers (et à un moindre degré de déchets spéciaux) situés au Japon. Cette catégorie de sources à elle seule est à l'origine de presque 34% de toutes les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère à partir de sources identifiées jusqu'à présent. En plus, il ressort du tableau 60 que dans les pays avec des règlements rigoureux pour des émissions de PCDD/PCDF à partir de l'incinération des déchets ménagers et spéciaux, p.ex. les membres de la Communauté Européenne qui ont adopté des lois au début des années 90, la contribution de l'incinération des déchets est un facteur mineur. D'une manière plus détaillée, ces résultats sont illustrés en figure 2. Il faut noter aussi qu'il n'y a pas du tout d'incinérateurs de déchets ménagers en Australie et que dans d'autres pays, la mise en décharge reste toujours la voie préférée pour l'élimination de déchets.

Tableau 59: Emissions des PCDD/PCDF par catégorie et par pays. Année de référence: autour de 1995. Flux en g I-TEQ/a

	A	AUS	B	CH	CAN	D	DK	F	HUN	JPN	NL	S	SR	UK	USA	Flux global
Fer et Acier	10,36	10,0	59,6	9,2	53,6	181	7,63	420	12,2	250	26	2.01	7,83	34		1'083
Métaux non ferreux		1,0	107	1,9	0,2	91,6		27	0,7		4	4.43	1,17	5,0	560	804
Centrales électriques			2,31		4,6	5,3	2		13,1		16,7		6,82	6,4		57
Usines de combn.	1,5	35,5	7	1,6	15,6	6,2		23			2,7				111	204
Petites unités combn.	16,7	15,1	122	27,4	42,7	7,1	3,17		27,2			4.25		25,4	62,5	354
Incineration déchets	0,179	1,70	303	127	156	32,1	25,3	402	46,5	3645	402	3.01	26	483	1589	7'241
Circulation	0	0,35	1,7	0,9	8,7	4,8	0,2	1	0,27	0,07	7	0.88	0,35	1,0	39,8	67
Production minéraux		0,18	54,2	0,7	2,8	2,4	0,08					2.86	0,04	0,3	171	234
Autres	0,024	86,5	4,66	12,7	5,7	2,9	0,26		12,32	86,2	27,5	4.82	0,19	14,6	211	470
Somme	28,8	150	661	181	290	334	38,7	873	112	3981	486	22,3	42,4	569	2744	10'514

Tableau 60: Emissions des PCDD/PCDF par catégorie et par pays en pourcentages des émissions annuelles totales (10.514 g I-TEQ/a).
Année de référence: autour de 1995.

	A	AUS	B	CH	CAN	D	DK	F	HUN	JPN	NL	S	SR	UK	USA	Flux global
Fer et Acier	0,1%	0,1%	0,6%	0,1%	0,5%	1,7%	0,1%	4,0%	0,1%	2,4%	0,2%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	10%
Métaux non ferreux	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	8%
Centrales électriques	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	1%
Usines de combn.	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	2%
Petites unités combn.	0,2%	0,1%	1,2%	0,3%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%	3%
Incineration déchets	0,0%	0,0%	2,9%	1,2%	1,5%	0,3%	0,2%	3,8%	0,4%	34,7%	3,8%	0,0%	0,2%	4,6%	15,1%	69%
Circulation	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	1%
Production minéraux	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	2%
Autres	0,0%	0,8%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,1%	2,0%	4%
Somme	0,3%	1,4%	6,3%	1,7%	2,8%	3,2%	0,4%	8,3%	1,1%	37,9%	4,6%	0,2%	0,4%	5,4%	26,1%	100%

Les noms des pays sont abrégés de la manière suivante:

A Autriche	AUS Australie	B Belgique	CH Suisse	CAN Canada	D Allemagne
DK Danemark	F France	HUN Hongrie	JPN Japon	NL Pays Bas	S Suède
SR République Slovaque		UK Royaume-Uni	USA Etats Unis de l'Amérique		

La situation actuelle concernant les inventaires nationaux des émissions de PCDD/PCDF par rapport aux aspects géographiques et les méthodologies se présente de la façon suivante:

- Le nombre des inventaires nationaux sur les émissions de PCDD/PCDF (15, se basant sur des relevés nationaux) est très petit actuellement
- La plupart des données disponibles proviennent des pays de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord. Cependant, l'inventaire fait aux Etats Unis n'a pas encore dépassé l'état d'un brouillon. En ce qui concerne l'Asie, il n'y a qu'un inventaire du Japon qui considère quelques catégories des sources, et une estimation des émissions à partir de l'IDSM de la Corée du Sud. Quant à l'hémisphère austral, à l'heure actuelle, il n'y a que l'Australie qui a estimé les émissions annuelles utilisant des facteurs d'émission tirés de la littérature. Il n'y a pas du tout de données disponibles venant de l'Afrique, de l'Amérique Central et de l'Amérique Sud.
- Les inventaires de quelques pays se basent sur des facteurs d'émission qui ont été trouvés dans d'autres pays. Pour quelques sources, p.ex. le brûlage à l'air de déchets, feux de décharges, etc., des facteurs d'émissions n'ont pas été déterminés.
- Dans presque tous les cas, les inventaires ne considèrent que les émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère; peu de données sont disponibles pour les rejets dans l'eau, les sols ou à travers des produits, mais même ces valeurs sont entachées d'une grande incertitude.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées des inventaires existants:

