

Document d'orientation sur les meilleures techniques disponibles pour lutter contre les émissions de polluants organiques persistants provenant de grandes sources fixes

I. INTRODUCTION

1. Le présent document vise à donner aux Parties à la Convention des indications pour déterminer les possibilités de lutte et les meilleures techniques disponibles pour réduire les émissions de polluants organiques persistants (POP) provenant de grandes sources fixes et leur permettre de s'acquitter des obligations énoncées dans le Protocole relatif aux POP. Il contient en particulier des indications sur les moyens de réduire le total des émissions annuelles des substances énumérées à l'annexe III du Protocole, conformément aux obligations fondamentales énoncées à l'article 3 du Protocole, et de respecter les valeurs limites d'émission pour les dioxines et les furannes (PCDD/PCDF), telles qu'indiquées à l'annexe IV du Protocole.

2. Il décrit les techniques utilisées pour réduire les émissions de dioxines et furannes (PCDD/PCDF) ainsi que d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) provenant de grandes sources fixes. Ces techniques peuvent aussi être utilisées pour réduire les émissions d'autres POP. Les informations données dans ce document sur les possibilités de lutte et les techniques disponibles pour réduire les émissions de POP ainsi que sur leur efficacité et leur coût renvoient aux meilleures techniques disponibles (MTD) telles que décrites dans les documents de référence de l'Union européenne de la série BREF et à d'autres sources appropriées.

II. DÉFINITIONS

3. Aux fins du présent document d'orientation:

a) On entend par «Protocole», le Protocole relatif aux polluants organiques persistants adopté à Aarhus le 24 juin 1998;

b) On entend par «Parties», à moins que le contexte ne s'oppose à cette interprétation, les Parties au Protocole;

c) On entend par «polluants organiques persistants» (POP) des substances organiques qui: i) possèdent des caractéristiques toxiques; ii) sont persistantes; iii) sont susceptibles de bioaccumulation; iv) peuvent aisément être transportées dans l'atmosphère au-delà des frontières sur de longues distances et se déposer loin du lieu d'émission; v) risquent d'avoir des effets nocifs importants sur la santé et l'environnement aussi bien à proximité qu'à une grande distance de leur source;

d) On entend par «substance» une espèce chimique unique ou plusieurs espèces chimiques constituant un groupe particulier du fait: a) qu'elles ont des propriétés analogues ou qu'elles sont émises ensemble dans l'environnement; ou b) qu'elles forment un mélange généralement commercialisé en tant qu'article unique;

e) On entend par «émission» le rejet dans l'atmosphère d'une substance à partir d'une source ponctuelle ou diffuse;

f) «Hydrocarbures aromatiques polycycliques» (HAP): aux fins des inventaires des émissions, on utilisera les quatre composés indicateurs suivants: benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, et indéno(1,2,3-cd)pyrène;

g) Les «polychlorodibenzo-p-dioxines/furannes» (PCDD/PCDF) sont des composés aromatiques tricycliques composés de deux anneaux benzéniques reliés par deux atomes d'oxygène pour les PCDD et un atome d'oxygène pour les PCDF, dont les atomes d'oxygène peuvent être remplacés par un nombre d'atomes de chlore allant de un à huit;

h) On entend par «source fixe» tout bâtiment, structure, dispositif, installation ou équipement qui émet ou peut émettre directement ou indirectement dans l'atmosphère un polluant organique persistant;

i) On entend par «catégorie de grandes sources fixes» toute catégorie de sources fixes visée à l'annexe VIII du Protocole;

j) On entend par «meilleures techniques disponibles» (MTD) le 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 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:

- i) Par «techniques», on entend aussi bien la technologie utilisée que la façon dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise hors service;
- ii) 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 la Partie concernée, pour autant que l'exploitant puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables;
- iii) Par «meilleures» techniques, on entend les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

III. MÉTHODES GÉNÉRALES DE LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS

4. Il existe plusieurs façons de combattre ou de prévenir les émissions de POP provenant de sources fixes. On peut citer, par exemple, le remplacement des produits de départ, la modification des procédés (y compris du contrôle des opérations et de l'entretien) et la mise à niveau des installations existantes. On trouvera ci-après une liste indicative des mesures disponibles, lesquelles peuvent être appliquées séparément ou conjointement:

a) Remplacement des produits de départ s'il s'agit de POP ou s'il existe un lien direct entre ces produits et les émissions de POP provenant de la source;

b) Adoption de pratiques optimales du point de vue écologique – bonne organisation interne, programmes d'entretien préventif, etc., – ou modification des procédés et, notamment, mise en place de systèmes en circuit fermé (par exemple dans les cokeries, ou utilisation d'électrodes inertes pour l'électrolyse);

c) Modification des procédés afin d'obtenir une combustion complète, et donc de prévenir la formation de polluants organiques persistants, par la maîtrise de paramètres tels que la température d'incinération ou le temps de séjour;

d) Épuration des gaz de combustion, par exemple, par incinération ou oxydation thermique ou catalytique, dépolluissage ou adsorption;

e) Traitement des résidus, des déchets et des boues d'épuration, par exemple, par voie thermique ou par désactivation.

5. Les niveaux d'émission indiqués pour les différentes mesures énumérées dans les tableaux 1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8 se rapportent généralement à des cas précis. Les chiffres ou fourchettes indiqués correspondent aux niveaux d'émission en pourcentage des valeurs limites d'émission par application des techniques classiques.

6. Le rapport coût-efficacité peut être évalué en fonction du coût total par an et par unité de réduction des émissions (investissements et coûts d'exploitation compris). Il faudrait aussi envisager le coût des mesures de réduction des émissions de POP dans le contexte de l'économie du procédé considéré globalement, en tenant compte, par exemple, de l'impact des mesures antiémissions et des coûts de production. On notera aussi que les mesures prises pour réduire les émissions de POP permettront de réduire également les émissions d'autres polluants comme les métaux lourds ou les substances acidifiantes. On déterminera le rapport coût-efficacité des mesures envisagées par rapport à leurs effets sur tous les polluants et non sur les POP seulement. Étant donné les nombreux paramètres qui entrent en jeu, les chiffres concernant les dépenses d'investissement et les coûts d'exploitation dépendent étroitement des circonstances propres à chaque cas.

IV. TECHNIQUES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE DIOXINES ET DE FURANNES

A. Incinération des déchets

7. Il s'agit de l'incinération des déchets urbains, des déchets dangereux, des déchets médicaux, des déchets industriels non dangereux et des boues d'épuration.

8. Les principales mesures de réduction des émissions de PCDD/PCDF provenant des incinérateurs sont les suivantes:

a) Mesures primaires portant sur les déchets à incinérer;

b) Mesures primaires se rapportant au procédé d'incinération;

c) Mesures agissant sur les paramètres physiques du processus de combustion et des effluents gazeux (paliers de température, vitesse de refroidissement, teneur en oxygène, etc.);

d) Épuration des gaz de combustion;

e) Traitement des résidus de l'épuration.

9. La conception et l'exploitation d'incinérateurs écologiquement rationnels supposent l'application des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques

environnementales (qui, dans une certaine mesure, se recourent). Les mesures primaires pour l'incinération des déchets urbains ou des déchets dangereux ne suffisent pas. Il est plus efficace de modifier le procédé d'incinération et d'appliquer des mesures secondaires pour l'épuration des gaz de combustion. Les meilleures pratiques environnementales applicables à la gestion des déchets peuvent être des mesures primaires utiles. Elles visent à assurer la gestion écologiquement rationnelle des déchets, par exemple par la réduction des quantités de déchets, le recyclage, l'inspection des déchets, l'élimination des métaux ferreux et non ferreux, des techniques de manipulation, de stockage et de prétraitement adéquates, la réduction des temps de stockage et de bonnes méthodes de chargement.

10. Les mesures primaires qui consistent à agir sur les produits de départ par une réduction des substances halogénées et leur remplacement par des substances non halogénées ne conviennent pas dans le cas de l'incinération des déchets urbains ou des déchets dangereux.

