Section V

Directives/conseils par catégorie de sources: catégories des sources dans la Partie II de l'Annexe C

Partie II Catégorie de source (a): Les incinérateurs de déchets

Table des matières

V.A Incinérateurs de déchets 7

(i) Déchets solides municipaux, déchets dangereux et de boues d'épuration 7

1. Introduction 8

2. Description de procédé 8

2.1 Incinération de déchets solides municipaux 10

2.2 Incinération de déchets dangereux 12

2.3 Incinération de boues d'épuration 15

3. Sources de formation des produits chimiques inscrits à l'Annexe C 18

4. Alternatives à l'incinération de déchets solides municipaux, de déchets dangereux et de boues d'épuration 21

5. Meilleures pratiques environnementales pour l'incinération des déchets 22

5.1 Les pratiques de la gestion des déchets 22

5.2 Les pratiques pour l'opération et la gestion d'incinérateurs 25

6. Meilleures techniques disponibles pour l'incinération 27

6.1 Sélection de sites 27

6.2 Meilleures techniques disponibles pour les déchets, à l'arrivée et pour leur contrôle

6.3 Meilleures techniques disponibles pour la combustion 28

6.4 Meilleures techniques disponibles pour le traitement des gaz de combustion 30

6.5 Techniques de gestion pour les résidus solides 32

6.6 Meilleures techniques disponibles pour le traitement des effluents 33

6.7 Impact des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales sur d'autres polluants 34

6.8 Incinérateurs neufs ou modifiés de manière significative 34

6.9 Modification d'incinérateurs de déchets existants 35

(ii) Déchets médicaux 38

1. Introduction 39

2. Les catégories de déchets de soins de santé 39

2.1 Déchets de soins de santé infectieux 40

2.2 Déchets de soins de santé biologiques 40

2.3 Objets pointus 40

3. Techniques alternatives pour des sources neuves et existantes 40

3.1 Sources neuves 40

3.2 Sources existantes 41

3.3 Techniques alternatives 41

4. Meilleures techniques disponibles pour la gestion des déchets de soins de santé 46

4.1 Réduction des sources 47
4.2 Ségrégation 47
4.3 Récupération et recyclage des ressources 47
4.4 Formation du personnel 48
4.5 Ramassage à l'endroit de la génération des déchets 48
4.6 Transport au site de stockage intermédiaire 48
5. Techniques appliquées pour l'incinération des déchets de soins de santé 49**Error! Bookmark not defined.**
5.1 Description de procédé 49
5.2 Techniques de traitements thermiques 50
5.2.1 Installations de pyrolyse 50
5.3 Lavage des gaz de combustion 52
5.4 Traitement des cendres volantes et résiduelles; traitement des eaux usées 52
6. Meilleures techniques disponibles, et résumé des meilleures pratiques environnementales 53

Tableaux: Section (i)

Tableau 1. Résidus et déchets provenant de l'incinération de déchets solides municipaux 19
Table 2. Gammes de concentration des composés organiques dans les cendres d'installations modernes 19
Table 3. Estimation des rejets de PCDD/PCDF vers différents milieux à partir d'incinérateurs de déchets municipaux 20
Table 4. Exemples d'inspections techniques 23
Table 5. Exemples de ségrégations techniques 23

Tableaux: Section (ii)

Table 1. Conseils généraux 53
Table 2. Incinération de déchets de soins de santé: Techniques de combustion représentant les meilleures techniques disponibles 54
Table 3. Incinération de déchets de soins de santé: Mesures générales 55
Table 4. Incinération de déchets de soins de santé: Mesures organisationnelles 56**Error! Bookmark not defined.**
Table 5. Mesures primaires et optimisation de procédé pour la réduction des émissions de PCDD/PCDF 56
Table 6. Mesures secondaires 57

Figures: Section (i)

Figure 1. Schéma simplifié des flux dans un incinérateur 110

Figure 2. Incinérateur typique pour déchets solides municipaux..... 131
Figure 3. Schéma d'un système d'incinérateur à four rotatif..... 14
Figure 4. Exemple d'un incinérateur de boues d'épuration à foyers multiples 17

Figures: Section (ii)

Figure 1. Ségrégation et options de traitement pour les déchets médicaux 45
Figure 2. Diagramme schématique simplifié des flux dans un incinérateur 50

V.A Incinérateurs de déchets

(i) Déchets solides municipaux, déchets dangereux et boues d'épuration

Résumé

Les incinérateurs de déchets sont identifiés dans la Convention de Stockholm comme ayant un potentiel relativement élevé pour la formation et le rejet vers l'environnement de substances inscrites à l'Annexe C.

Les objectifs possibles de l'incinération de déchets comprennent la réduction des volumes, la récupération d'énergie, la destruction (ou au moins la minimisation des composants dangereux), la désinfection et la récupération de certains résidus.

Lorsque l'on envisage de construire de nouveaux incinérateurs de déchets, la première considération sera d'étudier des alternatives telles que des activités visant à minimiser la génération de déchets, c'est-à-dire, la récupération de ressources, la réutilisation, le recyclage, la séparation des déchets et la promotion de produits qui génèrent moins de déchets. Une priorité devrait être aussi l'adoption d'approches qui évitent la formation et rejets de polluants organiques persistants.

Une conception et une opération rationnelles sur le plan de l'environnement des incinérateurs de déchets nécessitent l'application, à la fois de meilleures techniques disponibles et de meilleures pratiques environnementales (qui se chevauchent dans une certaine mesure) afin de prévenir ou minimiser la formation et le rejet de substances inscrites à l'Annexe C.

Parmi les meilleures pratiques environnementales pour l'incinération des déchets, on trouve des procédures applicables hors du site (telles que la gestion globale des déchets, et une considération de l'impact sur l'environnement du site), et des procédures à appliquer sur le site (par exemple l'inspection des déchets, la manipulation correcte des déchets, l'opération de l'incinérateur et les pratiques de gestion y associées, et le traitement des résidus).

Parmi les meilleures techniques disponibles, on peut citer la sélection d'un site approprié, la nature et le contrôle des déchets, et les techniques pour la combustion et pour le traitement des gaz, des résidus solides et des effluents.

Pour obtenir les meilleurs résultats pour la protection de l'environnement dans son ensemble, il est essentiel de coordonner le processus d'incinération avec les activités en amont (par ex., techniques de gestion des déchets) et aussi les activités en aval (par ex., l'élimination des résidus solides résultant de l'incinération des déchets).

Les rejets de substances inscrites à l'Annexe C des incinérateurs pour déchets solides, conçus et opérés en conformité avec les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales, se produiront surtout par les cendres volantes, les cendres résiduelles et les gâteaux de filtration provenant du traitement des eaux usées. Il est donc très important de prévoir un lieu de stockage sûr pour ces types de déchets, par exemple par un prétraitement suivi d'une élimination dans des décharges spéciales, conçues et opérées selon les meilleures techniques disponibles.

En utilisant une combinaison appropriée de mesures primaires et secondaires, des niveaux de performance pour les rejets des PCDD/PCDF dans l'air plus faibles que 0,1 ng I-TEQ/Nm^3 (à 11% O_2) sont associés aux meilleures techniques disponibles. On peut noter en plus que dans des

conditions normales d'opération, on peut atteindre des valeurs d'émission plus faibles dans une unité d'incinération de déchets bien conçue.

Les meilleures techniques disponibles pour les rejets d'eaux usées provenant de stations d'épuration des gaz, sont associées à des niveaux de concentration, pour les PCDD/PCDF, bien inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/l.

1. Introduction

Les incinérateurs de déchets sont identifiés par la Convention de Stockholm comme ayant un potentiel relativement élevé pour la formation et le rejet dans l'environnement de produits chimiques inscrits à l'Annexe C de la Convention. La co-incinération de déchets peut aussi être considérée comme une source de substances inscrites à l'Annexe C.

Cette section ne considère que les incinérateurs qui sont utilisés pour le brûlage de déchets, à l'exclusion de situations où les déchets sont traités thermiquement, par exemple dans des procédés de co-incinération, tels que les fours à ciment ou de grandes installations de combustion ; ces cas sont traités dans les sections consacrées à ces technologies.

Lorsque l'on étudie des projets de construction de nouvelles usines de traitement de déchets, la Convention de Stockholm conseille aux Parties de considérer en tout premier lieu :

- Des alternatives telles que des activités diminuant la génération de déchets municipaux, comprenant la récupération, la réutilisation, le recyclage, le tri des déchets et la promotion de produits qui génèrent moins de déchets, lorsque l'on considère des propositions pour la construction de nouvelles installations d'élimination de déchets (Convention de Stockholm, Annexe C, partie V, section A, sous paragraphe (f)), et :
- Des méthodes qui éviteront la formation et le rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C

Des considérations sur la gestion de déchets, décrites dans la section III.C (ii) des présentes directives, de même que les approches alternatives de la sous-section 6 ci-dessous, peuvent être prises en compte, faisant partie des stratégies globales de la prévention et du contrôle des déchets.

2. Description de procédé

L'incinération est utilisée pour le traitement de nombreux différents types de déchets. L'incinération elle-même n'est normalement qu'une partie d'un système complexe de traitement de déchets, qui répond aux besoins de la gestion globale d'une vaste gamme de déchets que produit la société (pour une considération des questions croisées relatives à l'incinération et à la gestion de déchets, voir section III.C du présent document).

Le but de l'incinération des déchets est de les traiter pour réduire leur volume, et aussi les risques qu'ils peuvent représenter, tout en captant (et donc en concentrant) ou en détruisant des substances potentiellement dangereuses qui sont, ou qui pourraient être, rejetées pendant l'incinération. Les procédés d'incinération peuvent aussi être un moyen permettant la récupération du contenu énergétique, minérale ou chimique du déchet.

Les incinérateurs se présentent dans une gamme de fours de types et de dimensions différents, ainsi que des combinaisons de traitement de pré- et de post- combustion. Il y a aussi un chevauchement important entre les conceptions des incinérateurs de déchets solides municipaux, de déchets dangereux et de boues de stations d'épuration.

Les incinérateurs sont généralement conçus pour assurer une combustion oxydante complète, dans une gamme de températures entre 850º à 1'400º C. Celle-ci peut couvrir les températures auxquelles peuvent se produire la calcination et la fusion. La gazéification et la pyrolyse peuvent représenter des

traitements thermiques alternatifs, qui limitent la quantité d'air de combustion primaire pour convertir les déchets en gaz de procédés ; ces derniers peuvent être utilisés en tant que matières premières chimiques, ou être incinérés avec récupération d'énergie. Comparé à l'incinération cependant, il n'y a que peu d'applications de ces systèmes, et dans certaines installations des difficultés opérationnelles ont été rencontrées.

On peut caractériser des installations d'incinération de déchets par les étapes suivantes : arrivée du déchet, stockage, prétraitement, récupération incinération/énergie, lavage des gaz de combustion, gestion des résidus solides, et traitement des eaux usées. La nature des déchets à l'arrivée aura une grande importance lors de la conception de chaque composant de l'incinérateur, et pendant leur opération.

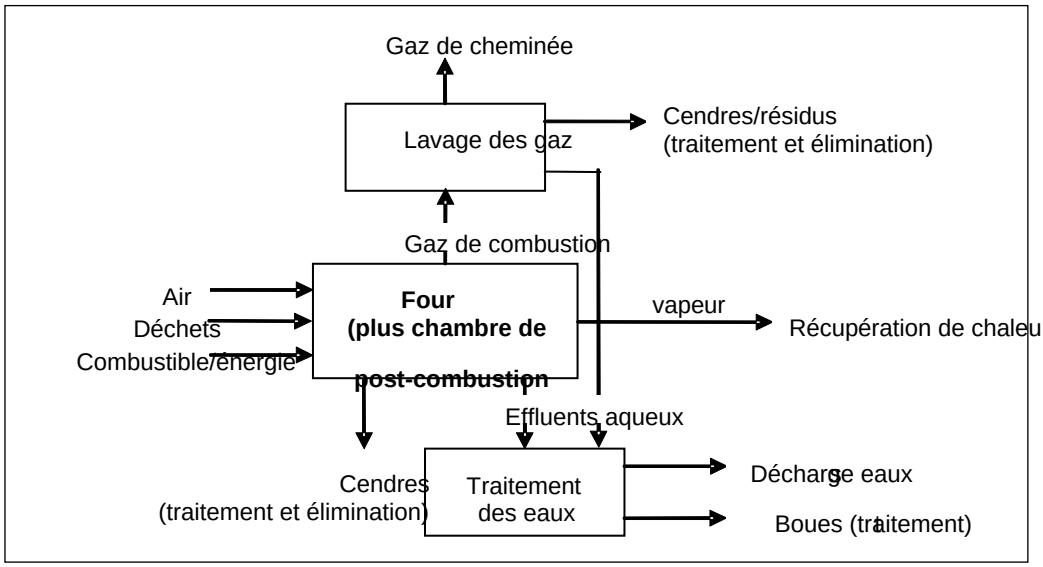
Le déchet est un matériau très hétérogène, étant essentiellement composé de matières organiques, de matières minérales, de métaux et d'eau. Pendant l'incinération, des gaz de combustion sont produits, et contiendront la plus grande partie de l'énergie du combustible disponible, comme chaleur.

Dans une incinération avec oxydation complète, les principaux composants du gaz de combustion seront la vapeur d'eau, l'azote, le dioxyde de carbone et l'oxygène. Suivant la nature de la matière incinérée, les conditions opératoires, et le système de lavage des gaz installé, il y aura des émissions de gaz acides (oxydes de soufre, oxydes d'azote, acide chlorhydrique), de poussières (y inclus des métaux attachés aux particules), et d'une large gamme de composés organiques volatiles ainsi que de métaux volatiles (tel que le mercure). On a aussi pu constater que l'incinération de déchets solides municipaux, et de déchets dangereux, pouvait mener à la formation et au rejet non-intentionnel de polluants organiques persistants (PCDD/PCDF, PCB, HCB). En plus, cette incinération peut mener à la formation et au rejet de dibenzo-*p*-dioxines polybromés (PBDD) et de dibenzofuranes polybromés (PBDF). Cette formation est notablement plus importante dans des unités qui sont mal conçues ou fonctionnent mal.

En fonction des températures de combustion pendant les étapes principales de l'incinération, les métaux et produits inorganiques (par exemple des sels) se vaporisent totalement ou partiellement. Ces substances sont transférées du déchet de départ, aux gaz de combustion et aux cendres volantes y contenues. Il se forme donc une cendre volante minérale résiduelle (poussière) et une cendre plus lourde (*bottom ash* en anglais). Les proportions de résidus solides varient beaucoup en fonction du type de déchet, et du profil détaillé du procédé.

Les autres rejets sont les résidus du traitement et du polissage des gaz de combustion, les gâteaux de filtration venant des traitements des effluents aqueux, et les sels et diverses matières rejetés dans les eaux usées.

Figure 1: Schéma simplifié des flux dans un incinérateur



2.1 Incinération de déchets solides municipaux

Bien que dans beaucoup de régions la mise en décharge de déchets non-recyclés représente le moyen principal pour l'élimination de déchets solides municipaux, la pratique d'incinération, suivie de mise en décharge des résidus, est devenue courante dans plusieurs pays développés et industrialisés. (Pour des considérations sur l'hiérarchie et le recyclage des déchets, voir la section III.C (ii)).

La Directive du Conseil d'Europe sur la mise en décharge des déchets (1999/31/EC) exigent que les Etats membres établissent une stratégie nationale pour la mise en place d'un système de réduction des déchets biodégradables envoyés en décharge. Cette stratégie devrait inclure des mesures pour atteindre les objectifs en considérant surtout : le recyclage, le compostage, la production de biogaz et la récupération de matériaux ou d'énergie.

L'incinération de déchets solides municipaux est souvent accompagnée de la récupération d'énergie (déchets → énergie) sous forme de vapeur, ou par la génération d'électricité. Les incinérateurs peuvent aussi être conçus pour accueillir des déchets déjà traités, comme par exemple des combustibles dérivés des déchets, et peuvent également fonctionner en co-incinération avec des combustibles fossiles. Les incinérateurs de déchets municipaux peuvent varier en taille, allant de petites unités autonomes, capables de traiter des petits lots en discontinu à la cadence de quelques tonnes par jour, à de grosses unités ayant des capacités journalières de plusieurs milliers de tonnes en continu. L'investissement financier de telles unités peut varier de quelques dizaines de milliers à plusieurs centaines de millions de dollars US.

Les avantages principaux de l'incinération de déchets municipaux sont la destruction des matières organiques (y compris celles qui sont toxiques) et la réduction du volume des déchets et de la concentration des polluants (par exemple les métaux lourds) dans des quantités relativement petites de cendres, facilitant ainsi leur élimination sans risque. L'énergie récupérée peut représenter un bénéfice additionnel non négligeable.

Les incinérateurs de déchets municipaux sont des installations industrielles importantes, ayant la possibilité d'être des sources de pollution environnementale significatives. (Voir Section 2).

2.1.1 Considérations opérationnelles pour les incinérateurs de déchets solides municipaux

Dans beaucoup d'incinérateurs de déchets solides municipaux, d'autres types de déchets comme des déchets à grand volume (par exemple, provenant de centres de tri), des boues de station d'épuration ou des fractions hautement calorifiques provenant du prétraitement de déchets (par exemple,

d'installations de déchiquetage) sont aussi incinérées. Il faut que de tels déchets soient bien évalués avant incinération, pour s'assurer que l'unité d'incinération de déchets (y compris le traitement des gaz de combustion, et les traitements des eaux usées et des résidus) soit bien conçue pour traiter ces types de déchet, et que ceci peut se faire sans risque pour la santé de la population et de l'environnement. Quelques paramètres importants sont les teneurs en chlore et en brome, en aluminium et en métaux lourds, ainsi que le contenu calorifique et le comportement pendant le brûlage. Des concentrations élevées en brome peuvent résulter en la formation de composés bromés tels que les dibenzo-*p*-dioxines polybromés (PBDD) et les dibenzofuranes polybromés (PBDF). En négligeant les limites de l'unité d'incinération on pourrait tomber sur des problèmes opérationnels (par exemple, la nécessité de fermetures répétées permettant le nettoyage de la grille ou des échangeurs), ou à une mauvaise performance environnementale (par exemple, émissions élevées dans l'eau, lixiviation élevée des cendres volantes).

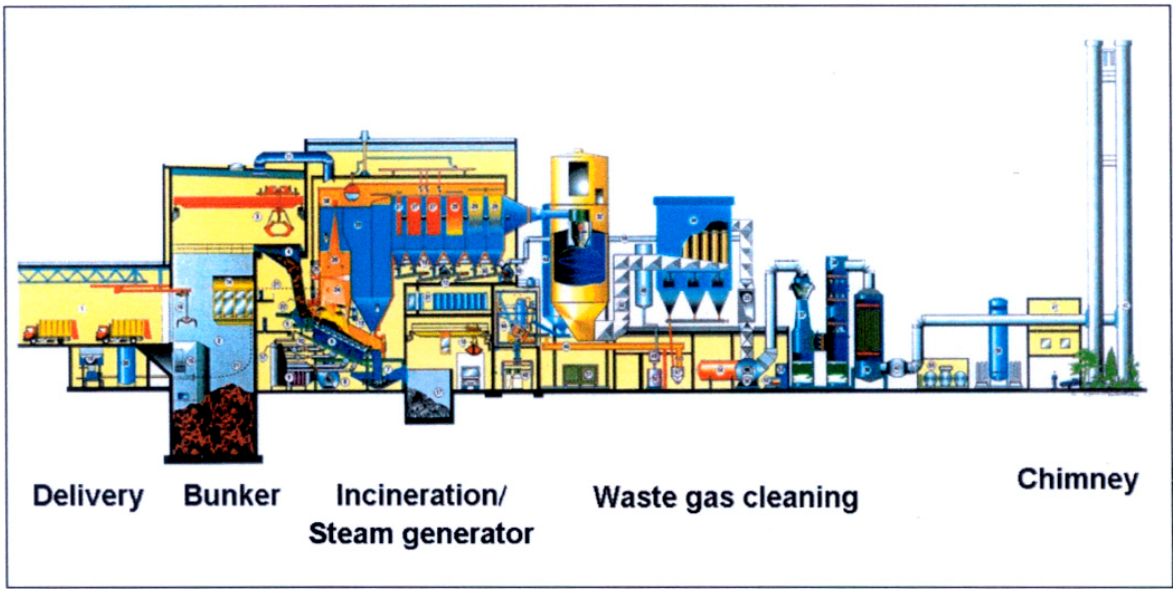
La Figure 2 indique la disposition typique d'un grand incinérateur pour déchets solides municipaux.