- Parmi les catégories des sources, les plus d'informations sont disponibles sur l'incinération des déchets solides ménagers, et cela concerne des analyses de fumées aussi bien que des taux d'activité. Comme cette catégorie connaît les changements les plus dramatiques au niveau de la technologie, les facteurs d'émissions et les émissions de PCDD/PCDF changent vite. Par conséquence, des baisses rapides sont remarquées dans des pays disposant de technologies modernes ou de lois stricts.
- La catégorie de l'incinération des déchets spéciaux est relativement homogène et ne représente une source principale dans aucun pays. Cependant, on doit tenir compte du fait que l'évaluation actuelle est basée sur des données venant de pays industriels et que ces résultats ne sont pas forcément valables pour des pays moins développés.
- Les informations disponibles pour la catégorie englobant la production du fer et de l'acier sont limitées. Quelques pays de l'Europe ont identifié cette catégorie comme l'élément le plus important dans l'inventaire national des dioxines. Les Etats Unis et le Canada sont conscients de l'importance de ces sources mais aucune mesure n'a été fait jusqu'ici. A ce propos, il est fortement nécessaire d'entreprendre des programmes de mesure.
- Vu le peu d'exemples qui traitent des émissions de dioxines et de furannes dans l'eau et les sols ou liées à des produits, on peut penser que les rejets vers l'eau ne concernent que les eaux usées de l'industrie papetière. La contamination des produits est plus ou moins limitée au pentachlorophénol (PCP), et les PCDF dans les biphenyl polychlorés (PCB) sont passés sous silence.
- Les inventaires de certains pays devraient être mis à jour pour pouvoir disposer d'une idée plus exacte de la situation actuelle, notamment dans les cas où une réglementation plus stricte a été introduite depuis l'établissement de l'inventaire actuel.
- Pour le moment il n'y a pas de méthodologie normalisée pour le prélèvement et l'évaluation des données pouvant servir aux inventaires nationaux des PCDD/PCDF. En plus, la couverture des différentes sources varie d'un pays à l'autre. Quelques pays comme le Royaume-Uni, et les Etats Unis à un certain degré, prennent en compte les rejets de PCDD/PCDF dans des décharges et les sols. Quelques pays donnent une fourchette de valeurs entre l'estimation la plus basse et l'estimation la plus haute tandis que d'autres pays

utilisent la valeur moyenne/médiane pour calculer l'émission annuelle à partir d'une source donnée. L'harmonisation des méthodes de prélèvement et d'évaluation est un besoin évident, et facilitera la comparaison des inventaires des différents pays.

- Finalement, il est fortement recommandé d'harmoniser les protocoles concernant la prise d'échantillons de fumée, d'eau, de terre etc. et pour leur analyse.

Le rapport présent ne doit être considéré comme une photo instantané des émissions de PCDD/PCDF et des estimations des rejets totaux dans l'environnement de ces composés. Ce sont seulement les catégories les plus importantes de sources d'émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère qui ont été identifiées. De plus, d'autres sources de PCDD/PCDF peuvent exister, mais qui n'ont pas encore été identifiées ou quantifiées, en particulier dans des régions géographiques pour lesquelles aucune donnée existe.

A présent, les études menées ne couvrent pas suffisamment les régions pour permettre une estimation précise des émissions globales des PCDD/PCDF. Néanmoins, il y a des efforts en cours pour mieux identifier des sources dans des régions du monde pour lesquelles il n'y a pas d'informations disponibles jusqu'ici. En plus, des inventaires déjà faits seront mis à jour, car il est évident que des mesures ont été prises par beaucoup de pays dans le but de réduire les émissions de PCDD/PCDF dans l'environnement. Pour quelques pays industrialisés en Europe et en Amérique du Nord, nous observons une forte tendance à la baisse des émissions depuis quelques années. L'introduction de technologie pour la réduction des émissions de dioxines au niveau industriel ainsi que des technologies de combustion avancées ne peuvent aider qu'à renforcer cette tendance.

13 BIBLIOGRAPHIE

AbfKlärV (1992): Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.04.1992. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1992, Teil 1, 912-934 (Ordonnance sur les boues d'épuration, Allemagne)

Alcock R., R. Genmill et K.C. Jones (1998): An Updated UK PCDD/F Atmospheric Emission Inventory Based on Recent Emissions Measurement Programme. *Organohalogen Compd.* **36**, 105-108

Adème (1999): Site Internet du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, France:
<http://www.environnement.gouv.fr/actua/cominfos/dosdir/DIRPPR/dioxine/>

Anonymous (1995): A New Guideline of 1997, Japon.