11. La modification du procédé d'incinération de façon à optimiser les conditions de combustion (température normalement fixée à 850 °C ou plus, calcul de l'apport d'oxygène en fonction du pouvoir calorifique et de la consistance des déchets, contrôle du temps de séjour – environ 2 secondes pour 850 °C – et de la turbulence des gaz, élimination des zones de gaz froids dans l'incinérateur, etc.) est une mesure importante qui permet de réduire efficacement les émissions de PCDD/PCDF. Les incinérateurs à lit fluidisé permettent de maintenir une température inférieure à 850 °C avec des niveaux d'émission satisfaisants. Les incinérateurs existants devraient normalement être réaménagés ou remplacés, solution qui n'est peut-être pas économiquement viable dans tous les pays. La teneur en carbone des cendres devrait être réduite au minimum.

12. Pour l'incinération de déchets dangereux contenant plus de 1 % de substances organiques halogénées, exprimées en chlore, la température doit être portée à 1 100 °C pendant au moins 2 secondes.

13. Mesures s'appliquant aux gaz de combustion. Les mesures indiquées ci-après permettent d'abaisser dans des proportions raisonnables la concentration de PCDD/PCDF dans les gaz de combustion. La température de la synthèse *de novo* de ces substances se situe entre 250 et 450 °C. Ces mesures s'imposent donc si l'on veut obtenir les niveaux souhaités en fin de circuit. En voici la liste:

- a) Extinction des gaz de combustion (mesure très efficace et relativement peu coûteuse);
- b) Application de systèmes à décharges électriques à basse température;
- c) Prévention des dépôts de cendres volantes dans le dispositif d'évacuation des gaz de combustion.

14. Les méthodes d'épuration des gaz de combustion sont les suivantes:

- a) Utilisation de dépoussiéreurs classiques pour réduire les émissions de PCDD/PCDF fixés sur des particules, par exemple de précipitateurs électrostatiques (ESP) ou de filtres en tissu (filtres à manche);
- b) Oxydation des composés organohalogénés par réduction catalytique sélective (RCS);

- c) Adsorption sur coke ou charbon actif dans des systèmes à lit fixe ou fluidisé;
- d) Application de différentes méthodes d'adsorption et optimisation des systèmes d'épuration-lavage par utilisation de mélanges de charbon actif, de coke actif, de solutions de chaux et de calcaire dans des réacteurs à lit fixe, mobile ou fluidisé. Le rendement d'extraction des PCDD/PCDF gazeux peut être amélioré par l'application, sur la surface du filtre à manche, d'une première couche de coke actif;
- e) Destruction par filtre à manche catalytique;
- f) Application de méthodes de combustion catalytique utilisant différents types de catalyseurs (Pt/Al₂O₃ ou catalyseurs cuivre-chromite avec des promoteurs différents afin de stabiliser la zone superficielle et de freiner le vieillissement du catalyseur).

15. Grâce aux méthodes ci-dessus, on peut ramener les émissions de PCDD/PCDF dans les gaz de combustion à 0,1 ng ET/m³. On veillera cependant, dans les systèmes utilisant des adsorbants ou filtres au charbon actif ou coke, à ce que les poussières fugaces de carbone n'augmentent pas les émissions de PCDD/PCDF en aval. On notera aussi que les adsorbants et les dépoussiéreurs situés en amont des catalyseurs (technique de réduction catalytique sélective) produisent des résidus chargés de PCDD/PCDF, qui nécessitent eux-mêmes un retraitement ou une élimination dans les règles.

16. La comparaison des différentes mesures de réduction des émissions de PCDD/PCDF dans les gaz de combustion est très complexe. Le tableau correspondant couvre toute une gamme d'installations industrielles de capacités et de configurations diverses. Les paramètres de coût tiennent compte également des mesures de réduction d'autres polluants tels que les métaux lourds (fixés ou non sur des particules). On ne peut donc pas, dans la plupart des cas, dégager de relation directe avec la seule réduction des émissions de PCDD/PCDF. Les données disponibles concernant les différentes mesures antiémissions sont récapitulées au tableau 1.

17. Les incinérateurs de déchets médicaux peuvent être une source majeure d'émissions de PCDD/PCDF dans de nombreux pays. Certains déchets médicaux tels que les parties anatomiques humaines, les résidus contaminés, les aiguilles, le sang, le plasma et les produits cytostatiques sont traités comme une catégorie particulière de déchets dangereux tandis que d'autres sont souvent incinérés sur place, par lots. Dans ce dernier cas, les incinérateurs peuvent répondre aux mêmes normes de réduction des PCDD/PCDF que les autres installations d'incinération.

18. Les Parties pourraient envisager d'adopter des politiques encourageant l'incinération des déchets urbains et des déchets médicaux dans de grandes installations régionales plutôt que dans de petits incinérateurs. De la sorte, l'application des meilleures techniques disponibles pourrait être plus économique.

19. Traitement des résidus de l'épuration des gaz de combustion. Contrairement aux cendres d'incinération, ces résidus contiennent en concentrations relativement élevées des métaux lourds, des polluants organiques (y compris des PCDD/PCDF), des chlorures et des sulfures. Les dispositifs d'épuration-lavage par voie humide, en particulier, produisent de grandes quantités de déchets liquides acides contaminés. L'élimination de ces substances doit donc être parfaitement maîtrisée. Il existe pour ce faire des méthodes de traitement spéciales, dont:

- a) Le traitement des poussières des filtres en tissu par catalyse à basse température et en atmosphère pauvre en oxygène;
- b) L'épuration-lavage des poussières des filtres en tissu par le procédé 3-R (extraction des métaux lourds avec des acides et destruction de la matière organique par combustion);
- c) La vitrification des poussières des filtres en tissu;
- d) L'application d'autres méthodes d'immobilisation;

Tableau 1. Comparaison de différentes mesures d'épuration des gaz de combustion et modifications des procédés visant à réduire les émissions de PCDD/PCDF dans les installations d'incinération de déchets

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p>Modification du produit de départ (mesures primaires):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Élimination des précurseurs et des produits de départ contenant du chlore; – Gestion des flux de déchets. 	<p>Non quantifié; ne semble pas linéairement varier avec la quantité de produit de départ.</p>		<p>Le tri préalable du produit de départ ne suffit pas; certaines parties seulement pourraient être collectées; d'autres matières chlorées, par exemple le sel de cuisine et le papier, ne pourraient pas être isolées. Cette solution n'est pas non plus souhaitable pour les déchets chimiques dangereux.</p> <p>Mesure primaire utile et applicable dans certains cas (huiles de rebut ou composants électriques, par exemple) qui peut présenter un avantage supplémentaire, celui du recyclage des matériaux.</p>
<p>Modification des procédés:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Optimisation des conditions de combustion; – Mesures pour éviter les températures inférieures à 850 °C et la formation de zones froides dans les gaz de combustion; – Teneur en oxygène suffisante; réglage de l'apport d'oxygène en fonction du pouvoir calorifique et de la consistance du produit de départ; – Temps de séjour et turbulence suffisants, soit plus de 2 secondes à plus de 850 °C et, pour les produits de départ contenant plus de 1 % (m/m) de chlore, à plus de 1 100 °C. 			<p>Nécessité d'une mise à niveau de l'ensemble du procédé.</p>

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p>Mesures s'appliquant aux gaz de combustion:</p> <p>Prévention des dépôts de particules au moyen de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ramoneurs, frappeurs mécaniques ou éjecteurs de suie acoustiques ou à vapeur; - Dépoussiérage; - Filtres en tissu; - Cyclones; - Précipitateurs électrostatiques; <p>Oxydation catalytique</p> <p>Extinction des gaz</p> <p>Unité d'absorptions très performante avec ajout de particules de charbon actif (venturi électrodynamique)</p> <p>Réduction catalytique sélective (RCS)</p>	<p>< 10</p> <p>1-0,1</p> <p>Efficacité faible</p> <p>Efficacité moyenne</p>	<p>Moyens</p> <p>Relativement élevés</p> <p>Moyens</p> <p>Dépenses d'investissement élevées et coûts d'exploitation faibles</p>	<p>Le soufflage de suie à la vapeur peut accroître le taux de formation de PCDD/PCDF.</p> <p>Élimination des PCDD/PCDF adsorbés sur les particules. Les méthodes d'extraction des particules dans les courants de gaz de combustion chauds sont appliquées uniquement dans des installations pilotes.</p> <p>À utiliser à des températures < à 250 °C.</p> <p>Risque de formation de PCDD/PCDF en cas d'utilisation à des températures comprises entre 450 et 200 °C.</p> <p>Réduction des émissions de NO_x en cas d'adjonction de NH₃; matériel occupant beaucoup de place; les catalyseurs épuisés et les résidus de charbon actif ou de coke de lignite actif peuvent être éliminés; les catalyseurs peuvent être le plus souvent retraités par les fabricants; le charbon actif et le coke de lignite actif peuvent être brûlés dans des conditions strictement contrôlées.</p>

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p>Différentes méthodes d'adsorption par voie humide ou sèche avec des mélanges de charbon actif, de coke actif, de chaux et de solutions de calcaire dans des réacteurs à lit fixe, mobile ou fluidisé:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réacteur à lit fixe, adsorption avec charbon actif ou coke actif; - Réacteur à courant entraîné ou lit fluidisé circulant avec adjonction de coke actif/chaux ou solutions de calcaire puis passage dans un filtre en tissu; 	<p>< 2 (0,1 ng ET/m³)</p> <p>< 10 (0,1 ng ET/m³)</p>	<p>Dépenses d'investissement élevées et coûts d'exploitation moyens</p> <p>Faibles dépenses d'investissement, coûts d'exploitation moyens</p>	<p>Enlèvement des résidus; matériel occupant beaucoup de place.</p> <p>Enlèvement des résidus.</p>
Destruction par filtre à manche catalytique.	< 0,5 (0,1 ng ET/m ³)	Dépenses d'investissement élevées	
Utilisation de matériaux imprégnés de charbon actif pour l'adsorption de PCDD/PCDF dans les dispositifs d'épuration par voie humide.	30	Faibles dépenses d'investissement	Applicable uniquement aux dispositifs d'épuration par voie humide, en particulier s'il y a des signes d'accumulation de dioxine. Peut être combiné à d'autres mesures ultérieures de réduction de la dioxine.

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

B. Procédés thermiques appliqués dans la métallurgie

20. Certaines activités métallurgiques peuvent être d'importantes sources d'émissions de PCDD/PCDF. Ce sont:

- a) La sidérurgie primaire (ateliers d'agglomération et de pelletisation du minerai de fer);
- b) La sidérurgie secondaire;
- c) L'industrie des métaux non ferreux de première et deuxième fusion (production du cuivre). Les mesures de lutte contre les émissions de PCDD/PCDF dans les industries métallurgiques sont récapitulées au tableau 2.

21. Les installations de production et de transformation de métaux qui sont à l'origine d'émissions de PCDD/PCDF peuvent en ramener la concentration, par des mesures antiémissions, à un niveau maximum de 0,1-0,5 ng ET/m³ (pour un débit volumique de gaz résiduels supérieur à 5 000 m³/h). D'après les documents BREF de l'UE, pour la production de métaux non ferreux, de fer et d'acier (ateliers d'agglomération et fours à arc), les niveaux d'émissions associés aux MTD sont < 0,1-0,5 ng ET/m³.

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p>Production de métaux non ferreux (par exemple cuivre)</p> <p><u>Mesures primaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Tri préalable de la ferraille, refus des matériaux contenant des matières plastiques et de la ferraille contenant du PCV. Décapage des revêtements et utilisation de matériaux isolants ne contenant pas de chlore; <p><u>Mesures secondaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Extinction des gaz de combustion chauds; – Utilisation d’oxygène ou d’air riche en oxygène pour la chauffe, injection d’oxygène dans le four vertical (donnant une combustion complète et une réduction du volume des gaz résiduaire); – Réacteur à lit fixe ou à jet fluidisé par adsorption sur charbon actif ou poussier de coke actif; filtre en tissu à un ou plusieurs étages avec adjonction, en amont, de chaux/charbon actif; – Oxydation catalytique; – Réduction du temps de séjour dans la zone critique de température du circuit des gaz de combustion. 	<p>Efficacité élevée</p> <p>5-7 (1,52 ng ET/m³)</p> <p>(0,1 ng ET/m³)</p> <p>(0,1 ng ET/m³)</p>	<p>Faibles</p> <p>Faibles</p> <p>Élevés</p> <p>Élevés</p>	
<p>Production de fer et d’acier</p> <p><u>Mesures primaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Dégraissage de la ferraille avant son chargement dans les fours; 		<p>Faibles</p>	<p>[Des solvants de nettoyage doivent être utilisés. – <u>supprimé</u>]</p>

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<ul style="list-style-type: none"> – Élimination des corps étrangers organiques (huiles, émulsions, graisses, peinture et matières plastiques, etc.) du produit de départ; – Réduction du volume spécifiquement élevé des gaz résiduels, mais le captage du volume maximum de gaz résiduels potentiellement contaminés par des PCDD/PCDF est souhaitable; <p><u>Mesures secondaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Captage et traitement séparés des émissions provenant des opérations de chargement et de déchargement; – Utilisation d'un filtre en tissu en combinaison avec l'injection de coke; – Utilisation d'un profil de température optimal pendant le refroidissement des gaz résiduels; – Utilisation d'une chambre de combustion pour le traitement des gaz résiduels. 	<p>< 1</p> <p>(< 0,1 ng ET/m³)</p>	<p>Faibles</p> <p>Moyens</p> <p>Faibles</p> <p>Moyens</p>	<p>(< 0,1 ng ET/m³)</p>
<p>Production d'aluminium de deuxième fusion</p> <p><u>Mesures primaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Refus des matières halogénées (hexachloréthane); – Refus des lubrifiants chlorés (paraffines chlorées, par exemple); – Nettoyage et tri des charges de ferrailles souillées, par décapage et séchage de copeaux, séparation par suspension dense et dépôt en circuit tourbillonnant; 		<p>Faibles</p> <p>Faibles</p>	

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p><u>Mesures secondaires:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Filtre en tissu à simple étage ou à étages multiples avec adjonction, en amont, de chaux/charbon actif; – Réduction des flux de gaz résiduaux et élimination et épuration séparées des flux diversement contaminés; – Mesures pour prévenir les dépôts de particules dans les gaz résiduaux et favoriser le passage rapide de la plage de température critique; – Amélioration du traitement préalable de la ferraille d'aluminium en copeaux par des techniques de séparation en milieu dense et tri par dépôt en circuit tourbillonnant. 	<p>< 1 (0,1 ng ET/m³)</p>	<p>Moyens/élevés</p> <p>Moyens/élevés</p> <p>Moyens/élevés</p> <p>Moyens/élevés</p>	

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

1. Ateliers d'agglomération

22. Des mesures effectuées dans des ateliers d'agglomération de l'industrie sidérurgique ont révélé que les émissions de PCDD/PCDF se situaient généralement dans la fourchette de 0,4-4 ng ET/m³; lors d'une mesure unique dans une installation dépourvue de dispositifs antiémissions, il a été relevé une valeur de 43 ng ET/m³.

23. Les composés halogénés peuvent être à l'origine d'émissions de PCDD/PCDF dans les ateliers d'agglomération lorsqu'ils sont présents dans les produits de départ (poussières de coke, sels contenus dans le minerai) ou dans les matériaux recyclés ajoutés à ceux-ci (calamine, poussières de gaz de haut fourneau, poussières de filtrage et boues provenant du traitement des eaux usées). Toutefois, comme dans le cas de l'incinération des déchets, il n'existe pas de relation définie entre la teneur en chlore des produits de départ et les émissions de PCDD/PCDF. Il serait donc indiqué d'éviter la formation de matériaux résiduaux contaminés et de déshuiler ou dégraisser la calamine avant de l'utiliser dans l'installation.

24. Une combinaison des différentes mesures secondaires ci-après est la solution la plus efficace pour réduire les émissions de PCDD/PCDF:

a) Recyclage des gaz résiduaux: cette technique réduit sensiblement les émissions de PCDD/PCDF ainsi que, par ailleurs, le débit d'effluents gazeux. Le coût de l'installation de dispositifs antiémissions en aval s'en trouve diminué;

b) Installation de filtres en tissu (dans certains cas en combinaison avec des précipitateurs électrostatiques) ou de précipitateurs électrostatiques avec injection de mélanges charbon actif/coke actif/chaux dans les gaz résiduaux;

c) Épuration-lavage selon des méthodes nouvelles comprenant l'extinction préalable des gaz résiduaux, le lavage très performant et la séparation par dépôt goutte-à-goutte, qui peut ramener les émissions à 0,2-0,4 ng ET/m³. L'utilisation additionnelle d'agents d'adsorption appropriés tels que les cokes de lignite ou les fines de charbon permet d'améliorer encore ce résultat (0,1 ng ET/m³);

d) Utilisation de précipitateurs électrostatiques élaborés (à électrode mobile, à impulsions, à fonctionnement sous haute tension, etc.).

2. Production de cuivre de première et deuxième fusion

25. Les installations de production de cuivre de première et deuxième fusion existantes peuvent libérer, après épuration des gaz de combustion, entre quelques picogrammes et 2 ng ET/m³ de PCDD/PCDF. Par le passé, un seul four de grillage pouvait émettre jusqu'à 29 ng ET/m³ avant l'optimisation des agrégats. Les valeurs d'émissions de PCDD/PCDF de ces installations sont généralement très inégales en raison des caractéristiques très diverses des matières premières, lesquelles sont utilisées dans des agrégats et selon des procédés eux-mêmes très différents.

26. Les mesures ci-après permettent généralement de réduire les émissions de PCDD/PCDF:

a) Tri préalable de la ferraille;

b) Traitement préalable de la ferraille, par exemple l'enlèvement des revêtements de matière plastique ou de PCV et le prétraitement des déchets de câbles uniquement à froid ou par des méthodes mécaniques;

c) Extinction des gaz résiduels chauds (avec possibilité d'utiliser la chaleur) afin de réduire le temps de séjour dans la zone thermique critique du circuit des effluents gazeux;

d) Combustion à l'oxygène ou en milieu riche en oxygène ou injection d'oxygène dans le four de grillage (d'où une combustion complète et une réduction du volume des gaz résiduels);

e) Adsorption dans un réacteur à lit fixe ou à jet fluidisé sur du charbon actif ou du poussier de coke actif, injection de charbon actif en association avec un filtre en tissu;

f) Oxydation catalytique.

3. Production d'acier

27. Les émissions de PCDD/PCDF provenant des aciéries à convertisseur et des cubilots à air chaud, des fours électriques et des fours à arc de fonderie sont largement inférieures à $0,1 \text{ ng ET/m}^3$. Les fours à air froid et les fours rotatifs (pour la fusion de la fonte) ont des taux d'émission plus élevés.

28. On peut obtenir une concentration de $0,1 \text{ ng ET/m}^3$ dans les émissions des fours à arc utilisés pour la production d'acier de deuxième fusion si l'on applique les mesures suivantes:

a) Captage séparé des émissions provenant des opérations de chargement ou de déchargement;

b) Utilisation d'un filtre en tissu ou d'un précipitateur électrostatique en association avec l'injection de coke;

c) Utilisation d'un profil de température optimal pendant le refroidissement des gaz résiduels;

d) Utilisation d'une chambre de combustion pour le traitement des gaz résiduels.

29. L'injection de charbon actif en amont du filtre en tissu permet de réduire encore les émissions de PCDD/PCDF.

30. La charge des fours à arc contient souvent des huiles, des émulsions ou des graisses. On peut réduire les émissions de PCDD/PCDF en appliquant des mesures primaires de caractère général qui consistent à trier, déshuiler et décaper la ferraille, celle-ci pouvant contenir des matières plastiques, du caoutchouc, des peintures, des pigments ou des additifs de vulcanisation.

4. Fonderies utilisées dans l'industrie de l'aluminium de deuxième fusion

31. Les émissions de PCDD/PCDF provenant des fonderies de l'industrie de l'aluminium de deuxième fusion sont de l'ordre de 0,1 à 14 ng ET/m³, les valeurs dépendant du type d'agrégat de fusion, des matériaux utilisés et des techniques d'épuration des gaz résiduaux employées.

32. Dans ce secteur, l'installation de filtres en tissu à simple étage ou à étages multiples avec adjonction de calcaire/charbon actif/coke actif en amont du filtre permet de répondre au critère de concentration de 0,1 ng ET/m³ dans les émissions, avec un taux d'efficacité de 99 %.

33. On peut aussi envisager d'appliquer les mesures ci-après:

a) Réduire au minimum les flux de gaz résiduaux et extraire et épurer séparément ceux qui sont contaminés par des substances différentes;

b) Éviter les dépôts de particules dans le circuit des gaz résiduaux;

c) Traverser rapidement la plage des températures critiques;

d) Améliorer le tri préalable de la ferraille d'aluminium obtenue par déchetage en utilisant des techniques de séparation par suspension dense, le classement se faisant par dépôt en circuit tourbillonnant;

e) Améliorer le nettoyage préalable de la ferraille d'aluminium par décapage des copeaux puis séchage.

34. Les options d) et e) sont importantes car il est peu probable qu'avec les techniques modernes de fusion sans fondant (où l'on évite l'utilisation de fondants aux halogénures) l'on puisse traiter la ferraille de qualité médiocre qui peut être utilisée dans les fours rotatifs.

35. Il convient de signaler à ce propos que dans le cadre de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est des discussions sont en cours sur la révision d'une recommandation faite antérieurement d'éliminer progressivement l'utilisation d'hexachloréthane dans l'industrie de l'aluminium.

36. Le matériau de fusion peut être traité selon les techniques les plus récentes mélanges azote/chlore dans une proportion variant de 9:1 à 8:2, système d'injection de gaz pour assurer une dispersion fine, pré- et postinjection d'azote et dégraissage sous vide. L'utilisation de mélanges azote/chlore a donné une concentration mesurée de PCDD/PCDF dans les émissions d'environ 0,03 ng ET/m³ (contre des valeurs supérieures à 1 ng ET/m³ dans le cas d'un traitement exclusivement au chlore). Le chlore est nécessaire à l'élimination du magnésium et d'autres éléments indésirables.

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

37. Lors de la combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrales électriques et de chauffage et les chaudières industrielles (d'une puissance thermique > 50 MW), toutes les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique et d'économie d'énergie entraînent une

diminution des émissions de tous les polluants, grâce à la réduction de la quantité de combustible utilisée. Il en résulte parallèlement une réduction des émissions de PCDD/PCDF. Il serait peu économique de tenter d'éliminer le chlore du charbon ou du pétrole, mais la tendance à construire des centrales fonctionnant au gaz contribuera à réduire les émissions de PCDD/PCDF provenant de ce secteur.

38. Dans la mesure du possible, on évitera d'utiliser du charbon ou de la biomasse contenant des composés organohalogénés ou des composés halogénés dans les installations non équipées de dispositifs de réduction des émissions. On ne devrait brûler des déchets que dans des installations correctement équipées.

39. Les chaudières de centrales électriques alimentées en combustibles fossiles peuvent aussi être alimentées en combustibles tirés de la biomasse, ce qui permet d'obtenir une réduction des émissions de gaz à effet de serre.

40. La combustion de biomasse contenant des concentrations élevées de composés organohalogénés ou de composés halogénés ne devrait avoir lieu que dans des installations équipées de dispositifs de réduction des émissions.

41. Le remplacement des combustibles tirés de déchets, de charbon ou de biomasse contenant des composés organohalogénés par du gaz naturel entraînera une baisse de la formation de composés organohalogénés dans les gaz résiduels. Il pourrait en résulter une diminution sensible des émissions de PCDD/PCDF provenant de petites installations qui ne sont pas équipées de dispositifs de réduction des émissions.

42. La possibilité de changer de combustible dépend des conditions locales.

43. Il convient de noter que les émissions de PCDD/PCDF risquent d'augmenter sensiblement si l'on décide d'ajouter au combustible des déchets à brûler (boues d'épuration, huiles de rebut, déchets de caoutchouc, etc.). On ne devrait brûler des déchets pour la production d'énergie que dans des installations équipées de dispositifs d'épuration des gaz résiduels entraînant une réduction importante des émissions de PCDD/PCDF (voir la section A ci-dessus).

44. L'application de techniques visant à réduire les émissions d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre et de particules provenant des gaz de combustion peut aussi contribuer à l'élimination des émissions de PCDD/PCDF. Avec ces techniques, le rendement d'élimination des PCDD/PCDF variera d'une installation à l'autre. Des recherches sont menées pour mettre au point des techniques d'élimination des PCDD/PCDF mais, tant que de telles techniques ne sont pas disponibles à une échelle industrielle, on ne peut déterminer la meilleure technique disponible pour les PCDD/PCDF.

45. Les émissions de PCDD/PCDF provenant des chaudières industrielles sont généralement faibles et les taux d'émission peuvent être inférieurs à 0,1 ng ET/m³.

D. Combustion dans les foyers domestiques

46. La contribution des appareils de combustion domestique aux émissions totales de PCDD/PCDF, qui peut être sensible, est moins importante si l'on utilise de manière correcte des combustibles approuvés. En outre, selon le type et la qualité du combustible utilisé, la densité

géographique des appareils et leur utilisation, on observe d'importantes variations quant aux valeurs d'émission à l'échelon régional.

47. Les foyers ouverts domestiques ont un plus mauvais taux de combustion des hydrocarbures contenus dans les combustibles et de gaz résiduaire que les grandes installations de combustion, surtout si l'on utilise des combustibles solides tels que le bois ou le charbon, auquel cas les concentrations de PCDD/PCDF émises sont comprises entre 0,1 et 0,7 ng ET/m³.

48. La combustion de matériaux d'emballage en même temps que des combustibles solides provoque une augmentation des émissions de PCDD/PCDF. Il arrive que des ménages privés brûlent dans leur foyer domestique des ordures et des matériaux d'emballage, bien que cette pratique soit interdite dans certains pays. Compte tenu de l'augmentation des redevances d'élimination des ordures, il n'est pas surprenant que des ordures ménagères soient brûlées dans les installations de chauffage domestiques. La combustion de bois auquel on a ajouté des matériaux d'emballage peut entraîner une augmentation des émissions de PCDD/PCDF de 0,06 ng ET/m³ (bois seulement) à 8 ng ET/m³ (chiffres rapportés à 11 % de O₂ en volume). Ces résultats ont été confirmés par des enquêtes menées dans plusieurs pays dans lesquels on a relevé jusqu'à 114 ng ET/m³ (pour 13 % d'oxygène en volume dans ce cas) dans les gaz résiduaire provenant des appareils de combustion domestiques brûlant des déchets.

49. On peut réduire les émissions provenant des appareils de combustion domestiques en imposant l'emploi de combustibles de bonne qualité, à l'exclusion des résidus, des matières plastiques halogénées ou d'autres matériaux. Des programmes d'information à l'intention des acheteurs ou utilisateurs d'appareils de combustion domestiques peuvent être efficaces à cet égard.

E. Installations de chauffage au bois (puissance < 50 MW)

50. D'après des mesures effectuées sur des installations de chauffage au bois, les gaz résiduaire peuvent contenir plus de 0,1 ng ET/m³ de PCDD/PCDF, particulièrement lorsque les conditions sont défavorables à une combustion complète ou que les substances brûlées ont une teneur en composés chlorés supérieure à celle du bois non traité. La concentration totale de carbone dans les gaz résiduaire est un indicateur de la mauvaise qualité de la combustion. On a établi une corrélation entre les émissions de CO, la qualité de la combustion et les émissions de PCDD/PCDF.

51. Le tableau 3 récapitule quelques valeurs de concentration et facteurs d'émission pour des installations de chauffe au bois.

Tableau 3. Concentrations et facteurs d'émission pour des installations de chauffage au bois

Combustible	Concentration (ng ET/m ³)	Facteur d'émission (ng ET/kg)	Facteur d'émission (ng/GJ)
Bois naturel (hêtre)	0,02-0,10	0,23-1,3	12-70
Copeaux de bois naturel provenant des forêts	0,07-0,21	0,79-2,6	43-140
Panneaux d'aggloméré	0,02-0,08	0,29-0,9	16-50
Déchets de bois de construction	2,7-14,4	26-173	1 400-9 400
Ordures ménagères	114	3 230	
Charbon de bois	0,03		

52. La combustion des déchets de bois de construction (bois de démolition) sur des grilles roulantes émet des quantités élevées de PCDD/PCDF par rapport aux installations brûlant du bois naturel. Une mesure primaire pour réduire les émissions consiste donc à éviter l'utilisation de déchets de bois traité dans les foyers à bois. On réservera ce combustible aux installations dotées de dispositifs appropriés d'épuration des gaz de combustion.

53. Les combustibles tirés de la biomasse peuvent avoir une forte teneur en composés chlorés (paille, ou bois provenant d'un environnement salin), ce qui peut favoriser l'émission de quantités élevées de PCDD/PCDF lors de la combustion. L'utilisation de combustibles à faible teneur en composés chlorés dans des installations spéciales brûlant de la biomasse aura un impact important sur les émissions du PCDD/PCDF.

54. Les installations brûlant de la biomasse peuvent être équipées de dispositifs de réduction des émissions de particules, par exemple de filtres en tissu ou de précipitateurs électrostatiques, qui permettent de réduire sensiblement les émissions de PCDD/PCDF.

55. Des techniques de réduction des émissions après la combustion pourraient être économiquement viables et applicables à des installations utilisant de la biomasse d'une puissance supérieure à 0,5 MW et être alors limitées à la simple utilisation de cyclones. Pour les installations plus petites, la qualité du combustible et la conception du brûleur peuvent avoir une grande influence sur les émissions.

V. TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE HAP

A. Production de coke

56. Durant la cokéfaction, des HAP sont libérés dans l'air ambiant, surtout:

- a) Au moment du chargement du four par la bouche d'enfournement;
- b) Par des fuites provenant de la porte du four, des colonnes montantes ou des tampons des bouches d'enfournement;

c) Lors du défournement et du refroidissement du coke.

57. La concentration de benzo(a)pyrène varie considérablement d'une source à l'autre dans une cokerie. Les plus fortes concentrations sont relevées au sommet de la batterie et au voisinage immédiat des portes.

58. Les émissions de HAP provenant de la production de coke peuvent être réduites grâce à des mises à niveau ou à une diminution de la consommation de coke lors de la production de fer et d'acier, une partie du coke étant remplacée par du charbon de haute qualité, de l'huile usée, etc. Cela pourrait impliquer de fermer et de remplacer les cokeries anciennes et de réduire de façon générale la production de coke, par exemple en recourant à l'injection de charbon de haute qualité lors de la production d'acier.

59. Une stratégie de réduction des émissions de HAP au niveau des cokeries devrait englober les mesures techniques ci-après:

a) Enfournage:

i) Réduction des émissions de particules lors du chargement du charbon du silo dans l'enfourneuse;

ii) En cas de préchauffage du charbon, transfert de ce dernier en système fermé;

iii) Extraction puis traitement des gaz de remplissage, en faisant passer ces derniers soit dans le four contigu, soit, via un barillet, vers un incinérateur, puis dans un dispositif de dépoussiérage. Dans certains cas, les gaz de remplissage extraits pourront être brûlés sur les enfourneuses; ce procédé laisse à désirer du point de vue environnemental et de la sécurité. Une dépression suffisante devrait pouvoir être produite par injection de vapeur ou d'eau dans les colonnes montantes;

b) Tampons des bouches d'enfournement pendant la cokéfaction:

i) Très bonne étanchéité des tampons;

ii) Lutage des tampons à l'argile (ou tout autre matériau d'efficacité équivalente) après chaque opération d'enfournement;

iii) Nettoyage des tampons et des cadres avant fermeture de la bouche;

iv) La voûte du four doit être nette de tout résidu de charbon;

c) Les couvercles des colonnes montantes devraient être équipés de gardes d'eau afin d'éviter les émissions de gaz et de goudron; on fera en sorte que ces dispositifs fonctionnent correctement en veillant à un nettoyage périodique;

d) Les engins d'ouverture et de fermeture des portes du four devraient être équipés de systèmes de nettoyage des surfaces des joints sur les portes elles-mêmes et les cadres;

- e) Les portes du four:
 - i) Devraient être munies de joints très efficaces (diaphragmes à ressort, par exemple);
 - ii) Les joints des portes et des cadres devraient être entièrement nettoyés après chaque manipulation;
 - iii) Devraient être conçues de manière à permettre l'installation de systèmes d'extraction des particules reliés à un dispositif de dépoussiérage (à travers un barillet) durant les opérations de défournement;

f) La machine de transfert du coke devrait être équipée d'un capot intégré, d'une gaine fixe et d'un dispositif fixe d'épuration des gaz (de préférence un filtre en tissu);

g) On appliquera des procédés de refroidissement du coke produisant peu d'émissions (le refroidissement à sec, par exemple, est préférable à l'extinction par voie humide, pour autant que l'on utilise un système de circulation fermé pour éviter la production d'eaux résiduelles). On s'efforcera de réduire la formation de poussières en cas d'extinction par voie sèche.

60. Il existe un procédé de cokéfaction appelé «cokéfaction sans récupération», qui émet sensiblement moins de HAP que les procédés usuels avec récupération des sous-produits. La raison en est que les fours fonctionnent à des pressions inférieures à la pression atmosphérique, ce qui empêche les fuites vers l'atmosphère par les portes du four à coke. Au cours de la cokéfaction, les gaz bruts des fours à coke sont éliminés par tirage naturel, ce qui maintient une dépression dans les fours. Ces fours ne sont pas conçus pour récupérer les sous-produits chimiques des gaz bruts émis par les fours à coke. Au lieu de cela, les gaz résiduels de la cokéfaction (y compris les HAP) sont brûlés complètement à haute température et avec un temps de séjour prolongé. On utilise la chaleur perdue provenant de cette combustion pour fournir l'énergie nécessaire à la cokéfaction, le surplus de chaleur pouvant être utilisé pour produire de la vapeur. Sur le plan économique, ce type de cokéfaction peut nécessiter l'utilisation d'une unité de cogénération pour produire de l'électricité à partir du surplus de vapeur. Actuellement, il n'existe qu'une seule cokerie sans récupération aux États-Unis et une autre en Australie. Le système comprend essentiellement des fours à coke horizontaux sans récupération des gaz à carreau de sole et une chambre de combustion reliant deux de ces fours. Dans ces deux fours, il est procédé alternativement au chargement et à la cokéfaction. La chambre de combustion est donc toujours approvisionnée en gaz de coke par l'un des deux fours. La combustion du gaz de coke dans la chambre fournit la chaleur nécessaire. La chambre de combustion est conçue de façon à assurer un temps de séjour suffisamment long (1 s environ) et une température (900 °C min.) suffisamment élevée.

61. On appliquera un programme efficace de surveillance des fuites en provenance des joints des portes de four, des colonnes montantes et des tampons des bouches d'enfournement. Il faudra pour cela rechercher les fuites, en prendre note et les réparer immédiatement, ainsi que prévoir un entretien périodique. On parviendra de cette manière à réduire sensiblement les émissions diffuses.

62. La mise à niveau des fours à coke en service par un système de condensation des fumées provenant de toutes les sources, avec récupération de la chaleur, permet une réduction de 86 à plus de 90 % des émissions de HAP dans l'atmosphère (indépendamment du traitement des eaux résiduaires). Les dépenses d'investissement peuvent être amorties en cinq ans si l'on tient compte de l'énergie récupérée, de l'eau chaude produite, des gaz récupérés pour synthèse et des économies d'eau de refroidissement.
63. En augmentant le volume des fours à coke, on diminue le nombre total de fours, les manœuvres d'ouverture de portes (nombre de défournements par jour) et le nombre de joints, et par conséquent les émissions de HAP. Parallèlement, on augmente la productivité grâce à une baisse des coûts d'exploitation et des dépenses de personnel.
64. Les procédés de refroidissement du coke par voie sèche nécessitent des dépenses d'investissement plus élevées que les procédés par voie humide. Ce surcoût peut être compensé par une récupération de chaleur obtenue grâce au préchauffage du coke. Dans un dispositif combiné de refroidissement à sec du coke et de préchauffage du charbon, l'efficacité énergétique passe de 38 à 65 %. Le préchauffage active la productivité de 30 %, pourcentage qui peut même atteindre 40 % du fait que la cokéfaction est plus homogène.
65. Toutes les cuves et installations de stockage et de traitement du goudron de houille et des produits apparentés doivent être équipées d'un système efficace de récupération et/ou de destruction des vapeurs. Les coûts d'exploitation des systèmes de destruction peuvent être réduits en mode postcombustion sans apport thermique extérieur si la concentration de composés carbonés dans les déchets est suffisamment élevée.
66. Le tableau 4 récapitule les mesures possibles de réduction des émissions de HAP dans les cokeries.

Tableau 4. Mesures possibles de réduction des émissions de HAP dans les cokeries

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
Mise à niveau des installations anciennes pour la condensation des gaz de combustion émis par toutes les sources, par les mesures ci-après:	Total < 10 (non compris les eaux résiduaires)	Élevés	Les émissions dans les eaux résiduaires provenant de l'extinction par voie humide sont très élevées. Cette méthode ne devrait être appliquée que si les eaux sont recyclées en circuit fermé.
– Évacuation et postcombustion des gaz de remplissage lors de l'enfournement ou transfert de ces gaz dans le four contigu autant que possible.	5	(Compter environ cinq ans pour l'amortissement des dépenses d'investissement, compte tenu de la récupération d'énergie, d'eau chaude et de gaz pour synthèse et de l'économie d'eau de refroidissement.)	
– Prévention, autant que possible, des émissions par les tampons d'enfournement, par exemple en construisant des tampons spéciaux ou en installant des dispositifs d'étanchéité très efficaces. Étanchéité parfaite des portes de four. Nettoyage des tampons d'enfournement et des cadres avant fermeture de la bouche.	< 5		
– Captage et dépoussiérage des gaz résiduaires provenant des opérations de défournement.	< 5	Dépenses d'investissement plus élevées que dans le cas du refroidissement par voie humide (un préchauffage du coke et l'exploitation de la chaleur résiduelle permettront d'abaisser les coûts).	
– Extinction du coke par voie humide excluant toute production d'eaux résiduaires.			

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
Procédés d'extinction du coke à émissions réduites (par voie sèche, par exemple).	Aucune émission dans l'eau	Dépenses d'investissement plus élevées que dans le cas du refroidissement par voie humide (un préchauffage du coke et l'exploitation de la chaleur résiduelle permettront d'abaisser les coûts).	
Recours accru aux fours à grand volume afin de réduire le nombre d'ouvertures et la surface des zones à étanchéifier.	Considérable	Dépenses d'investissement supérieures d'environ 10 % à celles des installations classiques.	Une mise à niveau totale de l'installation ou la construction d'une nouvelle cokerie s'impose le plus souvent.