2.1.2 Livraison, stockage et prétraitement de déchets solides municipaux

Les déchets peuvent être livrés aux incinérateurs par camion ou par rail. Le recyclage ou les programmes de tri à la source peuvent beaucoup influencer l'efficacité du procédé. En séparant le verre et les métaux avant incinération, on augmentera la valeur énergétique des déchets. Cependant, dans certaines usines les métaux sont retirés des cendres résiduelles après incinération. Le recyclage du papier, du carton, et des plastiques, réduira la valeur énergétique des déchets mais pourrait réduire aussi le chlore disponible. En séparant les gros morceaux de déchets à la source, on réduira la nécessité de les enlever ou de les déchiqueter sur le site.

En plus de la séparation des déchets, on peut effectuer un prétraitement de l'ensemble des déchets solides municipaux à incinérer, par un broyage ou un déchiquetage, facilitant la manipulation et augmentant l'homogénéité. Les zones de stockage en silos sont normalement couvertes afin d'éviter une augmentation de l'humidité, et sont typiquement conçues pour faire passer l'air de combustion à travers le silo pour réduire les mauvaises odeurs.

Figure 2. Incinérateur typique pour déchets solides municipaux



Source: European Commission 2006.

Arrivages Silo Incinérateur/chaudière Lavages des gaz de combustion Cheminée

2.1.3 Conception des incinérateurs de déchets solides municipaux

Les déchets municipaux solides peuvent être incinérés dans plusieurs types de systèmes de combustion : fours à grille mobile, fours tournants et lits fluidisés. Aux Etats Unis et en Asie, des incinérateurs modulaires qui brûlent les déchets sans prétraitement sont également utilisés. Dans le cas de la technologie à lit fluidisé, il faut que les déchets solides municipaux aient des particules d'une certaine dimension – ceci nécessite un certain degré de prétraitement et une collecte sélective des déchets. Les capacités de combustion des incinérateurs de déchets solides municipaux vont typiquement de 90 à 2'700 tonnes de déchets solides par jour (les configurations modulaires : de 4 à 270 tonnes par jour).

D'autres procédés ont été développés, basés sur un découplage des étapes qui ont lieu également dans l'incinérateur : séchage, volatilisation, pyrolyse, carbonisation et oxydation du déchet. On applique aussi une gazéification à l'aide d'agents de gazéification tels que la vapeur, l'air, et les oxydes de carbone ou l'oxygène. Ces procédés visent à réduire les volumes des gaz de combustion et les coûts associés de traitement des gaz. Plusieurs de ces développements ont rencontré des problèmes techniques et économiques lors du passage à une plus grande échelle industrielle et commerciale, et ont donc été abandonnés. Certains sont utilisés sur une base commerciale (par exemple au Japon) ; d'autres sont en cours d'essais dans des installations de démonstration en Europe, mais n'ont qu'une petite partie du marché global pour le traitement de déchets, par rapport à l'incinération.

2.2 Incinération de déchets dangereux

L'incinération et d'autres formes de traitements thermiques représentent aussi des options pour le traitement de déchets dangereux. Les déchets toxiques se distinguent des autres déchets par le fait qu'ils sont inscrits dans les lois et réglementations sur les déchets, ou bien qu'ils ont des propriétés toxiques. Aux Etats-Unis, par exemple, un déchet peut être considéré comme étant dangereux si l'on peut démontrer qu'il est inflammable, corrosif, réactif ou toxique. Des mélanges de déchets dangereux avec d'autres déchets peuvent aussi être considérés comme étant dangereux.

A cause du risque inhérent plus élevé pour le traitement de tels déchets, et l'incertitude relatif à leur composition, il est nécessaire de disposer de procédures spéciales pour le transport, la manipulation, le stockage, le suivi et le contrôle. Il faudrait peut-être aussi une manipulation particulière de tout résidu résultant du traitement des déchets.

La technologie de combustion la plus courante pour l'incinération de déchets toxiques est le four rotatif. Les installations disponibles dans le domaine de l'incinération commerciale ont des capacités allant de 82 à 270 t/j (European Commission 2006). Certains déchets dangereux, en particulier les solvants usagés, sont aussi incinérés comme combustible dans des fours à ciment. Cette application est considérée dans la section V.B du présent document d'orientation. De la même manière que l'incinération de déchets solides municipaux, l'incinération de déchets dangereux présente des avantages pour la destruction de matières organiques (y compris les matériaux toxiques), de la réduction des volumes et des concentrations des polluants dans des quantités relativement petites de cendres, et, mais moins souvent, l'avantage de pouvoir récupérer de l'énergie.

Les incinérateurs de matériaux dangereux représentent un potentiel pour devenir des sources significatives de pollution environnementale (voir section 2).

Les déchets dangereux sont normalement incinérés dans deux types d'installations :

- Des installations commerciales qui proposent un service payant pour le traitement des déchets, hors site. Ces incinérateurs peuvent traiter une variété de types de déchets, et peuvent concourir à l'échelle internationale pour le traitement de déchets[1];
- Des incinérateurs de déchets dangereux qui sont dédiés à cette tâche, et qui sont typiquement rattachés à de grandes installations industrielles, par exemple un incinérateur dans un complexe de fabrication chimique traitant des déchets chlorés pour en récupérer l'acide chlorhydrique (HCl).

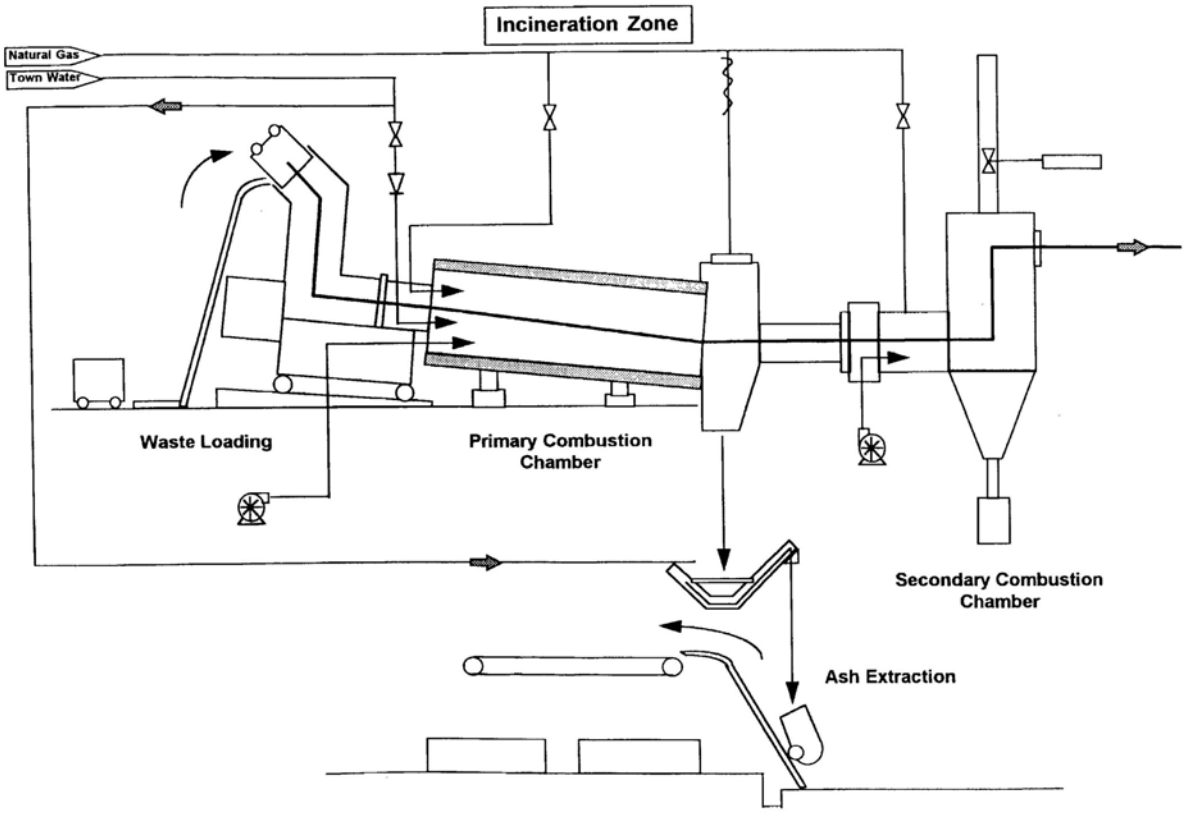
Les résidus provenant des incinérateurs de déchets dangereux sont similaires à ceux des incinérateurs de déchets solides municipaux à l'exception des scories produites par les incinérateurs à four rotatif.

2.2.1 Conception et mode opératoire d'incinérateurs de déchets dangereux

Pour l'incinération de déchets dangereux, on utilise le plus souvent des fours rotatifs (Figure 3), mais les incinérateurs à grille (y compris la co-incinération avec d'autres déchets) sont souvent utilisés pour les déchets solides, et des incinérateurs à lit fluidisé pour certains déchets prétraités. Les fours statiques sont aussi très utilisés dans des installations faisant partie de complexes chimiques.

Figur3. Schéma d'un système d'incinération à four rotatif

[1] A noter, les exigences de la Convention de Bâle sur les Mouvements Transfrontières de Déchets Dangereux et Leur Elimination, au sujet du transport de déchets dangereux.



Zone d'incinération

Gaz naturel

Eaux du réseau

Chargement des déchets

Chambre de combustion primaire

Chambre de combustion secondaire

Extraction des cendres

A cause de la composition dangereuse et parfois incertaine des déchets qui arrivent, il faut prendre plus de précautions au sujet des critères d'acceptation, du stockage, de la manipulation et du prétraitement, que dans le cas de déchets solides municipaux. Pour des déchets à faible pouvoir calorifique il est parfois nécessaire d'ajouter un appoint de combustible.

Dans un four rotatif, des solides, des boues et des déchets pompables, ou en fûts, sont introduits du coté supérieur du four incliné. Les températures dans le four varient en générale entre 850˚C (500˚C quand utilisé en tant que gazéificateur) et 1'450˚C (comme un four de fusion de cendres à haute température). La rotation lente du tambour permet un temps de résidence de 30 à 90 minutes. On peut considérer que des températures de 850˚-1'000˚C sont suffisantes pour la destruction de déchets non halogénées, tandis que de 1'000˚ à 1'200˚C sont suffisantes pour détruire des composés halogénés, c'est-à-dire, des PCDD/PCDF, PCB et HCB.

La chambre de combustion secondaire, après le four, permet l'oxydation des gaz de combustion. Il est possible d'injecter ici des déchets liquides ou du combustible en même temps que l'air secondaire,

pour maintenir un temps de résidence de minimal de 2 secondes, et des températures dans une gamme de 850˚C-1'000˚C, détruisant ainsi la plupart des composés organiques résiduels (les exigences pour les conditions de combustion sont décrites dans la Directive EU 2000/76/EC sur l'Incinération des Déchets).

Des déchets dangereux sont aussi incinérés dans des fours à ciment. Cette application est décrite dans la section V.B du présent document.

2.2.2 Livraison, stockage et prétraitement de déchets dangereux

Avant d'accepter un déchet dangereux en vue de son traitement, les opérateurs d'incinérateurs commerciaux doivent évaluer et caractériser le matériau. On demande de manière routinière une documentation de la part du producteur du déchet, comprenant l'origine du déchet, son numéro de code ou autre désignation, l'identité des personnes responsables et une indication de la présence éventuelle de tout composant particulièrement dangereux. Le déchet doit aussi être emballé de manière correcte pour éviter la possibilité qu'une réaction ait lieu pendant le transport.

Le stockage sur le site de l'incinérateur dépendra de la nature et des propriétés physiques du déchet. Les déchets solides dangereux sont normalement stockés dans des silos construits pour garantir l'absence de toute fuite dans un des milieux environnementaux, et fermés pour permettre l'extraction de l'air du silo, vers le procédé de combustion. Les déchets liquides sont stockés dans des réservoirs, souvent sous une atmosphère de gaz inerte (par exemple de l'azote), et sont transportés vers l'incinérateur par des canalisations. On peut introduire quelques déchets directement dans l'incinérateur dans les conteneurs utilisés pour leur transport. Les pompes, tuyauteries et autres équipements qui pourraient entrer en contact avec les déchets devront être résistants à la corrosion, et accessibles pour les besoins de nettoyage et d'échantillonnage.

Les opérations de prétraitement peuvent comprendre la neutralisation, l'égouttage ou la solidification du déchet. On peut aussi utiliser des déchiqueteurs et mélangeurs mécaniques pour traiter les conteneurs, ou pour mélanger les déchets en vue d'une combustion plus efficace.

2.3 Incinération des boues d'épuration

Les boues des stations d'épuration domestiques sont éliminées de différentes manières qui peuvent comprendre l'épandage sur des terres agricoles, la mise en décharge de surface (par exemple, pour la création de paysages), l'incinération, et le mélange avec des déchets solides municipaux. L'incinération de ces boues est pratiquée dans nombre de pays, soit seule, soit en co-incinération avec les déchets solides municipaux, ou dans d'autres installations d'incinération (par exemple, des centrales au charbon, des fours à ciment). L'élimination effective des boues d'épuration par ce procédé dépend d'un certain nombre de facteurs, par exemple le fait que le déchet se trouve mélangé avec d'autres déchets industriels (qui peuvent augmenter la teneur en métaux lourds), la localisation (les sites au bord de la mer peuvent être sujets à des infiltrations d'eau salée), les prétraitements (ou absence de ceux-ci), et les conditions météorologiques (dilution dans l'eau de pluie). (European Commission 2006).

L'incinération des boues de stations d'épuration présente quelques différences par rapport à l'incinération de déchets solides municipaux et dangereux. Les variations dans les teneurs en humidité, les valeurs énergétiques, et la présence possible d'autres déchets, en mélange (par exemple, déchets industriels, si les systèmes d'égouts sont connectés) demandent des approches appropriées pour la manipulation et le prétraitement.

Le prétraitement, en particulier l'égouttage et le séchage, est spécialement important pour la préparation des boues avant incinération. Le séchage réduit le volume des boues et augmente l'énergie calorifique du produit. Il est normalement nécessaire de réduire l'humidité pour atteindre 35% de matières sèches, afin de pouvoir fournir l'énergie thermique nécessaire pour une incinération auto-entretenue. Des séchages complémentaires peuvent être nécessaires si l'on envisage une co-incinération avec des déchets solides municipaux.

Comme dans le cas des incinérateurs pour les déchets solides municipaux et déchets dangereux, les polluants et substances inscrits à l'Annexe C, ainsi que leurs précurseurs, peuvent être présents dans les déchets envoyés aux incinérateurs de boues d'épuration, et ont été responsables pour la formation et rejets de ces substances dans l'air, l'eau et les résidus/déchets (voir la Section 2). Les résidus solides provenant de l'incinération des boues de stations d'épuration sont surtout des cendres volantes et les cendres de foyer (dans le cas de l'incinération en lit fluidise), ainsi que des résidus du traitement des gaz de combustion (voir la description de l'incinération de déchets solides municipaux).

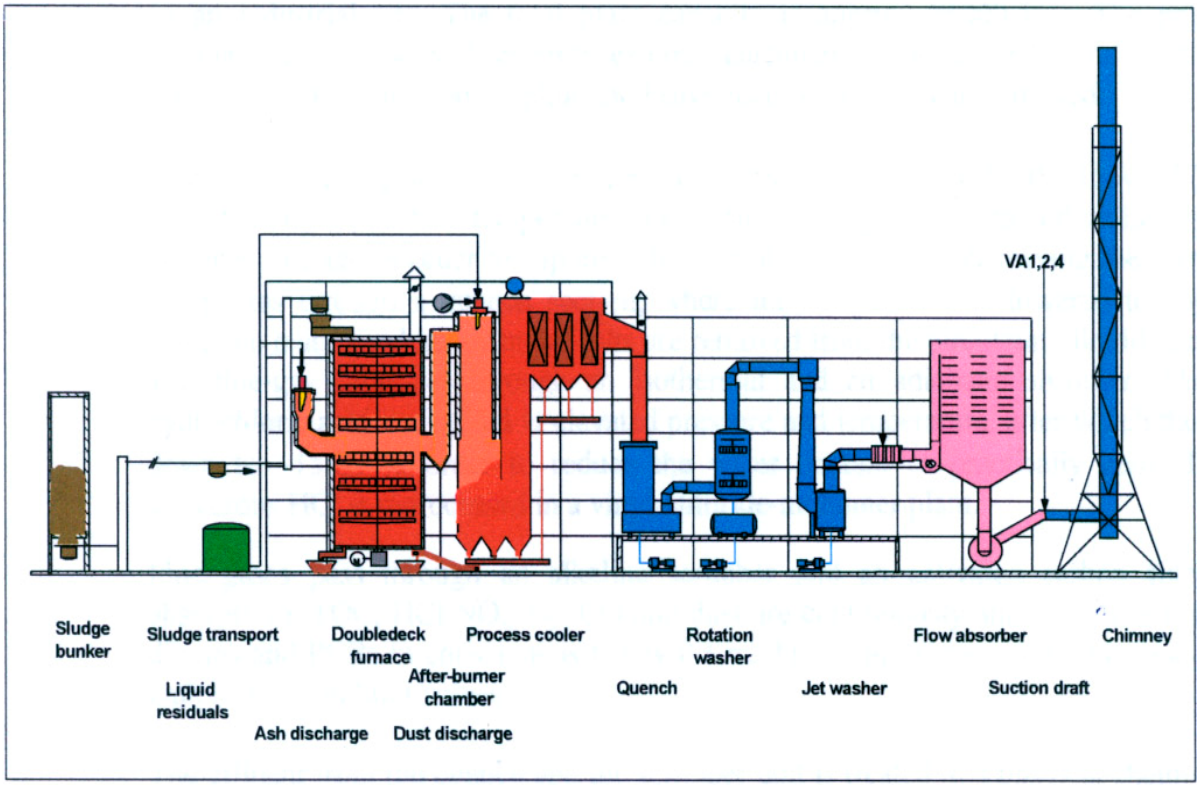
2.3.1 Conception et mode opératoire des incinérateurs de boues d'épuration

Un incinérateur typique pour boues d'épuration, peut traiter au moins 80'000 tonnes de boues par an (à 35% de matière sèche). Les meilleurs incinérateurs pour ces boues sont les fours à foyers multiples (Figure 4) et les fours à lit fluidisé, bien que les fours rotatifs soient aussi utilisés pour des applications à plus petite échelle.

En fonction du pourcentage de solides secs (siccité) on peut introduire un combustible d'appoint. Les températures préférées de fonctionnement vont de 850°C à 950°C, et avec un temps de résidence de 2 secondes, bien que certaines installations à lit fluidisé peuvent fonctionner à une température aussi basse que 820ºC sans diminution de la performance. En opérant au dessus de 980°C on peut provoquer la fusion des cendres (European Commission 2006).

On peut incinérer les boues de stations d'épuration mélangées à des déchets solides municipaux dans des incinérateurs à lit fluidisé ou à grille (*mass burn* en anglais). Dans le second cas, un rapport 1 :3 (boues : déchets) est typique, avec la boue séchée introduite dans la chambre d'incinération comme poussière ou boue drainée, envoyée à la grille par aspersion. Dans certains cas, il est possible de mélanger la boue essorée ou séchée avec des déchets solides municipaux dans la soute ou dans le silo avant de la charger dans l'incinérateur. Les méthodes d'alimentation de l'incinérateur représentent une fraction significative des investissements additionnels pour la co-incinération.

Figure 4. Exemple d'un incinérateur de boues d'épuration à foyers multiples



Source: European Commission 2006.

Silo à boues Four à double étage Laveur rotatif Cheminée

Transport des boues Refroidisseur Absorbeur de flux

Liquides résiduels Chambre de post-combustion Trempe Laveur à jet Courant d'aspiration

Décharge cendres Décharge poussières

2.3.2 Prétraitement des boues d'épuration

Certains prétraitements des boues peuvent avoir lieu avant leur arrivée à la station d'incinération. Ceci peut inclure un tamisage, un traitement anaérobie ou aérobie, et l'addition d'agents chimiques de traitement.

Un égouttage mécanique réduit le volume de la boue et augmente sa valeur calorifique. Les procédés utilisés sont : la décantation, la centrifugation, les filtres à bande, et les chambres à filtre presse. Des agents de conditionnement (par ex. des agents floculants) sont souvent ajoutés avant l'extraction de l'eau pour en faciliter l'égouttage qui suit. En retirant l'eau par voie mécanique on peut normalement atteindre un taux de matières sèches de 20 à 35% (European Commission 2006).