Autriche (1993): Verordnung der o.ö. Landesregierung von 22. Februar 1993 über die Ausbringung von Klärschlamm, Müll- und Klärschlammkompost auf Böden (O.ö. Klärschlamm-, Müll- und Klärschlammverordnung. Oberösterreich. LGBl. Nr. 21/1993
et

1. Novelle der NÖ Klärschlammverordnung (NÖ Klärschlammverordnung). LGBl. 6160/2-0, 80/94

Autriche (1994): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes erlassen werden (Düngemittelverordnung 1994). BGBl. Nr. 1007/1994

Autriche (1997a): Verordnung: Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zum Sintern von Eisenerzen. BGBl. II, Jahrgang 1997, 20.01.1997, Nr. 163 (Ordonnance pour des installations de frittage)

Autriche (1997b): Verordnung: Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl. BGBl. Teil II, Jahrgang 1997, 17.06.1997, Nr. 160 (Ordonnance pour des usines du fer et de l'acier)

BGA/UBA (1993): Dioxine und Furane - ihr Einfluß auf Umwelt und Gesundheit. Erste Auswertung des 2. Internationalen Dioxin-Symposium und der fachöffentlichen Anhörung des Bundesgesundheitsamtes und des Umweltbundesamtes in Berlin vom 09. bis 13.11.1992. Bundesgesundheitsblatt **Sonderheft/93** (36. Jahrgang, Mai 1993)

BLAG (1992): Umweltpolitik: Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE. Rechtsnormen, Richtwerte, Handlungsempfehlungen, Meßprogramme, Meßwerte und Forschungsprogramme. Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Bonn, Janvier 1992

BLAG (1993): Umweltpolitik: 2. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE. Novembre 1993, Bonn

BImSchV (1990): 17. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionschutzgesetzes

vom 23.1.1990 (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV). Bundesgesetzblatt Teil I, Jahrgang 1990, 2832. (Ordonnance pour des incinérateurs de déchets, Allemagne)

BImSchV (1992): 19. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 24.07.1992 (Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz-19. BImSchV). Bundesgesetzblatt Teil 1, Jahrgang 1992, 75 (Ordonnance sur l'interdiction des "scavengers" halogénés, Allemagne)

BImSchV (1997): 27. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung - 27. BImSchV) vom 19. März 1997. BGBl. I, S. 545. (Ordonnance pour des crématoriums, Allemagne)

Brzuzy L.P. et R.A. Hites (1995): Estimating the Atmospheric Deposition of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans from Soils. Environ. Sci. Technol. **29**, 2090-2098

Brzuzy L.P. et R.A. Hites (1996): Global Mass Balance for Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans. Environ. Sci. Technol. **30**, 1791-1804

BUWAL (1997): Dioxine und Furane - Standortbestimmung, Beurteilungsgrundlagen, Maßnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 290 Umweltgefährdende Stoffe. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Suisse, 1997

Chang Y.-S., J.-E. Oh et D.-C. Sin (1998): The Evaluation of Emission and Environmental Levels of PCDD/Fs in Korea. Organohalogen Compd. **36**, 11-15

ChemVerbotsV (1996): Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV) vom 19. Juli 1996. BGBl. I 1996, S. 1151, BGBl. I S. 1498 (Loi sur les substances chimiques, Allemagne)

Cleverly D., J. Schaum, D. Winters, G. Schweer et K. O'Rourke (1998): The Inventory of Sources of Dioxin in the United States. Organohalogen Compd. **36**, 1-6

De Fré R. et M. Wewers (1995): Opgemaakt in Opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (Ordernummer: 941055). Stofdossier Dioxines – Eindrapport. MIE-DI-9459. Janvier 1995

de Koning J., A.A. Sein, L.M. Troost et H.J. Bremmer (1994): Sources of Dioxin Emissions in the Netherlands. Organohalogen Compd. **14**, 315-318. Environmental Protection Agency (eds.), Vienne, Autriche

de Wit C. (1995): Swedish Dioxin Survey. Preliminary data. Solna, Suède

Eduljee G. et P. Dyke (1996): An Updated Inventory of Potential PCDD and PCDF Emission Sources in the UK. Sci. Tot. Environ. **177**, 303-321

Environment Agency (1997): A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK. Environment Agency, Research and Development Publication 3, ISBN I 873160 40 2

Environment Canada et Federal/Provincial Task Force (1999): Dioxins and Furans and Hexachlorobenzene. Inventory of Releases. Prepared by Environment Canada and the Fed-

eral/Provincial Task Force on Dioxins and Furans for the Federal Provincial Advisory Committee for the Canadian Environmental Protection Act (CEPA-FPAC), Janvier 1999

EPG (1998): Sources of Dioxins and Furans in Australia: Air Emissions. Study prepared by Pacific Air & Environment for Environment Australia's Environment Protection Group (EPG). Environment Australia, August 5, 1998

Esposito M.P., T.O. Tiernan et F.E. Dryden (1980): Dioxins. EPA/600/2-80-197. Washington D.C.