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

Tableau 5. Mesures possibles de réduction des émissions de HAP provenant de la production d'anodes

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
<p>Modernisation des installations anciennes par l'application des mesures ci-après, qui permettent de réduire les émissions diffuses:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réduction des fuites; – Installation de joints flexibles aux bouches d'enfournement; – Évacuation des gaz de remplissage suivie d'un traitement de ces gaz par leur acheminement soit dans le four contigu, soit dans un barillet puis dans un incinérateur et un dispositif de dépoussiérage au sol; – Refroidissement des fours à coke; – Évacuation et extraction des émissions particulières provenant du coke. 	3-10	Elevés	
<p>Techniques éprouvées de production d'anodes aux Pays-Bas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Four de type nouveau équipé d'un laveur-épurateur par voie sèche (coke de pétrole/calcaire ou aluminium); – Recyclage des résidus dans le caisson à pâte. 	45-50		Appliquées aux Pays-Bas en 1990. L'épuration au calcaire/coke de pétrole permet de réduire efficacement les émissions de HAP; l'efficacité de la solution à l'aluminium n'est pas établie.
<p>Meilleures techniques disponibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Précipitation électrostatique des poussières; – Postcombustion thermique. 	<p>2-5</p> <p>15</p>	Coûts d'exploitation plus faibles en mode autocombustion	<p>Nettoyage périodique des goudrons nécessaire.</p> <p>Exploitation en mode autocombustion dans les seuls cas où la concentration de HAP dans les gaz résiduels est élevée.</p>

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

B. Production d'anodes

67. Les émissions de HAP provenant de la production d'anodes seront traitées par des techniques analogues à celles qui sont prévues pour la production de coke.

68. On recourt aux mesures secondaires ci-après pour réduire les émissions de poussières contaminées par les HAP:

- a) Précipitation électrostatique des goudrons;
- b) Combinaison d'un filtre à goudron électrostatique classique et d'un filtre électrique humide (technique plus efficace);
- c) Postcombustion thermique des gaz résiduels;
- d) Épuration par voie sèche à la chaux/coke de pétrole ou à l'alumine (Al_2O_3).

69. Les coûts d'exploitation en postcombustion peuvent être réduits si la concentration de composés carbonés dans les gaz résiduels est suffisamment élevée pour l'autocombustion. Le tableau 5 récapitule les mesures possibles de réduction des émissions de HAP liées à la production d'anodes.

C. Industrie de l'aluminium

70. L'aluminium est le produit de l'électrolyse de l'alumine (Al_2O_3) dans des cuves (cellules) montées en série. Selon le type de l'anode, on a affaire à des cuves à anodes précuites ou à des cuves Soederberg.

71. Les cuves à anodes précuites sont équipées d'anodes composées de blocs de carbone préalablement calciné, qui sont remplacées après consommation partielle. Les anodes Soederberg sont cuites dans la cuve même; elles sont constituées d'un mélange de coke de pétrole et de brai de goudron de houille faisant fonction de liant.

72. Le procédé Soederberg émet de très grandes quantités de HAP. A titre de mesures primaires, on peut moderniser les installations en service et optimiser les procédés, ce qui réduirait les émissions de 70 à 90 %. On pourrait alors atteindre un taux d'émission de 0,015 kg de benzo(a)pyrène/tonne d'aluminium. Le remplacement des anodes Soederberg par des anodes précuites, qui suppose cependant une refonte majeure des installations actuelles, permettrait d'éliminer quasi totalement les émissions de HAP. Toutefois, les dépenses d'investissement liées à une telle intervention sont très élevées.

73. Le tableau 6 récapitule les mesures qui peuvent être prises pour réduire les émissions de HAP provenant de la production d'aluminium.

74. D'après le document de référence de l'Union européenne (BREF) sur les métaux non ferreux, le niveau des émissions du HAP (total – OSPAR 11) pouvant être atteint est inférieur à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 6. Mesures possibles de réduction des émissions de HAP provenant de la production d'aluminium selon le procédé Soederberg

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
Remplacement des électrodes Soederberg par: <ul style="list-style-type: none"> - Des électrodes précuites (qui permettent d'éviter l'utilisation de liants à base de brai de goudron); - Des anodes inertes. 	3-30	Surcoût pour les électrodes: environ 800 millions de dollars É.-U.	Les électrodes Soederberg sont moins coûteuses que les électrodes précuites car leur utilisation ne nécessite pas d'installation de cuisson de l'anode. La recherche progresse mais les perspectives ne sont guère prometteuses. Un fonctionnement correct et la surveillance des rejets sont des éléments essentiels de la lutte contre les émissions. Un fonctionnement défectueux peut en effet être à l'origine d'importantes émissions diffuses.
Systèmes de pré cuisson fermés avec alimentation ponctuelle en aluminium et régulation efficace du processus; capots couvrant la totalité du bassin permettant une collecte efficace des polluants atmosphériques.	1-5		
Cuve Soederberg à goujons verticaux avec dispositifs de collecte des gaz résiduels.	> 10	Mise à niveau de la technique Soederberg par confinement et modification du point d'alimentation: 50 000 à 100 000 dollars É.-U. par four	Émissions diffuses lors de l'alimentation, de la rupture de la croûte et du relevage des goujons contact métalliques.
Technologie Sumitomo (briquettes anodes pour le procédé VSS).		Faibles à moyens	

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
Épuration des gaz: – Filtres à goudron électrostatiques; postcombustion thermique. – Combinaison de filtres à goudron électrostatiques traditionnels et de dispositifs électriques de nettoyage des gaz par voie humide; – Postcombustion thermique.	2-5 > 1	Faibles Moyens	Fréquence des étincelles et arcs électriques. Le nettoyage des gaz par voie humide produit des eaux résiduares.
Utilisation de brai avec point de fusion élevé (installations HSS + VSS).	Élevé	Faibles à moyens	
Épuration par voie sèche dans les installations HSS + VSS en service.	Élevé	Moyens à élevés	

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

D. Combustion dans les foyers domestiques

75. Les poêles et les foyers ouverts peuvent émettre des HAP, surtout lorsque l'on utilise du bois ou du charbon. Les ménages pourraient donc être une source importante d'émissions de HAP en raison des combustibles solides qu'ils brûlent dans les cheminées et les petits appareils de chauffe. Les poêles brûlant du charbon émettent moins de HAP que ceux marchant au bois, car le charbon est de qualité plus régulière et brûle à des températures plus élevées. C'est d'ailleurs la solution la plus répandue dans certains pays.

76. Il convient de signaler en outre qu'en optimisant les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de combustion (la vitesse de combustion, par exemple), il est possible de réduire considérablement les émissions de HAP. Cette optimisation inclut la conception de la chambre de combustion ainsi que l'apport d'air. Il existe plusieurs techniques permettant d'améliorer les conditions de combustion et de réduire les émissions, qui donnent des résultats assez différents en matière d'émissions. Avec une chaudière moderne à bois équipée d'une cuve à eau de récupération, qui représente la meilleure technique disponible, les émissions sont réduites de plus de 90 % par rapport à une chaudière ancienne non équipée d'une telle cuve. Une chaudière moderne comprend trois zones différentes: un foyer pour la gazéification du bois, une chambre de combustion du gaz garnie de matériaux céramiques ou autres, qui permet d'atteindre des températures de l'ordre de 1 000 °C, et une zone de convection. Cette dernière, où l'eau absorbe la chaleur des gaz, devrait être suffisamment longue et efficace pour que la température des fumées soit ramenée de 1 000 °C à 250 °C, voire moins. Il existe aussi d'autres techniques permettant de rééquiper les chaudières anciennes, notamment l'installation de cuves à eau de récupération, de garnissages céramiques ou de brûleurs de boulettes.

