Nations Unies ECE/EB.AIR/WG.5/2012/1

# Conseil économique et social

Distr. générale
2 juillet 2012
Français
Original: anglais

## Commission économique pour l'Europe

Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

### Groupe de travail des stratégies et de l'examen

**Cinquantième session**
Genève, 10-14 septembre 2012
Point 4 de l'ordre du jour provisoire
**Projet de document d'orientation sur les meilleures techniques de lutte contre les émissions de métaux lourds et leurs composés provenant des catégories de sources énumérées à l'annexe II**

# Projet de document d'orientation sur les meilleures techniques de lutte contre les émissions de métaux lourds et leurs composés provenant des catégories de sources énumérées à l'annexe II*

### Note de la Présidente de l'Équipe spéciale des métaux lourds

*Résumé*

À sa quarante-neuvième session, en septembre 2011, le Groupe de travail des stratégies et de l'examen est convenu de la nécessité de faciliter l'adaptation du Protocole relatif aux métaux lourds en fonction de l'évolution future, en produisant un document d'orientation sur les meilleures techniques disponibles inspiré de l'annexe III du Protocole (ECE/EB.AIR/WG.5/2011/19).

La présente note contient le projet de document d'orientation sur les meilleures techniques disponibles élaboré par l'Équipe spéciale des métaux lourds. Ce projet tient dûment compte des observations des Parties et d'autres experts, comme l'a demandé le Groupe de travail. Des observations et des explications à ce sujet figurent dans le rapport de l'Équipe spéciale des métaux lourds sur l'atelier visant à promouvoir la ratification du Protocole relatif aux métaux lourds (ECE/EB.AIR/WG.5/2012/2).

Les passages entre crochets n'ont pas encore été examinés par le Groupe de travail des stratégies et de l'examen.

* La présente note n'a pas été revue par les services d'édition.



Merci de recycler

# Abréviations et sigles

| | |
|---|---|
| ACI | Injection de charbon actif |
| As | Arsenic |
| BREF[1] | Document de référence sur les meilleures techniques disponibles |
| $CaBr_2$ | Bromure de calcium |
| Cd | Cadmium |
| CFA | Absorbeur en lit fluidisé circulant |
| $Cl_2$ | Chlore |
| Co | Cobalt |
| COT | Carbone organique total |
| Cr | Chrome |
| cts/kWh | Cents par kilowatt/heure |
| Cu | Cuivre |
| $Cu_2HgI_4$ | Tétraiodomercurate (II) de cuivre |
| DGC | Désulfuration des gaz de combustion |
| DPE | Dépoussiéreur électrique |
| ECE | Commission économique pour l'Europe |
| EMEP | Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe |
| FT | Filtre en tissu |
| GICC | Gazéification du charbon intégrée à un cycle combiné |
| HEPA | Filtres à air haute performance |
| Hg | Mercure |
| Hg+ | Ion mercure |
| $HgCl_2$ | Chlorure de mercure |
| $Hg_2Cl_2$ | Dichlorure de mercure |
| HgO | Oxyde de mercure |
| $HgSO_4$ | Sulfate de mercure (II) |
| $H_2O$ | Eau |
| $H_2SeO_3$ | Acide sélénieux |
| $H_2SO_4$ | Acide sulfurique |
| K | Kelvin |

[1] Pour les documents de référence récents donnant des informations sur les secteurs concernés, les techniques et procédés utilisés, les niveaux d'émission et de consommation actuels, les MTD et les techniques nouvelles, voir l'adresse suivante: http://eippcb.jrc.es/reference/.

| | |
|---|---|
| kPa | Kilopascal |
| kWel | Kilowatt électrique |
| Mg | Mégagramme, tonne métrique |
| mg/l | Milligramme par litre |
| $mg/m^3$ | Milligramme par mètre cube |
| $mg/Nm^3$ | Milligramme par mètre cube normal |
| mg/t | Milligramme par tonne |
| $\mu g/Nm^3$ | Microgramme par mètre cube normal |
| MTD | Meilleures techniques disponibles |
| Ni | Nickel |
| $NO_x$ | Oxydes d'azote |
| $O_2$ | Oxygène |
| PARCOM | Commission de Paris pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique |
| Pb | Plomb |
| PCDD/PCDF | Dibenzo-p-dioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés |
| PM | Matières particulaires |
| PNUE | Programme des Nations Unies pour l'environnement |
| ppm | Parties par million |
| Sb | Antimoine |
| SCR | Réduction catalytique sélective |
| Se | Sélénium |
| Sn | Étain |
| $SO_2$ | Dioxyde de soufre |
| V | Vanadium |
| VLE | Valeurs limites d'émission |

# Table des matières


| | | *Paragraphes* | *Page* |
|---|---|---|---|
| I. | Introduction | 1−7 | 5 |
| II. | Options générales envisageables pour réduire les émissions de métaux lourds et de leurs composés | 8−10 | 6 |
| III. | Techniques antiémissions | 11−18 | 7 |
| IV. | Secteurs | 19 | 9 |
| | A. Combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrales électriques et de chauffage et les chaudières industrielles | 20−28 | 9 |
| | B. Sidérurgie primaire | 29−32 | 13 |
| | C. Sidérurgie secondaire | 33−36 | 16 |
| | D. Fonderies | 37−38 | 18 |
| | E. Industrie des métaux non ferreux de première et deuxième fusion | 39−58 | 19 |
| | F. Industrie du ciment | 59−67 | 27 |
| | G. Industrie du verre | 68−73 | 29 |
| | H. Industrie du chlore et de la soude caustique | 74−79 | 31 |
| | I. Déchets contenant du mercure métallique et certains composés et mélanges du mercure | 92−96 | 36 |

# Introduction

1. Le présent document d'orientation vise à donner aux Parties des indications pour déterminer les meilleures techniques disponibles applicables aux sources fixes afin de leur permettre de s'acquitter des obligations découlant du Protocole.

2. L'expression «meilleures techniques disponibles» (MTD) fait référence au stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission et autres conditions fixées visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et leur impact sur l'environnement dans son ensemble:

a) Par «techniques», on entend aussi bien la technologie utilisée que la façon dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise hors service;

b) Par «techniques disponibles», on entend les techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le secteur industriel pertinent, dans des conditions économiquement et techniquement viables, compte tenu des coûts et des avantages, que ces techniques soient ou non utilisées ou produites sur le territoire de l'État membre concerné, pour autant que l'exploitant puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables;

c) Par «meilleures techniques», on entend les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. Les critères utilisés pour déterminer les meilleures techniques disponibles (MTD) sont les suivantes:

i) L'utilisation d'une technologie peu polluante;

ii) L'utilisation de substances moins dangereuses;

iii) La récupération et le recyclage d'une plus grande partie des substances produites et utilisées au cours des opérations ainsi que des déchets le cas échéant;

iv) Les procédés, moyens ou méthodes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à l'échelle industrielle;

v) Les progrès technologiques et l'évolution des connaissances scientifiques;

vi) La nature, les effets et le volume des émissions concernées;

vii) Les dates de mise en service des installations nouvelles ou existantes;

viii) Les délais nécessaires pour mettre en place la meilleure technique disponible;

ix) La consommation de matières premières (y compris l'eau) et la nature des matières premières utilisées dans le procédé ainsi que l'efficacité énergétique;

x) La nécessité de prévenir ou de réduire au minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et les risques de pollution de l'environnement;

xi) La nécessité de prévenir les accidents et de réduire au minimum leurs conséquences sur l'environnement;

xii) Les informations publiées par des organisations nationales et internationales.

La notion de MTD ne vise pas à prescrire une technique ou une technologie particulière, mais à tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de sa situation géographique et de l'état de l'environnement au niveau local.

3. Les informations concernant l'efficacité et le coût des mesures de lutte contre les émissions sont fondées sur la documentation officielle de l'organe exécutif et de ses organes subsidiaires, notamment sur les documents reçus et examinés par l'Équipe spéciale sur les métaux lourds. Il a été tenu compte, en outre, d'autres informations internationales sur les meilleures techniques disponibles comme les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (MTD) du Bureau européen pour la prévention et la réduction intégrées de la pollution pour lutter contre les émissions, l'évaluation mondiale du mercure réalisée en 2002 par le PNUE ainsi que de divers rapports techniques de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis, d'Environnement Canada et de la Commission européenne et des informations communiquées directement par des experts.

4. L'expérience que l'on a des installations et des produits nouveaux qui font appel à des techniques peu polluantes, ainsi que de la mise à niveau des installations existantes, s'accroît sans cesse, de sorte que le présent document d'orientation devra peut-être être modifié et actualisé.

5. On trouvera ci-après la description d'un certain nombre de mesures dont le coût et l'efficience sont très variables. Le choix des mesures applicables dans chaque cas dépend de plusieurs facteurs, qui peuvent être limitatifs, dont la situation économique, l'infrastructure technologique, les dispositifs antiémissions déjà en place, la sécurité, la consommation d'énergie et le fait que la source est nouvelle ou existe déjà.

6. Il est tenu compte, dans le présent document d'orientation des émissions de cadmium (Cd), de plomb (Pb) et de mercure (Hg) et de leurs composés, sous forme solide (par liaison avec des particules) et/ou gazeuse. Les formes chimiques de ces composés ne sont généralement pas envisagées ici. Cependant, l'efficacité des dispositifs antiémissions suivant les propriétés physiques du métal lourd concerné a été prise en considération, notamment dans le cas du mercure.

7. Les valeurs d'émission, exprimées en $mg/m^3$, se rapportent aux conditions normales (volume à 273,15 K, 101,3 kPa, gaz secs) non corrigées de la concentration d'oxygène, sauf indication contraire, et sont calculées suivant les techniques projetées par le CEN (Comité européen de normalisation) et, dans certains cas, suivant les techniques nationales d'échantillonnage et de surveillance.

# II. Options générales envisageables pour réduire les émissions de métaux lourds et de leurs composés

8. Il existe plusieurs façons de combattre ou de prévenir les émissions de métaux lourds. Parmi les mesures de réduction des émissions, l'application de technologies additionnelles et la modification des procédés (y compris du contrôle des opérations et de l'entretien) tiennent une large place. On peut recourir aux mesures suivantes, dont l'application peut être modulée en fonction des conditions techniques ou de la situation économique générales:

a) Application de technologies de production peu polluantes, notamment dans les installations nouvelles;

b) Épuration des effluents gazeux (mesures de réduction secondaires) à l'aide, notamment, de filtres, d'épurateurs-laveurs ou d'absorbeurs;

c) Modification ou préparation des matières premières, des combustibles et/ou des autres produits de départ (utilisation de matières premières à faible teneur en métaux lourds, par exemple);

d) Adoption de méthodes de gestion optimales − bonne organisation interne, programmes d'entretien préventif, etc. −, ou de mesures primaires, dont le confinement des unités productrices de poussières;

e) Application de techniques de gestion écologiquement appropriées pour l'utilisation et l'élimination de certains produits contenant du cadmium, du plomb et/ou du mercure.

9. Il est nécessaire de contrôler la mise en œuvre des procédures antiémissions afin de veiller à ce que les mesures et les méthodes appropriées soient correctement appliquées et permettent une réduction effective des émissions. Ce contrôle consistera à:

a) Dresser un inventaire des mesures de réduction définies plus haut qui ont déjà été appliquées;

b) Comparer les réductions effectives de Cd, Pb et Hg aux objectifs fixés dans le Protocole;

c) Déterminer les caractéristiques des émissions quantifiées de Cd, Pb et Hg provenant des sources pertinentes par des techniques appropriées;

d) Faire en sorte que les organismes de réglementation effectuent un audit périodique des mesures de réduction appliquées afin de veiller à leur bon fonctionnement dans la durée.

10. Les mesures de réduction des émissions devraient être d'un bon rapport coût-efficacité. Celui-ci devrait être déterminé en fonction du montant total annuel des coûts unitaires de réduction (dépenses d'équipement et coûts d'exploitation compris). Les coûts de réduction des émissions devraient être également replacés dans le contexte de l'ensemble des opérations.

# III. Techniques antiémissions

11. Les principales catégories de techniques antiémissions de Cd, Pb et Hg disponibles sont les suivantes: mesures primaires, telles que remplacement des matières premières ou des combustibles, technologies de production peu polluantes et mesures secondaires, telles que réduction des émissions fugaces et épuration des effluents gazeux. Les techniques propres aux différents secteurs sont indiquées au chapitre IV.

12. Les données relatives à l'efficacité, qui sont le fruit de l'expérience pratique, sont censées traduire les capacités des installations actuellement en service. L'efficacité globale des réductions de gaz de combustion et d'émissions fugaces dépend, dans une large mesure, de la performance des séparateurs de gaz et des dépoussiéreurs (des hottes aspirantes, par exemple). On a constaté des efficacités de captage et de collecte supérieures à 99 % et l'expérience a montré que, dans certains cas, il était possible de réduire d'au moins 90 % les émissions globales.

13. Dans le cas des émissions de Cd, Pb et Hg fixés sur des particules, les métaux peuvent être captés par des dépoussiéreurs. Le tableau 1 indique les concentrations caractéristiques de poussières après épuration des gaz au moyen de certaines techniques. La plupart de ces mesures ont été généralement appliquées dans différents secteurs. Le tableau 2 donne des informations concernant l'efficacité minimale théorique de certaines techniques de captage du mercure gazeux. Les résultats pour le mercure indiqués dans ce tableau sont en grande partie fonction de l'État et de la forme chimique du mercure (oxydé, élémentaire ou lié à des particules). L'application de ces mesures dépend de chaque procédé particulier; leur utilité est optimale lorsque les concentrations de mercure dans les gaz de combustion sont élevées.