Fiedler H. (1995): EPA DIOXIN-Reassessment: Implications for Germany. Organohalogen Compd. **22**, 209-228, ECO-Infirma Press, Bayreuth

Fiedler H. (1996a): Dioxine in Produkten und Abfällen. *In*: Dioxine-Vorkommen, Minderungsmaßnahmen, Meßtechnik. VDI Band **1298**, 231-247. VDI-Verlag, Düsseldorf

Fiedler, H. (1996b): Sources of PCDD/PCDF and Impact on the Environment. Chemosphere **32**, 55-64

Fiedler H. (1998) Thermal Formation of PCDD/PCDF - A Survey. Environ. Eng. Sci. **15/1**, 49-58

Fiedler H., O. Hutzinger, C. Timms (1990): Dioxins: Sources of Environmental Load and Human Exposure. Toxicol. Environ. Chem. **29**, 157-234

FHH (1995): Dioxin-Bilanz für Hamburg. O. Hutzinger, H. Fiedler, C. Lau, G. Rippen, U. Blotenberg, H. Wesp, S. Sievers, P. Friesel, B. Gras, T. Reich, U. Schacht et R. Schwörer. Hamburger Umweltberichte **51/95**. Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (Eds.). Hambourg Septembre 1995

Friesel P., S. Sievers, H. Fiedler, B. Gras, C. Lau, T. Reich, G. Rippen, U. Schacht et F. Vahrenholt (1996): Dioxin Mass Balance for the City of Hamburg, Germany. Part 4: Trends of PCDD/PCDF Fluxes. Organohalogen Compd. **28**, 89-94

Hiraoka M. et S. Okajima (1994): Source Control Technologies in MSW Incineration Plants. Organohalogen Compd. **19**, 275-291

Hiraoka M., S. Sakai, T. Sakagawa et Y. Hata (1997): New Guideline for Controlling Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) in MSW Management in Japan. Organohalogen Compd. **31**, 446-453

HMIP (1995): A Review of Dioxin Emissions in the UK. Report DoE/HMIP/PR/95/004. Her Majesty's Inspectorate of Pollution

Holoubek I., J. Easlavsky, A. Kocan, B. Pokorny, J. Lemieek, J. Hajlova, V. Kocourek, M. Matouek, J. Pacyna et D. Thomas (1993): Compilation of Emission Factors for Persistent Organic Pollutants. A Case Study of Emission Estimates in the Czech and Slovak Republics. Prepared for External Affairs Canada, Ottawa, ON, Mars 1993

Hutzinger O. et H. Fiedler (1993): From Source to Exposure: Some Open Questions Chemosphere **27**, 121-129.

IARC (1997): Polychlorinated Dibenzo-*para*-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans.

Summary of Data Reported and Evaluation. IARC Monographs Vol. **69** (666 pages), IARC Press, Lyon, 1997

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

Johnke B. (1997): Données non publiées. Umweltbundesamt, Berlin, Allemagne

Johnke B. (1998): Situation and Aspects of Waste Incineration in Germany. UTA Technology & Environment **2/98**, 98-103 (GIT Verlag, Darmstadt)

KGI (1997): Background Paper on Emissions of Metals and Persistent Organic Pollutants Necessary in Preparation of International Agreements. Institute of Environmental Protection, Expert Office, Budapest, Décembre 1997

Kocan A. (1994): Air Pollution by Emissions of Persistent Organic Pollutants in the Slovak Republic - Summary. Institute of Preventive and Clinical Medicine, Bratislava, Slovak Republic, Novembre 1994

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.

Lau C., H. Fiedler, O. Hutzinger, G. Rippen, H.F. Wesp, S. Sievers, P. Friesel, U. Schacht, B. Gras, T. Reich et F. Vahrenholt (1996): Dioxin Mass Balance for the City of Hamburg, Germany. Part 1: Objective and Emission Inventory. Organohalogen Compd. **28**, 83-88

Leidraad bodemsanering (1988): Prüftabelle für Boden und Grundwasser, afl. 4 November 1988 Staatsuitgeverij's - Gravenhage. *In*: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen(1989): Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 2

Lemieux P.M. (1997): Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels. Volume 1 – Technical Report. EPA-600/R-97-134a, Novembre 1997

LUA (1997): Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe. Materialien No. **43**. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, 1997

Ministry of Environment and Energy (1997): Dioxins, Sources, Levels and Exposures in Denmark. Working Document No. 50, Ministry of Environment and Energy, Denmark; Danish Environmental Protection Agency 1997