Le séchage fait appel à de la chaleur pour réduire la teneur en eau encore plus, et pour conditionner les boues. La chaleur nécessaire à la station d'incinération est souvent fournie par le procédé même d'incinération. Les procédés de séchage peuvent être directs (les boues sont en contact avec les convoyeurs thermiques) ou indirects (par ex. la chaleur est fournie par vapeur). Dans le cas du séchage direct, la vapeur et les gaz doivent ensuite être lavés.

L'incinération auto thermique (qui fonctionne en autonomie) exige 35% de solides secs. Bien que l'égouttage mécanique puisse atteindre ce seuil, le séchage complémentaire de la boue, pour atteindre

80-95% de matière sèches, peut être réalisé pour augmenter sa valeur calorifique. La co-incinération avec des déchets solides municipaux exige généralement un séchage complémentaire des boues.

3. Sources de formation des produits chimiques inscrits à l'Annexe C

Pour des informations sur les mécanismes de formation des substances inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm se référer à la section III.C (i) du présent document d'orientation.

Les produits chimiques de l'Annexe C sont rejetés vers l'air, dans l'eau (lorsque des systèmes humides de lavage des gaz sont installés, ou quand les résidus sont lavés à l'aide de liquides pour enlever certaines substances toxiques) et dans les résidus solides.

Les résidus solides venant des incinérateurs de déchets solides municipaux sont pour la plupart des cendres lourdes (résiduelles), des cendres de chaudières et des cendres volantes. Les résidus solides des incinérateurs de déchets toxiques sont similaires à ceux des incinérateurs de déchets solides municipaux, à l'exception des scories venant de l'incinération au four tournant. Les résidus venant de l'incinération des boues de stations d'épuration sont essentiellement des cendres volantes et des cendres de foyer (dans les cas d'incinération en lit fluidisé), ainsi que des résidus du traitement des gaz de combustion (voir la description de l'incinération des déchets solides municipaux).

En plus, des résidus viennent des systèmes d'épuration des gaz de cheminée ont des caractéristiques différentes selon le système utilisé (sec, semi-humide, humide). Quand on utilise des systèmes humides, il y aura une accumulation de gâteaux de filtration et de gypse. En plus, il faut prendre en compte des résidus provenant des systèmes de polissage de l'air.

Les options pour les résidus du polissage de l'air dépendront de l'adsorbant utilise (charbon actif, coke, chaux, bicarbonate de soude, zéolites). Il est parfois permis d'incinérer le résidu du charbon (actif) venant des réacteurs à lit fixe dans l'incinérateur de déchets lui-même, si certaines conditions du procédé sont respectées. On peut aussi incinérer le résidu provenant de systèmes à lit mobile lorsque l'adsorbant utilisé est uniquement du charbon actif ou des cokes de four. Si on utilise un mélange d'autres réactifs avec le charbon actif, on envoie généralement le résidu vers un traitement ou une élimination à l'extérieur, car il pourrait exister des risques de corrosion.

Dans plusieurs pays, les fractions de déchets générées par des unités d'incinération de déchets sont classées comme déchets dangereux, à l'exception du gypse venant de la désulfurisation des gaz de cheminée, et de la ferraille ferreuse et non-ferreuse. Comme exemple, on peut citer la réglementation autrichienne qui exige que dans le cas où la limite pour les PCDD/PCDF (100 ng I-TEQ/kg) dans les déchets est dépassée, les déchets doivent alors être éliminés d'une manière écologiquement rationnelle. Ceci veut dire que dans la plupart des cas il faut faire appel à des décharges spécialement conçues (après un prétraitement) ou à un stockage souterrain. De plus, selon la loi autrichienne, il faut éviter la formation et la propagation de poussières provenant de ces déchets pendant leur transport et stockage intermédiaire (Austrian Waste Incineration Ordinance, Fed. Law Gazette Nr. II 389/2002).

Le Tableau 1 illustre les masses relatives de résidus solides, pour un incinérateur typique de déchets municipaux solides.

Tableau 1. Résidus et déchets provenant de l'incinération de déchets solides municipaux

Types de déchets	Masse spécifique, sèche (kg/t de déchets)
Scories/cendres (y compris résidus sur les grilles, et en dessous)	200–350
Poussières des chaudières et du dépoussiérage	20–40
Résidus du lavage des gaz de cheminée sans poussières des filtres:	
Sorption humide[a]	8–15
Sorption semi-humide	15–35
Sorption sèche	7–45
Résidus de lavage des gaz de cheminée avec poussières des filtres:	
Sorption humide[a]	30–50
Sorption semi-humide	40–65
Sorption sèche	32–80
Charbon actif chargé	0,5–1

a. Les résidus de la sorption sèche ont une sécheresse spécifique (par exemple : 40–50% solides secs) (74, TWG Comments, 2004).

Source: Umweltbundesamt Deutschland 2001

Les concentrations typiques de composés organiques dans les cendres générées dans des installations modernes d'incinération de déchets sont données au Tableau 2.

Tableau 2. Gammes de concentration des composés organiques dans les cendres d'installations modernes

Paramètre	Cendre résiduelle (ng/kg)	Cendre de chaudière (ng/kg)	Cendre volante (ng/kg)
PCDD/F (I-TEQ)	< 1–10	20–500	200–10'000
PCB	< 0,005–0,05	0,004–0.05	10'000–250'000
PCBz[a]	< 0,002–0,05	200'000–1'000'000	100'000–4'000'000
PCPh[b]	< 0,002–0,05	20'000–500'000	50'000–10'000'000
PAH[c]	< 0,005–0,01	10'000–300'000	50'000–2'000'000

a. PCBz: benzènes polychlorés.

b. PCPh: phénols polychlorés.

c. PAH: hydrocarbures polycycliques aromatiques.

Source: European Commission 2006.

Les émissions vers l'air des unités d'incinération de déchets dépendent dans une large mesure des conditions de combustion, et de la conception et le fonctionnement des systèmes de lavage des gaz. Les émissions de PCDD/PCDF venant des incinérateurs de déchets les plus modernes, utilisant les

meilleures techniques disponibles, sont dans la fourchette de 0,0008–0,05 ng I-TEQ/Nm^3; (voir Stubenvoll, Böhmer *et al*. 2002). Cependant les émissions peuvent être plus élevées que 150 ng I-TEQ/Nm^3 dans le cas d'unités mal conçues et mal exploitées.

Il n'y a des émissions de PCDD/PCDF vers l'eau que lorsqu'on utilise des systèmes humides pour le traitement des gaz de combustion. Les unités modernes de traitement des eaux usées comprennent des étapes telles que la neutralisation, la précipitation, la floculation et l'utilisation de filtres de charbon actif pour éliminer des substances organiques. Les émissions de ces installations sont normalement dans la gamme de 0,01–0,3 ng I-TEQ/ l (par exemple, dans la Directive sur l'Incinération des Déchets du Conseil de l'Europe, une valeur de limite d'émission (ELV) de 0,3 ng I-TEQ/ l est prescrite).

Des concentrations typiques ont été rapportées pour des PCDD/PCDF dans le déchet lui-même; ces valeurs sont dans la gamme de 50–250 ng I-TEQ/kg pour des déchets solides municipaux, jusqu'à 10'000 ng/ I-TEQ kg pour les déchets toxiques et 8,5–73 ng/ I-TEQ kg pour des boues de stations d'épuration (European Commission 2006).

Le Tableau 3 donne une estimation des rejets de PCDD/PCDF (I-TEQ) vers différents milieux, basée sur des paramètres typiques pour des incinérateurs de déchets solides municipaux, conçus et exploités suivant les meilleures techniques disponibles (pour les paramètres, voir Stubenvoll, Böhmer *et al.* 2002 et European Commission 2006).

Tableau 3. Estimation des rejets de PCDD/PCDF vers différents milieux à partir d'incinérateurs de déchets municipaux

Milieu	Accumulation par t de déchets traités	Unité	Concentration moyenne	Unité	Rejet spécifique (µg/t déchet)
Cendre résiduelle	220	kg	46	ng I-TEQ /kg	10,12
Cendre volante	20	kg	2'950	ng I-TEQ /kg	59
Gâteau de filtration	1	kg	4'000	ng I-TEQ/kg	4
Eaux usées	450	litre	0,3	ng I-TEQ /l	0,135
Air	5'000	Nm^3	0,02	ng I-TEQ/ Nm^3	0,1
Rejet total					**73'355**

Source: Stubenvoll, Böhmer *et al.* 2002 et European Commission 2006

D'après les données présentées au Tableau 3, il est évident que les dioxines et furanes sont rejetés surtout par l'incinération de déchets solides. Il faut éliminer les gâteaux (par exemple, par stockage souterrain) et les cendres volantes, dans des décharges dédiées dans la plupart des pays (parfois après un prétraitement), tandis que les cendres résiduelles sont utilisées dans certains pays pour la construction des routes, généralement après un prétraitement.

A condition que la teneur totale, et la vitesse de lixiviation, de polluants organiques persistants des cendres et d'autres déchets provenant de l'incinération de déchets soient faibles (ceci peut se faire, par exemple par un prétraitement), on peut considérer les décharges spéciales (si elles sont conçues et exploitées en respectant les meilleures techniques disponibles) comme des puits terminaux pour les substances dangereuses ; les possibilités qu'il se produisent d'autres rejets, et donc d'autres expositions à ces produits chimiques, sont ainsi fortement réduites Dans ces cas, les émissions des incinérateur modernes de déchets deviennent très faibles.

4. Alternatives à l'incinération de déchets solides municipaux, de déchets dangereux et de boues d'épuration

Pour une vue d'ensemble de la gestion des déchets, voir la section III.C (ii) de ce guide.

En plus d'encourager les Parties à accorder une priorité aux techniques favorisant le recyclage et la récupération des déchets, et à minimiser la génération de ceux-ci, la Convention de Stockholm souligne l'importance d'étudier des options alternatives de traitement et d'élimination, qui éviteront la formation et le rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Une liste des exemples de telles alternatives, comprenant des technologies émergentes, est donnée ci-dessous.

Pour des déchets municipaux, les alternatives possibles à l'incinération sont:

- des stratégies de gestion « déchet zéro », qui visent à arrêter la génération de déchets par l'application d'une variété de mesures, y compris des outils législatifs et économiques ;
- la minimisation des déchets, le tri à la source et le recyclage afin de réduire les volumes de déchets nécessitant une élimination finale ;
- le compostage qui réduit le volume par une décomposition biologique ;
- le traitement biologique mécanique, qui réduit le volume du déchet par des voies mécaniques et biologiques, et qui génère des résidus qui doivent encore être traités ;
- la fusion à haute température, qui utilise des moyens thermiques pour réduire les volumes, et qui permet d'encapsuler les résidus nécessitant encore un traitement ;
- des décharges sanitaires spéciales qui retiennent et isolent les déchets (y compris avec un système de captage et de brûlage du méthane formé, avec récupération de l'énergie ou au moins une torchère si cette dernière technique n'est pas disponible).

Pour les produits dangereux, les alternatives possibles à l'incinération comprennent:

- La minimisation des déchets, associée à un tri à la source, avec une élimination finale par d'autres techniques ou par mise en décharge ;

Pour les déchets POP, des alternatives possibles à l'incinération sont données dans les Directives Techniques de Bâle (Basel Convention Technical Guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs); 2005)

- Réduction chimique en phase gazeuse ;
- Décomposition par catalyse basique ;
- Réduction par le sodium ;
- Oxydation par eau supercritique ;

Pour les boues d'épuration non contaminées, des alternatives possibles à l'incinération sont la mise en décharge ou l'épandage sur les terres agricoles, ce qui évite la formation des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Toutefois, on doit noter que les polluants organiques persistants présents dans de telles boues, peuvent être rejetés dans l'environnement par cette dernière méthode

d'épandage. Pour l'épandage sur les terres, on fera idéalement une séparation des boues non contaminées.

Un travail complémentaire est nécessaire de la part la communauté internationale afin de tester et valider des technologies comme celles citées. Un travail serait également souhaitable pour promouvoir des innovations additionnelles dans ce domaine important.

5. Meilleures pratiques environnementales pour l'incinération des déchets

Des usines bien entretenues, des opérateurs bien formés, un public bien informé et une attention constante aux procédés mis en œuvre, sont des facteurs importants pour minimiser la formation et le rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C résultant de l'incinération de déchets. De plus, des stratégies effectives de gestion des déchets (par ex. la réduction des déchets, le tri en amont et le recyclage), en modifiant le volume et les propriétés des déchets, peuvent aussi avoir un impact significatif sur les rejets.

Il faut noter ici qu'à cause de définitions peu claires de ce qui constitue les meilleures pratiques environnementales, il y a un certain chevauchement entre les descriptions des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales. Quelques-unes des pratiques décrites dans cette sous-section, sur les meilleures pratiques environnementales, pourraient représenter aussi une nécessité préalable pour l'opération d'une installation utilisant les meilleures techniques disponibles.

Dans cette sous-section on décrit les meilleures pratiques environnementales pour le fonctionnement d'un incinérateur de déchets. Les pratiques appropriées, qui devront être appliquées avant que le déchet arrive à l'installation d'incinération, sont décrites ailleurs dans ce document (voir par exemple la section III.C sur des considérations croisées).

5.1 Les pratiques de la gestion des déchets

Des considérations sur la gestion des déchets qui sont décrites dans la III.C (ii) de ce guide, ainsi que les approches alternatives esquissées dans la sous-section 6 ci-dessous, devront être prises en considération comme faisant partie intégrale des stratégies d'ensemble de réduction et de contrôle des déchets.

5.1.1 Minimisation des déchets

En réduisant par n'importe quel moyen le volume total de déchets qui sont à éliminer, on peut réduire les rejets et les résidus des incinérateurs. L'envoi des produits biodégradables vers le compostage, et des initiatives pour réduire les emballages entrant dans le flux de déchets, peuvent avoir un effet important sur les volumes. La responsabilité pour une minimisation des déchets n'est pas vraiment l'affaire de l'opérateur de l'installation d'incinération. Cependant la coordination et l'harmonisation des activités pertinentes, à différents niveaux de l'organisation (c'est-à-dire : niveaux de l'opérateur, de la localité, de la région ou du pays) sont d'une importance primordiale pour l'environnement dans son ensemble.

5.1.2 Séparation à la source et recyclage

Le tri et la collecte de matériaux recyclables, à la source ou centralisés (par ex. l'aluminium et d'autres métaux, le verre, le papier, les plastiques recyclables, les déchets de construction ou de démolition) réduisent également les volumes et permettent aussi d'enlever les matériaux non-combustibles. La responsabilité pour ces activités doit être coordonnée entre les différents niveaux concernés.

5.1.3 Inspection et caractérisation des déchets

Il est indispensable de disposer d'une excellente connaissance des caractéristiques et propriétés des déchets à l'arrivée. Les caractéristiques d'un lot de déchets particulier peuvent varier de manière significative d'un pays à un autre, et de région à région. Si l'on considère que certains déchets, ou composants, ne sont pas adaptés à une incinération, il faudrait mettre en place des procédures permettant la détection et la séparation de ces matériaux dans les lots à l'arrivée, ou dans les résidus. Des vérifications, des échantillonnages, et des analyses devront être effectués. Ceci est particulièrement vrai pour des déchets dangereux. Des enregistrements et des cahiers de mouvements sont indispensables, et ils devront être tenus à jour. Le Tableau 4 illustre quelques unes des techniques applicables aux différents types de déchets.

Tableau 4. Exemples d'inspections techniques

Type de déchet	Techniques	Commentaires
Déchets municipaux mixtes	Inspection visuelle dans les silos Vérification inopinée sur arrivages individuels par prélèvement séparé Pesage à l'arrivée du déchet Détection radioactive	Les livraisons industrielles et commerciales peuvent présenter des risques élevés
Déchets municipaux prétraités et combustibles dérivés de déchets	Inspection visuelle Echantillonnage périodique, et analyse des caractéristiques ou des substances clefs	
Déchets dangereux	Inspection visuelle Echantillonnage/analyse de tous camions transportant en vrac Vérification au hasard de livraison en fûts Déballage et vérification de livraisons emballées Evaluation des paramètres de combustion Tests de mélange sur déchets liquides avant stockage Contrôle des points éclairs pour les déchets dans le silo Triage des déchets à l'entrée pour composition élémentaire, par exemple par EDXRF[a]	Des procédures étendues et efficaces sont particulièrement importantes pour ce secteur. Les unités recevant des déchets homogènes pourraient adopter des procédures simplifiées
Boues d'épuration	Echantillonnage et analyse périodiques pour des propriétés et des substances clefs Vérification pour la présence de cailloux/métaux avant les étapes de séchage Contrôle du procédé pour adaptation aux variations dans les boues	

a. EDXRF: fluorescence rayons-X à énergie dispersive (spectromètre).

Source: European Commission 2006.

Tableau 5. Exemples de ségrégations techniques

Type de déchet	Techniques de ségrégation
Déchets municipaux mixtes	La ségrégation n'est pas normalement appliquée à moins que des lots de déchets divers distincts soient reçus, quand ceux-ci peuvent être mélangés dans le silo Des objets volumineux qui nécessitent un prétraitement peuvent être séparés Des aires de ségrégation d'urgence pour des déchets rejetés
Déchets municipaux prétraités et combustibles dérivés de déchets	Une ségrégation n'est pas effectuée normalement Des aires de ségrégation d'urgence pour des déchets rejetés
Déchets dangereux	Des procédures complètes nécessaires pour la séparation des matériaux chimiquement incompatibles (des exemples comme suit):

	- l'eau des phosphures - l'eau des isocyanates - l'eau des matières alcalines - cyanures des acides - matériaux inflammables des agents oxydants, et conserver la ségrégation des déchets livrés emballés et déjà séparés
Boues d'épuration	Déchets généralement bien mélangés avant l'arrivée à l'usine Quelques lots de déchets industriels peuvent être livrés séparément, et nécessitent une ségrégation avant d'être mélangés

Source: European Commission 2006.

5.1.4 Séparation des non-combustibles à l'incinérateur

Il est très courant de séparer les métaux ferreux et non ferreux des déchets envoyés aux incinérateurs de déchets solides municipaux

5.1.5 Manipulation, stockage et prétraitement corrects

Il est indispensable de manipuler correctement tout déchet, en particulier les déchets dangereux. On procédera à un tri et à une ségrégation appropriées afin d'assurer un traitement sans risque (Tableau 5).

Les aires de stockage doivent être isolées correctement, avec un drainage contrôlé et une protection contre les intempéries. Il faut envisager la mise en place de systèmes de détection et de contrôle d'incendie, et aussi prévoir une capacité adéquate pour retenir les eaux nécessaires pour lutter contre les incendies sur le site. Les aires de stockage et de manipulation devront être conçues pour éviter la contamination des milieux environnementaux, et pour faciliter le nettoyage en cas de fuites et de déversements. On peut minimiser les odeurs et les rejets de polluants organiques persistants en utilisant l'air des soutes et silos pour alimenter le procédé de combustion. Dans le cas de boues d'épuration, le prétraitement doit assurer qu'un séchage et un conditionnement adéquats ont bien été effectués.

5.1.6 Minimisation des temps de stockage

Bien qu'il soit important de disposer d'un flux constant de déchets pour une opération continue, et de conditions stables de combustion dans les grands incinérateurs de déchets municipaux, il est peu probable que des déchets stockés s'améliorent avec le temps. En minimisant la période de stockage on évitera la putréfaction et des réactions non désirables, ainsi la détérioration des conteneurs et de l'étiquetage. Avec une bonne gestion des arrivages, et en communiquant avec les fournisseurs, on évitera de dépasser des temps de stockage raisonnables (environ quatre à sept jours pour les déchets municipaux solides).

5.1.7 L'établissement des critères de qualité pour les installations fonctionnant aux déchets

Il faut que les opérateurs puissent être en mesure de prévoir avec précision la valeur calorifique et les autres attributs des déchets à incinérer, afin de pouvoir s'assurer que les paramètres techniques de l'incinérateur soient respectés. Ceci peut se faire à l'aide des résultats d'un programme de suivi des déchets en ce qui concerne les contaminants et les paramètres clés pour que les fréquences d'échantillonnage et d'analyse, ainsi que la rigueur, augmentent au fur et à mesure qu'augmente la variabilité du déchet.

5.1.8 Chargement des déchets

Pour les installations qui acceptent des déchets solides municipaux hétérogènes, un mélange bien fait et un chargement correct du silo d'alimentation sont très importants. Les opérateurs des grues de

chargement doivent avoir à la fois une bonne expérience, et aussi une position sur la grue permettant de bien surveiller les opérations, pour être en mesure de sélectionner le mélange de déchets approprié, permettant ainsi à l'incinérateur de fonctionner à son niveau optimal d'efficacité.