Tableau 1
**Performance des dispositifs de dépoussiérage exprimée en concentrations moyennes horaires de poussières**

| *Dispositifs de dépoussiérage* | *Concentrations moyennes de poussières après épuration (en mg/m³)* |
|---|---|
| Filtres en tissu | <1-5 |
| Filtres en tissu (à membrane) | <1 |
| Dépoussiéreurs électriques par voie sèche | <5-15 |
| Dépoussiéreurs électriques par voie humide | <1-5 |
| Épurateurs-laveurs très performants | <20 |
| Filtres céramiques | 0,1-1 |

*Note*: À pression moyenne ou faible, les épurateurs-laveurs et les cyclones ont généralement un pouvoir dépoussiérant inférieur.

Tableau 2
**Performances minimales théoriques des séparateurs de mercure exprimées en concentrations moyennes horaires de mercure**

| *Séparateurs de mercure* | *Teneur en mercure après épuration[2] (en mg/m³)* |
|---|---|
| Filtres au sélénium | <0,01 |
| Épurateur-laveurs au sélénium | <0,2 |
| Filtres à charbon actif | <0,01 |
| Filtres à charbon imprégné de soufre | <0,01 |
| Injection de carbone + dépoussiéreur | <0,05 |
| Procédé Odda Norzinc au chlorure de sodium | <0,1 |
| Procédé au sulfure de plomb | <0,05 |
| Procédé Bolkem (thiosulfate) | <0,1 |
| Injection de charbon actif imprégné de brome + dépoussiéreur | <0,001 |

14. Il faudrait veiller à ce que l'application de ces mesures ne crée pas d'autres problèmes environnementaux, notamment une pollution accrue de l'eau causée par des effluents liquides. On prendra aussi en considération la destination finale des poussières ainsi que celle du charbon actif chargé de mercure, captés grâce au procédé amélioré d'épuration des gaz. La manipulation de ces résidus peut avoir un effet négatif sur l'environnement qui réduira le bénéfice d'une baisse du rejet dans l'atmosphère de poussières et de fumées industrielles. Des études réalisées par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis montrent que le mercure est bien capté par le charbon actif et n'est pas entraîné par lessivage, à partir des décharges par exemple.

15. Les mesures de réduction des émissions peuvent être axées aussi bien sur les techniques de production que sur l'épuration des effluents gazeux. Ces deux applications ne sont pas indépendantes l'une de l'autre, le choix d'un procédé donné pouvant exclure certaines méthodes d'épuration des gaz.

[2] Rapport de l'Équipe spéciale des métaux lourds sur l'évaluation des MTD et des valeurs limites, juin 2006.

16. Le choix d'une technique donnée dépendra de paramètres tels que la concentration des polluants et/ou les formes chimiques sous lesquelles ils sont présents dans le gaz brut, le débit volumique du gaz, la température du gaz ou d'autres facteurs, si bien que les domaines d'application peuvent très bien se chevaucher; en pareil cas, les conditions spécifiques dicteront le choix de la technique la plus appropriée.

17. On trouvera ci-après une description des mesures propres à réduire les émissions de gaz de cheminée dans différents secteurs. Les émissions fugaces doivent être prises en compte. Les moyens utilisés pour réduire les émissions de poussières occasionnées par le déchargement, la manipulation et le stockage des matières premières ou des sous-produits, qui certes ne relèvent pas du transport à longue distance, peuvent néanmoins avoir des retombées sur l'environnement local. On peut les réduire en transférant les activités concernées dans des bâtiments clos de toutes parts, éventuellement équipés de systèmes de ventilation et de dépoussiérage, de circuits d'aspersion ou d'autres dispositifs appropriés. En cas de stockage à ciel ouvert, la surface des matières doit être protégée de l'effet d'entraînement par le vent. On veillera à ce que les sites de stockage et les voies d'accès restent constamment propres.

18. Les chiffres relatifs aux investissements et aux coûts qui sont donnés dans les tableaux ont été puisés dans diverses sources et correspondent à des cas très particuliers. Ils dépendent de facteurs tels que la capacité des installations, le pouvoir épurateur et la concentration de gaz bruts, le type de technologie et le choix d'installations nouvelles par opposition à la mise à niveau des installations existantes.

# IV. Secteurs

19. Le présent chapitre donne, sous la forme d'un tableau par secteur, les principales sources d'émission, les mesures antiémissions basées sur les meilleures techniques disponibles, le taux de réduction qu'elles autorisent et les coûts correspondants, lorsqu'ils sont connus. Sauf indication contraire, les taux de réduction donnés dans les tableaux se rapportent aux émissions directes de gaz de cheminée.

## A. Combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrales électriques et de chauffage et les chaudières industrielles

20. La combustion de charbon dans les chaudières de centrales et de chauffage et dans les chaudières industrielles est l'une des principales sources d'émissions anthropiques de mercure. La teneur du charbon en métaux lourds est en général très largement supérieure à celle du pétrole ou du gaz naturel. Il est parfois possible d'utiliser d'autres combustibles ayant une teneur en mercure plus faible (par exemple du gaz naturel ou certains types de charbon particuliers).

21. L'amélioration du rendement de conversion et les mesures d'économies d'énergie se traduiront par une diminution des émissions de métaux lourds du fait qu'il faudra moins de combustible. La combustion de gaz naturel ou de combustibles de remplacement ayant une faible teneur en métaux lourds à la place du charbon se traduirait aussi par une réduction sensible des émissions de métaux lourds comme le mercure et peut être considérée comme une MTD. La technologie des centrales électriques à gazéification intégrée en cycle combiné (GICC) est un procédé très efficace qui engendre des émissions réduites par rapport à une production à grande échelle basée sur des combustibles solides qui n'utilise pas la GICC.

22. Les métaux lourds, à l'exception du mercure, sont la plupart du temps émis sous forme solide en association avec des particules de cendres volantes. Par conséquent, la

MTD pour réduire les émissions de métaux lourds consiste généralement à utiliser des dispositifs de dépoussiérage très performants tels que des dépoussiéreurs électriques (DPE) ou des filtres en tissu (FT).

23. La préparation du charbon, par exemple le «lavage» ou le «traitement biologique», réduit la concentration de métaux lourds imputable à la présence de matière inorganique dans le charbon mais entraîne des émissions de métaux lourds dans l'eau. Toutefois, le degré d'élimination des métaux lourds par cette technologie est extrêmement variable. De plus, l'addition d'halogènes au combustible (en particulier de bromures) peut favoriser la production par oxydation de composés mercuriels moins volatils qui peuvent être éliminés par les DPE ou la désulfuration des gaz de combustion.

24. S'agissant de la combustion de charbon et de lignite, de combustibles liquides, de biomasse et de tourbe, un dépoussiérage de plus de 99,5 % peut être obtenu au moyen de dépoussiéreurs électriques (DPE-taux de réduction supérieur à 99,5 %) ou de filtres en tissu (FT-taux de réduction supérieur à 99,95 %). Les DPE et les FT sont considérés comme des MTD permettant d'atteindre des valeurs quotidiennes moyennes de poussières allant de moins de 5 à 20 mg/m³ (soit une teneur en oxygène des gaz de combustion de 6 %). Si elles utilisent du matériel régulièrement entretenu, les grandes centrales à charbon équipées de DPE ou de FT peuvent descendre jusqu'à des valeurs moyennes annuelles inférieures à 5 mg/m³. Les émissions de métaux lourds, à l'exception du mercure, peuvent être réduites d'au moins 90 à 99 %, grâce à l'utilisation de DPE ou de FT, le chiffre le plus bas correspondant aux éléments les plus volatils.

25. Dans la phase gazeuse, le mercure est présent au moins partiellement, il peut atteindre 90 % et son captage par des dispositifs de dépoussiérage est très variable. La réduction de la teneur des fumées en mercure gazeux est favorisée par des températures de filtrage peu élevées. Si l'on injecte du charbon actif ayant subi un traitement chimique, par exemple au brome, dans le gaz de combustion avant le DPE ou le FT, il est possible de réduire de plus de 90 % le mercure et les sels de mercure (concentrations de Hg < 1 µg/$Nm^3$) et de les récupérer avec les cendres volantes.

26. Les techniques de réduction des émissions d'oxydes d'azote par réduction catalytique sélective (SCR) associées à l'élimination du dioxyde de soufre dans les gaz de combustion permettent aussi l'élimination des métaux lourds. En associant DPE ou FT à la DGC par voie humide, on peut parvenir à éliminer en moyenne 75 % du mercure pour certains charbons et/ou si la teneur en comburant (halogènes par exemple) dans les gaz de combustion est suffisante. Si l'on ajoute en amont du DGC un dispositif de réduction catalytique sélective, lorsque la quantité de poussière est importante, on peut obtenir un taux d'élimination moyen de 90 % pour le mercure, dans la mesure où les gaz de combustion contiennent suffisamment d'halogènes (chlore naturellement présent ou brome ajouté par exemple). Les meilleurs résultats en matière d'élimination du mercure sont en général obtenus grâce à des systèmes antipollution (SCR, DGC, plus dispositifs de réduction des émissions de particules par exemple) utilisant des FT. Le captage du mercure peut être amélioré grâce à l'injection de charbon actif (ayant subi un traitement chimique) ou à l'ajout d'autres composés oxydants dans les gaz de combustion en amont du DPE ou du FT ou encore en faisant passer les gaz de combustion sur un filtre à charbon, sauf pour les gros foyers de combustion.

27. On estime que les améliorations les moins onéreuses pour réduire les émissions de mercure émanant des chaudières équipées d'un DPE ou d'un FT sont les suivantes:

a) Modification des systèmes de DGC par voie sèche grâce à des sorbants appropriés pour le piégeage du mercure;

b) Injection d'un sorbant en amont du DPE ou du FT;

c) Injection d'un sorbant entre le DPE et un FT à jet d'air pulsé installé en aval du DPE;

d) Installation d'un absorbeur en lit fluidisé circulant demi sec en amont d'un DPE existant associé à une injection de sorbant.

L'efficacité de l'épurateur-laveur par voie humide peut être renforcée de plusieurs manières:

e) Amélioration du rapport liquide-gaz;

f) Conception des systèmes de DGC par voie humide. Les travaux de recherche ont montré que les colonnes à plateaux et les tours à jet ouvert étaient efficaces pour éliminer le mercure oxydé dans les gaz de combustion des chaudières;

g) Injection de charbon actif imprégné d'additifs (soufre, bromure par exemple) pour augmenter la capacité d'adsorption;

h) Augmentation de la teneur en mercure oxydé par:

i) Adjonction d'un dispositif SCR en amont de l'épurateur-laveur par voie humide;

ii) Traitement préliminaire du charbon (par exemple au moyen de bromure de calcium (CaBr2)).

28. L'utilisation d'une technologie intégrée visant à réduire les émissions de plusieurs polluants ($SO_2$, NOx, PM et Hg) est le moyen le plus rentable pour limiter les émissions de mercure des grandes centrales. Associer SCR, DGC et DPE ou FT permet de ramener la concentration de mercure (gazeux ou solide) dans les gaz de combustion à des niveaux inférieurs à 0,003 $mg/m^3$, soit une moyenne journalière de 6 % de $O_2$. Un processus d'oxydation en phase gazeuse pour piéger simultanément le $SO_X$, les $NO_X$ et le Hg est actuellement en cours d'expérimentation.

Tableau 3
**Mesures antiémissions, taux de réduction et coûts pour le secteur de la combustion de combustibles fossiles**

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de réduction (en %)* | *Coût indicatif de l'opération (coût total en dollars É.-U.)* |
|---|---|---|---|
| Tous les combustibles | Passage à des combustibles avec de plus faibles émissions de métaux lourds | Poussières 70-100[5] | Dépend étroitement de chaque cas particulier |
| | Épuration du charbon | Cd, Pb: jusqu'à 80[4]; Hg[a]: 10-50 | |
| | DPE (froid) | Cd, Pb: >90[5]; Hg[a]: 10-40[5]; PM: > 99,5 - 99,8[4] | Investissement spécifique: 5-10 dollars É.-U./$m^3$ de gaz résiduaire par heure (>200 000 $m^3$/h)[5] |
| | Désulfuration des gaz de combustion (DGC) par voie humide[1] | Cd, Pb: >90[5]; Hg[b]: 30-70[2] et [4] | 15-30/Mg de gaz résiduaire[5] |

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de réduction (en %)* | *Coût indicatif de l'opération (coût total en dollars É.-U.)* |
|---|---|---|---|
| | Filtres en tissu (FT) | Cd: >95[5]; Pb: >99[5]; Hg[b]: 10-60[5]; PM >99,95[4] | Investissement spécifique: 8-15 dollars É.-U.//$m^3$ de gaz résiduaire par heure (>200 000 $m^3$/h)[5] |
| | DPE ou FT et DGC | Hg[b]: 75 (moyenne)[6] | 0,03-0,15 dollars É-U./cts/kWh[7] |
| | DPE ou FT, et injection de sorbant | Hg: 50 - >95 | Élimination à 90 %: 35 000-70 000 dollars É.-U./par livre de Hg éliminée (0,0003-0,002 dollars É.-U.//kWh)[4] |
| | Injection de charbon actif (bromé) (ACI) | Hg: >90 | 15 000 dollars É.-U. par livre de Hg éliminée/0,0012 dollars É.-U./kWh (ACI uniquement)/6-30 Mio. € par installation ou 0,0001 € par kWh); 1-2 Mio dollars É.-U. par installation[9]; 0,0005-0,003 dollars É.-U./kWh[10] |
| | DPE ou FT et filtre à charbon en lit | Hg: 80 - 90[4] | 33 000-38 000 dollars É.-U. par livre de Hg éliminée[4] |
| | DPE ou FT et DGC et SCR (approche multipolluants) | Hg: 90 (moyenne)[4]; Hg: 30-70 pour le charbon sous-bitumineux et la lignite[7] | Pas de coûts additionnels pour la réduction des émissions de mercure grâce à l'approche multipolluants pour le $SO_2$ et les $NO_X$[3] |

[a] En fonction du type de charbon utilisé.