MITI (1998): Advisory Committee on Dioxins Measures, Environmental Protection and Industrial Location Bureau, Ministry of International Trade and Industry (MITI): The second interim report, Novembre 1998

NATO/CCMS (1988a): 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

NATO/CCMS (1988b): Hutzinger O. et H. Fiedler: Emissions of Dioxins and Related Compounds from Combustion and Incineration Sources. Pilot Study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, NATO/CCMS Report No. **172**

Öberg L.G., B. Glas, S.E. Swanson, C. Rappe et K.G. Paul (1990): Peroxidase-Catalyzed Oxidation of Chlorophenols to Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans. Arch. Environ. Contam. Toxicol. **19**, 930-938

Parma Z., J. Vosta. J. Horejs, J.M. Pacyna et D. Thomas (1995): Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent Organic Pollutants (POPs). Prague, the Czech Republic, Juillet 1995

Quaß U., M.W. Fermann et G. Bröker (1998): Steps Towards an European Emission Inventory. Organohalogen Compd. **36**, 7-10

Sakai S., M. Hiraoka, M. Ishida, R. Shiji, P. Nie et N. Nakamura (1997): A Study of Total PCDDs/PCDFs Release to Environment from MSWI. Organohalogen Compd. **31**, 376-381

She J. et H. Hagenmaier (1994): PCDDs and PCDFs with Chloralkali Pattern in Soil and Sludge Samples. Organohalogen Compd. **20**, 261-264

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, Juin 1997

UBAVIE (1996): <http://www.ubavie.gv.at/info/corin94e/pops.htm>. Copyright: Federal Environment Agency, Vienne, Autriche

US-EPA (1998): The Inventory of Sources of Dioxin in the United States. External Review Draft, 451 p. EPA/600/P-98/002Aa. U.S. Environmental Protection Agency, Exposure Analysis and Risk Characterization Group, Washington, D.C.

van Leeuwen F.X.R. et M. Younes (1998): WHO Revises the Tolerable Daily Intake (TDI) for Dioxins. Organohalogen Compd. **38**, 295-298

Wagner H.C., K.-W. Schramm, O. Hutzinger (1990): Biogenes polychloriertes Dioxin aus Trichlorphenol. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. **2**, 63-65

WHO - World Health Organization (1998): WHO Experts Re-evaluate Health Risks from Dioxins. Press Release WHO/45, 3 Juin 1998

Annexe A

Tableau A 1: Coefficients Internationaux d'Equivalence de Toxicité (I-TEF) pour des PCDD/PCDF (Kutz *et al.* 1988)

Congénère	I-TEF
2,3,7,8-Cl ₄ DD	1
1,2,3,7,8-Cl ₅ DD	0,5
1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DD	0,1
1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DD	0,1
1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DD	0,01
Cl ₈ DD	0,001
2,3,7,8-Cl ₄ DF	0,1
1,2,3,7,8-Cl ₅ DF	0,05
2,3,4,7,8-Cl ₅ DF	0,5
1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DF	0,1
1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DF	0,1
1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DF	0,1
2,3,4,6,7,8-Cl ₆ DF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-Cl ₇ DF	0,01
Cl ₈ DF	0,001

Des TEF n'ont pas été attribués aux congénères qui ne sont pas substitués aux positions 2,3,7 et 8.

Tableau A 2: Coefficients de Toxicité par l'OMS (WHO-TEF) pour des PCD/PCDF (WHO 1998)

Congénère	Etres humains mammifères	Poissons	Oiseaux
2,3,7,8-Cl ₄ DD	1	1	1
1,2,3,7,8-Cl ₅ DD	1	1	1
1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DD	0,1	0,5	0,05
1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DD	0,1	0,01	0,01
1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DD	0,1	0,01	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DD	0,01	0,001	<0,001
Cl ₈ DD	0,0001	-	-
2,3,7,8-Cl ₄ DF	0,1	0,05	1
1,2,3,7,8-Cl ₅ DF	0,05	0,05	0,1
2,3,4,7,8-Cl ₅ DF	0,5	0,5	1
1,2,3,4,7,8-Cl ₆ DF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-Cl ₆ DF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-Cl ₆ DF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-Cl ₆ DF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Cl ₇ DF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-Cl ₇ DF	0,01	0,01	0,01
Cl ₈ DF	0,0001	0,0001	0,0001

Tableau A 3: Coefficients de Toxicité (TEF) pour des PCB substitués *non ortho* et *monoortho* (WHO 1997)