5.2 Les pratiques pour l'opération et la gestion d'incinérateurs

5.2.1 Assurer une bonne combustion

Pour éviter au maximum la formation et la récupération des substances chimiques inscrites à l'Annexe C, il est important d'assurer un contrôle précis des paramètres de combustion, et des gaz produits. Pour les unités en approvisionnement continu, le minutage du chargement, le contrôle des conditions de combustion et la gestion en aval de la combustion sont des considérations importantes (voir la sous-section 6 ci dessous)

5.2.2 Eviter le démarrage à froid, les anomalies et les arrêts

Ces événements sont normalement caractérisés par une combustion insuffisante, qui crée par conséquence les conditions favorisant la formation des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Pour les incinérateurs de plus petite taille, modulaires, qui opèrent en discontinu, l'allumage et l'arrêt peuvent se produire chaque jour. Un préchauffage de l'incinérateur et un démarrage avec un mélange de combustible fossile propre permettront d'atteindre plus rapidement des températures de combustion efficaces. Lorsque c'est possible, néanmoins, des opérations en continu devraient être la pratique retenue. Indépendamment du mode opératoire, il ne faut introduire le déchet que lorsque la température voulue est atteinte (par exemple, au dessus de 850˚C). Des anomalies peuvent être évitées en effectuant des inspections périodiques, et en assurant une maintenance préventive. Les opérateurs de l'incinérateur ne doivent pas l'alimenter pendant les opérations de court-circuit des filtres (« *dump stack* » en anglais) ou pendant des problèmes majeurs d'anomalies de combustion.

5.2.3 Inspection et entretien réguliers des installations

Des inspections de routine doivent être effectuées par l'opérateur, et des inspections périodiques par les autorités concernées, pour le four et les dispositifs de contrôle de la pollution de l'air, afin d'assurer l'intégrité du système et la performance correcte de l'incinérateur et des ses composants.

5.2.4 Suivi du procédé

Une combustion à haute efficacité peut être facilitée par la mise en place d'un régime de suivi des paramètres principaux des opérations, tels que la teneur en monoxyde de carbone (CO), la vitesse massique du flux, la température et la teneur en oxygène. Une teneur faible en CO est associée à une haute efficacité de combustion, en termes de l'efficacité de la destruction des déchets solides municipaux. En général, si la concentration en CO est faible en volume (par ex. < 50 parts par million ou 30 mg/m³) dans le flux des gaz, cela indique qu'il y a une très bonne combustion à l'intérieur de la chambre de combustion. Une bonne efficacité de combustion est liée à une diminution de la formation de PCDD/PCDF à l'intérieur de l'incinérateur, et les températures dans la chambre de combustion devraient donc être enregistrées.

Le monoxyde de carbone, l'oxygène dans le flux de gaz, les matières sous forme de particules, l'acide chlorhydrique (HCl), le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NOx), l'acide fluorhydrique (HF), les débits d'air et les températures, les chutes de pression, et le pH dans le flux de gaz doivent être contrôlés et gérés régulièrement. Ces mesures reflètent les conditions de combustion et donnent des indications générales sur les risques de formation et de rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Des mesures périodiques ou des mesures semi continues (échantillonnage continu et analyse périodique) des PCDD/PCDF dans les flux de gaz peuvent aider à assurer que les rejets soient réduits au minimum et que l'incinérateur fonctionne bien.

Au Japon, on autorise des mesures simplifiées, par essais biologiques, comme méthodes officielles standard pour des mesures périodiques de dioxines dans les émissions des incinérateurs de déchets ayant une capacité de moins de 2 t/h (voir aussi section III.C (vi))

5.2.5 Manipulation des résidus

Les cendres résiduelles et les cendres volantes de l'incinérateur doivent être manipulées, transportées et éliminées de manière écologiquement rationnelle. Ceci inclut la gestion séparée des cendres résiduelles, des cendres volantes et d'autres résidus du traitement des gaz, afin d'éviter une contamination des cendres résiduelles, et donc d'améliorer la récupération de ces cendres résiduelles. Les transports routiers en camions couverts, et l'utilisation de sites d'enfouissement spécialisés sont des pratiques courantes pour la gestion de ces résidus.

Si l'on envisage en particulier la réutilisation de ces résidus, il faut évaluer le contenu et la mobilité potentielle dans l'environnement des métaux lourds et des substances inscrites à l'Annexe C ; les recommandations adoptées par la Convention de Bale, puis reprises par la Conférence des Parties de la Convention de Stockholm, devront être suivies. Des analyses périodiques des cendres peuvent aussi servir d'indicateur de la performance de l'incinérateur, ou de la présence éventuelle de déchets ou combustibles illégaux ou non autorisés.

Des effluents provenant des systèmes de lavage des gaz, y compris les gâteaux de filtration produits par le lavage humide, sont considérés comme des déchets dangereux dans de nombreux pays et doivent être traités et éliminés d'une manière écologiquement rationnelle (par exemple, par une stabilisation avant l'enfouissement dans des décharges sanitaires).

5.2.6 Formation des opérateurs

Des cours de formation réguliers pour le personnel sont essentiels pour un fonctionnement efficace d'incinérateurs de déchets. Aux Etats-Unis par exemple, la formation et la certification des opérateurs sont assurées par l'American Society of Mechanical Engineers (voir aussi la Section III C (v) du présent guide).

5.2.7 Maintien de la sensibilisation du public, et communication

Le succès d'un projet d'incinérateur de déchets dépendra beaucoup de la création, et de l'entretien, d'une attitude positive du public vis-à-vis du projet. Ce travail de sensibilisation devra commencer aussitôt que les détails du projet sont connus. Le public et les groupements consultatifs de citoyens auront des inquiétudes compréhensibles à propos de la construction et l'opération d'une installation, et il faudra traiter ces inquiétudes de manière ouverte et honnête pour éviter toute désinformation et toute mauvaise compréhension.

Les moyens pratiques pour améliorer la sensibilisation du public et son engagement comprennent : la publication à l'avance d'articles dans les journaux ; la distribution d'information chez les particuliers concernés ; la sollicitation de commentaires sur les options de conception et de fonctionnement ; la mise en place de panneaux d'information dans les espaces fréquentés par le public ; l'ouverture de registres relatifs aux rejets et aux mouvements de polluants ; et l'organisation de réunions et de forums de discussions fréquents.

Les autorités, et ceux qui proposent des projets d'incinération, devront s'engager, ensemble avec les groupements d'intérêt publique, en organisant des réunions régulières de consultation avec la population concernée et des journées d'information avec visites de sites, en affichant des données et autres informations sur Internet, et en fournissant des données en temps réel sur les opérations et les rejets du site de l'installation. Les consultations avec le publique doivent être transparentes et avoir une signification réelle et sincère, si elles veulent être efficaces.

6. Meilleures techniques disponibles pour l'incinération

En plus des meilleures pratiques environnementales pour l'incinération des déchets solides municipaux, des déchets dangereux et des boues d'épuration, il existe une variété de techniques déjà

éprouvées de combustion, de lavage des gaz, et de gestion des résidus pour empêcher la formation ou pour minimiser les rejets de substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Pour une analyse détaillée de ce que représente les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets, il faut se référer à : European Commission BAT Reference (BREF) Document on waste incineration (European Commission 2006).

Il existe aussi des options de technologies qui ne font pas appel à l'incinération, et d'autres technologies émergentes (cf. section III.C (ii) du présent guide) qui peuvent représenter des alternatives écologiquement rationnelles et viables à l'incinération. L'objet de cette sous-section cependant, est d'identifier les meilleures techniques applicables au procédé d'incinération. Les meilleures techniques disponibles pour l'incinération comprennent : la conception, le mode opératoire et l'entretien d'une usine d'incinération qui minimisent, de manière effective, la formation et le rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C.

En considérant les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets, il est important de considérer que la solution optimale pour un type particulier d'installation d'incinération peut varier en fonction des conditions locales. Les meilleures techniques disponibles présentées ici ne représentent pas une liste de contrôle donnant la meilleure solution, car ceci nécessiterait une considération des conditions locales avec un détail dont on ne peut tenir compte, dans un document traitant des meilleures techniques disponibles en général. Donc une simple combinaison d'éléments individuels décrits ici comme étant les meilleures techniques disponibles, sans prendre en considération les conditions locales, ne pourra pas représenter une solution optimale locale par rapport à l'ensemble de l'environnement (European Commission 2006).

Avec une combinaison appropriée de mesures primaires et secondaires, des niveaux de PCDD/PCDF dans les émissions dans l'air qui ne dépassent pas 0,1 ng I-TEQ/Nm^3 (à 11% O_2), sont associés aux meilleures techniques disponibles. On note aussi que dans des conditions normales d'opération, on peut atteindre des niveaux plus faibles que ceux-ci, avec un incinérateur de déchets bien conçu.

Les meilleures techniques disponibles pour les rejets d'eaux usées des unités de traitement des eaux, recevant des effluents des unités de lavage des gaz, sont associées à des niveaux de concentration de PCDD/PCDF de bien moins que 0,1 ng I-TEQ/l.

Comme exemple illustratif d'un niveau de référence multimédia, on peut citer le fait que le Japon a présenter en 1997 un objectif futur pour la quantité totale de PCDD/PCDF rejetés, comprenant non seulement les PCDD/PCDF contenus dans les gaz, mais aussi ceux dans les cendre résiduelles et volantes ; cet objectif est de 5 µg I-TEQ/t de déchet (voir la sous-section 3, Tableau 3 ci-dessus, pour une comparaison).

Il faut dire que la plupart des conclusions au sujet des meilleures techniques disponibles dans cette section sont tirée du document BREF sur l'incinération des déchets (European Commission 2006). Il existe de nombreux incinérateurs à travers le monde qui sont conçus et opérés suivant la plupart des paramètres définissant les meilleures techniques disponibles, et qui respectent les niveaux des émissions qui y sont associés.

6.1 Sélection de sites

Pour l'incinération des déchets il faudrait prendre en compte les facteurs locaux suivants, entre autres:

- Les facteurs environnementaux locaux, par exemple la qualité de base de l'environnement, peuvent avoir une influence sur les performances demandées en termes des rejets de l'installation, ou de la disponibilité de certaines ressources :
- La nature particulière des déchets générés localement, et l'impact de l'infrastructure de gestion de déchets sur le type et la nature des déchets arrivant à l'installation;
- Le coût, et la possibilité technique, de mettre en œuvre une technique particulière en relation avec ses avantages potentiels – ceci est particulièrement important lorsqu'on considère la performance d'installations existantes ;

- La disponibilité, le degré d'utilisation et le prix des options, pour la récupération et l'élimination de résidus produits à l'installation;
- La disponibilité des utilisateurs et les prix reçus pour l'énergie récupérée;
- Des facteurs locaux économiques, de marché et politique, qui pourraient influencer l'acceptabilité des tarifs de traitement plus élevés, qui pourraient accompagner l'adoption de certaines technologies supplémentaires.

6.2 Les meilleures techniques disponibles pour les déchets à l'arrivée et pour leur contrôle

- Maintenir le site en ordre et dans un état propre;
- Mettre en place, et maintenir, des contrôles de qualité pour les déchets à l'arrivée, en fonction du type de déchets que l'installation pourrait recevoir. Ceci inclut:
  - Mise en place de système de limitation pour les entrées, et identification des risques les plus importants;
  - Communication avec les fournisseurs de déchets, afin d'améliorer le contrôle de qualité des déchets entrants ;
  - Contrôle de la qualité des matières alimentant l'incinérateur ;
  - Vérification, échantillonnage et contrôle des déchets à l'arrivée;
  - Utilisation de détecteurs de matières radioactives.

6.3 Les meilleures techniques disponible pour la combustion

Les conditions optimales de combustion supposent :

- Un bon mélange du combustible et d'air, pour minimiser l'existence de poches de produits de combustion qui pourraient persister et être riche en combustible;
- L'obtention de températures suffisamment élevées en présence d'oxygène, pour permettre la destruction de tout hydrocarbure;
- La prévention de zones de trempe, ou de voies de basses températures, qui pourraient permettre au combustible partiellement brûlé de quitter la chambre de combustion.

Ces conditions seront plus facilement respectées si on assure une bonne gestion des paramètres : temps, température et turbulence (les "3 T"), ainsi que d'oxygène (débit d'air), en s'appuyant sur une bonne conception et opération de l'incinérateur. Il faut maintenir des températures égales ou supérieures à 850° C (par exemple, pour des déchets avec une teneur en substances organiques halogénées, exprimée en chlore, > 1% : au dessus de 1'100° C) pour garantir une combustion complète dans la plupart des technologies. La turbulence, en mélangeant l'air et le combustible, évite la formation de points froids dans la chambre de combustion, et aussi une accumulation de carbone, qui peut réduire l'efficacité de combustion. Le temps de résidence conseillé dans la chambre de combustion secondaire du four primaire est d'au moins 2 secondes à 6% d'oxygène.

6.3.1 Techniques générales de combustion

1. S'assurer que la conception du four est adaptée aux caractéristiques des déchets à traiter.
2. Maintenir des températures dans les zones de combustion de la phase gazeuse dans une fourchette optimale pour achever l'oxydation du déchet (par exemple, à 850º–950º C dans des incinérateurs de déchets solides municipaux à grille ; à 1'100º–1'200º C quand la teneur en chlore du déchet est élevée).

3. Prévoir des temps de résidence suffisants (par exemple, au moins 2 seconds à 6% d'oxygène) et un mélange turbulent dans la (les) chambre(s) de combustion pour assurer une incinération complète.
4. Préchauffer l'air primaire et secondaire pour faciliter la combustion.
5. Toujours utiliser un procédé en continu plutôt que discontinu, lorsque cela est possible, afin de minimiser les fuites au démarrage et à l'arrêt de l'installation.
6. Mettre en place des systèmes pour surveiller des paramètres de combustion cruciaux, tels que la température, les pertes de pression, les niveaux de CO, CO_2 et O_2 et, lorsque cela est applicable, la vitesse de la grille.
7. Prévoir des interventions de contrôle pour ajuster le débit des déchets d'alimentation, la vitesse de grille, et la température, le volume et la distribution de l'air primaire et secondaire.
8. Installer des brûleurs auxiliaires automatiques, pour maintenir les températures à un niveau optimal dans la (les) chambre(s) de combustion.
9. Utiliser l'air provenant des silos et des installations de stockage comme air de combustion.
10. Installer un système qui arrêtera automatiquement l'arrivée des déchets quand les paramètres de combustion ne sont plus appropriés.

6.3.2 Techniques d'incinération des déchets solides municipaux

1. Les incinérateurs à « masse brûlée » (à grille mobile) ont fait leur preuve pour la combustion des déchets solides municipaux hétérogènes, et ont un long passé opérationnel.
2. Les incinérateurs à foyer refroidi à l'eau ont le double avantage de permettre un meilleur contrôle de la combustion, et d'avoir la capacité de traiter des déchets solides municipaux à haut pouvoir calorifique.
3. Les fours rotatifs peuvent accepter des déchets solides municipaux hétérogènes, mais en moindre quantité que les fours à « masse brûlée », ou que des fours à grille mobile.
4. Les fours à grille statique avec des systèmes de transport (par ex. des pistons) ont moins de pièces en mouvement, mais les déchets peuvent demander plus de prétraitement (c'est-à-dire : déchiquetage, tri).
5. Les configurations modulaires, avec chambre de combustion secondaire, ont fait leurs preuves pour des applications à plus petite échelle. Selon leur taille, certaines de ces installations seront peut être obligées de travailler en mode discontinu.
6. Les fours à lit fluidisé, et les fours à foyer à épandage ou mécanique, sont bien adaptés pour les matières finement divisées et régulières, comme les combustibles dérivés de déchets.

6.3.3 Techniques d'incinération de déchets dangereux

1. Les fours rotatifs sont bien adaptés pour l'incinération des déchets dangereux et peuvent accepter les liquides, les pâtes, aussi bien que les solides.

2. Les fours refroidis à l'eau peuvent opérer à des températures plus élevées, et peuvent donc accepter des déchets à valeur énergétiques plus élevée.

3. Il faut envisager soigneusement l'utilisation de chaudières à récupération de chaleur perdue, en particulier par rapport à la possibilité de reformation de PCDD/PCDF.

4. La régularité des déchets (et de la combustion) peut être améliorée en déchiquetant les fûts et les autres emballages de déchets dangereux.

5. Un système d'égalisation des matières approvisionnées (par ex. des convoyeurs à vis sans fin, qui peuvent concasser et fournir un volume constant de déchets solides dangereux pour le four)

aidera à assurer une arrivée continue et contrôlée dans le four, tout en conservant des conditions de combustion constantes.

6.3.4 Techniques d'incinération de boues d'épuration

1. Les incinérateurs à lit fluidisé ont bien démontré leur efficacité pour le traitement thermique de ces boues.

2. Les fours à lit fluidisé à circulation, permettent une plus grande souplesse au niveau du combustible que les lits à agitation en bouillonnement, mais exigent des cyclones pour conserver le matériau du lit.

3. On doit faire attention, avec ces lits à bouillonnement, d'éviter les colmatages.

4. La récupération de la chaleur du procédé et de son utilisation pour le séchage des boues, réduira la nécessité d'un combustible auxiliaire.

5. Les technologies d'alimentation sont importantes pour la co-incinération des boues d'épuration dans les incinérateurs de déchets solides municipaux. Les techniques éprouvées comprennent : boues séchées insufflées comme poussières ; boues essorées arrivant par des arrosoirs, réparties et mélangées sur le foyer : et boues sèches ou essorées mélangées à des déchets solides municipaux et introduites simultanément (European Commission 2006)[2].

6.4 Meilleures techniques disponibles pour le traitement des gaz de combustion

Le type et l'ordre des traitements appliqués aux gaz de combustion, une fois qu'ils sont sortis de la chambre d'incinération, sont importants, à la fois pour le fonctionnement optimal des machines et pour le coût effectif global de l'installation. Les paramètres d'incinération de déchets qui affectent la sélection des techniques comprennent : le type de déchets, leur composition, leur variabilité ; le type de procédé de combustion ; le débit et la température des gaz de combustion ; et le besoin, et la disponibilité, d'un système de traitement des eaux usées. Les techniques de traitement suivantes ont un impact direct ou indirect, pour prévenir la formation, et minimiser le rejet, des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Les meilleures techniques disponibles impliquent l'application des combinaisons les mieux adaptées de systèmes d'épuration des gaz de combustion.

6.4.1 Techniques d'extraction des poussières (matières particulaires)

1. L'extraction de la poussière des flux gazeux est essentielle pour toutes les opérations d'incinération.

2. Les électrofiltres et les filtres en tissu ont prouvé leur efficacité, comme techniques de captage des matières très fines dans les gaz de combustion des incinérateurs. Pour une comparaison des systèmes primaires d'extraction des poussières, voir le tableau 3, section III.C (iv) du présent guide.

3. Les cyclones et multi-cyclones sont moins efficaces pour l'extraction de la poussière, et ne devraient être utilisés que pour l'étape de pré-dépoussiérage, afin d'extraire les particules les plus grosses du flux de gaz, et de réduire la charge arrivant dans les dispositifs de traitement en aval. Ce pré-dépoussiérage des grosses particules diminuera le volume des cendres volantes contaminées par des fortes teneurs en polluants organiques persistants.

---

[2] Des informations complémentaires sur une comparaison de techniques d'incinération en fonction des types de fours se trouvent à l'Annexe 1

4. L'efficacité des électrofiltres diminue lorsque la résistivité électrique de la poussière augmente. Il faut tenir compte de ce fait lorsque la composition des déchets varie rapidement (par ex. pour les incinérateurs de déchets dangereux)

5. Les électrofiltres et les filtres en tissu devraient fonctionner en dessous de 200°C, pour diminuer la formation de PCDD/PCDF et d'autres substances chimiques inscrites à l'Annexe C.

6. Les électrofiltres par voie humide peuvent capturer de très fines particules, mais exigent le traitement de l'effluent, et sont généralement employés après le dépoussiérage.

7. Les filtres en tissu (filtres à manche) sont largement utilisés dans l'incinération des déchets et ont l'avantage supplémentaire d'apporter une filtration complémentaire et une surface réactive dans le gâteau de filtration, lorsqu'ils sont couplés à une injection d'absorbants semi humides (séchage par pulvérisation).

8. Il faut contrôler les chutes de pression à travers les filtres en tissu, et aussi la température du flux gazeux (si un système d'épuration est mis en place en amont), pour assurer que le gâteau de filtration sont en place, et que les sacs de filtres ne fuient pas, ni ne sont mouillés. Un système de détection de fuite des sacs, par détecteur triboélectrique, représente l'une des options pour suivre les performances des filtres en tissu.