77. En optimisant la vitesse de combustion, on abaisse les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures totaux et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques. D'autre part, les limites fixées (par les règlements d'agrément par type) aux émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures totaux influent aussi sur les émissions de HAP. Lorsque les émissions de CO et d'hydrocarbures totaux sont faibles, celles de HAP le sont aussi. Comme la mesure des HAP est beaucoup plus coûteuse que celle du monoxyde de carbone, il est beaucoup plus économique de fixer des limites aux émissions de ce gaz, ainsi que des hydrocarbures totaux. Par exemple, quatre normes CEN¹ (EN 303-5; EN 13 229; EN 13 240 et EN 12 809) ont été publiées pour les chaudières à charbon ou à bois d'une puissance maximale de 300 kW (voir tableau 7). Ces normes fixent des valeurs maximales pour les émissions de CO, d'hydrocarbures totaux et de particules.

78. On peut réduire les émissions de poêles et chaudières de chauffage domestique fonctionnant au bois par les mesures primaires suivantes:

- a) Campagnes d'information et de sensibilisation du public sur la nécessité:
 - i) D'utiliser correctement les poêles et chaudières;
 - ii) De ne brûler que du bois non traité;

¹ Comité européen de normalisation.

iii) De préparer convenablement et sécher le bois de manière à en réduire la teneur en eau.

b) Programmes visant à inciter le public à remplacer les anciens poêles et chaudières par des appareils plus modernes.

79. Dans le cas des appareils nouveaux, les émissions de HAP pourraient être réduites par l'application des mesures secondaires suivantes:

a) Équipement des poêles et chaudières de dispositifs de réduction des émissions de poussières pour obtenir une réduction des émissions de particules;

b) Équipement des poêles et chaudières de dispositifs de réduction des émissions par l'oxydation des HAP;

i) Les techniques pouvant être utilisées pour réduire les émissions de particules sont par exemple des précipitateurs électrostatiques, des filtres céramiques, des filtres en tissu à filaments métalliques ou la mise à niveau du dispositif de postcombustion. Les coûts et les avantages écologiques résultant de l'application de ces techniques à de petites installations devront être évalués;

ii) Les techniques pouvant être utilisées pour brûler les HAP sont en partie la recirculation des gaz brûlés ou la mise en place de convertisseurs catalytiques oxydant les HAP. Les coûts et les avantages écologiques résultant de l'application de ces techniques à de petites installations devront être évalués.

80. Il existe des mesures de caractère plus général pour réduire les émissions de HAP, à savoir le développement des installations centrales desservant les ménages et les mesures permettant une économie d'énergie telles qu'une meilleure isolation thermique.

81. La possibilité de changer de combustible dépend des circonstances. En passant du bois ou du charbon au gaz naturel, on peut réduire les émissions de HAP provenant de la combustion dans les foyers domestiques.

82. Ces renseignements sur les mesures possibles sont récapitulés au tableau 7.

Tableau 7. Mesures possibles de réduction des émissions de HAP provenant de la combustion dans les foyers domestiques

Mesures	Niveau des émissions (%) ^a	Coûts estimatifs	Inconvénients/observations
Utilisation de charbon séché et de bois séché (c'est-à-dire de bois stocké pendant au moins 18 à 24 mois).	Efficacité élevée		
Utilisation de charbon séché.	Efficacité élevée		
Appareils de chauffage fonctionnant aux combustibles solides conçus de manière à favoriser une combustion complète par: <ul style="list-style-type: none"> – Une optimisation de la zone de gazéification; – Une combustion en enceinte à garnissage céramique; – Une zone de convection efficace. 	Moyens	Il faudra engager des négociations avec les fabricants afin d'introduire un système d'agrément des appareils.	
Installation d'une cuve à eau de récupération.	Efficacité élevée	Moyens	
Instructions techniques pour la bonne utilisation de l'appareil.	30-40	Faibles	Des campagnes actives d'éducation du consommateur, associées à des instructions pratiques et à une réglementation des types de poêle devraient aussi être utiles.
Programme d'information du public concernant l'utilisation des poêles à bois.			
Mesures secondaires pour la réduction des émissions de particules ou la combustion des HAP.	< 5 %	Moyens à élevés	Les coûts seront fonction de la taille des installations et de la réutilisation de la chaleur produite.

^a Émissions restantes par rapport aux émissions obtenues en l'absence de mesures de réduction.

E. Installations de préservation du bois

83. Le bois préservé avec des produits à base de goudron de houille contenant des HAP peut être une source importante d'émissions de HAP dans l'atmosphère. Les émissions peuvent se produire pendant le processus d'imprégnation lui-même ainsi que durant le stockage, la manipulation et l'utilisation du bois imprégné à l'air libre.

84. Les produits à base de goudron de houille contenant des HAP les plus utilisés sont le carbonyle et la créosote. Il s'agit dans les deux cas de distillats à base de goudron de houille contenant des HAP qui sont utilisés pour protéger le bois d'œuvre contre les agressions biologiques.

85. Il est possible de réduire les émissions de HAP provenant d'installations de préservation et d'installations de stockage du bois en utilisant plusieurs méthodes qui peuvent être soit appliquées séparément, soit combinées, par exemple:

a) Bonnes conditions de stockage afin de prévenir la pollution du sol et des eaux de surface par entraînement de HAP ou d'eaux de pluie contaminées (c'est-à-dire aménagement de sites de stockage imperméables à l'eau de pluie, de locaux couverts, réutilisation des eaux contaminées dans le processus d'imprégnation, normes de qualité de la production);

b) Mesures visant à réduire les émissions atmosphériques provenant des installations d'imprégnation. (On ramènera par exemple la température du bois chaud de 90 °C à 30 °C au moins avant de le transporter vers les sites de stockage. Toutefois, il faudrait préconiser, en tant que meilleure technique disponible, une autre méthode à la vapeur et sous vide pour imprégner le bois de créosote);

c) Recherche de la charge optimale en produit de préservation du bois, qui confère une protection suffisante au matériau traité *in situ* et qui peut être considérée comme la meilleure technique disponible dans la mesure où elle diminue les besoins de remplacement, réduisant par là même les émissions des installations de préservation du bois;

d) Utilisation de produits de préservation du bois contenant moins de HAP qui sont des POP:

i) Éventuellement en recourant à de la créosote modifiée qui est une fraction de distillation dont le point d'ébullition est situé entre 270 et 355 °C et qui réduit tant les émissions des HAP plus volatils que celles des HAP plus lourds et plus toxiques;

ii) En déconseillant l'emploi de carbonyle, ce qui permettrait aussi de réduire les émissions de HAP;

e) Évaluation puis utilisation, selon qu'il convient, de solutions de remplacement, comme celles qui sont indiquées au tableau 8 et qui réduisent au minimum la dépendance à l'égard de produits à base de HAP.

86. Le brûlage du bois imprégné donne lieu à des émissions de HAP et d'autres substances nocives. Si brûlage il y a, il devrait être effectué dans des installations disposant de techniques antipollution adéquates.

Tableau 8. Solutions possibles pour remplacer les méthodes de préservation du bois faisant appel à des produits à base de HAP

Mesures	Inconvénients
<p>Utilisation de matériaux de construction de remplacement:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bois dur produit dans des conditions écologiquement viables (renforts de berges, clôtures, barrières); – Matières plastiques (en horticulture); – Béton (traverses de voies ferrées); – Remplacement des constructions artificielles par des structures naturelles (renforts de berges, clôtures, etc.); – Utilisation de bois non traité. <p>Plusieurs autres techniques de préservation du bois ne comportant pas d'imprégnation à l'aide de produits à base de HAP sont à l'étude.</p>	<p>Autres problèmes écologiques à étudier:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Disponibilité de bois produit dans des conditions satisfaisantes; – Émissions dues à la production et à l'élimination de matières plastiques telles que le PVC.