Congénère de PCB	Substitution	N° IUPAC	WHO-TEF		
			Etres humains	Poissons	Oiseaux
substitué <i>non ortho</i>	3,3',4,4'-	77	0,0001	0,0005	0,1
	3,4,4',5-	81	0,0001	0,0001	0,05
	3,3',4,4',5-	126	0,1	0,005	0,1
	3,3',4,4',5,5'-	169	0,01	0,00005	0,001
substitué <i>mono-ortho</i>	2,3,3',4,4'-	105	0,0001	<0,000005	0,0001
	2,3,4,4',5-	114	0,0005	<0,000005	0,0001
	2,3',4,4',5-	118	0,0001	<0,000005	0,00001
	2',3,4,4',5-	123	0,0001	<0,000005	0,00001
	2,3,3',4,4',5-	156	0,0005	<0,000005	0,0001
	2,3,3',4,4',5'-	157	0,0005	<0,000005	0,0001
	2,3',4,4',5,5'-	167	0,00001	<0,000005	0,00001
	2,3,3',4,4',5,-	189	0,0001	<0,000005	0,00001
Substitué <i>Di-ortho</i>	2,2',3,3',4,4',5	170	0	0	0
	2,2',3,4,4',5,5'	180	0	0	0

Annexe B: Profils d'Informations sur les Dioxines et Furannes
- Enquête du PNUE Substances Chimiques

B 1 Généralités

En 1997, le PNUE Substances Chimiques a distribué des questionnaires au représentants du PNUE à travers le monde, les représentants locaux (Focal Points) au sujet de l'utilisation et les rejets de POP. Jusqu'à mars 1999, des réponses ont été reçues de 68 pays, dont 43 ont traité de la question des dioxines et des furannes. Le tableau B 1 donne par ordre alphabétique la liste de tous les pays qui ont renvoyé de l'information, qu'un inventaire des dioxines existe ou pas dans le pays. Bien que la plupart des pays aient été conscients que des sources de PCDD/PCDF pouvaient exister, ces catégories de composés n'ont pas été quantifiées jusqu'à présent. La raison principale pour laquelle des sources de dioxines et furannes n'ont pas été identifiées, est le manque de ressources financières et analytiques.

De nouvelles informations avec des données quantitatives, non encore publiées dans la littérature, ont été fournies par la Croatie, la Finlande et le Norvège. Ces données sont présentées aux tableaux B 2, B 3 et B 5. Des pays tels que l'Autriche, la République Tchèque, le Danemark, les Pays Bas, le Royaume-Uni et la Suisse ont communiqué les mêmes chiffres qui avaient déjà été publiés dans la littérature; ces résultats peuvent donc être retrouvés dans la partie principale de ce rapport dans la section traitant du pays. Les informations sur les émissions de PCDD/PCDF données par l'Allemagne et par la Suède diffèrent légèrement des données tirées de la littérature, et figurent donc aussi dans cette annexe (tableaux B 4 et B 6).

Tableau B 1: Informations sur des sources de dioxines et furannes reçues par le PNUE
Substances Chimiques

Inventaire des dioxines			Inventaire des dioxines		
Pays	Oui	Non	Pays	Oui	Non
Allemagne	X ¹		Liban	X	
Arménie		X	Lituanie		X
Autriche	X ¹		Luxembourg	X ²	
Belgique	X ²		Macédoine		X
Bénin		X	Madagascar		X
Bulgarie		X	Nicaragua		X
Burkina Faso		X	Niger	X	
Cameroun		X	Norvège	X	
Chili		X	Nouvelle-Zélande	X ³	
China		X	Pays Bas	X ¹	
Congo		X	Roumanie		X
Corée du Sud		X	Royaume-Uni	X ¹	
Costa Rica		X	Rwanda		X
Croatie	X		Singapour		X
Danemark	X ¹		République slovaque	X ¹	
République dominicaine		X	Slovénie		X
Fiji		X	Suède	X	
Finlande	X		Suisse	X ¹	
Gambie		X	République tchèque	?	
Guinée		X	Togo		X
Irlande	X		Viêt-nam	X	
Koweït		X			

1 Les mêmes données, ou sources de données, qui ont été utilisées dans la partie principale de ce rapport

2 Se réfère aux informations attachées qui n'étaient pas incluses dans ce rapport

3 Pas de données quantitatives jusqu'à présent

B.2 Pays disposant de données qualitatives:

B.2.1 Arménie

Des études pour l'identification des sources ont été lancées en juillet 1997.

B.2.2 Burkina Faso

Le Burkina Faso n'a mené aucune étude afin d'identifier des sources de PCDD/PCDF. Cependant, le pays est conscient de quelques secteurs où peuvent se trouver des sources potentielles, car de grandes quantités de produits sont traitées: combustion de charbon, feux de forêt, feux de décharge, produits chimiques (surtout PCB, pesticides), circulation et transport (avec de l'essence du plomb et des mélanges de carburants), incinération de déchets spéciaux, et combustion du bois.

B.2.3 Cameroun

Le Cameroun n'a pas effectué d'études pour identifier des sources de PCDD/PCDF mais le pays est conscient des activités susceptibles de former et de dégager de PCDD/PCDF. Parmi ces procédés industriels sont: la fabrication du chlorure de polyvinyle et des colorants, la fabrication industrielle des textiles utilisant l'hexachlorobenzène et les PCB. De même, du bois traité aux PCP et la fabrication des meubles sont des sources potentielles. Des déchets ménagers qui contiennent souvent des câbles, sont brûlés dans des décharges ainsi que dans des incinérateurs publics.

B.2.4 Chine

La Chine se réfère à une publication qui traite des émissions à partir d'un incinérateur où sont brûlés des déchets PCB. Les concentrations données par cette publication sont très élevées: 47.210 ng I-TEQ par kg de cendres volantes.

B.2.5 Costa Rica

Ce pays est conscient des sources potentielles telles que: l'élaboration d'asphalte, les procédés d'incinération, l'industrie chimique, les feux de forêts, le brûlage de combustibles liquides, l'incinération de déchets hospitaliers, les PCB dans les condensateurs et les transformateurs, le frittage, les émissions issues de la circulation et du transport, la combustion de bois. Il y a un besoin de d'avantage d'information.

B.2.6 Guinée

Des sources susceptibles d'émettre des produits toxiques sont, p.ex., la production d'aluminium, la calcination du bauxite, la circulation et l'incinération de déchets hospitaliers.

B.2.7 Irlande

L'Irlande possède un certain nombre de petites industries qui sont susceptibles d'émettre des PCDD/PCDF. Des études sont nécessaires afin d'analyser ces émissions. Quelques sources qui ont été identifiées dans d'autres pays n'existent pas en Irlande, p.ex. le brûlage de câbles, la combustion de biogaz de décharge, et l'incinération de déchets ménagers, spéciaux et hospitaliers. Les premières études sur les matrices et substrats environnementaux tels que les sols et le lait de vache ont démontré des teneurs en dioxines généralement très basses ou proches des limites de détection.

B.2.8 Liban

Le Liban a initié une étude pour quantifier les sources de PCDD/PCDF dans son pays en prenant des échantillons dans les six comtés. Les sources visées sont les substances chimiques et dérivés, les produits plastiques et le caoutchouc, les incinérateurs de déchets hospitaliers, les cimenteries, la métallurgie, les centrales électriques et les émissions dus à la circulation. Finalement, un échantillon de compost sera aussi analysé.

B.2.9 Madagascar

Le pays est conscient des sources potentielles.

B.2.10 Niger

Il est supposé que les PCB sont contaminés par des PCDD/PCDF et donc que leur présence dans le pays est probable. Des recherches ont été lancées.

B.2.11 Viêt-nam

Le pays suppose qu'il y a environ 170 kg de dioxines au Viêt-nam, résultat de la guerre au Viêt-nam (1961-1970). En supposant que tous ces dioxines proviennent du herbicide 2,4,5-T qui est uniquement contaminé par la 2,3,7,8-Cl₄DD, la quantité totale correspond à 170 kg TEQ (les formulaires reçus n'indiquent pas l'unité de base).

B.3 Pays disposant de données quantitatives:

B.3.1 Croatie

La Croatie présente les premières estimations des émissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère dans le rapport "Inventaire des émissions de polluants atmosphériques dans la République de la Croatie pour 1996" qui a été publié en février 1998. La méthodologie utilisée est la même que celle décrite sous le projet européen CORINAIR. Les estimations des émissions annuelles faites par la Croatie se chiffrent à environ 96 g TEQ/a, venant de six secteurs principaux. Parmi ceux-ci, c'est la combustion de bois qui est responsable de presque toutes les émissions (tableau B 2).

Tableau B 2: Croatie: Emissions estimées de PCDD/PCDF dans l'atmosphère. Flux en g I-TEQ/a

	g TEQ/a
Combustion de charbon	0,036
Combustion de combustibles	0,966
Industrie de l'acier	1,7
Circulation	0,21
Incinération déchets hospitaliers	0,0016
Combustion de bois	92,568
Total	95,5

B.3.2 Finlande

Les émissions de PCDD/PCDF à partir des sources en Finlande se situent entre 100 et 200 g TEQ/a. Les sources principales sont l'incinération de déchets, le frittage, l'industrie de l'acier et la combustion du bois.