9. Les filtres en tissus sont sensibles à des dommages par l'eau et par une corrosion ; les flux de gaz doivent être maintenus à une température au dessus du point de rosée (130˚C à 140˚C) pour éviter ces effets. Pour un survol des choix de matériaux pour filtres et leurs caractéristiques, voir le Tableau 2 à la section III.C (iv) du présent guide.

6.4.2 Techniques d'extraction des gaz acides

1. Les épurateurs à voie humide pour le lavage des gaz présentent les meilleures efficacités pour les gaz acides solubles, parmi les techniques existantes, où le pH de l'eau de l'épurateur est fonction de l'efficacité d'extraction. Il est possible que les particules solides dans les eaux du laveur provoquent une interaction avec les PCDD/PCDF dans la phase gazeuse mobile, influant ainsi la fiabilité de la relation entre les résultats obtenus à partir des mesures de suivi périodiques, et la performance de destruction de l'installation.

2. Un premier dépoussiérage du flux de gaz peut être nécessaire pour prévenir le colmatage de l'épurateur, à moins que celui-ci n'ait une capacité suffisamment grande.

3. L'utilisation de matériaux imprégnés de charbon, de charbon actif ou de coke comme garnissage dans l'épurateur peut donner une réduction de 70% des PCDD/PCDF dans l'épurateur (European Commission 2006), mais ceci peut ne pas se retrouver dans les rejets globaux.

4. Les sécheurs à pulvérisation (laveurs semi humides) ont une très bonne efficacité d'extraction, et ont l'avantage de ne pas exiger un traitement ultérieur des effluents. En plus des agents alcalins ajoutés lors de l'extraction des gaz acides, l'injection de charbon actif est aussi efficace pour éliminer les PCDD/PCDF, ainsi que le mercure. Les systèmes secs de lavage par atomisation arrivent régulièrement à réduire les teneurs du SO_2 à 93%, et celles du HCl à 98%.

5. Les sécheurs à pulvérisation, comme il est noté ci-dessus, sont généralement mis en place en amont des filtres en tissu. Les filtres arrêtent les réactifs et les produits similaires, tout en offrant une surface réactive complémentaire sur le gâteau de filtration.

6. Dans de telles combinaisons, la température à l'entrée du filtre en tissu est importante. Des températures au dessus de 130°C-140°C sont normalement nécessaires afin de prévenir la condensation et donc une corrosion des manches.

7. Pour l'extraction des gaz acides, les systèmes d'épuration à sec ne peuvent atteindre l'efficacité de la voie humide ou semi humide (pulvérisateur) sans augmenter de manière significative le volume de réactifs/sorbants. En augmentant l'utilisation de réactif, on augmentera le volume des cendres volantes.

6.4.3 Techniques de finition (polissage) dans le traitement des gaz de combustion

1. Il sera peut-être approprié de prévoir une extraction additionnelle de la poussière, avant que les gaz de combustion ne sortent par la cheminée. Les techniques de polissage du traitement des gaz peuvent comprendre des filtres en tissu, des filtres électrostatiques par voie humide, et les laveurs à effet venturi.
2. La double filtration (montage de filtres en série) permet d'atteindre facilement des efficacités de récupération de 1mg/Nm³ ou moins.
3. Les bénéfices additionnels de ces techniques peuvent être limités, et disproportionnés en termes de coût/efficacité, si des techniques efficaces situées en amont existent déjà.
4. Le polissage des gaz de combustion peut être fort utile dans les grandes installations, et lors de lavages complémentaires des flux gazeux en amont d'une réduction catalytique sélective
5. On peut obtenir une adsorption en injectant du charbon actif, dans des lits fixes, ou en utilisant des matériaux imprégnés de carbone.

6.4.4 Techniques d'élimination d'oxydes d'azote (NO_x) à l'aide d'un catalyseur

1. Bien que le rôle premier de la réduction sélective catalytique soit la réduction des émissions de NOx, cette technique peut aussi détruire les substances chimiques inscrites à l'Annexe C (par ex. des PCDD/PCDF) qui se trouvent en phase gazeuse, ceci avec un rendement de 98-99,5% (European Commission 2006).
2. Il faudra peut-être chauffer les gaz de combustion à nouveau vers 250°C-400°C, pour assurer un bon fonctionnement du catalyseur.
3. Les performances des systèmes de réduction catalytique sélective augmentent avec l'utilisation d'une étape de polissage des gaz de combustion, en amont. Ces systèmes sont installés après dépoussiérage et extraction des gaz acides.
4. Les coûts élevés (investissement et énergie) de la réduction catalytique sélective, sont plus facilement supportés par les grandes usines avec d'importants débits de gaz, grâce aux économies d'échelle.

6.5 Techniques de gestion pour les résidus solides

Les résidus d'incinération comprennent différents types de cendres (par ex. les cendres lourdes, les cendres de chaudières, les cendres volantes) et les résidus d'autres procédés de traitement des gaz de combustion (par ex. du gypse des laveurs des gaz), incluant aussi des effluents liquides provenant des systèmes d'épuration humide.

Les systèmes d'épuration des gaz sec et semi-humide produisent normalement plus de déchets solides que les épurateurs humides. En plus, ce déchet peut contenir des cendres volantes (si celles-ci ne sont pas bien séparées), des métaux lourds (surtout du mercure) et des sorbants qui n'ont pas réagi.

Du fait que les éléments qui pourraient causer des problèmes peuvent varier considérablement, il est souvent utile de maintenir le tri des résidus pour pouvoir les traiter, les gérer et les éliminer plus facilement. La présence et la concentration des substances chimiques inscrites à l'Annexe C dans ces résidus seront fonction de leur existence dans les déchets à l'arrivée, de leur survie ou formation pendant le processus d'incinération, et de leur formation et récupération pendant le traitement des gaz de combustion. Les techniques qui peuvent être prises en compte sont décrites en détail dans les Directives Techniques de Bâle (Basel Technical Guidelines), chapitre IV, G 3, et aussi dans la section III C. (iv) – sous sections 2.1.2 et 2.2 de la présente directive. Il sera nécessaire de considérer, cas par cas, lesquelles de ces techniques pourraient être considérées comme des meilleures techniques disponibles, ou des meilleures pratiques environnementales.

6.5.1 Techniques pour le traitement des cendres résiduelles et des cendres de chaudières

Les cendres résiduelles provenant des incinérateurs modernes, fonctionnant avec les meilleures techniques disponibles (par ex. les incinérateurs assurant une combustion excellente), ont tendance à contenir des teneurs très basses en substances chimiques inscrites à l'Annexe C, du même ordre de grandeur que les concentrations de base dans des sols urbains (c'est-à-dire, < 1–10 ng I-TEQ/kg cendre). Les concentrations dans les cendres de chaudière tendent à être plus élevées (20 à 500 ng I-TEQ/kg cendre), mais les deux sont bien en dessous des concentrations moyennes trouvées dans les cendres volantes (European Commission 2006).

En raison des différences de concentration des polluants, le mélange des cendres lourdes avec les cendres volantes contaminera les premières, et cette pratique est interdite dans plusieurs pays. La collecte et stockage séparés de ces résidus permettent aux opérateurs davantage de possibilités pour la mise en décharge.

Les cendres lourdes (ou les scories des incinérateurs à lit fluidisé) sont éliminées dans des décharges mais peuvent aussi être utilisées dans la construction, et comme matériaux pour les routes après un prétraitement. Avant toute utilisation de ce type, cependant, il est nécessaire de faire une évaluation de la composition et des caractéristiques de lixiviation des cendres, et aussi de définir les concentrations supérieures acceptables de polluants organiques persistants, de métaux lourds et d'autres paramètres.

Les techniques de prétraitement comprennent des traitements secs, humides et thermiques, ainsi que le tamisage, le broyage et la séparation des métaux.

On sait que l'extraction par lixiviation des substances chimiques inscrites à l'Annexe C augmente avec le pH et les conditions humiques (présence de matières organiques). Ceci suggère que les décharges techniques ou spécialisées sont préférables aux sites acceptant les déchets mixtes.

6.5.2 Techniques de gestion pour les résidus venant des traitements des gaz

A la différence des cendres lourdes, les résidus venant des équipements de contrôle de la pollution de l'air, y compris les cendres volantes et les boues des laveurs de gaz, peuvent contenir des concentrations relativement élevées de métaux lourds, de polluants organiques (PCDD/PCDF inclus), de chlorures et de sulfures. En enlevant séparément les cendres volantes et résidus venant des étapes de lavage des gaz (c'est à dire celles pour l'élimination des gaz acides et des dioxines), on évite de mélanger des fractions de déchets faiblement contaminées avec celles qui sont hautement contaminées.

Dans le cas où des cendres lourdes doivent être utilisées ultérieurement (par ex. comme matière de construction), de les mélanger avec d'autres résidus de traitement des gaz ne représente pas la meilleure technique disponible.

Dans beaucoup de pays, les cendres volantes sont éliminées dans des décharges sanitaires. Cependant il est possible qu'un prétraitement soit nécessaire pour que cela constitue une meilleure technique disponible (voir aussi la section III. C (iv – Gestion des gaz de procédé et d'autre résidus) sur les Considérations Croisées - sous section 2.1.2 et 2.2).

6.6 Meilleures techniques disponibles pour le traitement des effluents

Les eaux de procédé dans l'incinération de déchets viennent surtout de l'utilisation de technologies de lavage humide. Les besoins en eaux, et leur traitement, peuvent être allégés en utilisant des systèmes secs ou semi-humides.

Les meilleures techniques disponibles pour le traitement des eaux usées comprennent :

- l'optimisation de la recirculation, et la réutilisation des eaux usées produites dans l'installation,
- l'utilisation de systèmes séparés pour le traitement des eaux ayant des niveaux de contamination différentes,

- l'utilisation de traitements physico-chimiques des effluents venant des épurateurs, et
- l'élimination de l'ammoniac, si nécessaire.

Pour éliminer les composés organiques, on utilise des filtres au coke activé et des polymères imprégnés au carbone.

En utilisant une combinaison appropriée de traitements adaptés (voir aussi section III.C sur les Considérations Croisées), les niveaux des PCDD/PCDF dans les eaux traitées seront dans une fourchette < 0,1–0,1 ng I-TEQ/l (European Commission 2006).

6.7 Impact des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales sur les autres polluants

La description des techniques et pratiques faites dans ce document de directives provisoires se focalise surtout sur leur efficacité prouvée dans la prévention, la minimisation ou la réduction de la formation et le rejet de composés inscrits à l'Annexe C. Plusieurs de ces pratiques servent aussi à réduire les rejets d'autres polluants, et certaines sont peut-être surtout conçues avec cet objectif (par ex. la séparation à la source de métaux et autres non-combustibles dans les déchets à l'arrivée, la réduction catalytique sélective pour le contrôle du NO_x, le contrôle des gaz acides pour réduire le SO_2, l'adsorption sur carbone pour le contrôle du mercure). Certaines pratiques qui ont été peut-être été conçues pour le captage d'autres polluants (par ex. des électrofiltres d'entrée à plus haute température), ont dues être reconfigurées ou remplacées, pour éviter d'accroître la formation et le rejet de produits chimiques inscrits à l'Annexe C.

En fin de compte, ce que constitue les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales, est plus vaste que l'impact seul sur les substances inscrites à l'Annexe C, car leur utilisation couvre tous les aspects du processus d'incinération, de la récupération d'énergie, du traitement des gaz de combustion, du traitement des eaux et du traitement des résidus. Cependant la grande majorité de ces techniques et pratiques sont complémentaires, avec comme objectifs la prévention ou la réduction des rejets des produits chimiques inscrits à l'Annexe C (pour des considérations sur les effets bénéfiques additionnels, voir la section III.C (iii) du présent guide).

6.8 Incinérateurs neufs ou modifiés de manière significative

La Convention de Stockholm (Annexe C, Partie V, section B, sous-paragraphe (b)) dit qu'avant tout projet de construction ou de modification significative de sources qui rejettent des substances chimiques de l'Annexe C, les Parties doivent « examiner en priorité les procédés, techniques ou méthodes de remplacement qui présentent la même utilité, mais qui évitent la formation et le rejet » de ces substances chimiques. Dans le cas ou cette considération mène à une décision de construire où de faire une modification, la Convention fournit un ensemble de mesures générales de réduction qui doivent être prises en compte. Tandis que ces mesures générales ont été incorporées dans les discussions précédentes sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales, il existe d'autres facteurs qui seront importants pour une prise de décision concernant la faisabilité d'une construction ou d'une modification d'un incinérateur pour déchets. Il faudra prendre en compte les effets directs et indirects sur la santé de l'homme et de l'environnement, en effectuant une étude d'impact appropriée. D'autres facteurs à considérer sont donnés ci-dessous.

6.8.1 Facteurs additionnels dans le choix d'un site pour un nouvel incinérateur de déchets solides municipaux

1. Existe-il une prévision précise de la nature et du volume des déchets solides municipaux non recyclables générés dans la zone concernée ?
2. Est-ce que l'apport de déchets sera suffisant pour permettre une marche en continu de l'incinérateur?

3. Cette prévision inclut-elle des mesures appropriées de minimisation des déchets, de recyclage et de récupération?
4. Est-ce qu'il existe une logistique suffisante pour assurer la collecte et le transport?
5. A-t-on examiné l'existence de restrictions éventuelles pour le transport de déchets, entre Etats ou à l'intérieur des Etats?
6. Existe-il un marché suffisant pour tout matériau qui pourrait être séparé sur le site?
7. Existe-il des marchés pour l'excédent de vapeur ou d'électricité généré sur le site?
8. Y a-t-il des options écologiquement rationnelles pour le traitement et l'élimination des résidus?

6.8.2 Facteurs additionnels pour le choix d'un site de nouveaux incinérateurs de déchets dangereux

1. Existe-il une prévision exacte de la nature et du volume de déchets dangereux générés dans la zone concernée?
2. L'apport de déchets est-il suffisant pour une marche en continu de l'incinérateur?
3. L'infrastructure est-elle suffisante pour répondre aux besoins de transport?
4. Si des mouvements internationaux sont envisages, y a-t-il en place des accords adaptés pour permettre les transferts transfrontières?
5. Y a-t-il en place des accords avec les fournisseurs pour assurer un emballage et une manipulation sécurisés?
6. Existe-il des marchés suffisants pour la vapeur et l'électricité excédentaires qui seront générées sur le site?
7. Existe-il des options écologiquement rationnelles pour le traitement et l'élimination des résidus?

6.8.3 Facteurs additionnels pour le choix d'un site de nouveaux incinérateurs de boues d'épuration

1. Existe-il une prévision exacte de la nature et du volume des boues d'épuration générées dans la zone à couvrir?
2. Cette quantité, peut-elle assurer la marche en continu de l'incinérateur?
3. Sait-on si les boues d'épuration de la région couverte sont mélangées avec des déchets industriels ou autres?
4. Est-il envisagé de co-incinérer les boues avec des déchets solides municipaux, ou comme combustible d'appoint dans une centrale?
5. Existe-il un marché pour la vapeur ou l'électricité excédentaire générée sur site
6. Existe-il des options écologiquement rationnelles pour le traitement et l'élimination des résidus?

6.9 Modification d'incinérateurs de déchets existants

Des modifications significatives apportées à un incinérateur de déchets existant peuvent être envisagées pour plusieurs raisons. Celles-ci pourraient concerner l'accroissement de la capacité, la nécessité de faire des réparations majeures, l'amélioration de l'efficacité de combustion et de récupération d'énergie, et le rajout d'équipement de contrôle de la pollution d'air. De nombreux sites d'incinération ont déjà bénéficié de telles additions, améliorant considérablement leur performance environnementale. Avant d'entreprendre une telle modification, et en plus de la « considération prioritaire » citée ci-dessus, il est important d'étudier les facteurs suivants :

1. De quelle manière la modification affectera-t-elle les rejets potentiels des produits chimiques inscrits à l'Annexe C?
2. Si la modification est un ajout d'appareils de contrôle de la pollution d'air, est-elle dimensionnée de manière adéquate pour l'usine?
3. Y a-t-il suffisamment de place pour l'installer et l'opérer convenablement, conformément aux meilleures techniques disponibles? Par exemple, la place disponible pourrait justifier l'ajout d'une unité de filtration double (filtres en série, mais pas forcément côte à côte), plutôt que d'un autre système de lavage des gaz.
4. Est-ce que la machine ajoutée fonctionnera correctement avec les dispositifs existants de contrôle de la pollution de l'air et des eaux usées, pour minimiser les rejets?

Les coûts pour modifier une installation existante dépendent de la situation propre de l'usine et pourraient excéder les coûts de changements similaires faits sur une installation neuve, de 25–50% (European Commission 2006). Des facteurs affectant cette augmentation comprennent l'ingénierie additionnelle nécessaire, l'enlèvement et l'élimination de l'équipement remplacé, la reconfiguration des raccords, et les pertes en productivité avec les temps d'arrêt.

7. Niveaux de performance associés aux meilleures techniques disponibles

Avec une combinaison appropriée de mesures primaires et secondaires, des niveaux de performance pour les émissions dans l'air de PCDD/PCDF inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/Nm^3 (à 11% O_2) sont associés aux meilleures techniques disponibles. On peut aussi noter que dans une unité d'incinération bien conçue, et fonctionnant dans des conditions normales, il est possible d'atteindre des valeurs plus faibles que celles-ci.

Les meilleures techniques disponibles pour les rejets d'eaux usées venant des unités de traitement d'effluents, recevant des effluents des unités de lavage des gaz de combustion, sont associées à des niveaux de concentration de PCDD/PCDF bien inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/l.

Références

Austrian Waste Incineration Ordinance, Fed. Law Gazette Nr. II 389/2002

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste.* Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

European Commission. 2006. *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm.

European Council Directive on the landfill of waste (1999/31/EC)

European Directive on the Incineration of Waste (2000/76/EC)

Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna. www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf.

Umweltbundesamt Berlin. 2001. Draft of a German Report for the creation of a BREF-document "Waste Incineration" Umweltbundesamt Berlin

UNEP (United Nations Environment Programme) Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs); 2005

(ii) Déchets médicaux

Résumé

L'incinération de déchets médicaux (déchets infectieux, biologiques, objets pointus et parties de corps) dans les usines spécialisées d'incinération, est faite à la fois pour détruire totalement les matières organiques et les produits dangereux, et aussi pour réduire leur volume en tant qu'étape vers la mise en décharge de manière écologiquement rationnelle.

Si le déchet médical est incinéré dans des conditions qui ne représentent pas les meilleures techniques disponibles ni les meilleures pratiques environnementales, il existe alors un potentiel pour le rejet de PCDD/PCDF, dans des concentrations relativement élevées. Pour les petits incinérateurs de déchets médicaux, l'application des meilleures techniques disponibles est souvent difficile, étant donné les coûts élevés associés à la construction, à l'opération, à l'entretien et au suivi de telles installations.

Il existe des alternatives à l'incinération : la stérilisation (vapeur, systèmes à vapeur avancés, chaleur sèche), traitement aux micro-ondes, hydrolyse alcaline, ou traitement biologique, ou dans certains cas la mise en décharge. L'étape la plus importante dans la gestion de ces déchets est la séparation des différents types de déchets à la source. Puisque 75 à 90% des déchets d'hôpitaux sont comparables aux déchets solides municipaux, la séparation préalable permet de beaucoup réduire le volume de ces déchets. Une gestion effective des déchets, y compris une minimisation et une ségrégation à la source, est indispensable.

Il est aussi indispensable d'appliquer des traitements appropriés aux cendres lourdes et aux résidus du lavage des gaz, afin de réduire les rejets de PCDD/PCDF dans l'environnement. L'utilisation des meilleures techniques disponibles dans les incinérateurs réduira aussi les émissions d'acide chlorhydrique et des métaux (en particulier le mercure), et réduira aussi ultérieurement les rejets venant des résidus placés dans des décharges.

Dans le cas d'incinération, des mesures primaires seules réduiront de manière significative l'émission des substances chimiques inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm. Cependant, la mise en oeuvre des meilleures techniques disponibles exige à la fois des mesures primaires et des mesures secondaires.

Avec une combinaison appropriée de mesures primaires et secondaires, des niveaux des émissions de PCDD/PCDF dans l'air inférieurs à 0,1ng/I-TEQ/Nm³ (à 11% d'oxygène) sont associés aux meilleures techniques disponibles. On peut aussi noter qu'il est possible d'atteindre des valeurs plus faibles que celles-ci, dans le cas d'une unité d'incinération bien conçue, fonctionnant dans des conditions normales.