[b] En fonction de la forme sous laquelle le mercure est présent (HgO, Hg+).

*Notes et références*

[1] Les taux d'élimination du mercure augmentent en fonction de la proportion de mercure ionique. Les dispositifs SCR, lorsque la quantité de poussières est importante, favorisent la formation de Hg (II). La réduction des émissions peut être facilitée par la présence d'halogènes adéquats dans les gaz de combustion.

[2] Il s'agit essentiellement de la réduction de $SO_2$. La réduction des émissions de métaux lourds est un avantage supplémentaire (Investissement spécifique: 60-250 dollars/$kW_{el}$). Les épurateurs-laveurs par voie humide installés principalement pour éliminer le mercure coûtent de 76 000 à 174 000 dollars par livre de mercure éliminée.

[3] «Reduction of mercury emissions from coal fired power plants». Document informel n° 3, quarante-huitième session du Groupe de travail des stratégies et de l'examen, 2011.

[4] «Assessments of technological developments: Best Available Techniques (BAT) and limit values». Projet de document d'information pour la troisième réunion de l'Équipe spéciale des métaux lourds, avril 2006.

[5] Protocole relatif aux métaux lourds, 1998, Annexe III.

[6] «Einstellung eines wissenschaftlichen Gutachtens zur Unterstuetzung des "Review der Technischen Anhaenge des UNECE Schwermetallprotokolls"», O. Rentz *et al*., DFIU, novembre 2006.

[7] Document de référence de l'Union européenne, «Large Combustion Plants», 2006.

[8] Fact sheets emission abatement techniques, infoMil 2009.

[9] Information fournie par Albemarle.

[10] IPM Model − Revisions to Cost and Performance for APC Technologies; Mercury Control Cost Development Methodology, Sargent & Lundy, Chicago, mars 2011.

## B. Sidérurgie primaire

29. La présente section traite des émissions provenant des installations d'agglomération, des ateliers de boulettage, des hauts fourneaux et des aciéries utilisant des convertisseurs basiques à oxygène (CBO), avec coulage ultérieur. Dans les aciéries intégrées, la plupart des polluants atmosphériques, y compris les métaux lourds, sont émis essentiellement par les installations d'agglomération et les aciéries. Les émissions de Cd, Pb et Hg se produisent en même temps que l'émission de poussières. La concentration de ces métaux dans les poussières rejetées dépend de la composition des matières premières et des types d'alliages. Les mesures de réduction des émissions les plus importantes sont indiquées au tableau 4. Des FT doivent être utilisés autant que possible. À défaut, on peut utiliser des DPE et/ou des épurateurs-laveurs très performants.

30. Les techniques suivantes sont considérées comme des MTD:

a) **Pour les installations d'agglomération**, la MTD pour le dépoussiérage des déchets gazeux primaires consiste à réduire les émissions de poussières dans les déchets gazeux des chaînes d'agglomération grâce à un filtre à manche. Pour les installations existantes, s'il n'est pas possible d'utiliser un filtre à manche, on utilisera un DPE amélioré. La MTD pour les émissions primaires des chaînes d'agglomération consiste à empêcher ou à réduire les émissions de mercure en choisissant des matières premières à faible teneur en mercure ou à traiter les déchets gazeux avec une injection de charbon actif ou de coke de lignite actif. Pour réduire les déchets gazeux ainsi que les émissions d'autres polluants (NOx or PCDD/PCDF par exemple), il faudrait, lorsque cela est possible, en recycler une partie. Il convient de noter que le recyclage des déchets gazeux n'a pas d'incidence sur les émissions spécifiques de métaux lourds par tonne d'aggloméré. La MTD pour les émissions secondaires provenant des chaînes d'agglomération, du broyage, du refroidissement, du criblage et des points de transfert consiste à empêcher les émissions de poussières et/ou à les extraire de manière efficace en associant les techniques suivantes:

i) Hottes d'aspiration et/ou confinement;

ii) DPE ou filtre à manche;

Le niveau des émissions de mercure provenant des installations d'agglomération est inférieur à 0,03-0,05 mg/$Nm^3$;

b) **Pour les ateliers de boulettage**, la MTD consiste à réduire les émissions de poussières dans les déchets gazeux provenant du traitement préliminaire des matières premières, du séchage, du concassage, du mouillage, du mélange et du boulettage; pour celles provenant du durcissement et du criblage des boulettes, la MTD consiste à mettre en œuvre un ou plusieurs des dispositifs suivants:

i) DPE;

ii) Filtre à manche;

iii) Épurateur-laveur par voie humide;

c) **Pour les hauts fourneaux**:

i) Pour la moulerie (trous de coulée, rouleurs, poches torpilles, postes de charge, écumoires, siphons etc.) la MTD consiste à empêcher ou à réduire les émissions diffuses en procédant comme suit:

a. Couvrir les rouleurs;

b. Optimiser l'efficacité du captage des émissions de poussières et de vapeurs diffuses grâce à l'épuration ultérieure des effluents gazeux dans un dépoussiéreur électrique ou un filtre à manche;

c. Éliminer les vapeurs à l'aide d'azote pendant le piquage lorsque cela est possible et si aucun système de collecte et de dépoussiérage n'est installé;

ii) La MTD consiste à minimiser les rejets de gaz des hauts fourneaux pendant le chargement par un ou plusieurs des procédés suivants:

a. Gueulard sans cloche avec stabilisateurs primaire et secondaire;

b. Système de récupération des gaz;

iii) Pour les hauts fourneaux, la MTD consiste à réduire les émissions de poussières par un ou plusieurs des procédés suivants:

a. Dispositifs de dépoussiérage préalable (déflecteurs, dépoussiéreurs épurateurs-laveurs, cyclones, DPE);

b. Réduction ultérieure des poussières (épurateurs-laveurs à chicanes, épurateurs-laveurs à Venturi, épurateurs-laveurs à col annulaire, dépoussiéreurs électriques par voie humide, désintégrateurs);

d) **Pour les convertisseurs basiques à oxygène**:

i) Pour les convertisseurs basiques à oxygène, la MTD de récupération des gaz sans combustion consiste à extraire la plus grande quantité possible de gaz pendant le soufflage et à l'épurer par un ou plusieurs des procédés suivants:

a. Procédé sans combustion;

b. Dépoussiérage préalable pour supprimer les grosses particules de poussière par des techniques de séparation par voie sèche (déflecteur, cyclone) ou avec des séparateurs par voie humide;

c. Réduction des poussières par:

i. Dépoussiérage par voie sèche (DPE par exemple) pour les installations nouvelles ou les installations existantes;

ii. Dépoussiérage par voie humide (DPE ou dispositif d'épuration par voie humide, par exemple) pour les installations existantes;

ii) Pour les convertisseurs basiques à oxygène, la MTD permettant de piéger les gaz pendant le soufflage d'oxygène avec combustion consiste à réduire les émissions de poussières par un ou plusieurs des procédés suivants:

a. Dépoussiérage par voie sèche (DPE ou filtre à manche) pour les installations nouvelles ou existantes;

b. Dépoussiérage par voie humide (DPE ou dispositif d'épuration par voie humide ) pour les installations existantes.

31. La MTD pour le dépoussiérage secondaire consiste à réduire au maximum les émissions de poussières au moyen de techniques intégrées telles que des techniques générales permettant d'empêcher ou de limiter les émissions diffuses ou fugaces, à procéder au confinement, à utiliser des hottes d'évacuation assurant une extraction efficace et à procéder à l'épuration ultérieure des effluents gazeux grâce à un filtre à manche ou un DPE ou tout autre procédé aussi performant. Cela est valable également en ce qui concerne les émissions émanant des processus suivants:

a) Transvasement de la fonte liquide de la poche torpille (ou mélangeur) à la poche de coulée;

b) Traitement préliminaire de la fonte liquide (préchauffage des cuves, désulfuration, déphosphoration, décrassage, procédés de transfert de la fonte et pesage;

c) Procédés relatifs aux convertisseurs basiques à oxygène: préchauffage des cuves, rejets survenant pendant le soufflage d'oxygène, chargement de la fonte et de la ferraille, piquage de l'acier liquide et de la ferraille;

d) Métallurgie secondaire et coulée continue.

Pour les convertisseurs basiques à oxygène, les MTD permettent un taux de dépoussiérage moyen très supérieur à 90 %.

Tableau 4
**Sources des émissions, mesures antiémissions, taux de dépoussiérage et coûts pour le secteur de la sidérurgie primaire**

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de dépoussiérage (en %)* | *Niveau d'émission (mg/Nm³)* | *Coût total de l'opération* |
|---|---|---|---|---|
| Installations d'agglomération émissions primaires | Agglomération à faible taux d'émission | Environ 50 | | - |
| | Filtres à manche | >99 | 1-15 | 3 000-16 000 €/a[3] |
| | DPE élaborés (à électrode mobile, à impulsions, à fonctionnement sous haute tension, etc.) | | 20-40 | |
| | | | Hg: <0,03-0,05 mg/Nm$^3$ | |
| Installations d'agglomération émissions secondaires | Filtres à manche | | <10 | |
| | DPE | | <30 | |
| Ateliers de boulettage | DPE + réacteur à chaux + filtres en tissu | >99 | | - |
| | Épurateurs-laveurs ou désulfuration par voie semi-sèche et dépoussiérage ultérieur | >95 | <10 | |
| | Broyage, concassage, séchage | | <20 | |
| | Autres procédés | | <10-15 | |

[3] Rapport de l'Équipe spéciale des métaux lourds sur l'évaluation des MTD et des valeurs limites, juin 2006.

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de dépoussiérage (en %)* | *Niveau d'émission (mg/Nm³)* | *Coût total de l'opération* |
|---|---|---|---|---|
| Épuration des gaz des hauts fourneaux | DPE | >99 | <10 | DPE: 0,24-1 dollars É.-U./Mg fonte |
| | Épurateur-laveurs par voie humide | >99 | <10 | - |
| | DPE par voie humide | >99 | <10 | - |
| Hauts fourneaux | Captage des émissions diffuses de la halle de coulée/de l'atelier de coulée et dépoussiérage ultérieur par FT ou DPE | | 1-15 | |
| | Émissions diffuses de la halle de coulée/de l'atelier de coulée | | | |
| Convertisseur à oxygène | Dépoussiérage primaire: | | | |
| | • DPE par voie sèche ou FT | >99 | 10-30 | DPE par voie sèche: 2,25 dollars É.-U./Mg acier |
| | • DPE par voie humide (installations existantes) | | <50 | |
| | Dépoussiérage secondaire (y compris traitement de la fonte et métallurgie secondaire): | >97 | | FT: 0,26 dollars É.-U./Mg acier |
| | DPE par voie sèche | | <20 | |
| | FT | | 1-10 | |
| Émissions fugaces | Courroies transporteuses fermées, confinement, humidification des matières premières et nettoyage des routes | 80-99 | | – |

32. Il est démontré que la réduction et la fusion directes peuvent remplacer les fours à coke/les hauts fourneaux ce qui pourrait réduire dans l'avenir l'utilisation des installations d'agglomération et des hauts fourneaux. L'application de ces technologies dépend des propriétés du minerai et exige que le produit qui en résulte soit élaboré dans un four à arc muni de dispositifs de commande appropriés. Étant donné que les métaux lourds proviennent de la matière première, les niveaux d'émission dépendent de l'efficacité des mesures antipollution (et non des procédés employés).

## C. Sidérurgie secondaire

33. La production secondaire de fer et d'acier se fait essentiellement à l'aide de fours à arc électrique (FA). Pour le dépoussiérage primaire et secondaire de ces fours (y compris préchauffage de la ferraille, chargement, fusion, piquage, fours poche et métallurgie

secondaire), la MTD consiste à extraire les poussières émises par toutes les sources en utilisant un des procédés suivants puis à dépoussiérer au moyen d'un FT:

a) Épuration directe des effluents gazeux associée à un système de hottes d'évacuation;

b) Extraction directe des gaz et systèmes de niches;

c) Extraction directe des gaz et évacuation complète du bâtiment.