Tableau B 3: Finlande: Emissions annuelles estimées de PCDD/PCDF dans l'atmosphère.
Flux en g TEQ/a

	g TEQ/a
Installations de mélange d'asphalte	0,5-1
Sous-produits – production de substances chlorées	<1
Incinération de câbles	<1
Industrie chimique	<1
Combustion de charbon	2
Pesticides contaminés	<1
Feux de forêts/prairies	<1
Combustion de combustibles	20-30
Procédés à température élevée	NA
Incinération de déchets	30-80
Procédés industriels	NA
Usines de fer	NA
Combustion de biogaz de décharge	NA
Combustion d'huile dans l'industrie des métaux non ferreux	5-15
Autres produits contaminés (p.ex. les PCB)	NA
Pesticides	très peu
Frittage	15-20
Incinération des boues	1
Industrie de l'acier	5-10
Circulation	1-10
Transport	0,5-2
Incinération de déchets spéciaux	0,3
Incinération de déchets ménagers	1-5
Incinération de déchets hospitaliers	2-5
Combustion de bois	10-20
Total	98,3-198

B.3.3 Allemagne

L'Office de l'Environnement (UBA) se réfère à deux rapports:

- Inventaire des émissions et possibilités pour éviter des émissions de POP en Allemagne. Umweltbundesamt, Rapport Final, 3/98
- Identification des sources industrielles importantes de dioxines et furannes en Europe. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997.

Les données communiquées sont identiques à celles présentées dans la partie principale de ce rapport. En plus, il est question dans les formulaires des technologies appliquées en Allemagne pour réduire les émissions, et de la situation au niveau de la législation (p.ex. l'arrêt progressif de l'utilisation des PCB et du PCP, l'arrêt de l'utilisation de "scavengers" halogénés dans l'essence) ou des activités menées pour réduire les émissions de PCDD/PCDF (p.ex. il n'y a pas de recyclage thermique des câbles en Allemagne).

L'estimation des émissions de PCDD/PCDF provenant de la production du chlorure de vinyle donne une valeur d'à peu près 76,5 mg TEQ/a. A part cela, les émissions dues à l'industrie chimique sont négligeables. Cela est dû au fait que la production de produits critiques est

interdite en Allemagne.

Tableau B 4: Allemagne: Emissions de PCDD/PCDF selon la présentation faite par l'UBA (Office Fédéral de l'Environnement)

	g TEQ/a
Installations de mélange d'asphalte	0,03
Combustion de charbon	14,2
Combustion de charbon	1,59
Usines de fer (production primaire de fer)	0,79
Combustion de fuel	0,3
Combustion d'huile dans l'industrie des métaux non ferreux (sans compter le combustible utilisé)	91,6
Pesticides	0,87
Frittage	168
Incinération des boues	<0,1
Industrie du fer	4,9
Circulation	3,1
Transport	1,6
Incinération de déchets spéciaux	2
Incinération de déchets ménagers	30
Incinération de déchets hospitaliers	0,1
Combustion du bois	2,7
Autres	2,3
Total	324

B.3.4 Norvège

Le Norvège a quantifié quelques sources de PCDD/PCDF. Les émissions totales à partir des sources identifiées se chiffrent à 9 g TEQ/a. Les deux sources principales sont l'incinération des déchets solides ménagers et la production d'aluminium et de magnésium. Une source moins importante est la production du mono-chlorure de vinyle (industrie chimique). Le Norvège ne dispose pas d'incinérateurs pour les boues d'épuration.

Tableau B 5: Norvège: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère

	g TEQ/a
Industrie chimique (mono-chlorure de vinyle)	0,05
Procédés industriels (aluminium et magnésium électrolytique)	4,4
Incinération de boues	
Incinération de déchets spéciaux	0,3
Incinération de déchets ménagers	4,4
Total	9,15

B.3.5 Suède

La Suède a interdit plusieurs produits contenant de PCDD/PCDF tels que les PCB, le PCP et le 2,4,5-T. Les émissions à partir des incinérateurs de déchets sont contrôlées. L'inventaire suédois prend en compte les émissions dans l'atmosphère, dans l'eau et à travers des déchets ou produits. L'année de référence est 1993.

Tableau B 6: Suède: Emissions de PCDD/PCDF dans l'atmosphère, dans l'eau et à travers des déchets et produits ; année de référence 1993. Flux en g TEQ/a

	dans l'atmosphère g TEQ/a	dans l'eau g TEQ/a	à travers déchets (D)/ produits (P) g TEQ/a
Sous-produits – production de substances chlorées		0,5-0,8	
Combustion de charbon	0,6		
Usines de fer	0,5		1-15 (D)
Frittage	3		
Industrie d'acier	2-19		28 (D)
Circulation	0,2-1		
Transport	1-2		
Incinération de déchets spéciaux	0,007		
Incinération de déchets ménagers	3		1-2 (D)
Incinération de déchets hospitaliers	0,001		
Combustion du bois	4-18		
Pâte à papier Kraft blanchie	1	2-5	0,3-7 (P)
Pâte à papier recyclé			3 (P)
Boue d'épuration		0,1	4 (D)
Métaux non ferreux (première fusion)	0,1-0,3		0,4 (D)
Métaux non ferreux (seconde fusion)	4		2 (D)
Ciment	3-5		
Crématoires	0,4-2		
Chaux	3-5		
Feux sauvages en décharge	3-30		
Chauffages au fuel	0,1-3		
Chauffages au gaz	0,04		
Total	23,3-93	2,6-5,8	11,7-24