Les meilleures techniques disponibles pour les rejets des eaux usées venant des unités de traitement d'effluents recevant des effluents des unités de lavage des gaz, sont associées à des niveaux de concentration des PCDD/PCDF bien inférieurs à 0,1ng I-TEQ/l

1. Introduction

Cette section considère les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales pour le traitement (thermique) de déchets médicaux (appelés ici « déchets des services de santé »), car la Convention de Stockholm classe les incinérateurs de déchets médicaux dans la Partie II des catégories des sources qui peuvent être responsables pour des émissions significatives de substances inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm.

Cette section traite presque exclusivement la question des déchets infectieux générés par des services de santé. Lorsque des déchets comparables aux déchets domestiques sont bien séparés des déchets infectieux, on peut les traiter par les procédures d'élimination des déchets municipaux. Cependant, en l'absence de pratiques effectives de ségrégation, ainsi que de programmes de gestion et de formation nécessaires pour les mettre en place, la quantité de déchets potentiellement infectieux va augmenter de manière dramatique.

D'autres techniques qui peuvent être utilisées pour le traitement des déchets médicaux, par exemple la stérilisation de déchets infectés, ne donne pas lieu à l'émission de substances inscrites à l'Annexe C. Les avantages, les inconvénients et l'applicabilité de ces techniques ont été décrits par ailleurs et ne seront par traités en détail ici.

2. Les catégories de déchets de soins de santé

Les hôpitaux génèrent de grandes quantités de déchets qui se classent dans des catégories différentes. Ces déchets peuvent provenir d'autres sources, telles que les services d'urgence, les centres de transfusions ou de dialyse, de laboratoires, de la recherche sur animaux et de banques de sang. Entre 75% et 90% de ces déchets sont sans risque, ou sont des déchets banals venant des services de santé qui sont comparables aux déchets domestiques. La plupart provient des services administratifs et du nettoyage dans des établissements de soins de santé, et peuvent aussi inclure des déchets générés par l'entretien des locaux des services de santé. Les 10-25% restants sont considérés comme dangereux et peuvent présenter divers risques pour la santé. Moins de 10% de ces déchets sont de nature infectieuse. D'autres types de déchets peuvent être des produits chimiques toxiques, des médicaments cytotoxiques, et des déchets inflammables et radioactifs

Les différents types de déchets médicaux peuvent classes ainsi:

- Déchets infectieux (dangereux);
- Objets pointus (dangereux);
- Déchets anatomiques et pathologiques (parties du corps, etc.);
- Déchets chimiques, toxiques ou pharmaceutiques, y compris les médicaments cytotoxiques (antinéoplasiques) ; dangereux pour la plupart;
- Déchets radioactifs;
- Déchets généraux non-infectieux (par ex. verre, papier, matériaux d'emballage, aliments).

Pour les besoins de ce document d'orientation, les définitions qui suivent sont tirées de la publication : *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste* (Basel Convention Secretariat 2002).

2.1 Déchets de soins de santé infectieux[1]

Ces déchets contiennent divers objets mis au rebut, ou des équipements contaminés par le sang et ses dérivés, ainsi que d'autres liquides corporels ou d'excréments provenant de patients infectés ayant des maladies transmissibles dangereuses. Il y a également des déchets contaminés venant de patients connus pour avoir des infections du sang, traités par hémodialyse (c'est-à-dire, équipement de dialyse tel que tubes et filtres, linges jetables, tabliers, gants ou vêtements de laboratoire souillés par le sang) ; aussi des déchets de laboratoire (cultures et stocks avec tout type d'agents biologiques vivants, artificiellement cultivés à des nombres élevés, y compris la vaisselle et des appareils utilisés pour transférer, inoculer et mélanger des cultures mixtes d'agents infectieux, ainsi que des animaux de laboratoire infectés).

2.2 Déchets de soins de santé biologiques

Les déchets médicaux biologiques incluent toutes parties corporelles et autres déchets anatomiques comprenant le sang, les liquides biologiques et déchets pathologiques, qui sont clairement reconnaissables par le public ou par les équipes soignantes, et qui exigent pour des raisons d'éthique, des dispositions spéciales pour leur élimination

2.3 Objets pointus

Il s'agit de tous les déchets médicaux et biomédicaux avec des parties pointues ou coupantes, capables de blesser ou de percer la peau humaine. Tous les objets coupants ayant été au contact de patients infectés de maladies transmissibles, provenant de quartiers d'isolation, ou d'autres pièces pointues contaminées par les déchets de laboratoire cités plus haut, doivent être classés comme déchets infectieux.

3. Techniques alternatives pour des sources neuves et existantes

3.1 Sources neuves

En choisissant des méthodes de traitement pour les déchets venant des activités liées à la santé, il faut considérer en premier des procédés, techniques ou pratiques alternatifs qui sont autant utiles, mais qui évitent la formation et le rejet de produits chimiques inscrits à l'Annexe C.

A cause des coûts élevés des investissements, de fonctionnement, d'entretien et de suivi des incinérateurs de déchets utilisant les meilleures techniques disponibles, une opération économique et effective de l'installation est rarement atteinte, en particulier dans le cas de petits incinérateurs d'hôpitaux. Ceci est illustré aussi par le fait que beaucoup de petites unités ont du être fermées plutôt que d'être réhabilitées.

Donc dans bien des cas on peut préférer faire appel à une stérilisation à la vapeur sur le site et aussi à d'autres formes de traitements de déchets médicaux, qui n'impliquent pas l'incinération. Dans d'autres cas, des installations centralisées de traitement sont préférées à des traitements décentralisés sur site pour les déchets médicaux. Le traitement de déchets médicaux devrait donc faire partie intégrale du plan régional ou national de gestion des déchets.

3.2 Sources existantes

[1] L'interprétation de la définition des déchets médicaux varie selon les appréciations, politiques et règles nationales. Les organisations internationales (OMS, Nations Unies, etc…) ont des interprétations spécifiques de la définition. La nature infectieuse est l'une des caractéristiques inscrite à l'Annexe III de la Convention de Bale ; elle est définie dans la classe H6.2.

De nombreux petits incinérateurs d'hôpitaux existants ont des niveaux de conception, d'opération, d'équipement et d'entretien assez faibles, et on ne peut donc pas dire que ces installations utilisent les meilleures techniques disponibles. Un incinérateur de déchets médicaux, sans un équipement sophistiqué de réduction de la pollution, rejette une grande variété de polluants y compris des PCDD/PCDF, des métaux (plomb, mercure, cadmium), des particules fines, des gaz acides (HCl, (SO_2) du monoxyde de carbone (CO) et des oxydes d'azote (NOx). Ces émissions ont des conséquences négatives sur la santé du personnel, sur la santé publique et sur l'environnement.

Le coût pour la réhabilitation de vieilles installations est un point clef dans la problématique de la destruction des déchets médicaux. En évaluant les coûts d'une unité bien adaptée, les décideurs devront prendre en compte plusieurs facteurs tels que : le capital investi et les coûts opératoires de l'incinérateur, avec son système de lavage des gaz et d'autres appareils de contrôle de pollution ; le coût d'une chambre secondaire modifiée pour les vieux incinérateurs; les coûts des tests périodiques des cheminées, des suivis en continu, de la formation et de la qualification des opérateurs ; et les coûts de maintenance et de réparations, principalement ceux concernant l'état ou la défaillance des réfractaires.

En conséquence, la fermeture d'unités existantes inappropriées doit être considérée en même temps que l'introduction de techniques alternatives pour la destruction des déchets, ou de leur transfert vers des unités centralisées d'incinération municipales ou de déchets dangereux.

3.3 Techniques alternatives

Les techniques alternatives suivantes ne mènent pas à la formation et au rejet de substances chimiques inscrites à l'Annexe C, et on devrait donc leur donner une priorité en vue de l'élimination finale de déchets. Cependant, de certains points de vue, elles pourraient présenter des avantages et des inconvénients. Pour plus d'information sur ces techniques, voir : Basel Convention Secretariat, 2002.

Les méthodes suivantes conviennent aux déchets infectieux et biologiques, et aux objets piquants ; elles sont largement utilisées.[2] La mise en place d'un programme effectif de gestion de déchets, comme décrit à la sous-section 4 de la présente section, est essentiel pour toutes les techniques décrites ci-après. Les déchets chimiques dangereux, les déchets de chimiothérapie, les composés organiques volatiles, le mercure et les déchets radioactifs ne devraient pas être traités dans les systèmes décrits ici, car cela mènerait à un rejet de substances toxiques dans l'air, dans le condensât, ou dans les déchets traités.

Des techniques alternatives telles que la stérilisation, les micro-ondes, des traitements à l'alcali et des traitements biologiques nécessitent toujours une élimination finale en décharge sanitaire.

Les opérateurs devront recevoir une formation permettant de renforcer leurs compétences dans les domaines de la manipulation correcte des déchets, et de l'opération et de l'entretien de l'équipement. Un autre point concerne l'exposition potentielle au désinfectant chimique lui-même à la suite d'émissions fugitives, de déversements ou fuites accidentels de conteneurs de stockage, de rejets de l'unité de traitement, ou de produits chimiques qui se volatilisent à partir des déchets ou des effluents traités. On stocke parfois les désinfectants chimiques à l'état concentré, ce qui accroît encore les risques.

Comme les procédés chimiques nécessitent normalement un déchiquetage préalable, les rejets de pathogènes par des aérosols pourraient constituer un risque. Les technologies chimiques se font souvent en système clos ou sous dépression, avec l'envoi des gaz produits à travers des filtres HEPA (*High Efficiency Particulate Absorbing)* ou autres.

Les installations dans le domaine des soins de santé doivent prendre en compte les facteurs suivants, avant le choix d'une technologie qui ne fait pas appel à l'incinération (Health Care Without Harm Europe 2004):

[2] Des données sur les coûts des diverses techniques paraissent dans le document *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies*, chapitre 11 (Health Care Without Harm 2001).

- Acceptation réglementaire;
- Capacité de traitement;
- Nature des déchets à traiter;
- Efficacité de la désactivation microbiologique;
- Emissions vers l'environnement, et déchets résiduels;
- Besoins en espace;
- Besoins en énergie et autres besoins des installations;
- Réduction des déchets;
- Hygiène et sécurité du travail
- Bruit;
- Odeurs;
- Automatisation;
- Fiabilité;
- Niveau de commercialisation;
- Réputation du producteur de la technologie ou du revendeur;
- Coût;
- Acceptation par la communauté et le personnel

3.3.1 Stérilisation à la vapeur

La stérilisation à la vapeur, ou par autoclave, consiste à exposer les déchets à la vapeur saturée sous pression dans un récipient ou autoclave. La technologie ne rend pas le déchet méconnaissable et ne réduit pas son volume, à moins que l'on n'utilise un broyeur ou un déchiqueteur. Si on n'effectue pas une ségrégation correcte à l'arrivée des déchets pour éviter que des produits chimiques dangereux (par ex. des produits antinéoplasiques ou métaux lourds comme le mercure) ne soient introduits dans la chambre de traitement, des contaminants toxiques seront rejetés dans l'air, dans le condensât ou dans les déchets traités. Des odeurs désagréables dues à de faibles concentrations d'alcools, phénols, aldéhydes et autres composés organiques peuvent être générées, mais peuvent être limitées grâce à un équipement adapté de traitement de l'air (par ex. avec des filtres de poussières et au carbone). Il serait utile de disposer de plus de résultats de tests indépendants sur les émissions provenant d'autoclaves fonctionnant dans des conditions représentatives.

Il existe un grand nombre d'autoclaves de différentes dimensions, qui vont de quelques kilos à plusieurs tonnes par cycle. Les coûts financiers sont relativement bas, comparés à d'autres techniques alternatives. Ces autoclaves doivent être inspectés au moins une fois par an, pour vérifier s'il n'y a pas eu de changements significatifs avec le temps de leurs profils temps/température, des relevés du niveau du vide et de la pression de vapeur.

Le cycle de traitement (minimum 121°C pendant 30 minutes) est déterminé par la capacité de la chaleur à pénétrer dans la masse de déchets. Certains types de configurations du déchet ou du chargement, qui créent des barrières au transfert de la chaleur, peuvent demander des temps d'exposition plus longs, et une température plus élevée. Le niveau correct de désinfection doit être contrôlé par des moyens appropriés (par ex. bandes de test, tests microbiologiques).

3.3.2 Systèmes avancés de stérilisation à la vapeur

Des autoclaves plus modernes, ou des systèmes avancés de stérilisation à la vapeur, combinent le traitement à la vapeur avec un prétraitement sous vide, et diverses sortes de traitements mécaniques, avant, pendant et après le passage à la vapeur. Beaucoup de ces systèmes avancés incluent aussi des

systèmes de remplissage automatiques ; un post-traitement vide/déshydratation ; le refroidissement du déchet traité ; et une filtration à haute efficacité des particules pour éliminer les odeurs.

Les systèmes avancés à déchiqueteurs et broyeurs intégrés sont capables de traiter les déchets contenant des aiguilles et autres objets pointus, ainsi que les déchets pathologiques, y compris les parties anatomiques. Les inconvénients sont des coûts d'investissement relativement plus élevés, la génération de bruit, et des coûts de maintenance plus importants pour les déchiqueteurs et autres appareils mécaniques.

Comme dans le cas de la stérilisation à la vapeur, les systèmes avancés de stérilisation à la vapeur nécessitent une ségrégation correcte des déchets pour éviter des rejets de substances dangereuses dans les différents milieux (voir la Figure 1 ci-dessous).

3.3.3 Traitement par micro-ondes

La désinfection par micro ondes est essentiellement un procédé basé aussi sur la vapeur, puisque la désinfection a lieu sous l'action de la chaleur humide et de la vapeur générée par l'énergie des micro-ondes. Des unités aux micro-ondes avec déchiqueteur interne peuvent traiter les déchets pathologiques, et sont couramment utilisées pour traiter les déchets avec objets pointus. Les inconvénients sont des coûts d'investissement relativement plus élevés, le bruit du déchiqueteur et la possibilité de mauvaises odeurs. Les odeurs désagréables contenant de faibles teneurs d'alcools, de phénol, d'aldéhydes et autres composés organiques peuvent être minimisées par des équipements adaptés pour le traitement de l'air (par ex. par des filtres pour poussières et du carbone).

3.3.4 Stérilisation à la chaleur sèche

Cette stérilisation à la chaleur sèche consiste à chauffer le déchet à une température pendant un temps suffisant pour assurer la stérilisation de la totalité du chargement de déchets. En règle générale, ce procédé emploie de plus hautes températures, et des temps d'exposition plus longs que les procédés basés sur la vapeur. On inclut normalement un déchiquetage interne (réduction des volumes des déchets). La technique est simple, automatisée, et facile d'emploi.

On ne doit pas traiter dans un système à chaleur sèche, certains produits comme des composés organiques volatiles et semi-volatiles, des déchets venant de la chimiothérapie, du mercure, d'autres déchets dangereux, et des déchets radiologiques. Des odeurs désagréables peuvent être produites qui seront éliminées par certains systèmes utilisant des filtres à particules ou des filtres au carbone. L'air chaud venant de la chambre est refroidi dans un laveur venturi qui enlève aussi les particules.

3.3.5 Hydrolyse alcaline

L'hydrolyse alcaline (ou la digestion alcaline à chaud) est un autre procédé chimique utilisé pour détruire les matières organiques. Ce procédé peut détruire les agents en vrac provenant de la chimiothérapie, le formaldéhyde, les fixatifs et autres produits chimiques toxiques. Un procédé classique utilise un récipient étanche en acier inoxydable dans lequel le déchet est mélangé à l'alcali puis chauffé entre 110° et 150°C. Selon la quantité de déchets, la concentration de l'alcali, et la température, le procédé de digestion peut durer de 3 à 8 heures. Les systèmes du commerce sont hautement automatisés. Par la suite, il peut être est nécessaire de faire un traitement approprié des déchets et des liquides provenant de l'hydrolyse alcaline.

3.3.6 Traitement biologique

Ce type de traitement emploie des micro-organismes ou des produits biochimiques, pour décomposer le déchet. On peut utiliser des enzymes ou une digestion aérobie ou anaérobie. Le traitement sera effectué de préférence dans un système fermé. De mauvaises odeurs peuvent se produire lors du traitement anaérobie.

3.3.7 Décharges spécialement conçues (décharges techniques)

(a) Déchets infectieux (c'est-à-dire, déchets provenant des activités de soins de santé, objets pointus, déchets anatomiques et pathologiques):

De tels déchets ne doivent pas être mis en décharge. Si on les stérilise cependant, on peut les considérés comme déchets non-infectieux et les envoyer à la décharge ou les traiter en conformité avec la Section V.A.(i) ci-dessus (sauf pour les objets pointus comme des seringues qui doivent être traités en fonction de leurs caractéristiques physiques).

(b) Déchets chimiques, toxiques, et pharmaceutiques, ainsi que les déchets généraux:

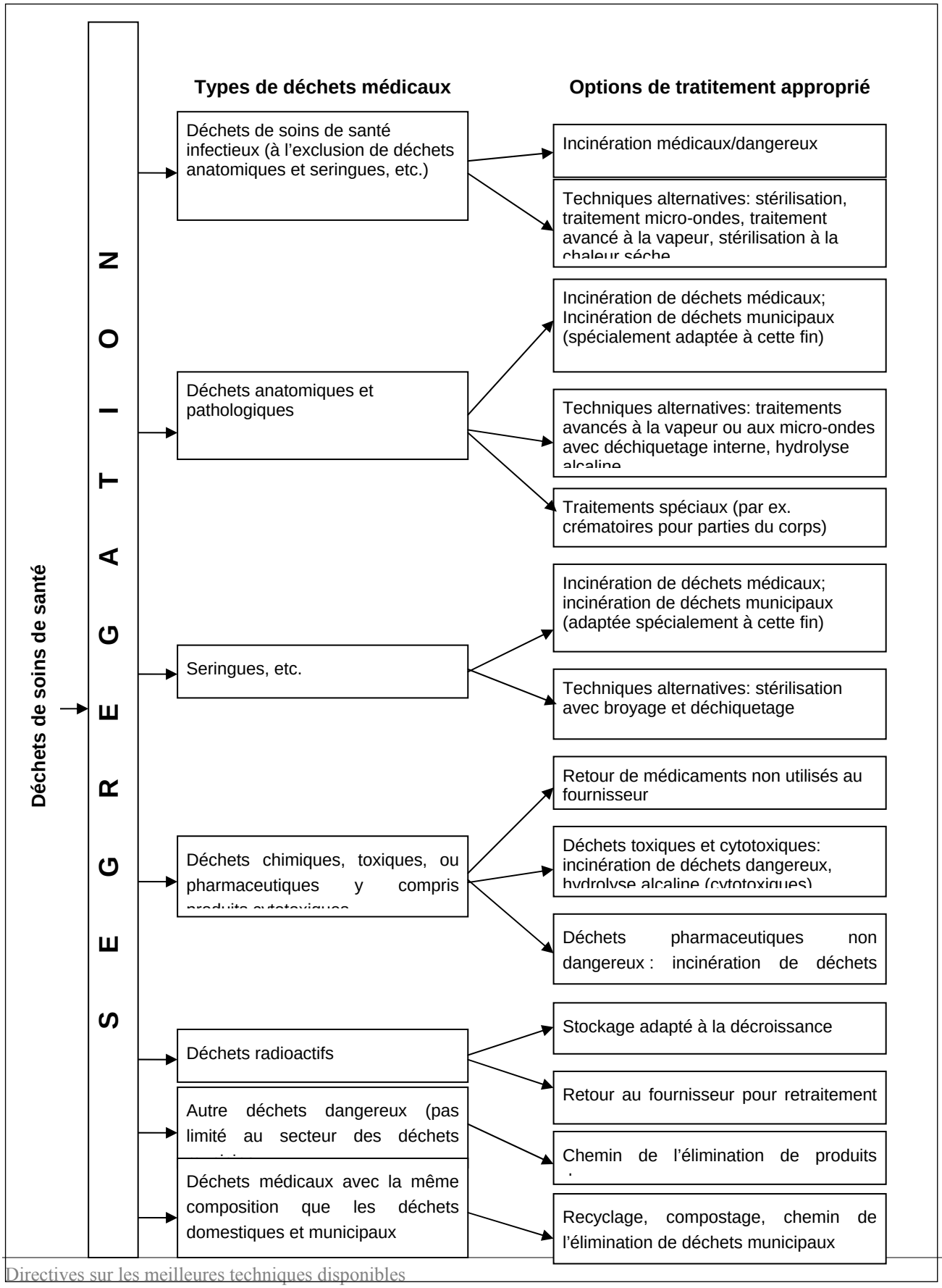
Une décharge spécialement conçue pourrait représenter une option pour de tels déchets, mais il faut faire très attention à leurs caractéristiques spécifiques, physiques et chimiques.