Il est possible de capter plus de 98 % des émissions primaires et secondaires, ce qui constitue une MTD. Les effluents gazeux piégés peuvent être traités par injection de charbon actif puis dépoussiérés grâce à un filtre en tissu, ce qui ramène la teneur en poussières à moins de 5 mg/Nm³ et la teneur en mercure des émissions à moins de 0,05 mg/Nm³. Les émissions spécifiques de poussières (y compris les émissions diffuses directement liées au procédé) se situent entre 0,06 et 0,35 kg/Mg d'acier.

34. Les émissions de mercure peuvent varier considérablement d'une charge à l'autre en fonction de la composition et de la qualité de la ferraille. Elles devraient diminuer dans ce secteur en raison du retrait progressif du mercure conformément à plusieurs directives et règlements en vigueur dans l'Union européenne, comme les directives relatives aux véhicules hors d'usage, aux déchets d'équipements électriques et électroniques et aux piles et accumulateurs. Les fours Martin sont encore utilisés pour fondre la ferraille mais ils vont disparaître car ils ne sont pas efficients.

35. La concentration des métaux lourds dans les poussières rejetées dépend de la composition des ferrailles et des types de métaux d'alliage entrant dans la fabrication de l'acier. Les émissions de mercure peuvent varier considérablement d'une charge à une autre. D'après les mesures effectuées dans des fours à arc, les métaux lourds sont émis sous forme de vapeur à raison de 95 % pour le mercure et de 25 % pour le cadmium, ce qui les rend difficiles à piéger. Des dépassements des VLE ont été observés pour le mercure, ce qui indique qu'il y a encore des éléments comportant du mercure dans la ferraille; des facteurs d'émission de 170 mg/t de mercure ont été détectés pour l'acier liquide[4]. Il est recommandé, en tant que meilleure pratique environnementale, de veiller à ce que le taux de mercure et des autres métaux lourds dans la ferraille soit nul ou minime, par exemple en retirant les composants contenant du mercure avant de les recycler dans les installations de sidérurgie secondaire. Les mesures les plus efficaces pour réduire les émissions de poussières sont présentées au tableau 5. Les techniques de dépoussiérage permettent aussi une réduction sensible des émissions de métaux lourds. La présence de plomb et de cadmium à l'état gazeux et de leurs composants ainsi que de mercure qui n'a pas été piégé par le filtre à poussière peut être réduite par adsorption sur charbon actif, qui permet de diminuer de 95 % les émissions de mercure.

36. Ces dernières années ont vu l'apparition d'un certain nombre de nouveaux types de fours présentant des avantages en ce qui concerne les émissions de métaux lourds et de poussières, comme le four à arc électrique Comelt et le four Contiarc.

[4] Information communiquée par un membre norvégien du groupe de travail technique du fer et de l'acier de l'Union européenne, 2008.

Tableau 5
**Sources des émissions, mesures antiémissions, taux de dépoussiérage et coûts pour le secteur de la sidérurgie secondaire**

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de dépoussiérage (en %)* | *Concentration des émissions (en mg/Nm$^3$)* | *Coût total de l'opération (en dollars É.-U.)* |
|---|---|---|---|---|
| FA | DPE | >99 | | |
| | FT | >99,5 | Poussière <5 | 24/Mg acier |
| | Charbon actif + FT | Hg: >98 % | Hg: <0,05 | |

## D. Fonderies

37. Au cours de la fusion, les émissions atmosphériques ne sont généralement pas limitées à une ou plusieurs sources fixes. Diverses sources entrent en jeu (par exemple les processus de fusion et de coulée). Il est très important de capter toutes les émissions de manière efficace. L'on y parvient en installant des niches ou des hottes amovibles ou en assurant l'évacuation complète du bâtiment. Les émissions captées doivent être épurées. Des cubilots, des fours à arc, des fours à induction, des fours à convoyeur, des fours Martin et des fours rotatifs sont exploités dans les fonderies. Les émissions directes de métaux lourds sous forme de particules et de gaz sont particulièrement associées à la fusion, mais aussi, quoique dans une faible mesure, à la coulée. Les émissions diffuses sont engendrées par la manipulation, la fusion, la coulée et l'ébarbage des matières premières. Les mesures de réduction des émissions les plus importantes sont présentées au tableau 6, avec indication des taux de réduction possibles et des coûts, lorsqu'ils sont connus. Le niveau d'émission assuré par la MTD pour les poussières, après piégeage et dépoussiérage des gaz d'échappement pour tous les types de fours (cubilots, fours à induction et fours rotatifs) et les moulages (moules perdus et moules permanents) ainsi que pour les opérations de finissage est compris entre 5 et 20 mg/m³.

38. Les procédés suivants sont considérés comme des MTD:

a) Pour la fusion en cubilots, utilisation de cubilots à air froid à double rangée de tuyères, enrichissement en oxygène de l'air de soufflage avec des concentrations d'oxygène se situant entre 22 et 25 %, réduction des périodes de soufflage pour les cubilots à air chaud, utilisation de coke dont les propriétés sont connues et dont la qualité a été contrôlée, et nettoyage des effluents gazeux grâce à un filtre à manche ou un épurateur-laveur par voie humide;

b) Pour la fusion en four à induction, augmentation du rendement du four, optimisation de la collecte des effluents gazeux durant la totalité du cycle et épuration des effluents gazeux par voie sèche pour ramener les émissions de poussières à moins de 0,2 kg/tonne de fer en fusion;

c) Pour les fours rotatifs, optimisation du fonctionnement et accroissement du rendement. Pour collecter les effluents gazeux près de la sortie du four recours à la postcombustion, refroidissement grâce à un échangeur de chaleur et dépoussiérage par voie sèche;

d) Pour les fours à arc électrique, on peut réduire la durée de la fusion en surveillant soigneusement la composition (teneur totale en phosphore, soufre et carbone) et la température et en utilisant des méthodes de décrassage efficientes. L'utilisation de laitier

moussant réduit la consommation d'énergie et par conséquent la quantité d'effluents gazeux;

e) Pour les fours Martin, l'utilisation de brûleurs à oxygène réduit la quantité d'énergie (gaz ou pétrole) nécessaire à la fusion du fer et par conséquent l'émission totale d'effluents gazeux;

f) Pour le moulage, confinement de toutes les unités et dépoussiérage des effluents gazeux, si nécessaire postcombustion;

g) Pour le finissage, la MTD consiste à collecter et traiter les effluents gazeux par voie sèche.

Tableau 6
**Sources des émissions, mesures antiémissions, taux de dépoussiérage et coûts pour le secteur de la fonderie**

| *Source des émissions/fours* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de dépoussiérage (en %)* | *Concentrations des émissions (mg/Nm³)* |
|---|---|---|---|
| Fours à induction | FT/absorption par voie sèche + FT | >99 | - |
| Cubilots à air froid | Enlèvement «au-dessous de la porte»: FT | >98 | - |
| | Enlèvement «au-dessus de la porte»: FT + dépoussiérage préalable | >97 | |
| | FT + chimiasorption | >99 | |
| Cubilots à air chaud | FT + dépoussiérage préalable | >99 | |
| | Désintégrateur/laveur à Venturi | >97 | <5 |
| Fours à arc électrique | DPE | >99 | <5 |
| | FT | >99,5 | <10 pour les installations existantes |

## E. Industrie des métaux non ferreux de première et deuxième fusion

39. On sait que les procédés de fusion nécessaires pour obtenir des métaux non ferreux constituent des sources importantes d'émissions atmosphériques de métaux lourds[5].

40. La présente section traite des émissions de cadmium, de plomb et de mercure et de la réduction de ces émissions dans la production primaire et secondaire de métaux non ferreux tels que le plomb, le cuivre, le zinc, l'or, l'argent, l'étain, le nickel, le manganèse et l'aluminium. Étant donné la diversité des matières premières utilisées et des procédés appliqués, pratiquement tous les types de métaux lourds et de composés de métaux lourds

[5] Pirrone, n. *et al.*, Physique et chimie atmosphériques 10, 5951-5964 (2010); UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4, Étude sur les sources et les émissions de mercure et analyse des coûts et de l'efficacité des mesures de contrôle, novembre 2010.

peuvent être rejetés par ce secteur. Vu les métaux lourds considérés dans la présente annexe, la production de cuivre, de plomb, de zinc, d'or et de manganèse présente un intérêt tout particulier.

41. Parmi les problèmes environnementaux que pose la production de la plupart des métaux non ferreux à partir de matières premières comme les minerais et les concentrés, figure l'émission dans l'atmosphère de poussières contenant des métaux lourds et des métaux/composés métalliques: les émissions de poussières et de métaux proviennent des fours de grillage et autres fours, des réacteurs et du transfert de métal en fusion. En ce qui concerne la production de métaux non ferreux à partir de matières premières de récupération, ferraille, résidus etc., des problèmes sont également posés par les déchets gazeux des divers fours et les transferts contenant des poussières et des métaux.

42. Dans la majorité des cas, les gaz d'exploitation sont nettoyés sur des FT. L'utilisation d'épurateurs-laveurs par voie humide et de DPE par voie humide est particulièrement efficace pour les gaz d'exploitation soumis à un processus de récupération du soufre dans une unité de production d'acide sulfurique. Lorsque les poussières sont abrasives ou difficiles à filtrer, les épurateurs-laveurs par voie humide sont efficaces aussi. Il est important d'assurer le confinement des fours et de veiller à ce que les transferts et le stockage s'effectuent dans des locaux fermés pour éviter les émissions diffuses. Les émissions diffuses survenant au cours de nombreux processus peuvent être très importantes et parfois bien plus élevées que les émissions piégées et contrôlées. Il est alors possible de réduire leur incidence sur l'environnement en mettant en œuvre les mesures suivantes:

a) Optimisation des procédés et réduction des émissions;

b) Confinement des réacteurs et fours;

c) Captage ciblé des vapeurs;

d) Utilisation de hottes amovibles au-dessus des zones de charge, de décharge et de piquage;

e) Confinement des bandes transporteuses;

f) Déchargement et stockage des matières premières dans des bâtiments fermés (ou conditionnement scellé); et

g) Systèmes d'arrosage pour éviter les émissions provenant de véhicules en mouvement.

43. Lorsque les conditions nécessaires sont réunies, les poussières devraient être recyclées dans l'installation ou à l'extérieur. Les MTD pour le captage et la réduction des gaz au cours des diverses étapes des opérations concernant les particules et les métaux lourds sont résumées dans le tableau ci-dessous:

Tableau 7 a)
**Mesures antiémissions concernant les particules pour les diverses étapes des opérations**

| *Étape des opérations* | *Mesures antiémissions* |
|---|---|
| Manutention et stockage des matières | Stockage, manutention et transfert appropriés. Dépoussiérage et filtre en tissu si nécessaire |
| Concassage, séchage | Dépoussiérage et filtre en tissu |
| Agglomération/grillage, fusion, conversion | Captage des gaz et filtre en tissu, récupération de chaleur, association DPE/DPE par voie humide et/ou épurateurs-laveurs |

| *Étape des opérations* | *Mesures antiémissions* |
|---|---|
| Traitement des scories | Dépoussiérage, refroidissement et filtre en tissu |
| Raffinage thermique | Captage des gaz et filtre en tissu, association DPE/DPE par voie humide et/ou épurateurs-laveurs |
| Production de poudre métallique | Captage des gaz et filtre en tissu |
| Fusion et coulage | Captage des gaz et filtre en tissu |

44. En règle générale, les opérations devraient comporter des dispositifs efficaces de récupération des particules à la fois pour les gaz primaires et pour les émissions diffuses. Le niveau d'émission obtenu pour les particules grâce aux MTD est inférieur à 1-5 mg/Nm³ si l'on utilise des filtres en tissu très performants ou que l'on associe DPE/DPE par voie humide et épurateurs-laveurs. Aux États-Unis, les fonderies de plomb de deuxième coulée sont équipées d'au moins 30 dispositifs, puis de filtres de particules très performants (HEPA). La plupart des sources équipées de ces systèmes servent à garantir la bonne ventilation des bâtiments et à capter les émissions fugaces. Cependant certains dispositifs de traitement des gaz de combustion disposent également de filtres HEPA. Il est possible de parvenir à des niveaux de particules très inférieurs à 1 mg/Nm³ en associant un FT à un filtre HEPA ou à un DPE par voie humide[6].

45. En général, les mesures antiémissions visant le plomb et le cadmium se limitent à réduire les émissions de particules alors que la réduction des émissions de mercure exige des mesures spécifiques. Le tableau 7 b) ci-dessous donne des exemples des coûts entrainés par les mesures antiémissions et de l'efficacité de ces mesures.

46. Les métaux non ferreux, cuivre, zinc et plomb sont produits principalement à partir de minerai sulfuré. Pour des raisons techniques et afin d'obtenir un produit de qualité, les effluents gazeux doivent en général subir un dépoussiérage approfondi (<3 mg/Nm³). Il peut aussi être nécessaire d'éliminer le mercure (Hg) avant le passage dans une unité de production d'anhydride sulfurique ($SO_3$), ce qui réduit également les émissions de métaux lourds.

Tableau 7 b)
**Exemple des coûts entrainés par les mesures visant les particules et de l'efficacité de ces mesures**[7]

| | | | | *Dépenses annuelles*[a] *(dollars É.-U. 2008/IAS)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Secteur* | *Indicateur d'activité spécifique (IAS)* | *Techniques de contrôle des émissions* | *Réduction Hg (%)* | *Dépenses d'investissement* | *Dépenses de F&E* | *Coût total* |
| Plomb primaire | Tonne métrique plomb primaire | DPE par voie sèche | 5 | 0,1 | 0,04 | 0,1 |
| | Tonne métrique plomb primaire | FT | 10 | 0,1 | 1,1 | 1,2 |
| | Tonne métrique plomb primaire | Injection de charbon actif + FT + DGC | 90 | 2,5 | 1,3 | 3,8 |
| Zinc primaire | Tonne métrique zinc primaire | DPE par voie sèche | 5 | 0,1 | 0,06 | 0,2 |

[6] Agence de protection de l'environnement des États-Unis 2010, 2012.
[7] UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4, Étude sur les sources et les émissions de mercure et analyse des coûts et de l'efficacité des mesures de contrôle, novembre 2010.

| | | | | *Dépenses annuelles*[a] *(dollars É.-U. 2008/IAS)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Secteur* | *Indicateur d'activité spécifique (IAS)* | *Techniques de contrôle des émissions* | *Réduction Hg (%)* | *Dépenses d'investissement* | *Dépenses de F&E* | *Coût total* |
| | Tonne métrique zinc primaire | FT | 10 | 4,5 | 1,1 | 5,6 |
| Cuivre primaire | Tonne métrique cuivre primaire | FT | 5 | 1,8 | 13,8 | 15,6 |
| | Tonne métrique cuivre primaire | FT − de technologie récente | 10 | 3,9 | 25,7 | 29,5 |
| Plomb secondaire | Tonne métrique plomb secondaire | DPE par voie sèche | 5 | 0,1 | 0,06 | 0,2 |
| | Tonne métrique plomb secondaire | FT | 10 | 6,8 | 1,1 | 7,9 |
| Zinc secondaire | Tonne métrique zinc secondaire | DPE par voie sèche | 5 | 0,1 | 0,06 | 0,2 |
| | Tonne métrique zinc secondaire | FT | 10 | 0,1 | 1,4 | 1,5 |
| Cuivre secondaire | Tonne métrique cuivre secondaire | DPE par voie sèche | 5 | 10,9 | 15,9 | 26,8 |
| | Tonne métrique cuivre secondaire | FT | 10 | 6,6 | 44,0 | 50,6 |

[a] La précision des estimations relatives aux coûts dans le tableau est de l'ordre de 50 %.

47. Une combinaison type de techniques de réduction utilisée dans la production primaire de métaux non ferreux est la suivante: DPE par voie sèche (à chaud) → laveur humide → DPE par voie humide → élimination du mercure → unité de production d'acide sulfurique. Dans le cas d'une unité de production d'acide sulfurique, il est souhaitable d'éliminer le mercure avant qu'il ne pénètre dans l'installation afin de réduire le risque de présence de mercure dans le produit acide final (normalement la teneur en mercure de l'acide sulfurique doit être inférieure à 0,1 ppm (mg/l), ce qui équivaut à <0,02 mg/Nm$^3$ dans le gaz épuré[8]). Le mercure peut être traité à la fois dans les effluents gazeux et dans la phase liquide (unité de production d'acide sulfurique). Il existe différents procédés. Le principe de base est d'associer le mercure à un réactif pour former un produit pouvant être extrait du gaz ou du liquide par précipitation.

48. Plusieurs techniques sont disponibles pour éliminer les vapeurs de mercure dans le flux gazeux. Le taux d'élimination dépend de la concentration de mercure dans le gaz mais peut être supérieur à 99 %. Les taux de réduction du mercure pour certaines techniques sont indiqués au tableau 7 c) ci-dessous. Les procédés suivants sont considérés comme des MTD:

a) Le **procédé Boliden Norzink**[9] repose sur l'oxydation des vapeurs de mercure par le chlorure de mercure pour former du chlorure mercureux (calomel) suivant la

[8] Document de référence de l'Équipe spéciale des métaux lourds après Ottawa, 2006 http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/TaskForce/tfhm/third%20meetingdocs/PostOttawa/Background_BAT-ELV_14.06.06.FINAL.doc.

[9] http://www.sulphuric-acid.com/techmanual/GasCleaning/gcl_hg.htm.

réaction: $HgCl_2 + Hg \rightarrow Hg_2Cl_2$. Un produit acide contenant moins de 0,5 ppm de mercure peut être obtenu à partir d'un gaz contenant 150 ppm de mercure (taux de réduction de 99,7 %). L'acide produit contient généralement de 0,3 à 0,5 ppm de mercure[10]. La teneur en mercure peut être ramenée à 0,05 ppm par utilisation d'un filtre de polissage au sélénium[10]. Ce procédé est aussi connu sous les noms d'épurateur-laveur au chrome Outotec, processus BN Outotec et procédé au chlorure Odda. Le coût de l'investissement et les coûts d'exploitation sont modérés quelle que soit la teneur en mercure;

b) Le **procédé Outokumpu**[9] repose sur la conversion en sulfate du mercure élémentaire présent dans le gaz suivant la réaction: $Hg + H_2SO_4 \rightarrow 1/2\ O_2 + HgSO_4 + H_2O$;

c) Le **procédé Bolkem**[9] repose sur une réaction entre le mercure et l'acide sulfurique et un traitement au thiosulfate de sodium pour obtenir du sulfure de mercure par précipitation;

d) Le **filtre au sélénium**[9] est particulièrement adapté pour de faibles concentrations de mercure dans le gaz et consiste en un matériau poreux inerte trempé dans l'acide sélénieux qui est ensuite séché pour obtenir un précipité de sélénium amorphe rouge suivant la réaction: $H_2SeO_3 + H_2O + 2\ SO_2 \rightarrow Se + 2\ H_2SO_4$. Le filtre éliminera environ 90 % du mercure entrant. Le coût de l'investissement est proportionnel au débit gazeux[6];

e) L'**épurateur-laveur au sélénium**[9], comme le filtre au sélénium, grâce à la présence de sélénium amorphe élémentaire, réagit avec le mercure élémentaire présent dans le gaz. Il permet d'éliminer d'assez grandes quantités de mercure dans le gaz (90 % environ);

f) Le **filtre au charbon actif**[9] est bien connu pour ses propriétés adsorbantes. Pour de qui est du mercure, le charbon actif peut normalement adsorber de 10 à 12 % de son propre poids. Sa température d'utilisation est de 50 °C maximum et il est particulièrement adapté pour de faibles concentrations de mercure dans le gaz. Il permet normalement d'éliminer 90 % du mercure;

g) L'**application Lurgi**[11] est un genre de filtre au charbon actif. Il consiste en dispositifs d'élimination du mercure qui utilisent un DPE par voie humide et un absorbeur avec garnissage de charbon imprégné de soufre pour éliminer le mercure présent dans les effluents gazeux. Le DPE par voie humide élimine les poussières et le goudron, puis les effluents gazeux contenant du mercure sont chauffés à 60-85 °C et absorbés dans les tours de filtration avec garnissage. Afin de contrôler les flux de gaz, les dispositifs d'élimination du mercure sont équipés d'un système de régulation de la pression. Ils éliminent 95 % du mercure;

h) Le **processus Tinfos Miltec**[12] élimine le mercure présent dans les effluents gazeux par lavage avec de l'eau de mer contenant de l'hypochlorite de sodium qui oxyde le mercure. En outre, l'eau de lavage collecte les poussières et réduit les émissions atmosphériques de dioxyde de soufre ($SO_2$). Après nettoyage des gaz, l'eau de lavage contient du mercure sous forme de sels auquel on ajoute du sulfure de sodium ($Na_2S$) pour former du sulfure de mercure (HgS) et un autre précipité de sulfite métallique qui peut être éliminé grâce à un filtre-presse. Le processus Miltec élimine 95 % du mercure présent dans les effluents gazeux;

i) Le **filtre DOWA** (filtre en pierre ponce recouvert de sulfure de plomb) élimine le mercure métallique, oxydé et particulaire.

[10] http://www.outotec.com/pages/Page____41301.aspx?epslanguage=EN.
[11] Lurgi GmbH, Eramet Porsgrunn.
[12] http://miltec-mercury.com, Eramet Kvinesdal.

Tableau 7 c)
**Taux de réduction du mercure en phase gazeuse pour certaines techniques**[13]

| *Techniques d'élimination du mercure* | | *Concentration totale de mercure (Hg)* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | *µg/Nm³* | *µg/Nm³* | *Taux de réduction (en %)* |
| Boliden Norzink | | | | |
| 30 000 Nm³/h | Concentration élevée | 9 879 | 30 | 99,7 |
| | Concentration basse | 51 | 13 | 74 |
| Filtre Dowa | | | | |
| 170 000 Nm³/h | Concentration élevé | 50 | 1,4 | 97 |
| | Concentration basse | 10,5 | 1.2 | 88 |
| Filtre au sélénium | | | | |
| 80 000 Nm³/h | Concentration élevée | 1 008 | 48 | 95 |
| | Concentration basse | 42 | 12 | 71 |
| Filtre au charbon actif | | | | |
| 80 000 Nm³/h | Concentration élevée | 1 206 | 32 | 97 |
| | Concentration basse | 37,2 | 2,7 | 93 |

49. Dans le cas des procédés où il n'est pas possible d'éliminer le mercure dans les gaz, on a recours à des techniques d'élimination dans la phase liquide. Celles-ci sont utilisées principalement pour améliorer la qualité de l'acide sulfurique. On dispose des techniques suivantes pour réduire la teneur en mercure de l'acide sulfurique produit au cours de la fabrication de métaux non ferreux:

a) La **technologie de reconnaissance moléculaire**[9] (MRT) consiste en systèmes extrêmement sélectifs, souvent sans échange d'ions, utilisant des ligands ou des macrocycles spécialement conçus. Ces ligands peuvent être liés chimiquement à des supports solides tels que le gel de silice ou à des polymères ou encore utilisés libres en solution pour former des complexes avec certains ions. Le système en phase solide se compose du ligand fixé breveté sous le nom de SuperLig, contenu dans des colonnes à lit fixe ou des cartouches filtrantes. La MRT peut être utilisée comme méthode primaire d'élimination du mercure ou comme opération de finissage si l'usine est déjà dotée d'un système d'élimination du mercure;

b) Le **procédé Toho**[9] consiste à ajouter de l'iodure de potassium et à précipiter le mercure sous forme d'iodure mercurique. L'addition d'iodure cuivreux en plus de l'iodure de potassium formera un précipité plus stable de $Cu_2HgI_4$. Le mercure précipité est séparé par filtration;

c) **Précipitation du sulfure**[9]. Du soufre colloïdal peut être généré dans l'acide par addition de thiosulfate de sodium. Le soufre réagit avec le mercure pour former un sulfure de mercure cristallin (HgS).

50. Dans l'industrie **primaire du cuivre**, les gaz résiduels primaires provenant du grillage et du convertissage sont traités généralement dans une installation de réduction à plusieurs étages en amont de l'unité de production d'acide sulfurique. Pour obtenir un acide sulfurique de haute qualité, il convient de réduire les métaux lourds (voir par. 46 et 47). Des émissions diffuses surviennent lors des opérations de chargement, de déchargement, de

[13] New Bolideh, Rönnskärsverken (fonderie de cuivre-plomb-zinc).

transport et de stockage ainsi qu'à partir du four à anodes et au cours du moulage d'anodes. Pour les éviter, il est nécessaire d'assurer un captage suffisant (voir par. 42). Après ce captage, le gaz résiduel chargé est en général nettoyé dans des systèmes de filtres en tissu. Si ce système de filtrage est bien géré et bien entretenu, les concentrations d'émissions de poussières peuvent être inférieures à 1-5 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, les concentrations d'émissions suivantes sont possibles[14]:

a) Plomb: 0,01-0,60 mg/Nm$^3$;

b) Cadmium: 0,01-0,05 mg/Nm$^3$;

c) Mercure: <0,01 mg/Nm$^3$.

51. Dans l'industrie **secondaire du cuivre**, des émissions de métaux lourds se produisent au cours des opérations de combustion, de convertissage et d'affinage thermique. Comme dans le cas de l'industrie primaire, le captage et le traitement appropriés des émissions diffuses joue un rôle crucial (voir par. 42). Les émissions captées sont habituellement traitées dans des systèmes de filtres en tissu. On utilise aussi l'injection d'adsorbant, des épurateurs humides et/ou thermiques ou des dispositifs de postcombustion régénératifs pour diminuer la concentration d'autres polluants (par exemple, le $SO_2$, le carbone organique total ou le PCDD/F). Si le système de FT est bien géré et bien entretenu, on peut obtenir des concentrations d'émissions de poussières inférieures à 1-3 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, on peut descendre jusqu'aux concentrations suivantes[14]:

a) Plomb: 0,01-0,50 mg/Nm$^3$;

b) Cadmium: 0,01-0,02 mg/Nm$^3$;

c) Mercure: <0,03 mg/Nm$^3$.