(c) Déchets radioactifs:

Ce type de déchet ne doit pas être mis en décharge.

La Figure 1 (Basel Convention Secretariat 2002, chapitre 2, Figure 2, adaptée) montre dans quelles fraction de déchets on doit effectuer une ségrégation des déchets médicaux, et suggère des options de traitement pour ces fractions.

Figure 1. Ségrégation et options de traitement pour les déchets médicaux


Déchets de soins de santé
S E G G R E G A T I O N
Types de déchets médicaux
Options de tratitement approprié
Déchets de soins de santé infectieux (à l'exclusion de déchets anatomiques et seringues, etc.)
Incinération médicaux/dangereux
Techniques alternatives: stérilisation, traitement micro-ondes, traitement avancé à la vapeur, stérilisation à la
Déchets anatomiques et pathologiques
Incinération de déchets médicaux; Incinération de déchets municipaux (spécialement adaptée à cette fin)
Techniques alternatives: traitements avancés à la vapeur ou aux micro-ondes avec déchiquetage interne, hydrolyse
Traitements spéciaux (par ex. crématoires pour parties du corps)
Seringues, etc.
Incinération de déchets médicaux; incinération de déchets municipaux (adaptée spécialement à cette fin)
Techniques alternatives: stérilisation avec broyage et déchiquetage
Déchets chimiques, toxiques, ou pharmaceutiques y compris
Retour de médicaments non utilisés au fournisseur
Déchets toxiques et cytotoxiques: incinération de déchets dangereux,
Déchets pharmaceutiques non dangereux : incinération de déchets
Déchets radioactifs
Stockage adapté à la décroissance
Retour au fournisseur pour retraitement
Autre déchets dangereux (pas limité au secteur des déchets
Chemin de l'élimination de produits
Déchets médicaux avec la même composition que les déchets domestiques et municipaux
Recyclage, compostage, chemin de l'élimination de déchets municipaux

4. Meilleures pratiques environnementales pour la gestion de déchets de soins de santé

Il faudrait que chaque hôpital mette au point un plan de gestion des déchets prévoyant une ségrégation et un traitement complets de ceux-ci. On peut ainsi réduire les coûts de l'élimination finale. Un plan de gestion de déchets d'un hôpital pourrait inclure aussi le traitement de fractions de déchets venant d'autres hôpitaux, afin de réduire les coûts et améliorer la performance globale de l'ensemble de la gestion des déchets.

Les buts principaux de la gestion de déchets médicaux sont:

- Réduction du risque pour le personnel, le public en générale et l'environnement;
- Minimisation des quantités de déchets générés;
- Provisions pour la ségrégation et la séparation des déchets;
- Désignation des zones de dépôt de déchets dans les salles;
- Mise en place de voies sécurisées pour le transport des déchets;
- Mise en place d'une zone correcte et sécurisée pour le stockage temporaire;
- Traitement et élimination effectués de manière écologiquement rationnelle.

Dans le cadre de la Convention de Bâle sur le Contrôle des Mouvements Transfrontières et Elimination de Déchets Dangereux, il a été publié un document : *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste* (Basel Convention Secretariat 2002). Il est fortement conseillé d'utiliser et d'appliquer ces directives qui fournissent des informations détaillées au sujet : des risques liés aux déchets médicaux, de la gestion sécurisée de déchets médicaux, de la ségrégation effective et la collecte de déchets, des méthodes de traitement et d'élimination et du renforcement des capacités.

Pour établir une gestion appropriée des déchets médicaux, il est nécessaire de:

- Caractériser la nature et les quantités des différentes fractions de déchets;
- Identifier les options pour éviter ou pour réduire la génération de déchets (politiques d'achat qui évite des emballages superflus, optimisation des tailles d'emballages, gestion des stocks, évaluation des procédures de travail, réutilisation des produits et d'équipement lorsque cela est possible et sans danger);
- Mettre en place des programmes de formation et de gestion pour assurer une bonne ségrégation et manipulation de déchets infectieux, toxiques et ordinaires;
- Définir des conteneurs appropriés pour le ramassage, le stockage et le transport;
- Fixer les responsabilités du personnel;
- Décrire les options de traitement approprié pour les différentes fractions de déchets;
- Prévoir une documentation et un contrôle appropriés pour l'élimination des déchets;
- Décrire le transport des fractions de déchet jusqu'à à la destination d'élimination, ainsi que le type de traitement final;
- Calculer le coût pour les différentes activités.

Avant de procéder à un traitement et à une élimination efficaces et dans les règles de l'art, il est important de prendre en considération un certain nombre de pratiques. Les pratiques décrites ci-dessous peuvent être directement liées à la réduction des produits chimiques inscrits à l'Annexe C et à des actions pour éviter à utiliser ceux-ci, mais elles représentent des principes généraux qui peuvent influer sur la génération de fractions de déchets et contribuer à la sécurité du personnel, du public et de l'environnement.

Pour de plus amples informations, on trouvera des données détaillées au sujet de la gestion des déchets médicaux auprès de différentes sources (Basel Convention Secretariat 2002; WHO 2000; Health Care Without Harm Europe 2004). Dans ce présent document, seul un bref survol des meilleures pratiques courantes est présenté.

4.1 Réduction des sources

La réduction à la source veut dire la minimisation ou l'élimination de la génération de déchets à la source même. La réduction à la source devrait avoir une plus haute priorité que le recyclage ou la réutilisation. Il faudrait que le personnel médical, ceux responsables pour les déchets et les comités pour la normalisation des produits, soient au courant de la proportion des déchets à l'arrivée qui est générée par les produits qu'ils achètent. En fait, la participation étroite des équipes des achats est cruciale pour la réussite de tout plan visant à réduire les déchets. Des mesures devront être prises pour réduire à la source : les déchets médicaux réglementés, les déchets dangereux, les déchets à faible taux de radioactivité ainsi que les déchets normaux. Quelques techniques de réduction à la source sont (en tenant compte du fait que des produits alternatifs doivent répondre aux critères fixés en termes d'hygiène et de protection des patients):

- Elimination de matériaux, changement ou substitution du produit;
- Changement de technologie ou de procédé;
- Achat préférentiel;
- Bonnes pratiques de fonctionnement.

4.2 Ségrégation

Au dessus de tout, la ségrégation est la clef d'une gestion effective des déchets médicaux. Elle assure que les chemins d'élimination corrects sont respectés. Les déchets devraient être séparés en fonction des options de traitement proposées. Il faut que la ségrégation soit faite sous la supervision du producteur de déchets, et aussi proche que possible de la source, c'est-à-dire dans la salle d'hôpital, au bord du lit, dans la salle d'opération, au laboratoire, dans la salle d'accouchement, etc., et doit être effectuée par les personnes produisant le déchet (par exemple, l'infirmière, le médecin ou le spécialiste) afin de fixer le déchet immédiatement et d'éviter des tris secondaires dangereux.

4.3 Récupération et recyclage des ressources

Voici quelques exemples des options pour la récupération des matériaux dans les déchets, et pour leur réutilisation:

- Recyclage des journaux, emballages, papier de bureau, verre, cannettes en aluminium, débris de construction, et autres recyclables;
- Achat de produits fabriqués à partir de matériaux recyclés après utilisation ;
- Compostage des déchets organiques alimentaires;
- Récupération de l'argent des substances photographiques.

4.4 Formation du personnel

Le personnel devra être complètement informé sur:

- Les risques liés aux déchets médicaux;
- La classification et les codes pour les différentes fractions des déchets et leurs critères de classification;
- Les coûts de traitement des déchets;
- Les procédés de gestion de déchets depuis la génération jusqu'à leur élimination;
- L'opération et l'entretien des installations de traitement de déchets;
- Les responsabilités;
- Les effets d'erreurs et de mauvaise gestion.

4.5 Ramassage à l'endroit de la génération des déchets

- Fournir des conteneurs avec codage couleur aux endroits de génération, ou proche, pour la ségrégation des différents types de déchets ;
- Emballage correct des déchets : des conteneurs solides ou des sacs en plastique à l'intérieur d'un bac rigide ou semi-rigide, pour des déchets infectieux ne contenant pas de seringues ou d'objets coupants. Les sacs doivent être imperméables à l'humidité, et être suffisamment solides pour résister au déchirement, ou à l'éclatement lors d'une utilisation normale. Les conteneurs pour les objets piquants doivent être rigides, résistants au percement et étanches. Les conteneurs peuvent être recyclables (en métal ou en plastique que l'on peut traiter en autoclave) ou jetables (carton épais ou plastique). Les conteneurs pour objets pointus devront être munis d'un couvercle qui ferme;
- Etiquetage correct pour les conteneurs de déchets, par ex. comme étant infectieux ou cytotoxiques;
- Les conteneurs ne doivent pas être remplis au plus de trois quarts;
- Les déchets hautement infectieux, chaque fois que cela est possible, doivent être stérilisés immédiatement en autoclave. Il faut donc qu'ils soient emballés dans des sacs compatibles avec le procédé de traitement envisagé.

4.6 Transport au site de stockage intermédiaire

- Une fois les conteneurs primaires remplis, il faut les transporter vers un site de stockage intermédiaire;
- Etablir un site de stockage désigné suivant les recommandations de l'OMS, où l'accès ne sera permis que pour le personnel autorisé;
- Le personnel qui manipule les déchets doit porter des vêtements de protection (gants, chaussures) pendant le ramassage, le transport et le stockage;
- Routage et horaires clairs pour le transport;
- Aucune compaction de conteneurs contenant des objets pointus ou autres déchets infectieux ne doit être faite;
- Pas de tri manuel des fractions infectieuses des déchets.

5. Techniques appliquées pour l'incinération des déchets de soins de santé

5.1 Description de procédé

Les déchets médicaux ne doivent pas être éliminés par brûlage à l'air libre. L'incinération représente une méthode importante pour le traitement et la décontamination de déchets biomédicaux et médicaux. Cette sous-section donne des conseils sur l'incinération des fractions suivantes de déchets (majoritairement) dangereux : déchets de soins de santé infectieux, déchets provenant des activités biologiques et médicales, et les objets coupants.

L'incinération est un procédé sec d'oxydation à haute température (850°C à 1100°C) qui réduit les déchets organiques et combustibles en matières inorganiques, incombustibles et qui mène à une réduction significative en volume et en poids.

La pyrolyse est un procédé de chauffage lent (*smouldering* en anglais), par lequel la transformation s'effectue dans une atmosphère pauvre en oxygène, à une température entre 500 et 600°C.

L'incinération et la pyrolyse doivent être effectuées uniquement dans des installations qui sont bien conçues et bien entretenues. Le système devra être conçu pour tenir compte des caractéristiques particulières des déchets médicaux dangereux (teneur élevée en eaux, teneur élevée en plastiques). Puisque les technologies décrites ici sont assez sophistiquées, il ne faudrait incinérer dans ces installations que des fractions de déchet dangereux. D'autres déchets médicaux qui ressemblent plus aux déchets municipaux devront être séparés en avance, et faire l'objet d'autres technologies pour de traitement des déchets.

Si des déchets infectieux ne sont pas brûlés immédiatement (sous 48 heures), ils doivent être entreposés dans un local réfrigéré (10°C max). Les zones de travail et de stockage doivent être conçues pour faciliter la désinfection.

Une unité d'incinération est composée essentiellement des unités suivantes (Figure.2):

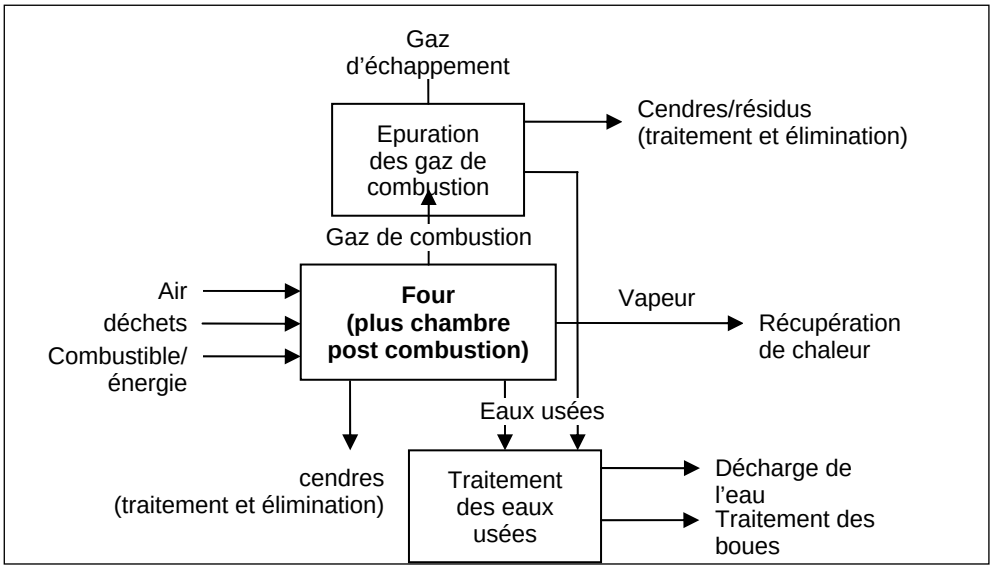
- Fourneau ou four;
- Chambre de post combustion;
- Dispositifs d'épuration des gaz : voie sèche, humide et/ou catalytique (y compris des techniques d'adsorption);
- Installation de traitement des eaux usées (dans le cas ou des systèmes humides sont utilisés pour le traitement des gaz).

Les techniques suivantes sont considérées comme étant les meilleures techniques disponibles pour le traitement thermiques des déchets médicaux:

- Traitement pyrolytique ou gazéification des déchets;
- Four rotatif;
- Incinérateur à grille spécialement adapté pour les déchets médicaux infectieux (ligne d'élimination de déchets municipaux);
- Incinérateur à lit fluidisé;
- Systèmes modulaires.

Les incinérateurs à chambres simples, à tonneaux, ou en briques ne sont pas considérés comme les meilleures techniques disponibles.

Figure 2. Diagramme schématique simplifié d'un incinérateur



5.2 Techniques de traitement thermique

5.2.1 Installations de pyrolyse

Les installations de pyrolyse, avec des chambres de post-combustion, sont généralement de petites unités qui opèrent en mode discontinu. Les déchets médicaux sont conditionnés dans des tonneaux ou des sacs, pour leur chargement. Les installations plus importantes sont équipées de machines de chargement automatiques. Dans les installations équipées de systèmes de dégazage ou de gazéification, les opérations de séchage, de dégazage et de gazéification ont lieu dans un réacteur avant la combustion.

Les déchets sont introduits de façon discontinue dans une chambre de vaporisation, qui est chauffée à une température suffisante pour pouvoir distiller les produits de la réaction. Les gaz quittant la chambre de distillation sont mélangés à un courant d'air continu dans la chambre de post-brûlage, et maintenus à une température de 900°C par une co-combustion, avec apport de gaz naturel. Les gaz de combustion quittant la chambre de post brûlage, sont refroidis dans une chaudière à eau chaude placée en aval, puis envoyés dans le système de lavage des gaz. La chaudière transforme l'eau en vapeur. Celle-ci peut être utilisée pour produire de l'électricité pouvant alimenter un hôpital, des habitations ou des bureaux. Pour assurer une combustion suffisante des cendres, des brûleurs à gaz sont mis en fonctionnement avant le déchargement de la chambre de distillation. Dans les petites unités, on peut utiliser un carburant auxiliaire pour compenser des fluctuations dans les débits et des variations dans les déchets qui sont brûlés.

Dans les installations à pyrolyse, le contenu en poussières dans les flux de gaz est faible, comparée aux systèmes conventionnels de combustion. Il y a cependant une forte nécessité pour des carburants additionnels, et par conséquent il se forme des volumes importants de gaz de combustion.

Les capacités de ces incinérateurs (traitement sur site) sont typiquement de 200 kg à 10 tonnes/jour.

5.2.2 Four rotatif

Une autre technologie employée est celle du four rotatif (voir aussi section V.A (i), sous section 2.2 du présent guide). La combustion de déchets de soins de santé peut être réalisée dans de petits fours rotatifs (par ex. dans l'hôpital), ou, de manière plus courante, dans des installations plus grandes qui assurent le traitement de plusieurs fractions dangereuses de déchets.

Les déchets sont manipulés à l'aide d'une grue à pinces dans le silo, puis déversés sur un plan incliné qui débouche devant la chambre à brûler. Dans la plupart des cas, il y a un caniveau d'entrée intégré

dans une chute, d'où les déchets peuvent être introduits dans le four rotatif. Les déchets liquides et très visqueux peuvent être versés par la partie avant du four rotatif. Du fait de la rotation et de l'inclinaison du four, les déchets sont transportés et agités, ce qui permet un contact intime avec l'air primaire qui circule dans le four. A l'opposé des fours à grilles, les fours rotatifs opèrent en système fermé. De ce fait, on peut y traiter des liquides et des matières visqueuses. Les gaz venant du four rotatif sont traités dans une chambre de post combustion. Pour assurer les hautes températures nécessaires à la destruction complète des composés organiques (de 850°C à 1100°C, selon le déchet), les chambres de post-combustion sont équipées de brûleurs qui démarrent automatiquement si la température tombe en dessous de la valeur donnée.

A la fin du passage dans le four rotatif, des scories se forment, soit frittées, soit fondues. En les faisant tomber dans l'unité de désagrégation des scories, des scories granulées sont produites. Lorsque ce matériau est fritté, cette partie de l'installation est semblable à celle des systèmes de foyer à grille. Les fours rotatifs et les chambres de post-combustion sont, dans la plupart des cas, construits comme des chambres de combustion adiabatiques, revêtues de céramiques. Apres la chambre de combustion, les gaz passent dans une zone de vide jusqu'à ce qu'une température d'environ 700°C soit atteinte. Plus loin, des faisceaux de chauffe, tels que des évaporateurs, des serpentins de surchauffe, et des unités de préchauffage pour l'eau d'alimentation, sont installés. La chaudière chauffée par la chaleur perdue, ainsi que le système d'approvisionnement en énergie, sont comparables aux systèmes de brûlage sur grille.

Les capacités des incinérateurs sont de 0,5 à 3 tonnes par heure (pour l'incinération de déchets médicaux).

5.2.3 Incinérateur à grille

L'incinération de déchets de soins de santé, dans des incinérateurs municipaux, demande des adaptations spéciales. Si des déchets médicaux infectieux doivent être brûlés dans un incinérateur de déchets municipaux, ils doivent être désinfectés et stérilisés, avant d'être introduits dans l'incinérateur, dans des conteneurs appropriés, puis chargés automatiquement. Il faut éviter auparavant de faire des mélanges de déchets infectieux avec d'autres types de déchets, et aussi de faire des manipulations manuelles. Voir la section V.A (i) du présent guide pour des informations complémentaires sur l'incinération des déchets municipaux.

5.2.4 Incinérateur à lit fluidisé

Les incinérateurs à lit fluidisé sont largement utilisés pour l'incinération des déchets finement divisés tels que les combustibles dérivés de déchets, et les boues d'épuration. La méthode est utilisée depuis des dizaines d'années, principalement pour la combustion de combustibles homogènes. L'incinérateur à lit fluidisé est une chambre de combustion revêtue, en forme de cylindre vertical. Dans la partie inférieure, un lit de matière inerte (par ex. du sable ou des cendres) placée sur une grille ou une plaque de distribution, est fluidisé par de l'air. Le déchet à incinérer est approvisionné en continu dans le lit fluidisé de sable, à partir du haut, ou par le coté.

De l'air préchauffé est introduit dans la chambre de combustion par des ouvertures faites dans la plaque de fond, formant avec le sable contenu dans la chambre de combustion, le lit fluidisé. Le déchet est introduit dans le réacteur par une pompe, un carrousel ou une vis sans fin. Le séchage, la volatilisation, la mise à feu et la combustion ont lieu dans le lit fluidisé. La température, dans l'espace surplombant le lit, est généralement entre 850 et 950°C. Au dessus de la matière du lit fluidisé, un tablier est conçu pour permettre la rétention des gaz dans la zone de combustion. Dans le lit même, la température est plus basse, et peut se situer aux alentours de 650°C. En raison du bon mélange dans le réacteur, les systèmes d'incinération à lit fluidisé bénéficient d'une distribution uniforme des températures et de l'oxygène, ce qui permet un fonctionnement bien stabilisé. Pour les déchets hétérogènes, la combustion en lit fluidisé exige des étapes préparatoires, de telle manière que les déchets soient conformes aux spécifications dimensionnelles. Pour certains déchets, cette préparation peut être la combinaison d'une collecte sélective ou d'un prétraitement des déchets, tel que le déchiquetage. Certains types de lits fluidisés (par ex. le lit fluidisé rotatif) peuvent recevoir des

déchets de dimension plus importante que les autres. Lorsque c'est le cas, il sera suffisant de faire une réduction sommaire de la taille des morceaux, ou peut-être pas du tout.