52. Dans l'industrie **primaire du plomb**, les gaz résiduels riches en $SO_2$ provenant de l'oxydation du minerai sont habituellement traités dans une installation de réduction à plusieurs étages en amont de l'unité de production d'acide sulfurique. Afin d'obtenir un acide sulfurique de haute qualité, la concentration des métaux lourds doit être réduite (voir par. 46 et 47). Des émissions diffuses se produisent au cours des opérations de chargement, de déchargement, de transport et de stockage et lors du raffinage et du moulage. Pour les éviter, il faut assurer un captage approprié (voir par. 42). Après le captage, le gaz résiduel chargé est nettoyé, le plus souvent dans des systèmes de filtres en tissu ou dans une combinaison de cyclone et de filtre en tissu. Si le système de filtres en tissu est bien géré et bien entretenu, les concentrations des émissions de poussières peuvent être inférieures à 1-2 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, on peut descendre jusqu'aux concentrations suivantes[14]:

a) Plomb: 0,01-0,90 mg/Nm$^3$;

b) Cadmium: 0,01-0,02 mg/Nm$^3$;

c) Mercure: <0,01 mg/Nm$^3$.

53. L'industrie **secondaire du plomb** traite les batteries acides au plomb, les résidus de batteries et d'autres matériaux contenant du plomb. Par conséquent, la présence de mercure dépend du matériel mis au rebut. Comme dans le cas de l'industrie primaire, le captage et le traitement appropriés des émissions diffuses jouent un rôle critique (voir par. 42). Après le prétraitement, les matières premières sont transformées dans différents fours. En Europe on utilise actuellement les fours Rotary, Blast Drum et Reverbertaroy. Les émissions récupérées sont en général traitées dans des systèmes de filtres en tissu grâce auxquels la

[14] UBA Allemagne 2012, valeurs des émissions obtenues d'après les mesures effectuées dans différentes usines allemandes.

concentration des émissions de poussières peut être comprise entre 0,5 et 2 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, on peut obtenir les concentrations d'émissions suivantes[14]:

a) Plomb: <0,5 mg/Nm$^3$;

b) Cadmium: <0,05 mg/Nm$^3$;

c) Mercure: 0,025 mg/Nm$^3$ [15].

54. La production de **zinc primaire** est effectuée par deux procédés: la pyrométallurgie − procédé Imperial Smelting − et l'hydrométallurgie. Seule la première étape (grillage) de l'hydrométallurgie génère une quantité considérable de poussières de métaux lourds dans les gaz résiduels. Ces gaz résiduels riches en $SO_2$ sont habituellement traités dans une installation de réduction à plusieurs étages en amont d'une unité de production d'acide sulfurique. Pour produire un acide sulfurique de haute qualité, les métaux lourds doivent être réduits (voir par. 46 et 47). Au cours de la lixiviation et de la purification de la solution, on utilise en général des épurateurs pour nettoyer les gaz produits. Grâce à ces techniques, les concentrations de poussières émises sont comprises entre 0,3 et 1 mg/Nm$^3$. S'agissant de certains métaux lourds, les concentrations suivantes peuvent être obtenues[14]:

a) Plomb: <0,01 mg/Nm$^3$;

b) Cadmium: <0,01 mg/Nm$^3$;

c) Mercure: éliminé principalement au cours des opérations par voie humide, mesuré après passage dans une installation de traitement des eaux usées: <0,005 mg/l.

55. Le cadmium est un sous-produit de la production de zinc primaire. Il est obtenu grâce à un procédé en quatre étapes:

a) Fusion des briquettes de cadmium provenant de la lixiviation;

b) Dézincification par de la soude caustique;

c) Distillation sous vide pour séparer le cadmium d'autres métaux comme le cuivre, le nickel ou le plomb;

d) Condensation dans un four à particules fines de cadmium et moulage. Les gaz émis par les fours sont captés et traités dans un précipitateur électrostatique sophistiqué. Grâce à cette technique, les concentrations de poussières sont comprises entre 0,3 et 1 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, on obtient les concentrations suivantes[14]:

e) Plomb: <0,01 mg/Nm$^3$;

f) Cadmium: <0,01 mg/Nm$^3$.

Pour éviter les émissions diffuses, il est nécessaire de pratiquer un captage et un traitement appropriés (voir par. 42).

56. Le **zinc secondaire** est produit à partir de poussières des fours à arc et d'autres matières contenant du zinc. Ces matières peuvent être raffinées dans des fours rotatifs (fours Waelz) pour séparer le zinc des autres éléments. Au cours de cette opération, des métaux lourds sont générés sous forme de poussières qui sont captées et traitées dans des systèmes de filtres en tissu à plusieurs étages. Afin de réduire les émissions de mercure gazeux, on injecte souvent un adsorbant (chaux, charbon actif, etc.) dans le flux gazeux avant la dernière étape du filtre en tissu. Grâce à ces techniques, les concentrations de poussières émises peuvent être comprises entre 0,5 et 5 mg/Nm$^3$. Pour certains métaux lourds, les concentrations suivantes sont possibles[14]:

[15] Agence autrichienne de l'environnement (UBA) 2003, valeur obtenue à partir de mesures effectuées dans une usine autrichienne.

a) Plomb: <0,02 mg/$Nm^3$;

b) Cadmium: <0,01 mg/$Nm^3$;

c) Mercure: <0,01-0,05 mg/$Nm^3$.

Afin d'éviter les émissions diffuses, il est nécessaire de mettre en place un captage ou un traitement appropriés (voir par. 42).

57. Pour la **production d'or à grande échelle**, d'autres techniques que la fusion ont été mises au point. Lorsque les concentrations de mercure dans les minerais sont élevées (par exemple dans ceux de la Dome mine), des lits adsorbants de charbon actif peuvent être utilisés pour capter l'essentiel du mercure émis par les divers procédés (par exemple, fours, fours d'affinage). Les mesures de prévention de la pollution − condenseurs de mercure, unités d'adsorption du charbon (par exemple lits fixes à charbon simples, lits multiples ou colonnes ou autres dispositifs), épurateurs de chlorure mercureux, laveurs à Venturi et additifs chimiques destinés à améliorer le captage du mercure − ont permis de réduire de 97 % environ[16] des émissions de mercure résultant de la production d'or.

58. La **production de manganèse** à partir de minerai à forte teneur en mercure est une source importante d'émission de mercure. L'adsorption du mercure sur du charbon actif dans les gaz résiduaires des fours permet une réduction de 95 %.

## F. Industrie du ciment

59. Les fours à ciment utilisent parfois comme combustibles d'appoint des huiles usées et des matières (coprocessing des déchets) telles que les pneumatiques usagés. La co-incinération des déchets dans les fours à ciment est traitée avec l'incinération des déchets. Pour réduire les émissions de mercure, on peut contrôler la quantité de mercure introduite dans le four, réduire la température des effluents gazeux pour améliorer la précipitation du mercure au cours de la première filtration ou réduire le mercure en injectant un adsorbant (charbon actif) dans le gaz de combustion. Le contrôle de qualité des combustibles et la teneur en mercure des matières premières doivent être vérifiés afin de limiter les émissions de mercure.

60. Le mercure et ses composés ne sont pas précipités et retenus en totalité dans le four et/ou l'appareil de préchauffage en raison des fortes températures qui y règnent et de la grande volatilité du mercure. Ils sont précipités dans les effluents gazeux du fait du refroidissement du gaz et sont en partie adsorbés par les particules de matières brutes, selon la température des effluents gazeux. Cette fraction est précipitée dans le filtre du gaz à la sortie du four. Par conséquent, le mercure ne peut qu'être enrichi dans le cycle extérieur, où la concentration et les émissions dépendent principalement des conditions des effluents gazeux. Afin d'empêcher une augmentation sur un cycle long des émissions de mercure, il peut s'avérer nécessaire de limiter la concentration du cycle extérieur, par exemple en retirant en permanence ou par intervalles une partie des poussières captées dans le système de filtres. La poussière du dépoussiéreur peut être renvoyée vers le broyeur de ciment. En outre, la précipitation et par conséquent l'élimination du mercure augmentent lorsque la température des effluents gazeux diminue. Un autre moyen de réduire les émissions de mercure consiste donc à faire baisser la température des effluents gazeux à la sortie de la tour de climatisation afin d'améliorer la précipitation du mercure et de ses composés au cours de la filtration des poussières.

[16] EPA des États-Unis; National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Gold Mine Ore Processing (EPA-HQ-OAR_2010-0239; FRL-9242-3).

61. Des poussières sont émises à tous les stades de la production du ciment, depuis la manipulation des matériaux jusqu'à la préparation du ciment, en passant par le traitement des matières premières (dans des concasseurs et les dessiccateurs) et la production de clinker. Le mercure introduit dans le four provient des matières premières et, en faible quantité, des combustibles. Pour produire le clinker, on utilise de plus en plus des combustibles usés qui peuvent constituer une source de métaux lourds. C'est en général la nature des matières premières et non le type de procédé qui joue un rôle déterminant à cet égard.

62. La production de clinker fait appel aux types de four suivants: four rotatif avec dispositif de préchauffage à cyclone et dispositif de précalcination, four rotatif à dispositif de préchauffage à cyclone, four rotatif avec dispositif de préchauffage à grille, four rotatif haut par voie humide, four rotatif haut par voie sèche et four vertical. Le procédé choisi a une incidence majeure sur la consommation d'énergie et les émissions dans l'atmosphère. Pour les installations nouvelles et celles qui ont subi d'importantes améliorations, on considère que la meilleure technique disponible pour la production de clinker de ciment est un four par voie sèche avec un dispositif de préchauffage et de précalcination à étages multiples.

63. Pour récupérer la chaleur, on fait passer les gaz résiduels du four rotatif à travers le dispositif de préchauffage et les sécheurs broyeurs (le cas échéant) avant de les dépoussiérer. Les poussières recueillies sont renvoyées vers le circuit d'alimentation. Le surplus de chaleur provenant des gaz du four ainsi que du refroidisseur du clinker peut être utilisé pour produire de l'électricité (cogénération) ou à l'extérieur, par exemple pour le chauffage urbain.

64. Moins de 0,5 % du plomb et du cadmium entrant dans le four est rejeté avec les gaz de combustion. La forte teneur en substances alcalines et l'épuration qui a lieu dans le four favorisent la rétention des métaux dans le clinker ou dans la poussière du four.

65. Il est possible de réduire les émissions de métaux lourds dans l'atmosphère, par exemple en prélevant le flux d'échappement et en stockant les poussières recueillies au lieu de les renvoyer vers le circuit d'alimentation. Toutefois, il convient, dans chaque cas, de mettre en balance les avantages que présente cette solution et les conséquences d'un rejet de métaux lourds dans le stock de déchets. Les poussières recueillies peuvent être renvoyées aussi au broyeur de ciment. Si le gaz de combustion du four est filtré au moyen de DPE, il est très important de bien veiller au fonctionnement régulier du four afin d'éviter les arrêts d'urgence de ces dispositifs qui résulteraient de concentrations excessives de CO. De tels arrêts d'urgence risquent en effet d'entraîner de fortes pointes d'émission de métaux lourds. Les MTD pour la fabrication du ciment en ce qui concerne les émissions de poussières et de métaux lourds consistent à associer les mesures primaires générales suivantes:

a) Un fonctionnement régulier et stable du four. Il est donc important de surveiller et de mesurer les paramètres et les émissions de manière régulière;

b) Un choix et un contrôle minutieux des matières introduites dans le four; lorsque c'est possible, on choisira de préférence des matières premières et des combustibles à faible teneur en souffre, en azote, en chlore, en métaux (notamment en mercure) et en composés organiques volatils;

c) L'utilisation d'un système d'assurance-qualité pour contrôler les caractéristiques des déchets qui seront utilisés comme matière première et/ou du combustible afin d'assurer la régularité de la qualité et des autres critères physiques et chimiques. Les paramètres pertinents pour tous les déchets qui vont être utilisés comme matière première et/ou combustible devraient être contrôlés;

d) L'application de mesures et de techniques d'élimination des poussières comme les filtres en tissu (avec compartiments multiples et des détecteurs d'éclatement des sacs) ou des DPE (munis d'un appareil de mesure rapide et de contrôle afin de réduire au minimum le nombre de trajets du monoxyde de carbone);

Pour réduire les émissions de poussières provenant de *sources diffuses*[17], on peut utiliser les mesures et techniques suivantes:

e) Réduction/prévention des émissions de poussières de sources diffuses;

f) Techniques de mesures applicables aux opérations génératrices de poussières;

g) Mesures/techniques applicables aux zones de stockage en vrac.

66. Les mesures de réduction des émissions les plus importantes sont présentées au tableau 8. Pour réduire les émissions directes de poussières au niveau des concasseurs, broyeurs et sécheurs, on emploie surtout des FT, tandis que les gaz résiduaires du dispositif de refroidissement du clinker et du four sont traités au moyen de DPE ou de FT. Les émissions de poussières résultant des opérations d'allumage du four, de refroidissement et de broyage peuvent être ramenées à des concentrations inférieures à 10-20 mg/$Nm^3$ (valeur moyenne quotidienne, 10 % de $O_2$), et les émissions provenant d'autres opérations à des concentrations inférieures à 10 mg/$Nm^3$.

Tableau 8
**Source des émissions, mesures antiémissions, taux de réduction et coûts pour le secteur de l'industrie du ciment**

| *Source des émissions* | *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de réduction (%)* | *Émissions notifiées (mg/$Nm^3$)* |
|---|---|---|---|
| Émissions directes dues aux opérations d'allumage du four, de refroidissement et de broyage | Mesures primaires plus FT ou DPE | Cd, Pb: >95 | Poussières: <10-20 |
| Émissions directes dues aux opérations génératrices de poussières[18] | Mesures primaires plus FT ou DPE | | Poussières: <10 |
| Émissions directes des fours rotatifs | Adsorption sur charbon actif | Hg: >95 | Hg: 0,001-0,003 |

67. Un moyen de réduire les émissions de mercure est d'abaisser la température des gaz de combustion. En présence de concentrations élevées de métaux volatils (notamment de mercure), l'adsorption sur charbon actif peut être envisagée; on a montré que les DPE étaient plus efficaces lorsqu'on ajoute des halogénures (notamment des bromures).

## G. Industrie du verre

68. Dans l'industrie du verre, les émissions de plomb sont loin d'être négligeables car ce métal est introduit en tant que matière première dans les différentes sortes de verre. Il est

[17] On trouvera une description détaillée des mesures à mettre en œuvre pour les sources diffuses aux chapitres 1.4.4.1 et 1.4.4.3 du Document de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) pour les industries de fabrication du ciment, de la chaux et de l'oxyde de magnésium: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/clm_bref_0510.pdf.

[18] Opérations génératrices de poussières: par exemple écrasement des matières premières, transporteurs et élévateurs, stockage des combustibles et des matières premières.

utilisé dans les flux et les colorants dans l'industrie de la fritte, dans certains verres spéciaux (par exemple les verres de couleur, les tubes à rayons cathodiques) ainsi que dans les produits ménagers en verre (verres en cristal). Dans le cas du verre creux sodo-calcique, les émissions de plomb dépendent de la qualité du verre recyclé utilisé. Le calcin extérieur est une source importante de contamination par les métaux notamment le plomb. La teneur en plomb des poussières provenant de la fusion du cristal se situe généralement entre 20 et 80 %.

69. Les émissions de poussières se produisent essentiellement lors du malaxage du mélange vitrifiable, dans les fours, du fait des fuites diffuses à l'ouverture des fours et au moment de la finition et du soufflage des produits. Elles dépendent dans une large mesure du type de combustible brûlé, du type de four et du type de verre fabriqué. Des brûleurs oxycombustibles peuvent réduire de 60 % le volume de déchets gazeux et l'émission de poussières des cheminées. Les émissions de plomb provenant du chauffage électrique sont très inférieures à celles du chauffage au fioul ou au gaz. En règle générale et lorsque cela est possible du point de vue économique, la fusion principalement électrique est considérée comme la MTD pour la production de cristal au plomb, de cristal et de verre opalin car elle permet de contrôler efficacement les émissions d'éléments volatils éventuelles. Si le cristal est fabriqué avec des produits moins volatils, d'autres techniques peuvent être envisagées pour déterminer la MTD pour une installation donnée.

70. Le mélange est fondu soit dans des cuves à fusion continue soit dans des fours à pots. Dans ces derniers, les émissions de poussières varient considérablement pendant le cycle de fusion. Les cuves à cristal émettent davantage de poussières (<5 kg/Mg de verre fondu) que les autres cuves (<1 kg/Mg de verre obtenu par fusion de carbonate de sodium ou de potassium). Avec la MTD pour le plomb provenant du four à fusion dans le secteur du verre à usage domestique lorsqu'il est utilisé pour la fabrication de cristal au plomb, on obtient des concentrations inférieures à 0,5 mg/$Nm^3$ (<0,001-0,003 kg/t de verre fondu).

71. Parmi les mesures permettant de réduire les émissions directes de poussières métalliques, on peut citer:

a) La granulation du mélange vitrifiable;

b) Le remplacement des systèmes de chauffe au fioul ou au gaz par des systèmes électriques;

c) L'incorporation d'une quantité plus importante de calcin de retour dans le mélange;

d) L'utilisation d'une meilleure gamme de matière première (répartition granulométrique) et de verre recyclé (en évitant les fractions contenant du plomb).

En règle générale, la MTD pour limiter les émissions de poussières des fours dans l'industrie du verre consiste à utiliser soit un DPE soit un FT, fonctionnant là où c'est nécessaire, associé à un laveur de gaz acides par voie sèche ou semi-humide. En règle générale, le niveau d'émission correspondant à la MTD pour les poussières émises par ces techniques est inférieur à 10-20 mg/$Nm^3$, pour certains types de verre tels que le verre à usage domestique ou les verres spéciaux, il est inférieur à 10-20 mg/$Nm^3$ et il est compris entre 1 et 10 mg/$Nm^3$ lorsqu'une quantité importante de matière dangereuse est appliquée, ce qui correspond à moins de 0,1 kg/t de verre fondu. Dans certains cas, la mise en œuvre des MTD pour les émissions de métaux peut réduire les émissions de poussières. Le niveau d'émission associé à la MTD pour la somme des concentrations de métaux lourds y compris le plomb (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr, Sb, Pb, Cu, Mn, V, Sn) est habituellement inférieur à 1-5 mg/$Nm^3$. Les techniques de réduction secondaires constituent les MTD pour la plupart des fours sauf lorsque des émissions équivalentes peuvent être obtenues avec des

mesures primaires. Les taux de réduction des émissions correspondants sont indiqués au tableau 9.

72. La fabrication du cristal sans composés du plomb progresse. Le procédé Plasma Melter utilise la conductivité électrique du verre fondu et n'émet que des quantités négligeables de poussières. Toutefois, il ne devrait pas constituer une technique de fusion viable dans un avenir proche.

73. Pour les activités en aval susceptibles d'émettre des poussières, on considère que la MTD consiste à réduire ces émissions, par exemple par découpage, concassage ou polissage sous protection liquide ou par extraction des gaz résiduaires vers un filtre à sac. Le niveau des émissions pour ces activités est inférieur à 1-10 mg/$Nm^3$ (il peut atteindre 20 mg/$Nm^3$ pour le verre plat et jusqu'à 50 mg/$Nm^3$, seulement pour les procédés en aval utilisant la laine minérale).

Tableau 9
**Sources des émissions, mesures antiémissions, taux de dépoussiérage et coûts pour le secteur de l'industrie du verre**

| *Source des émissions* | *Mesures(s) antiémissions* | *Taux de dépoussiérage (en %)* |
|---|---|---|
| Émissions directes | FT | >99 |
| | DPE | >~95 |

## H. Industrie du chlore et de la soude caustique

74. Dans l'industrie du chlore et de la soude caustique, le chlore gazeux ($Cl_2$), les hydroxydes alcalins et l'hydrogène sont obtenus par électrolyse d'une solution saline. Les installations existantes utilisent couramment le procédé à cathode de mercure, le procédé à diaphragme et le procédé à membrane, qui exigent tous le recours à de bonnes pratiques pour éviter les problèmes écologiques. Le procédé choisi influe considérablement sur la consommation d'énergie et les émissions. On considère que la MTD est la technique à membrane. Le procédé à diaphragme sans amiante peut aussi être considéré comme MTD. Le procédé à cathode de mercure est moins courant en Europe et en Amérique du Nord depuis quelques décennies car de nombreuses installations utilisant ce procédé ont fermé ou ont été converties pour utiliser des procédés sans mercure. De plus, en Europe et en Amérique du Nord, les industriels se sont engagés à ne plus construire d'installations employant le procédé à cathode de mercure. La dernière de ces usines au Canada a fermé en 2008. La réglementation européenne n'autorise pas la construction de telles installations.

75. Les émissions de mercure dues à la production du chlore et de la soude caustique ne peuvent être complètement éliminées que par adoption d'un procédé sans mercure comme le procédé à membrane, lequel est considéré comme une MTD. Dans sa décision 90/3 du 14 juin 1990, la Commission de Paris pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique (PARCOM) a recommandé que les installations à cathode de mercure utilisées pour la fabrication du chlore et de la soude caustique, soient éliminées progressivement, et dès que possible, en 2010. Cette décision a été réexaminée en 1999-2001 et maintenue sans modification. Les pays des Conventions d'Oslo et de Paris pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPARCOM) et de l'Union européenne ont longuement débattu des incidences que pourrait avoir sur le marché mondial du mercure la recommercialisation du mercure provenant des installations de production du chlore et de la soude caustique mises hors service. En 1999, tous les producteurs de chlore et de soude caustique d'Europe occidentale se sont engagés auprès des autorités à fermer leurs installations d'ici à 2020 au plus tard. Une autre clause de la décision 90/3 de la PARCOM

leur interdit de vendre ou de transférer à quiconque les cathodes de mercure après la fermeture des usines en vue d'une réutilisation. En février 2009, le Conseil d'administration du PNUE a reconnu qu'il était nécessaire de mettre en place un instrument mondial juridiquement contraignant relatif au mercure et a entamé des négociations en vue d'une convention mondiale sur le mercure. Les principaux éléments de ces négociations sont par exemple la réduction de l'offre de mercure sur le marché, la réduction de la demande de mercure pour des produits et des procédés, la réduction des émissions atmosphériques de mercure, le traitement des déchets contenant du mercure et la remise en état des sites contaminés. Ces négociations prendront fin en 2013.

76. L'investissement spécifique nécessaire pour remplacer le procédé à cathode de mercure par le procédé à membrane serait de l'ordre de 700 à 1 000 dollars/Mg de capacité de $Cl_2$. En dépit d'une possible augmentation des dépenses d'eau, d'électricité, etc., et du coût de l'épuration de la solution saline notamment, les coûts d'exploitation diminueront dans la plupart des cas, grâce aux économies qui seront dues principalement à une plus faible consommation d'énergie et à la diminution du coût du traitement des eaux usées et de l'élimination des déchets.

77. Les sources des émissions de mercure dans l'environnement provenant du procédé à cathode de mercure sont: la ventilation de la salle des cuves, la ventilation de la case finale et l'hydrogène fabriqué. Parmi les rejets dans l'atmosphère, le mercure émis sous forme diffuse depuis les cuves dans l'ensemble du local occupe une place importante. Les mesures de prévention et de surveillance sont essentielles et devraient se voir accorder un rang de priorité lié à l'importance relative de chaque source au sein d'une installation particulière. Dans tous les cas, des mesures de surveillance spéciale sont nécessaires lorsque le mercure est récupéré dans les boues résultant des opérations de fabrication.

78. Au cours de la durée de vie restante des installations à cathode de mercure, toutes les mesures possibles devraient être prises pour protéger l'environnement dans son ensemble, y compris pour réduire le plus possible les rejets de mercure dans l'atmosphère par les moyens suivants:

a) Utilisation d'équipement et de matériels et, si possible, un aménagement de l'installation, qui réduisent les pertes de mercure dues à l'évaporation et/ou au déversement;

b) De bonnes pratiques de gestion et des programmes d'entretien efficaces;

c) La collecte et le traitement de tous les effluents contenant du mercure, quelle qu'en soit la source, y compris l'hydrogène gazeux. Les dispositifs d'élimination des émissions de mercure sont indiqués au tableau 10 a);

d) La réduction des concentrations de mercure dans la soude caustique;

e) La réduction des émissions actuelles et futures de mercure provenant de la manutention, du stockage, du traitement et de l'évacuation des déchets contaminés par le mercure;

f) La mise hors service des installations de manière à éviter tout impact sur l'environnement pendant et après les opérations de fermeture et à éviter tout risque sanitaire.

Tableau 10 a)
**Mesures antiémissions, taux de réduction et coûts pour les émissions des installations de production du chlore et de la soude caustique**

| *Source des émissions* | *Mesures (antiémissions)* | *Taux de réduction (%)* |
|---|---|---|
| Production de chlore et de soude caustique | Refroidissement du flux gazeux pour éliminer le mercure du courant d'hydrogène | |
| | Éliminateurs de gouttelettes | |
| | Dépoussiéreurs | |
| | Adsorption sur du charbon actif et des tamis moléculaires | >90 |

79. Ces mesures permettent de ramener la concentration des émissions de mercure à des valeurs bien inférieures à 2,0 g/Mg de capacité de production de $Cl_2$, exprimées en moyenne annuelle. Toutes les installations respectent la valeur limite de 2 g Hg/Mg $Cl_2$ pour les émissions dans l'atmosphère imposée dans la décision 90/3 de la PARCOM, et il apparaît clairement que dans un grand nombre d'entre elles les émissions continuent de baisser. Toutefois, les émissions notifiées indiquent que les valeurs réelles se situent dans une vaste gamme allant de 0,14 à 1,57 g Hg/Mg $Cl_2$. Dans les usines utilisant le procédé à cathode de mercure les plus performantes, les émissions totales de mercure dans l'atmosphère et dans l'eau ainsi que dans les produits se situent entre 0,2 et 0,5 g Hg/Mg $Cl_2$ en moyenne annuelle, et entre 0,21 et 0,32 g Hg/Mg $Cl_2$ pour les émissions dans l'atmosphère (voir le tableau 10 b)). Comme les émissions dépendent dans une large mesure de l'introduction de bonnes pratiques d'exploitation, le calcul des moyennes devrait être fondé sur des périodes d'entretien d'au moins un an.

Tableau 10 b)
**Émissions de mercure dans l'atmosphère à partir des installations à cathode de mercure les plus performantes**

| | *g Hg/Mg $Cl_2$*[19] |
|---|---|
| Salle des cuves | 0,2-0,3 |
| Effluents, y compris de l'unité de distillation du Hg | 0,0003-0,01 |
| Air de refroidissement non traité de l'unité de distillation du Hg | 0,006-0,1 |
| Hydrogène gazeux | <0,003 |

# I. Secteur de l'incinération des déchets urbains, des déchets médicaux et des déchets dangereux

80. Des déchets qui ne sont classés ni comme déchets dangereux, ni comme déchets urbains, ni comme déchets médicaux dans les réglementations nationales (par exemple les déchets industriels non dangereux, les boues etc.), peuvent être incinérés et coïncinérés dans d'autres secteurs industriels et, constituent une source potentielle d'émission de métaux lourds. Certaines méthodes de traitement thermique des déchets comme la pyrolyse peuvent aussi constituer une source de métaux lourds. Du point de vue des MTD, il n'y a

[19] Mercure total en grammes par mégagramme de chlore produit.

pas lieu de distinguer entre déchets urbains, déchets dangereux et déchets médicaux en termes de techniques appliquées ou de limites d'émission à respecter car tous ces types de déchets sont souvent incinérés dans la même installation. Leur incinération donne lieu à des émissions de cadmium, de plomb et de mercure. Le mercure, une bonne partie du cadmium et une faible proportion du plomb sont volatilisés. Des mesures particulières devraient être prises avant et après l'incinération pour réduire ces émissions. Les seules techniques primaires qui permettent d'éviter les émissions de mercure dans l'atmosphère avant l'incinération sont celles qui empêchent ou réduisent, lorsque cela est possible, la présence de mercure dans les déchets. Dans certains pays, les composants contenant du mercure sont séparés du flux de déchets solides et gérés ou recyclés comme il convient. Retirer le mercure du flux de déchets avant l'entrée dans l'incinérateur est beaucoup plus efficace et économique que de le récupérer par la suite dans les gaz de combustion au moyen de dispositifs de réduction des émissions. On peut réduire les émissions de mercure dans les incinérateurs de déchets urbains et de déchets médicaux en utilisant des produits de remplacement. Cette méthode est applicable à de nombreux composants mais ce sont les batteries qui ont suscité la plus grande attention en raison de leur contribution significative à la teneur totale en mercure des déchets urbains et médicaux. Pour décider si le remplacement des produits est applicable à d'autres domaines, il convient d'examiner la faisabilité technique et économique.

81. On considère que, en matière de dépoussiérage et de réduction des émissions de métaux lourds, la MTD est le FT associé à des méthodes de réduction des substances volatiles par voie sèche ou par voie humide. On peut également concevoir des DPE utilisés avec des systèmes par voie humide pour capter les faibles concentrations de poussières, mais ce matériel offre moins de possibilités que les FT, en particulier dans le cas d'un revêtement préalable pour l'adsorption des polluants volatils. Entre 30 et 60 % du mercure est retenu par les DPE ou les FT très performants et les systèmes de désulfuration des gaz de combustion (DGC) en captent encore de 10 à 20 %. Dans le cas d'un système par voie sèche, si l'on ajoute l'injection de charbon actif (imprégné d'absorbants comme le soufre ou le brome), de carbonate acide de sodium ou d'hydroxyde de calcium en amont d'un filtre en tissu ou que l'on utilise du coke de lignite ou une zéolite, on peut réduire les émissions de mercure de plus de 90 %. Lorsqu'on a recours à un système de dépoussiérage par voie humide avec un DPE ou un FT pour améliorer l'élimination du mercure, différents produits chimiques peuvent être ajoutés à la solution dépoussiérante par voie humide, par exemple le peroxyde d'hydrogène, des agents chélateurs liquides avec des sels de cuivre ou de manganèse ou l'hypochlorite de sodium (NaCLO).

82. Lorsque la MTD est utilisée pour épurer les gaz de combustion, la concentration de poussières est ramenée à des valeurs comprises entre 1 et 5 $mg/m^3$. En général, l'emploi de filtres en tissu donne les concentrations les plus basses dans ces intervalles d'émission. Il est très important que les systèmes de réduction des poussières fassent l'objet d'un entretien efficace. La réduction des concentrations de poussières réduit généralement aussi les émissions de métaux. La concentration de mercure peut être abaissée à des valeurs comprises entre 0,001 et 0,02 $mg/m^3$ (moyenne journalière, normalisée à 11 % de $O_2$). Pour de nombreux déchets, ces niveaux supposent une adsorption au moyen de réactifs à base de charbon. Dans certains flux de déchets, les concentrations de mercure sont extrêmement variables et un traitement préalable peut être nécessaire pour empêcher une surcharge de pointe de la capacité du système de traitement des gaz de combustion.

83. Les mesures secondaires de réduction des émissions les plus importantes sont présentées au tableau 10. Il est difficile de fournir des données présentant une validité générale car les coûts relatifs en dollars/tonne dépendent de très nombreuses variables propres à chaque site, par exemple la composition des déchets.

84. Si l'on applique le rebrûlage des résidus du traitement des gaz de combustion, des mesures appropriées devraient être prises pour éviter la recirculation et l'accumulation du mercure dans l'installation.

85. Le mercure métallique peut être adsorbé (en général avec une efficacité de 95 %) de manière à abaisser les émissions dans l'atmosphère au-dessous de 30 µg/$Nm^3$ lorsqu'on utilise une injection de charbon actif associée à un dispositif de dépoussiérage. Le mercure ionique est aussi éliminé par adsorption chimique en raison de la teneur en soufre des gaz de combustion ou du charbon imprégné de soufre présent dans certains types de charbon actif. Il existe un risque significatif d'incendie lorsqu'on utilise du charbon actif. Pour réduire ce risque l'adsorbant peut être mélangé à d'autres agents par exemple à raison de 90 % de chaux et 10 % de charbon. La proportion de charbon est en général plus élevée lorsque des stades supplémentaires sont prévus pour l'élimination du gaz acide (par exemple les dépoussiéreurs par voie humide). Dans certains systèmes où l'élimination du mercure est effectuée dans des dépoussiéreurs acides par voie humide (pH < 1) pour réduire la concentration à l'admission, on observe des concentrations finales inférieures à 1 µg/$Nm^3$.

86. La réduction catalytique sélective (SCR) employée pour diminuer les oxydes d'azote réduit aussi les émissions de mercure en transformant ce dernier qui peut alors être capté sur un FT ou précipité par les dépoussiéreurs par voie humide.

87. La plupart des Parties exigent seulement une surveillance intermittente des émissions de mercure alors que certaines estiment que la MTD suppose une surveillance continue; il existe sur le marché des systèmes éprouvés de mesures en continu.

88. S'agissant de la coïncinération des déchets et du combustible récupéré dans les fours à ciment, en règle générale, la MTD pour les fours à ciment est applicable.

89. S'agissant de la coïncinération des déchets et du combustible récupéré dans les installations de combustion, en règle générale, la MTD pour les installations de combustion est applicable.

90. Le procédé PECK est une technique prometteuse grâce à laquelle les émissions de métaux lourds dans les gaz de combustion sont négligeables. Elle a été mise au point pour le traitement des déchets urbains solides mais pourrait en principe être appliquée à d'autres déchets. Pour réduire les émissions de métaux lourds, on peut aussi procéder par évaporation et par traitement hydrométallurgique suivi d'une vitrification.

91. Si le premier étage d'un dépoussiéreur très performant est maintenu à un pH inférieur à 1, le taux d'élimination du mercure ionique sous forme de $Hg_2Cl_2$, qui constitue habituellement le principal composé mercuriel après la combustion des déchets, est supérieur à 95 %. L'adsorption du mercure métallique peut être améliorée par addition à l'eau du dépoussiéreur de composés soufrés ou de charbon actif ou encore d'oxydants, comme le peroxyde d'hydrogène. Le taux global d'élimination du mercure (métallique et ionique) avoisine 85 %. Les concentrations atteintes avec un système de dépoussiérage par voie humide utilisé sont d'environ 36 µg/$Nm^3$, avec un dépoussiéreur par voie humide et un filtre à coke actif elles sont inférieures à 2 µg/$Nm^3$et avec le procédé par injection de flux et associé à un dépoussiéreur par voie humide elles sont de 4 µg/$Nm^3$.

Tableau 11
**Mesures antiémissions, taux de réduction des poussières et coûts pour le secteur de l'incinération des déchets urbains, des déchets médicaux et des déchets dangereux pour les gaz de cheminée**

| *Mesure(s) antiémissions* | *Taux de réduction (%)* | *Coût de l'opération (coût total en dollars É.-U.)* |
|---|---|---|
| Épurateurs-laveurs très performants | Pd, Cd: >98; Hg: environ 50 | |
| DPE (3 champs) avec charbon actif ou agents adsorbants équivalents | Pb, Cd: 80-90 | 10-20/Mg de déchets |
| DPE par voie humide (1 champ) avec additifs, injection de charbon actif, ou filtres à charbon actif ou à coke actif | Pb, Cd: 95-99 Hg: >90 (1 µg/$Nm^3$) | 1 600-4 000 par livre de mercure éliminée |
| Filtres en tissu | Pb, Cd: 95-99 | 15-30/Mg de déchets |
| Injection de charbon actif + FT ou DPE | Hg: 50-95 (<1 µg/$Nm^3$) | Coûts d'exploitation: environ 2-3/Mg de déchets; incinérateurs de déchets urbains, 211-870; incinérateurs de déchets médicaux, 2 000-4 000 par livre de mercure éliminée. Coûts d'exploitation (coût du charbon): 125 000 €/a pour une installation traitant 65 000 tonnes de déchets dangereux[20] |
| Filtration sur lit de charbon | Hg: >99 | Coûts d'exploitation: environ 50/Mg de déchets, 513-1 083 par livre de Hg éliminée |
| Filtres au sélénium (concentrations du mercure à l'entrée pouvant atteindre 9 $mg/m^3$) | | |

# J. Déchets contenant du mercure métallique et certains composés et mélanges du mercure

[92. Pour l'extraction de l'or dans le monde au niveau artisanal et à petite échelle on utilise chaque année plus de 1 000 tonnes de mercure dont plus de 500 tonnes sont dégagées dans l'atmosphère. C'est deux fois plus que les émissions totales mesurées en 2008 dans les pays du Programme concerté de surveillance et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP). Bien que ces émissions aient lieu dans des pays en développement, elles sont transportées à longue distance et affectent ainsi la santé et l'environnement des pays de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (ECE). Dans ce contexte, l'exportation de mercure à partir de l'Europe est très pertinente.]

[93. À elle seule, l'Europe a exporté en 2008 1 300 tonnes de mercure alors que le commerce mondial représentait 2 200 tonnes. Le mercure utilisé et stocké représente des quantités beaucoup plus importantes que le mercure échangé dans le cadre du commerce

[20] BREF Waste Incineration, chap. 4.4.6.2 (2006), http://eippcb.jrc.es/reference/wi.html.

mondial. Dans les 27 pays de l'Union européenne, la Norvège et la Suisse, le stock de mercure s'élevait à 34 000 tonnes dont la majeure partie pour le secteur de l'industrie du chlore et de la soude caustique qui va abandonner le procédé d'électrolyse du mercure. On estime qu'en 2008, les déchets de mercure issus des installations de production du chlore et de la soude caustique se situaient entre 12 et 20 tonnes/an (avec une moyenne de 18 t)[21].]

[94. Le PNUE conseille aux pays d'interdire l'exportation de mercure et d'éliminer les déchets qui en contiennent de manière écologique afin de réduire l'offre et de faire monter les prix. Actuellement, le prix du mercure sur le marché mondial baisse lentement et se situe dans la fourchette de 4-20 dollars par kilo. En 2011, la Norvège et l'Union européenne ont imposé une interdiction générale de l'exportation, de la vente et de l'utilisation du mercure et de ses composés. Ils ont aussi mis en place une réglementation relative à l'élimination des déchets de mercure dans de bonnes conditions de sécurité. Les États-Unis ont interdit l'exportation du mercure élémentaire à partir de 2013 et imposé une obligation pour l'administration de prévoir des installations de stockage dans de bonnes conditions de sécurité d'ici à 2013. D'après les calculs, les coûts d'élimination sont de 0,5 dollars par kilo.]

[95. Devraient être considérés comme des déchets et éliminés de façon écologiquement rationnelle, compte tenu des dispositions pertinentes sous-régionales, régionales et mondiales régissant la gestion des déchets dangereux et leur élimination, en particulier la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination:

a) Le mercure métallique qui n'est plus utilisé dans l'industrie du chlore et de la soude caustique;

b) Le mercure métallique provenant de l'épuration du gaz naturel;

c) Le mercure métallique et les composés du mercure provenant de l'épuration des effluents gazeux de sources fixes;

d) Le mercure métallique provenant des opérations d'extraction et de fusion de métaux non ferreux;

e) Le mercure métallique extrait du minerai de cinabre; et

f) Les produits contenant du mercure devenus obsolètes.]

[96. L'élimination et les mouvements transfrontières des déchets contenant du mercure devraient être effectués de façon écologiquement rationnelle, compte tenu des réglementations sous-régionales, régionales et mondiales pertinentes qui régissent les mouvements transfrontières et la gestion des déchets dangereux et leur élimination, en particulier la Convention de Bâle et ses Directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets composés de mercure élémentaire et des déchets contenant du mercure ou contaminés par cet élément.]

[21] Pirone, N. *et al.*; Global mercury emissions to the atmosphere from antropogenic and natual sources; Atmos.Chem.Phys., 10,5951-5964.