5.2.5 Systèmes modulaires

Les systèmes modulaires sont un type général d'incinérateurs (de déchets solides municipaux) largement utilisés aux Etats Unis, en Europe et en Asie. Les incinérateurs modulaires consistent en deux chambres de combustion montées verticalement (une chambre primaire, une autre secondaire). Les configurations modulaires autorisent des capacités classiques allant de 1 à 270 tonnes par jour. Il existe deux types majeurs de systèmes modulaires, fonctionnant avec un excès, ou un défaut d'air :

- Le système modulaire à excès d'air consiste d'une chambre primaire et d'une autre secondaire, les deux fonctionnant à des niveaux d'air en excès des besoins stoechiométriques (c'est à dire, 100–250% d'air en excès);
- Dans le système modulaire à défaut d'air (ou à air contrôlé), on fournit l'air dans la chambre primaire à des niveaux sous-stoechiométriques. Les produits de la combustion incomplète sont entraînés par les gaz formés dans la première chambre, puis passent dans la seconde. Un excès d'air est ajouté dans la deuxième chambre, et la combustion est achevée par les températures élevées, obtenues par un combustible auxiliaire (généralement du gaz naturel). La haute température uniforme de la chambre secondaire, combinée avec le mélange turbulent des gaz de combustion, permet d'atteindre de faibles niveaux de formation et de rejet, pour les poussières et pour les contaminants organiques.

5.3 Lavage des gaz de combustion

Les gaz de combustion venant des incinérateurs contiennent des cendres volantes (particules très fines) contaminées par des métaux lourds, des PCDD/PCDF, des composés organiques résistants à la chaleur, et des gaz tels que les oxydes d'azote, les oxydes de soufre, les oxydes de carbone, et les halogénures d'hydrogène. Les gaz de combustion résultant de modes de fonctionnement non contrôlés (sans lavage des gaz) contiendraient environ 2000 ng TEQ/m³ (UNEP 2005)[3].

Des mesures appropriées pour l'épuration des gaz doivent être associées de manière adaptée, pour assurer l'application des meilleures techniques disponibles (voir section III.C (iv) et aussi V.A. (i) 6.4 des présentes directives).

5.4 Traitement des cendres résiduelles et volantes ; traitement des eaux usées

Les fractions les plus importantes des déchets sont les cendres volantes, les scories, les gâteaux de filtration venant des traitements des eaux usées, le gypse et le charbon actif chargé. Ces déchets sont en majorité dangereux et doivent être éliminés dans des décharges sécurisées. La mise en décharge dans des conteneurs à double paroi, la solidification et les post traitements thermiques sont les méthodes les plus courantes (voir aussi section V.A (i), sous-section 5 des présentes directives).

6. Meilleures techniques disponibles et résumé des meilleures pratiques environnementales

En plus des meilleures pratiques environnementales pour l'incinération des déchets médicaux, il existe plusieurs technologies éprouvées pour l'ingénierie de la combustion, le lavage des gaz et la gestion des résidus qui peuvent éviter la formation des substances inscrites à l'Annexe C ou pour les

[3] 1 ng (nanogramme) = 1 x 10^{-12} kilogramme (1 x 10^{-9} gramme) ; Nm^3 = mètre cube normal, volume de gaz sec mesuré à 0°C et 101,3 kPa. Pour des informations sur les mesures de toxicité, voir section I.C., sous-section 3 de ce document.

minimiser. Pour une analyse détaillée de ce qui représente les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets, consulter le Document de Référence BAT (BREF) sur l'incinération des déchets (European Commission 2006).

Il existe aussi des options de destruction ne faisant pas appel à l'incinération (voir section III.C (ii) du présent document) qui pourraient représenter des alternatives fiables et écologiquement rationnelles à l'incinération. Le but de cette sous-section est cependant d'identifier les meilleures techniques disponibles pour le procédé d'incinération. Les meilleures techniques disponibles pour l'incinération comprennent la conception, l'opération et l'entretien d'une unité d'incinération de déchets qui effectivement minimise la formation et le rejet de substances inscrites à l'Annexe C.

En considérant les meilleures techniques disponibles, décrites ici pour l'incération des déchets, il est important de se rappeler que la solution optimale pour un type particulier d'installation d'incinération va dépendre des conditions locales. On ne présente pas ici les meilleures techniques disponibles comme étant la meilleure solution locale, car ceci supposerait de prendre en compte les conditions locales à un degré que l'on ne pas faire dans un document traitant des meilleures techniques disponibles d'une manière générale. Il est donc peu probable qu'une simple combinaison d'éléments individuels décrits ici comme des meilleures techniques disponibles, sans considérations des conditions locales, puisse fournir une solution locale optimisée, par rapport à l'environnement dans son ensemble (European Commission 2006).

L'utilisation des meilleures techniques disponibles pour les incinérateurs mènera aussi à une réduction des émissions d'acide chlorhydrique et des métaux (en particulier le mercure). Un traitement approprié des scories et résidus provenant des systèmes de lavage des gaz est essentiel pour la réduction des rejets des PCDD/PCDF vers l'environnement ; il permettra aussi de réduire les rejets ultérieurs venant des résidus envoyés en décharge.

Concernant l'incinération, les mesures primaires seules réduiront de manière significative les émissions des substances inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm. La mise en place des meilleures techniques disponibles nécessitera cependant des mesures à la fois primaires et secondaires. Avec une combinaison appropriée de mesures primaires et secondaires, des niveaux de performance pour les émissions des PCDD/PCDF inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/Nm^3 (à 11% O_2) sont associés aux meilleures techniques disponibles. Il faut aussi noter que dans des conditions opératoires normales, des émissions plus faibles peuvent être atteintes dans le cas d'une unité d'incinération de déchets bien conçue.

Les meilleures techniques disponibles pour les décharges d'eaux usées des unités de traitement des gaz recevant des effluents d'unités de lavage des gaz, sont associés à des niveaux de concentrations de PCDD/PCDF bien inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/l.

On présente dans les tableaux ci-dessous un résumé de ce qui constitue les meilleures pratiques environnementales et les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets médicaux.

Tableau 1. Conseils généraux

Mesure	Description	Considérations	Autres commentaires
Séparation des déchets	Classification claire, séparation à la source des déchets de soins de santé d'autres déchets, et à l'intérieur de la catégorie des déchets de soins de santé, afin de minimiser le volume de déchets à traiter		Peut être efficace rapidement pour la réduction de substances inscrites à l'Annexe C, mais fait partie d'un concept intégré pour la gestion des déchets
Procédés alternatifs	En particulier, si l'exigence de performance ne peut être atteinte dans l'installation existante ou	Les procédés alternatifs pour l'incinération de déchets médicaux infectieux	

Mesure	Description	Considérations	Autres commentaires
	projetée, la priorité doit être donnée aux procédés ayant des impacts potentiellement plus faibles sur l'environnement, que l'incinération des déchets	comprennent: • Stérilisation à la vapeur • Stérilisation vapeur avancée • Traitement micro-ondes • Stérilisation par chaleur sèche • Traitement biologique • Hydrolyse alcaline • Mise en décharge	

Tableau 2. Incinération des déchets de soins de santé: techniques de combustion représentant les meilleurs techniques disponibles

Technologie	Considérations	Autres commentaires
Four à pyrolyse	Adapté pour installations plus petites (200 kg/jour à 10 t/jour), traitement sur site	Coûts d'investissement et de maintenance élevés, nécessité d'un personnel bien qualifié
Four rotatif	Adapté pour les usines de taille moyenne (0,5–3 t/h)	Utilisation d'eau de refroidissement pour fours rotatifs, coûts d'investissement et de maintenance élevés, nécessité d'un personnel bien qualifié, consommation d'énergie élevée
Incinérateur à grille (incinérateur de déchets municipaux)		Utilisation d'eau pour refroidir les grilles, l'incinération dans les incinérateurs de déchets municipaux nécessite des adaptations spéciales pour déchets médicaux (par ex. chargement automatisé), pas de mélange préalable ni manipulation de déchets infectieux
Incinérateur à lit fluidisé		
Systèmes modulaires	Capacités de 1 à 270 t/jour	

Tableau 3. Incinération de déchets de soins de santé: Mesures générales

Options de gestion	Caractéristiques des déchets	Autres considérations
Ne pas brûler des déchets à moins que des mesures spécifiques aient été prises pour la réduction des substances inscrites à l'Annexe C (à la fois primaires et secondaires, suivant les besoins; voir les	Rejets possibles de composés de l'Annexe C, plus de métaux volatiles	Faire attention à la présence possible d'halogènes dans les déchets ; prendre des mesures primaires et secondaires appropriées (voir les Tableaux 5 et

Options de gestion	Caractéristiques des déchets	Autres considérations
Tableaux 5 et 6)		6). Faire attention de la présence possible de métaux lourds dans les déchets et prendre les mesures secondaires appropriées (voir Tableau 6).
Transport, stockage et sécurité appropriés pour les déchets médicaux, selon les besoins de chaque type de déchet	Pas réellement efficace pour la réduction des substances de l'Annexe C, mais fait partie du concept de gestion intégrée des déchets	
Emplacement du site : des unités centralisées d'incinération seront préférées à des sites dispersés pour chaque hôpital, pour le traitement des déchets médicaux		
Incinération de déchets médicaux uniquement en site dédié, ou dans incinérateurs plus grands pour déchets dangereux		Les caractéristiques des déchets médicaux (teneurs importantes en eau et plastiques) nécessitent des équipements spéciaux
Si un incinérateur dédié aux déchets médicaux n'est pas utilisé, un système de chargement séparé doit être prévu pour les déchets infectieux	Pas directement efficace pour la réduction des substances inscrites à l'Annexe C, mais fait partie intégrale d'un concept pour la gestion des déchets	
Ne pas brûler les déchets radioactifs	Pas efficace pour la réduction des substances chimiques inscrites à'Annexe C	

Tableau 4. Incinération des déchets de soins de santé: Mesures organisationnelles

Mesure	Considérations
• Personnel bien formé • Fonctionnement et suivi de l'incinérateur assurés par des travaux d'entretien périodiques (nettoyage de la chambre de combustion, débouchage des entrées d'air et des brûleurs, le personnel doit porter un habillement de protection) • Mesures régulières et/ou en continu des polluants en question • Mise en place d'un suivi environnemental (établissement de protocoles pour un suivi normalisé) • Développement et mise en place de systèmes d'audit et de reportage • Infrastructure générale, carrelage, ventilation • Estimation de l'impact environnemental, réunions publiques avec avis de la communauté avant de choisir le site de nouveaux incinérateurs	L'opération d'un incinérateur exige des opérateurs qualifiés. Il faut se rappeler que ceux-ci devront être disponibles pendant la totalité de la période de fonctionnement de l'incinérateur (généralement 20 ans et plus). On devrait vérifier que l'on puisse identifier de tels opérateurs dans certaines régions avant d'acheter des incinérateurs à technologie avancée. Si cette main d'oeuvre qualifiée n'est pas disponible, les établissements concernés par les déchets médicaux devraient se tourner vers d'autres technologies alternatives de désinfection, ou sous-traiter à une installation de la région. De la même manière, il faudrait signer des contrats de longue durée au sujet des questions de maintenance et de réparation, de modifications (si nécessaires), et du traitement final et élimination des résidus solides générés par l'incinération.

Tableau 5. Mesure primaires et optimisation des procédés pour la réduction des émissions de PCDD/PCDF

Options de gestion pour l'optimisation des conditions de combustion	Autres considérations
Introduction des déchets dans la chambre combustion uniquement à 850° C; les unités devraient posséder, et faire fonctionner, des systèmes automatisés pour empêcher que les déchets n'entrent avant que la température correcte soit atteinte	Modification (amélioration) nécessaire de l'ensemble du procédé
Installation de brûleurs auxiliaires (pour les mises en marche et l'arrêt)	
En général, éviter les mises en route et les arrêts de l'incinérateur	
Eviter les températures en dessous de 850° C, ainsi que les zones froides dans les flux gazeux	
Taux d'oxygène suffisants ; le contrôle de son débit dépendra du pouvoir calorifique et de la régularité de composition des déchets entrants	Pour une teneur en oxygène de 6% en volume
Temps de résidence suffisant (2 sec. au moins) dans une chambre de combustion secondaire après la dernière injection d'air et des températures au dessus de 850° C (1100° C pour des déchets hautement chlorés, c'est-à-dire des déchets contenant plus de 1% de substances organiques chlorées) et 6% d'O_2	Un temps de résidence suffisant est nécessaire, en particulier à cause de la teneur en eau et en plastique du déchet

Options de gestion pour l'optimisation des conditions de combustion	**Autres considérations**
Haute turbulence des gaz de combustion et réduction de l'excès d'air: par ex. injection d'air secondaire ou réinjection des gaz de combustion, préchauffage des flux d'air, contrôle des débits d'air à l'entrée	Une optimisation des entrées d'air contribue à des températures plus élevées
Mesures (en ligne) pour contrôler la combustion (température, teneur en oxygène, CO, poussières), contrôle et régulation de l'incinération à partir d'une console centrale	

Tableau 6. Mesures secondaires

Options de gestion	**Caractéristiques des rejets**	**Applicabilité**	**Autres considérations**
Dépoussiérage			
Eviter les dépôts de particules à l'aide de nettoyeurs de suie, de racleurs mécaniques, de souffleurs soniques ou à la vapeur, nettoyage fréquent des endroits par où passent les gaz de combustion dans la gamme de températures critiques			Les souffleurs à vapeur pour enlever les suies peuvent augmenter les taux de formation des PCDD/PCDF
Extraction efficace des poussières à l'aide des mesures suivantes:	< 10 % d'émission résiduelle, en comparaison au mode non contrôlé	Moyenne	Extraction des PCDD/PCDF adsorbés sur des particules
Filtres en tissu	1–0,1% d'émission résiduelle	Plus élevée	Utilisation à des températures < 260° C (selon la matière)
Filtres en céramique			Technique émergente ; utilisation à des températures de 800°–1000° C, pas courants pour les incinérateurs de déchets
Cyclones (uniquement pour le pré-nettoyage des gaz de combustion)	Faible efficacité	Moyenne	Efficace seulement pour les particules plus grosses
Electrofiltre	Efficacité moyenne		Utilisation à des températures de 450° C; peut favoriser la synthèse *de novo* de PCDD/PCDF, faible efficacité pour les particules fines, émission de NO_x plus grandes, réduction de la récupération
Unité d'adsorption à haute performance avec ajout de particules de charbon actif (venturi électrodynamique)			Pour l'extraction des poussières fines
Réduction des émissions de produits chimiques inscrits à l'Annexe C, par:			
Oxydation catalytique	Haute efficacité	Investissements	Seulement pour les composés

	(< 0,1 ng TEQ/m^3)	élevés, faibles coûts opératoires	gazeux, extraction préalable des métaux lourds et des poussières est nécessaire, réduction additionnelle de NO_x si NH_3 est ajouté; exige beaucoup de place, catalyseurs peuvent être retraités par le fabricant dans la plupart des cas, surchauffe lorsqu'un excès de CO présent, consommation d'énergie plus élevée à cause du réchauffement des gaz de combustion; pas de résidus solides
Trempe des gaz			Pas courant dans les incinérateurs de déchets
Filtre en tissu, revêtu d'un catalyseur	Haute efficacité (< 0,1 ng TEQ/m^3)		Par ex. fabriqué en PTFE, avec un dépoussiérage en parallèle, contamination plus faible des poussières des filtres à cause de la destruction des PCDD/PCDF à la surface catalytique
Diverses méthodes d'adsorption humides et sèches avec des mélanges de charbon actif, de coke de four à creuset, solutions de chaux et de calcaire dans des réacteurs fixes, à lit mobile et à lit fluidisé:			
Réacteur à lit fixe, adsorption avec charbon actif, ou coke de four à creuset	< 0,1 ng TEQ/m^3	Investissement élevé, coûts opératoires moyens	Besoin élevé en espace, nécessité d'éliminer les résidus solides venant du lavage des gaz (= déchet dangereux), contrôle continu du CO nécessaire, augmentation des émissions de poussières due à une agrégation possible avec les particules de charbon, consommation de coke de four à creuset de 2 à 5 fois plus élevée par rapport au charbon actif, possibilité d'incinération de l'agent d'adsorption usagé dans l'unité, risque d'incendie et d'explosion
Réacteur à flux entraîné ou à lit fluidisé en circulation, avec addition de charbon actif/chaux ou calcaire puis filtre en tissu	< 0,1 ng TEQ/m^3	Investissement faible, coûts opératoires moyens	Pas courant pour les unités brûlant uniquement des déchets médicaux, nécessité d'éliminer les résidus solides venant du lavage des gaz (= déchet dangereux), risque d'incendie et d'explosion
Traitements appropriés pour les cendres volantes et résiduelles, ainsi que pour les eaux usées: • Elimination dans des décharges sécurisées (par ex. élimination souterraine) • Traitement catalytique des			Les boues issues du traitement des eaux usées et du refroidissement de cendres volantes, sont des déchets dangereux Les gaz de combustion peuvent être réinjectés dans la chambre de combustion de l'incinérateur

poussières venant des filtres en tissu dans des conditions de températures faibles et d'insuffisance d'oxygène • Extraction des poussières de filtres en tissu par le procédé 3-R (extraction de métaux lourds par des acides) • Combustion pour détruire les matières organiques (par ex. four rotatif, Hagenmeier-Trommel) suivie d'un lavage avec filtre tissu en aval, système d'épuration des gaz • Vitrification des poussières venant des filtres en tissu ou d'autres méthodes d'immobilisation (par ex. solidification avec du ciment) suivie de mise en décharge • Application de la technologie au plasma (technique émergente)			

7. Niveaux de performance associés aux meilleures techniques disponibles

En utilisant une combinaison adaptée de mesures primaires et secondaires, des niveaux de performance pour émissions dans l'air des PCDD/PCDF inférieurs 0,1 ng I-TEQ/Nm^3 (à 11% d'O_2) sont associés aux meilleures techniques disponibles. On peut encore noter que dans des conditions normales de fonctionnement, des émissions plus faibles que ceux-ci peuvent être atteints dans une installation d'incinération de déchets bien conçue.

Les meilleures techniques disponibles pour le rejet d'eaux usées venant des unités de traitement des effluents, recevant des effluents des installations de lavage des gaz de combustion, sont associées à des niveaux de concentration de PCDD/PCDF bien inférieurs à 0,1 ng I-TEQ/l.

Références

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste.* Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

Health Care Without Harm. 2001. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies.* Chapter 11. Health Care Without Harm, Washington, D.C. www.noharm.org/nonincineration.
Health Care Without Harm Europe. 2004. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies in Europe*. www.noharm.org.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

WHO (World Health Organization). 1999. *Safe Management of Wastes from Health Care Activities*. WHO, Geneva.

WHO (World Health Organization). 2004 *Safe health-care waste management;* Policy Paper

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005 Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs).

Autres sources

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans for Incineration.* CCME, Winnipeg. www.ccme.ca/initiatives/standards.html?category_id=50#23.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators: Final Rule*. 40 CFR Part 60. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1997/September/Day-15/a23835.htm.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Federal Plan Requirements for Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators Constructed on or before June 20, 1996: Final Rule.* 40 CFR Part 62. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2000/August/Day-15/a20341.htm.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Proposed Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors.* Draft. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/fedrgstr.

European Commission. 2000. "Directive 2000/76/EC on the Incineration of Waste." *Official Journal of the European Communities* L332:91.

European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration.* BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm.

Giroletti E. and Lodola L. 1993. *Waste Treatment and Management*. Medical Waste Treatment: ISPRA courses. unipv.it/webgiro/ricerch/Public/ISPRA93-medicalWaste.pdf.

Institute for Environmental Medicine and Hospital Hygiene. 2000. "Practical Guide for Optimising the Disposal of Hospital Waste: Reduction and Utilisation of Hospital Waste, with the Focus on Hazardous, Toxic and Infectious Waste." *LIFE96ENV/D/10*. University Clinical Centre, Freiburg.

Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna. www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants*. New York and Geneva. www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases Edition 2.1*. UNEP, Geneva. www.chem.unep.ch/pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%202-%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf.