

Partie III Catégorie de source (c) :
Les sources de combustion résidentielles

Table des matières

VI. C Les sources de combustion résidentielle	4
Résumé.....	4
Introduction.....	4
1. Les rejets de produits chimiques inscrits à l'Annexe C de la Convention de Stockholm issus de la combustion domestique	5
1.1 Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles et de la biomasse	5
1.2. Les émissions issues de la combustion de mélanges de combustibles contaminés	7
2. Les meilleures techniques disponibles.....	9
2.1 Les combustibles et appareils : les principes généraux	10
2.2 Appareils de cuisine et de chauffage.....	10
3. Les meilleures pratiques environnementales	10
3.1 Les appareils de combustion et les problèmes possibles.....	10
3.2 Ventilation.....	12
3.3 Inspection et entretien	12
3.4 L'utilisation correcte des appareils et du combustible	13
3.5 Programmes d'éducation, de sensibilisation et de formation.....	14
3.6 La gestion résidentielle de la combustion	15
3.7 La gestion des émissions dans d'autres milieux.....	15
4 La mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et meilleures pratiques environnementales.....	15
Références.....	17

Tableaux

Tableau 1. Facteurs d'émissions de PCDD/PCDF pour la combustion de combustibles fossiles	6
Tableau 2. Les facteurs d'émission de PCDD/PCDF et PCB pour la combustion résidentielle.....	7
Table 3. PCDD/PCDF and PCB emission factors for different fuels	7
Tableau 4. Les facteurs d'émissions de PCDD/PCDF comparatifs de la combustion de bois propres et contaminés.	8
Tableau 5. Appareils de combustion et problèmes possibles.....	10
Tableau 6. Calendrier d'inspection et d'entretien	12
Tableau 7. Relation entre les facteurs d'émission des PCDD/PCDF par rapport au contenu en PVC dans les matériaux brûlés	14

Tableau 8. Barrières possibles et options pour une mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et meilleures pratiques environnementales pour les instruments de combustion domestique.....15

Encadrés

Encadré 1 Prise de conscience et éducation : études de cas.....14

VI.C Les sources de combustion résidentielles

Résumé

Cette section concerne la combustion du bois, du charbon, et du gaz, ainsi que d'autres matières organiques, utilisés principalement pour le chauffage résidentiel et la cuisine. La combustion a lieu dans des fours ou foyers alimentés manuellement ou, dans le cadre de plus grands systèmes de chauffage central, dans des installations à combustion automatisée. Des études ont démontré que des concentrations significatives de substances listées dans l'Annexe de la Convention de Stockholm sont rejetées par des sources de combustion domestiques. Les quantités de produits chimiques rejetés dépendent surtout du type de combustible utilisé (les déchets ménagers, les bois flottants imprégnés de sel, et les bois traités sont des sources importantes de PCDD/PCDF) de même que l'efficacité de la combustion. L'efficacité de la combustion dépend de la température de la combustion, de la manière dont les gaz sont mélangés, du temps de résidence, d'un apport suffisant en oxygène et des caractéristiques du combustible. Vu leur grand nombre, les dispositifs de combustion résidentiels ont une forte influence sur les rejets globaux des substances inscrites dans l'Annexe C.

L'utilisation d'une combustion efficace de combustibles propres et non traités pour la cuisson et le chauffage est d'une importance primordiale pour la réduction et le rejet des produits chimiques inscrits à l'Annexe C. Des stratégies visant à réduire les rejets des substances inscrites à l'Annexe C de sources de combustion résidentielles comprennent : l'éducation du public, des programmes de sensibilisation et de formation portant sur l'utilisation correcte des appareils, sur l'emploi de combustibles appropriés, et sur les impacts sur la santé des combustions résidentielles non contrôlées. Les techniques de réduction d'émissions utilisées couramment dans un milieu industriel ne sont généralement pas disponibles pour les appareils domestiques plus petits utilisés pour le chauffage et dans la cuisine. Cependant, l'utilisation de fourneaux bien conçus et manipulés correctement peut être un moyen efficace pour réduire les émissions de substances inscrites à l'Annexe C, avec l'avantage notable d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur de l'habitat.

Les meilleures techniques disponibles comprennent l'utilisation de brûleurs à faible émission avec des conduits d'évacuation, ainsi que l'emploi de bois sec et bien vieilli. Dans les pays ou régions où ces combustibles et dispositifs ne sont pas disponibles, les meilleures technologies disponibles et les meilleures pratiques environnementales pour la combustion résidentielle comprennent une bonne séparation des déchets domestiques et des combustibles afin d'éviter qu'on ne brûle de tels déchets dans les appareils de chauffage et de cuisson. Dans tous les pays, il faut éviter l'utilisation de bois traité et de bois flottant imprégné de sel, de même que l'utilisation de plastiques pour allumer le feu ou comme combustible.

Il est courant, et c'est une pratique importante dans tous les pays du monde de cuisiner et de chauffer au bois. Toute action visant à réduire les substances inscrites à l'Annexe C devra tenir compte des facteurs sociaux, culturels et économiques. Des exemples concrets venant de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande sont fournis pour illustrer ce point.

Introduction

Comme la biomasse est facilement accessible et peu coûteuse, elle est largement utilisée comme source d'énergie par les groupes sociaux à faible revenu. Dans les pays en voie de développement, 75–80% de la population sont dépendants du bois et des déchets à base de biomasse, pour faire la cuisine et pour chauffer l'habitat. En outre, on ne s'attend pas à ce que cette dépendance diminue de manière

significative pendant un siècle au moins, et certaines études suggèrent que cette tendance pourrait croître. Dans la plupart des cas, on utilise des déchets de biomasse provenant de l'agriculture et des forêts, mais dans certaines régions du monde la demande provenant du secteur de l'énergie domestique a créé une grave pression sur les ressources forestières (Karve 2000).

Les fourneaux, utilisant de la biomasse, sont généralement de nature assez simple. Dans la plupart des cas ce sont des structures assez grossières faites de trois briques (des feux ouverts). Il n'y a pas de cheminée pour la ventilation de la fumée et de la suie, ce qui signifie que toute émission est inhalée directement par les personnes dans le voisinage du fourneau. La pollution interne de l'air (suies et fumées) produite par une combustion incomplète des combustibles à base de biomasse représente un problème majeur de santé publique. Des études effectuées au cours des deux dernières décennies ont démontré que la mauvaise qualité de l'air d'intérieur est l'un des facteurs principaux contribuant à la mort, à des maladies respiratoires et à la mauvaise santé des femmes et des enfants dans les zones rurales des pays en voie de développement, et parmi les classes sociales à faible revenu. En Inde, par exemple, 1,5% du taux de mortalité des femmes est attribué à des maladies chroniques du système respiratoire.

L'incidence de la cécité et de la tuberculose est plus importante parmi les femmes qui utilisent des fours traditionnels que parmi tout autre groupe de la population. Plusieurs études récentes ont montré qu'il existe une corrélation directe entre la mort et les maladies des nourrissons et des enfants, et l'utilisation de bois et de biomasse comme combustible dans la maison. (Des préoccupations au sujet de la relation entre la cuisson et le chauffage dans les pays en voie de développement, la qualité de l'air dans les maisons et la santé publique a conduit, en 2003, à l'établissement du Partenariat Mondial pour l'Air Interne Propre (Global Partnership for Clean Indoor Air ; <http://www.pciaonline.org/> en novembre 2006), qui soutient le développement de technologies propres et à prix accessibles d'appareils domestiques destinés au chauffage et à la cuisson). En plus, les déchets ménagers sont utilisés comme source de combustibles pour la cuisson et le chauffage, et cela peut contribuer à la formation et au rejet de substances inscrites à l'Annexe C générées par la combustion domestique.

1. Les rejets de produits chimiques inscrits à l'Annexe C de la Convention de Stockholm issus de la combustion résidentielle

1.1 Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles et de la biomasse

Pour le chauffage domestique et la cuisson, il existe une large gamme d'appareils allant de petits fours et foyer à fond ouvert, à de grands fours et poêles à bois, hautement sophistiqués. Etant donné que les pays utilisent des termes différents (par exemple, four, poêle, cuisinière, etc.) on utilisera ici le mot *brûleur* comme désignation générique lorsque cela se justifie.

Les combustibles fossiles sont largement utilisés pour le chauffage domestique, en particulier dans les pays développés et dans les pays en voie de transition. Le charbon, l'huile (légère) et le gaz (naturel) sont les principaux types de combustibles utilisés pour le chauffage domestique.

Le combustible fossile est brûlé dans des appareils qui vont de petits fourneaux alimentés manuellement jusqu'aux grandes chaudières utilisées pour la génération de chaleur dans les grands ensembles résidentiels. La production de chaleur est optimisée quand ces appareils sont bien manipulés et entretenus. On utilise généralement deux types de systèmes de chauffage qui se distinguent par la manière dont la chaleur est transportée et libérée. Les systèmes dits à *chauffage central* qui utilisent de l'huile ou du gaz comme combustible, utilisent un grand dispositif pour chauffer l'eau ou l'air, qu'on fait ensuite circuler dans le bâtiment pour libérer la chaleur dans de nombreux radiateurs ou canalisations décentralisés. Ces systèmes modernes sont normalement très efficaces et assurent une combustion propre, ne laissant que peu, voire aucun résidu à éliminer.

Le second type de système de chauffage utilise le plus souvent des combustibles solides (charbons) et consiste en un ensemble de fourneaux individuels qui sont placés dans chaque pièce du bâtiment ou à

l'intérieur des murs pour fournir un accès direct à plusieurs chambres en même temps. Ces fourneaux sont normalement de petits poêles mais le système permet à l'air de circuler à l'intérieur et autour de l'appareil. De tels systèmes sont normalement plus anciens, moins efficaces et donnent une combustion moins propre ; ils peuvent aussi amener à la formation de cendres résiduelles à cause de la présence de matériaux non organiques dans le combustible, qui doivent être éliminées. Certains de ces appareils peuvent utiliser de l'huile comme combustible.

Des dibenzo-*p*-dioxines polychlorés (PCDD) et dibenzofuranes polychlorés (PCDF) peuvent être formés dans le cas d'une combustion incomplète ; ils sont rejetés principalement dans l'air. Dans le cas du charbon, les résidus peuvent aussi représenter un vecteur de rejet. Des facteurs d'émissions dérivés d'études en Europe sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Facteurs d'émissions de PCDD/PCDF pour la combustion de combustibles fossiles

Type d'appareil	Facteurs d'émission: µg TEQ/TJ de combustible fossile brûlé vers l'air ^a	Concentration ng TEQ/ kg de résidu de cendres
Fours à charbon à haute teneur en chlore	15'000	30'000
Fours au charbon	100	5'000
Fours à huile	10	NA
Fours au gaz naturel	1,5	NA

NA Non-disponible.

a. TJ = térajoule = 1×10^{12} joules.

Source : PNUE 2005.

Biomasse est un terme utilisé pour décrire des matières organiques naturelles telles que bois, paille, coquilles de noix de coco, vannures, déjections d'animaux, etc. utilisées comme combustible pour le chauffage et la cuisson domestique. En général, il existe des variations importantes concernant les facteurs d'émissions estimés pour la combustion domestique. Ce qui suit est un résumé des données disponibles au moment de la publication, classées par groupe de combustibles et de technologies.

Des tests sur les émissions PCDD/PCDF issues des installations du chauffage domestique ont été effectués en Autriche (Thanner and Moche 2002). Cette évaluation a concerné les émissions provenant de trois types différents de fours à combustible solide. Les appareils utilisés pour les expériences étaient un nouveau four à bas prix convenant à tout combustible solide, un fourneau en fonte pour brûler le coke, vieux d'environ 20 ans et un fourneau en fonte d'environ 10 ans. Les mesures ont été faites pour le charbon aussi bien que pour le coke et le bois ; tous les combustibles étaient de qualité commerciale. Les échantillons ont été prélevés pendant tout le cycle de chauffe, en commençant par la mise à feu et finissant lorsque le feu était éteint. Les fumées étaient analysées pour les PCDD/PCDF et les PCB ; les cendres et la suie de cheminée étaient échantillonnées après la fin de chaque cycle de chauffe et analysées pour les PCDD/PCDF et les PCB. Les facteurs d'émission sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Seule une petite partie des PCDD/PCDF et PCB formés pendant la combustion du bois et combustibles fossiles était retrouvée dans les cendres et dans les suies de cheminée; plus de 90% de ces polluants étaient présents dans les sous-produits gazeux et sous forme d'aérosol. Le reste était concentré dans la suie tandis que les cendres ne contenaient que des quantités insignifiantes.

Des mesures faites dans des conditions réelles avec des appareils fonctionnant dans des conditions normales (c'est-à-dire, réalistes) peuvent montrer des variations bien supérieures que dans le cas d'utilisation du même type de fourneau et le même type de combustible. Des concentrations de PCDD/PCDF allant de 0,09 à 9,0 ng I-TEQ/MJ ont été relevées lors d'un projet couvrant sept appareils de chauffage au bois, mené par un institut privé.

Tableau 2. Les facteurs d'émission des PCDD/PCDF et PCB pour la combustion résidentielle

Combustible	PCDD/PCDF TEQ (I-TEF)	PCDD/PCDF TEQ (OMS)	PCB TEQ (OMS)
	ng/Nm ³ (0% O ₂) ^{as}	ng/Nm ³ (0% O ₂)	ng/Nm ³ (0% O ₂)
Bois	0,1–2,0	0,1–2,0	0,01–0,08
Charbon	7,5–38,7	8,0–41,8	1,7–2,4
Coke	0,9–4,4	0,9–4,6	0,03–0,2

Source : Thanner and Moche 2002.

a. 1 ng (nanogramme) = 1×10^{-12} kilogramme (1×10^{-9} g); Nm³ = mètre cube normal, volume de gaz sec mesuré à 0° C et 101,3 kPa.

Tableau 3 Les facteurs d'émissions des PCDD/PCDF et de PCB pour différents combustibles

Combustible		PCDD/PCDF	PCB	
		I-TEQ ng/MJ ^a	TEQ-OMS ng/MJ	Σ Ballschmiter* ng/MJ
Bois	Médiane moyenne	n=8	n=3	n=3
		0,27	0,01	65,2
		0,32	0,01	50,3
Charbon	Médiane moyenne	n=8	N=2	n=2
		8,80	0,51	64,0
		7,74	0,1	64,0
Coke	Médiane moyenne	n=4	N=4	n=4
		1,53	0,06	82,0
		1,7	0,06	81,1

* Source : Thanner and Moche 2002.

a.MJ : megajoule= 1×10^6 joule

1.2. Emissions issues de la combustion de combustibles mélangés et contaminés

Selon l'Inventaire Européen des Emissions, la combustion du bois est aujourd'hui l'une des sources d'émission vers l'air de PCDD/PCDF les plus importantes (Berdowski *et al.* 1997). Bien qu'une attention particulière ait été portée à la combustion du bois, il faut noter que le matériau brûlé peut souvent contenir non seulement du bois naturel, mais aussi des déchets de bois imprégné et traité avec divers composés chimiques comprenant des composés organochlorés. Les résidus de bois (déchets et industriels) contiennent souvent divers types de contaminants (arsenate de cuivre au chrome, pentachlorophénole, créosote, adhésifs, résines, peintures et autres revêtements). Il est aussi pratique courant d'utiliser tout matériau qui brûle, y compris les déchets, comme combustible (par ex. textiles, gommages, plastiques, matières imprimées, matériaux d'emballage, huiles usagées, etc.).

Des facteurs d'émission comparatifs dérivés d'études effectuées dans divers pays européens sur la combustion de bois traités par rapport à des bois non-traités sont présentés dans le Tableau 4. Les facteurs d'émission pour les rejets par les résidus sont donnés sur la base des concentrations mesurées dans les cendres et ne sont pas reliés au pouvoir calorifique du combustible.

Tableau 4. Les facteurs d'émissions de PCDD/PCDF comparatifs de la combustion de bois propres et contaminés.

Type d'équipement	Facteurs d'émission : µg TEQ/TJ de biomasse brûlée dans l'air ^a	Concentration : ng TEQ/ kg résidus de cendres
Fours brûlant bois contaminé/biomasse	1'500	1'000
Fours brûlant bois vierge/ biomasse	100	10

a. TJ = térajoule = 1×10^{12} joule.

Source : PNUE 2005.

Des études ont été effectuées aux Etats-Unis sur la combustion domestique du bois pour voir si une formation de PCDD/PCDF avait lieu (Lavric, Konnov and De Ruyck 2004). Des évaluations ont été faites des échantillons de suie pris dans les cheminées de poêles à bois dans les régions du centre, de l'est et de l'ouest des Etats Unis. La moyenne des émissions totales de PCDD/PCDF dans les dépôts de cheminée était de 8,3 ng/kg dans la région de l'est, de 42,1 ng/kg dans la région du centre, et de 10 ng/kg dans l'ouest. Cette grande variabilité a été attribuée à des différences de conception des différentes unités et des contaminations du combustible bois.

Des concentrations mesurables de tetrachlorodibenzo-*p*-dioxines (TCDD) ont été trouvées dans la suie de cheminée et dans les cendres résiduelles des poêles à bois et des feux de cheminée. Des dépôts dans les cheminées venant de la combustion domestique du bois ont accusé des profils de congénères de PCDD/PCDF similaires à ceux trouvés dans les gaz de combustion des incinérateurs de déchets municipaux. Ceci indique que le bois utilisé dans des appareils domestiques de combustion pourrait être hautement contaminé, et que des matériaux inappropriés, tels les plastiques, pourraient aussi être utilisés comme sources de combustible.

De la suie provenant de deux poêles à bois en Colombie-Britannique, Canada, a été analysée pour la présence de PCDD. La suie provenant d'un poêle à bois brûlant du bois imprégné de sel dans une région côtière contenait des concentrations en PCDD de 20 à 90 fois plus élevées que des échantillons provenant de poêles des régions plus loin de la côte. La concentration de PCDD dans les cendres volantes augmentait proportionnellement à la concentration en chlore (venant de l'eau de mer).

Selon des analyses chimiques faites en Pologne, les sources résidentielles peuvent émettre des gaz de combustion contenant des concentrations de PCB environ 3 fois plus élevées qu'à partir de sources industrielles (à l'exclusion des industries manufacturières), des concentrations environ 2 fois plus élevées en hexachlorobenzène (HCB) et des concentrations environ 25 fois plus élevées en PCDD/PCDF. La raison principale de ces concentrations élevées de PCDD/PCDF, PCB et HCB est la co-combustion de déchets domestiques avec du charbon ou du bois, souvent dans des poêles de cuisine ou des chaudières de chauffage (Lassen *et al.* 2002, 2003).

La co-combustion du bois ou du charbon avec des déchets domestiques a lieu dans les zones rurales et dans les banlieues qui sont proches des forêts, dans des maisons secondaires et aussi dans des zones résidentielles. Des statistiques publiques donnent un chiffre de 95'000 TJ pour la combustion combinée de bois et de tourbe. La contribution de cette dernière était estimée faible. Selon des estimations faites par des experts, environ 15% de la quantité totale du bois ou charbon brûlé est remplacée par des déchets domestiques. La quantité totale de combustible contaminé est estimée à 9'500–19'000 TJ. Les concentrations en PCDD/PCDF dans les gaz de combustion des cheminées en Pologne, où les déchets

domestiques sont co-incinérés, variaient beaucoup, de 0,32 à 77 ng I-TEQ/Nm³. Les facteurs d'émission provenant de l'antracite variaient de 7 à 570 µg TEQ/Mg. Les émissions totales de PCDD/PCDF en Pologne provenant de sources résidentielles ont été estimées entre 30 et 85 g de I-TEQ. Le profil de la distribution en poids des congénères des PCDD/PCDF dans les gaz de cheminée était similaire à ce qui a été trouvé dans les gaz de combustion des incinérateurs de déchets.

Il n'y a que peu de contrôle des émissions des sources résidentielles. La plupart des poêles et foyers de chauffe fonctionnent avec des niveaux d'oxygène trop faibles et avec peu de turbulence dans les gaz qui brûlent (à cause d'une surcharge ou de l'utilisation de morceaux de bois trop grands). Dans de telles circonstances la combustion libère non seulement des polluants gazeux mais aussi des polluants solides contenant des PCDD/PCDF, ce qui constitue les rejets vers les sols.

2. Les meilleures techniques disponibles

Il est très important d'assurer une combustion de haute qualité et efficace dans les appareils de chauffe et de cuisine afin de réduire la formation et le rejet des substances chimiques inscrites à l'Annexe C. Pour les brûleurs fermés, ceci dépend principalement de la température dans la chambre de combustion, de la turbulence des gaz qui brûlent, de l'excès d'oxygène et du type de combustible utilisé. Ces paramètres sont conditionnés par divers facteurs tels que :

- la technologie de combustion (par ex., conception de la chambre de combustion, technologie de contrôle du procédé) ;
- les conditions opératoires (par ex. le rapport entre l'air primaire et secondaire, distribution des buses d'entrée d'air) ;
- les conditions de charge (charge totale ou partielle) ;
- les caractéristiques du combustible (forme, répartition des tailles des morceaux, teneur en humidité).

Toute recommandation qui pourrait être faite au sujet des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales pour les appareils utilisant de la biomasse ou du bois devra prendre en considération le fait que la dépendance de combustibles biomasse pour la cuisine et pour le chauffage persistera pendant plusieurs années dans les communautés à faible revenu et rurales. La mise en oeuvre des directives relatives à de tels appareils dépendra d'une gamme de circonstances, dont des facteurs socio-économiques. Les pays, comme partie de la mise en oeuvre de leur plan national, devraient entreprendre des évaluations pour déterminer les conséquences possibles socio-économiques de l'application de nouveaux standards ou de nouvelles législations.

Le remplacement de poêles mal conçus par des poêles améliorés qui brûlent le combustible de manière plus efficace serait une stratégie efficace pour réduire les rejets de substances chimiques inscrites à l'Annexe C, et ceci aura l'avantage supplémentaire d'améliorer la qualité de l'air d'intérieur. De plus, certaines études indiquent que ces modèles améliorés peuvent faire gagner de 50–80% en combustible par rapport aux modèles traditionnels. Des conceptions optimales pour des poêles améliorés peuvent économiser du combustible, réduire la pollution de l'air, être faciles à fabriquer, à installer et à opérer, et être d'un prix abordable pour les utilisateurs ruraux. De tels modèles peuvent améliorer la sécurité en réduisant l'exposition directe aux flammes et à la chaleur, et peuvent participer à la création d'emplois de par leur fabrication, leur vente et leur entretien.

Les conceptions de poêles améliorés devraient prendre en considération les besoins et les préoccupations des utilisateurs. Par exemple, des études ont montré que les utilisateurs de modèles améliorés sont préoccupés par les combustibles et les économies de combustible, les émissions polluantes, le coût, le temps de cuisson, la facilité de faire fonctionner et d'entretenir les poêles, l'adaptabilité vis-à-vis d'ustensiles de cuisine existantes, les pratiques pour les combustibles et pour cuisiner, la facilité d'allumage et le contrôle du niveau de chauffe, et la sécurité opérationnelle. Des efforts pour développer

des poêles améliorés doivent prendre en considération les aspects sociaux, culturels, scientifiques, économiques, ergonomiques et de santé.

2.1 Combustibles et appareils: principes généraux

Les meilleures techniques disponibles comprennent des brûleurs à faible émission avec des conduits pour les gaz et l'utilisation de bois sec, bien vieilli. Pour les pays qui n'ont pas d'exigence de réduction en gaz à effet de serre, l'utilisation de combustibles plus propres tels que du GPL, du gaz naturel, de l'huile et du kérosène peuvent aussi être appropriés bien que cela exige des équipements adaptés à ces combustibles.

Pour les pays ou régions où ces combustibles et appareils ne sont pas disponibles, les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales pour les sources de combustion résidentielle comprennent une bonne séparation des déchets ménagers et des combustibles utilisés dans les appareils, afin d'éviter que l'on ne brûle les déchets ménagers dans les appareils de cuisson et de chauffage. Dans tous les pays, l'utilisation de bois traité ou de bois chargé d'eau de mer ainsi que l'utilisation de plastiques comme combustible d'allumage ou comme combustible devraient être évitées.

Des mesures pour contrôler les émissions dans les gaz produits sont souhaitables mais non couramment reconnues pour les feux domestiques et les appareils de cuisson. De grands systèmes, comparables à ceux utilisés pour les procédés industriels, devraient être équipés avec des cyclones ou des filtres en tissu. Il est noté que des convertisseurs catalytiques sont disponibles dans quelques pays mais ne sont pas employés de manière routinière.

2.2 Appareils de cuisine et de chauffage

Dans le cas de poêles et de fours individuels, les émissions peuvent être réduites en utilisant des éléments optimisés de chauffage. Différents types sont disponibles, selon les pays en fonction des standards techniques généraux, le contexte social, culturel et économique, ainsi que les conditions climatiques.

Les technologies optimisées de combustion devraient avoir les caractéristiques suivantes :

- un bon niveau de mélange des gaz et de l'air (turbulence ou mélange élevés) ;
- un temps de résidence suffisant dans la zone chaude ;
- une perturbation minimale de la couche en feu, et une répartition homogène de l'air primaire ;
- un temps de résidence minimal dans la gamme de températures entre 180°C et 500° C et une capacité de déposition minimale des poussières ;
- la cheminée des fumées devrait toujours être maintenue propre et libre de suie en assurant une combustion complète et un nettoyage régulier (au moins une fois par an).

3. Les meilleures pratiques environnementales

3.1 Les appareils de combustion et les problèmes possibles

Le tableau 5 identifie quelques problèmes typiques qui peuvent mener à un rejet de polluants. Beaucoup de ces problèmes sont difficiles à identifier par un propriétaire. Cette information devrait être fournie par le fabricant ou le revendeur au point de vente de ces appareils. La sensibilisation du public par les médias peut aussi être un bon moyen de dissémination d'information.

Tableau 5. Appareils de combustion et problèmes possibles

Appareils	Combustible	Problèmes typiques possibles
-----------	-------------	------------------------------

Appareils	Combustible	Problèmes typiques possibles
Chauffages centraux Chauffeurs de pièce Cheminées	Gaz naturel ou gaz de pétrole liquéfié	Echangeur de chaleur fissuré Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Conduit de cheminée défectueux/bloqué Brûleur mal réglé
Chauffages centraux	Mazout	Echangeur de chaleur fissuré Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Conduit de cheminée défectueux/bloqué Brûleur mal réglé
Chauffages centraux Chauffages de pièces	Bois	Echangeur de chaleur fissuré Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Conduit de cheminée défectueux/bloqué Bois vert ou traité
Chauffages centraux Poêles	Charbon	Echangeur de chaleur fissuré Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Grille défectueuse Conduit de cheminée défectueux/bloqué Charbon de mauvaise qualité Combustible à haut contenu en humidité
Fourneaux de cuisine Fours	Gaz naturel ou GPL	Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Brûleur mal réglé Mauvaise utilisation comme chauffage de pièce
Chauffages de pièces Chauffages centraux	Kérosène	Réglage mal fait Combustible inadapté (pas K-1) Mauvaise mèche ou longueur de mèche Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement
Poêles Cheminées	Bois Charbon	Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement Conduit de cheminée défectueux/bloqué Bois vert ou traité Echangeur de chaleur ou fond du foyer fissuré Combustible non approprié, tel que déchet ménagé
Chaudières d'eau	Gaz naturel ou GPL	Insuffisance d'air pour brûler le combustible correctement

Appareils	Combustible	Problèmes typiques possibles
		Conduit de cheminée défectueux/bloqué Brûleur mal réglé

Source : CPSC 2004.

3.2 Ventilation

Afin de réduire la pollution de l'air à l'intérieur, les flux d'air entrant et sortant sont très importants, aidant à réduire les niveaux de concentration de polluants nuisibles à l'intérieur en les entraînant par la cheminée, le tuyau de poêle, ou les conduits vers l'extérieur. Ceci contribue aussi à un apport d'air pour une bonne combustion, réduisant ainsi les niveaux des polluants.

La ventilation peut être améliorée :

- En utilisant une hotte de ventilation au dessus des poêles pour faciliter la ventilation ;
- En assurant un débit d'air suffisant entrant dans l'habitation lorsqu'on utilise un ventilateur aspirant (par ex. en ouvrant à peine une fenêtre ou porte, en particulier si d'autres appareils sont en marche) ;
- En maintenant une pression d'air dans la maison, plus élevée que celle de l'extérieur, ceci permettant un bon fonctionnement de la plupart des appareils de combustion et de leur système de tirage d'air. Si ceci n'est pas fait, les appareils ouverts pourraient rejeter les polluants de la combustion dans la maison plutôt que vers l'extérieur ;
- En assurant que le conduit de l'appareil ventilé est bien rattaché et que rien ne le bloque, et qu'il n'y a pas de trous ou de fissure dans les raccords de ventilation ;
- En ouvrant le poêle ou le clapet de cheminée quand on rajoute du bois, ceci permettant davantage d'air à entrer dans l'appareil. Plus d'air favorise une bonne combustion du bois et empêche les polluants de revenir dans l'habitation au lieu de partir par la cheminée. De la fumée visible et une odeur constante de fumée dans l'habitation dans le cas d'un poêle à bois, sont des signes que le poêle ne fonctionne pas correctement, comme l'est le dépôt de suie sur les meubles d'une pièce où le poêle est en marche. La fumée et la suie sont des signes que le poêle libère des polluants vers l'air de l'intérieur.

Les appareils de chauffe ou les poêles non ventilés ne devraient jamais être utilisés dans des pièces où dorment des gens ; il peut en résulter une exposition à des concentrations de monoxyde de carbone dangereuses ou mortelles.

3.3 Inspection et entretien

Les appareils de combustion devraient être inspectés et entretenus de manière régulière (Tableau 6) afin de réduire l'exposition aux polluants. Il est important de nettoyer les cheminées et ventilations, en particulier lorsque l'on change le système de chauffage.

Tableau 6. Calendrier d'inspection et d'entretien

Appareil	Inspection		Entretien	
	Tâches	Fréquence	Tâches	Fréquence
Dispositif de chauffage au gaz avec air chaud	Filtres à air : nettoyer/changer le filtre Vérifier les conduits pour corrosion et suie	Mensuelle en fonction des besoins Annuellement	Personnel qualifié pour vérification/nettoyage des cheminées, nettoyer/régler les brûleurs, vérifier	Annuellement (au début de la saison de chauffage)

			échangeur de chaleur et fonctionnement	
Système de chauffage gaz-mazout, eau-vapeur et chaudières d'eau	Vérifier les conduits pour la corrosion et la suie	Annuellement	Personnel qualifié pour vérification/nettoyage des cheminées, nettoyage chambre de combustion, réglage des brûleurs, et fonctionnement qualifié, nettoyer chambre de combustion, régler le brûleur, vérifier le fonctionnement	Annuellement, au début de la saison de chauffe
Chauffage d'espaces au kérosène	Vérifier que le manchon est bien fixé Vérifier l'absence d'eau et d'autres contaminants dans le réservoir de combustible	Chaque jour pendant le fonctionnement Tous les jours ou avant remplissage	Vérifier et remplacer la mèche Nettoyer la chambre de combustion Vidanger le réservoir de combustible	Annuellement (au début de la saison de chauffe) Annuellement (au début de la saison de chauffe) Annuellement (à la fin de la saison de chauffe)
Poêles bois/charbon et chaudières et fours résidentiels	Vérifier les conduits pour corrosion et suie	Mensuellement	Personnel qualifié pour vérifier/nettoyer la cheminée, vérifier les lignes de soudures et joints, vérifier le fonctionnement	Annuellement (au début de la saison de chauffe)

Source : CPSC 2004.

3.4 L'utilisation correcte des appareils et du combustible

Il est important de comprendre et de suivre les instructions de fonctionnement pour tous les appareils ainsi que d'utiliser le type de combustible conseillé.

On devrait utiliser des bois durs séchés à l'air, dans la mesure où ils sont disponibles, plutôt que des bois résineux dans les poêles et foyers. Les bois durs brûlent de manière plus chaude et forment moins de créosote (un goudron huileux et noir qui colle aux cheminées et aux conduits, présentant un risque de feu).

Les bois verts ou mouillés, ainsi que ceux chargés en sel, devraient être totalement évités. La raison en est que les bois verts et/ou mouillés brûlent de manière moins efficace et peuvent mener à des émissions plus fortes de PCDD/PCDF. Des études comparatives sur du bois venant de régions côtières, par rapport à des régions de l'intérieur, ont mis en évidence le fait que les bois chargés de sel de mer accusent une teneur plus élevée en chlore avec donc des émissions plus élevées en PCDD/PCDF lorsqu'ils brûlent (voir aussi section 1.2).

Les déchets de bois peints ou des bois traités avec des agents préservatifs ne devront jamais être brûlés, car ils pourraient relâcher des polluants hautement toxiques, y compris des substances chimiques inscrites à l'Annexe C.

Il est important d'éviter des charges de bois avec des teneurs élevées en chlore et/ou brome, que ce soit sous forme inorganique, ou sous forme de substances organochlorées telles que le PVC (Lemieux *et al.* 2003). La co-combustion de déchets est cependant une pratique courante dans des dispositifs de chauffe à combustible solide. Cette pratique devrait être fortement découragée à travers les mesures politiques ainsi que des campagnes de sensibilisation du grand public (voir sous-sections 3.5 ci-dessous). Plusieurs études ont démontré que la combustion de déchets contenant du chlore tels que le PVC, mène à une formation accrue de polluants organiques persistants, comme il est indiqué au Tableau 7 (Gullett *et al.* 1999). Une réglementation définissant des combustibles standard pourrait être mise en œuvre. Ceci est aussi valable pour des combustibles comme le bois traité, les huiles usagées, l'huile de transformateur, les plastiques et d'autres déchets combustibles.

Tableau 7. Relation entre les facteurs d'émission des PCDD/PCDF et le contenu en PVC dans les matériaux brûlés

Contenu en PVC [%]	0	0,2	1	7,5
Facteur moyen d'émission en I-TEQ/kg [ng]	14	80	200	4'900
Gamme des mesures I-TEQ/kg [ng]	2 - 28	9 - 150	180 - 240	3'500 – 6'700

Gullett *et al.* 1999

3.5 Programmes d'éducation, de sensibilisation et de formation

Typiquement, les émissions dues à d'autres polluants (telles que les particules fines ou le monoxyde de carbone) mènent à des efforts réglementaires pour améliorer les émissions venant de la combustion résidentielle. L'éducation, la prise de conscience et des programmes de formation en vue d'améliorer la compréhension des meilleures pratiques liées aux composés chimiques énumérés dans l'Annexe C devraient être un élément majeur de tels efforts (voir les études de cas d'étude dans l'Encadré I joint à cette section).

Tous programme d'éducation et de sensibilisation sera développé au mieux en collaboration avec les communautés locales pour assurer qu'il soit spécifique et utile. Les composants-clefs de programmes efficaces comprennent :

- L'éducation et la sensibilisation du public sur l'utilisation appropriée des combustibles. Les facteurs critiques à inclure sont :
 - L'utilisation de bois sec, ce qui réduira les rejets de PCDD/PCDF et peut aussi fournir jusqu'à 40% de chaleur en plus ;
 - L'emploi de combustibles brûlant plus proprement, tels que le gaz naturel, pour réduire les rejets de substances chimiques inscrites à l'Annexe C ;
 - Le danger potentiel de brûler des déchets domestiques dans ces appareils ;
 - Un fonctionnement efficace des appareils pour assurer une combustion complète du combustible.
- Une information simple, facile à comprendre, sur les effets des composés chimiques énumérés à l'Annexe C sur la santé humaine et sur l'environnement, et sur l'importance des rejets issus des sources résidentielles ;

- Des programmes pour ceux qui vendent et ceux qui achètent et travaillent avec les appareils de combustion, en soulignant les problématiques soulevées par les sous-sections 3.1 à 3.4.

3.6 La gestion de la combustion résidentielle

Une combustion complète du combustible est importante pour assurer des émissions réduites et pour obtenir une opération performante de l'appareil. Ceci peut se faire en assurant :

- Une température suffisante de combustion ;
- Un débit d'air suffisant pour fournir assez d'oxygène pour la combustion ;
- Un effort pour éviter une surcharge de combustible (pas plus que le feu ne peut brûler de manière efficace) ;
- Un mélange suffisant de l'air et des gaz chauds produits par le feu.

Des mesures spécifiques pour atteindre les buts recherchés telles que :

- Un combustible de bonne qualité et sec ;
- Une récolte de bois suivi d'un bon vieillissement pour assurer qu'il sera sec au moment de le brûler ;
- Le maintien d'un débit suffisant d'air (par ex. éviter que l'air entrant soit bloqué par des morceaux de bois) ;
- Suffisamment de place dans le foyer pour optimiser le débit d'air.

3.7 La gestion des émissions vers d'autres milieux

L'émission principale de composés chimiques énumérés dans l'Annexe C, venant de la combustion résidentielle, se fait dans l'air. Des cendres et de la suie sont aussi rejetées, et lorsque qu'elles proviennent de la combustion de bois propre ou de biomasse, contiennent typiquement de faibles quantités des composés chimiques inscrits à l'Annexe C. De petites quantités de cendres peuvent être utilisées sans risque comme engrais, tant qu'elles ne sont pas épandues au même endroit de manière régulière. Les plus grandes quantités devraient être éliminées dans une décharge sanitaire.

4 Mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales.

Dans la plupart des cas, les utilisateurs de dispositifs améliorés de combustion auront une compréhension minimale ou nulle des effets néfastes sur la santé et l'environnement des composés chimiques inscrits à l'Annexe C. Un accroissement de la prise de conscience de ces problèmes peut aider à encourager une utilisation efficace de ces appareils, et aussi à éviter des pratiques telles que l'utilisation des déchets ménagers comme combustible. Les Gouvernements devraient inclure dans leurs programmes de formation et de prise de conscience des informations sur les impacts des rejets de composés chimiques inscrits l'Annexe C, venant d'appareils domestiques de combustion tels les poêles, les fours et d'autres équipements.

Des obstacles possibles et des options pour une mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales sont abordées par Atikullah S.M. and Ensuf M. (2003). Elles sont résumées dans le Tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8. Obstacles possibles et options pour une mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales pour les appareils de combustion résidentiels

Obstacles	Options pour une mise en œuvre efficace des meilleures techniques disponibles et meilleures pratiques environnementales
Mauvaise relation entre la conception du dispositif et les types de combustibles utilisés et disponibles	La conception de l'appareil devrait être spécifique aux besoins de la communauté. Une évaluation détaillée des besoins de la communauté devrait être entreprise avant la mise en œuvre de tout modèle particulier
Manque de connaissance du public au sujet des technologies améliorées	Les Gouvernements et les communautés devraient utiliser les moyens appropriés (par exemple, les masse média, les campagnes de sensibilisation) pour faire connaître et rendre populaire les équipements améliorés. Des programmes de formation au niveau des communautés sont importants pour assurer que les instruments sont appropriés et pour éliminer l'utilisation possible de combustible inapproprié tel les déchets ménagers.
Manque de capacité locale pour entretenir et réparer les équipements améliorés	Une mise en œuvre de programmes de formation pour établir une capacité au niveau de l'entretien et de la réparation des équipements est importante.
Manque de ressources pour l'achat, l'utilisation et l'entretien des appareils	Les personnes à bas revenu seront attirées par les appareils améliorés si elles sont convaincues que de tels appareils ne seront pas un fardeau financier supplémentaire, et seront rentables, vu leur prix, du point de vue de leur utilisation et entretien.
Manque de compréhension au sujet des impacts sur la santé des composés chimiques inscrits à l'Annexe C, et d'autres polluants	Favoriser la prise de conscience au sujet des impacts possibles sur la santé de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations (y compris les composés de l'Annexe C) à cause de l'utilisation inappropriée d'appareils ménagers de chauffage/cuisson et de combustibles.

Des sources additionnelles d'information sur le brûlage propre et une conception améliorée de poêles à bois sont fournies dans les références.

Encadré 2 Prise de conscience et éducation : études de cas

Tandis que les approches réglementaires ci-dessous se focalisent sur les particules, elles présentent des avantages additionnels en vue de la réduction des PCDD/PCDF, qui peuvent être formés par une combustion incomplète. La réduction des émissions de particules réduira par la même occasion aussi les émissions de PCDD/PCDF étant donné que les PCDD/PCDF sont adsorbés sur les particules.

Etude de cas 1 : La Nouvelle-Zélande

La pollution urbaine due aux émissions issues de la combustion résidentielle du bois est un problème très répandu. En Nouvelle-Zélande, plusieurs villes et cités souffrent d'une qualité médiocre de l'air en hiver due aux émissions de combustion domestique pour le chauffage. Des dépassements de la norme environnementale nationale pour les particules fines qui est de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur une moyenne de 24 heures) sont courants, et dans quelques régions cela peut se produire pendant plus de 30 jours par an. Cela a le potentiel de contribuer aux rejets des émissions nationales de PCDD/PCDF. Le problème est historique, avec la prévalence de maisons non isolées thermiquement résultant de l'offre généreuse (et souvent gratuite) du bois ou du charbon. Ceci a des implications socio-économiques importantes pour les autorités locales en charge de réduire la pollution de l'air.

Une campagne de sensibilisation sur les émissions produites par la combustion résidentielle a été entreprise dans quatre petites villes de Nouvelle-Zélande en 2005/2006. La principale conclusion de la campagne a été l'importance de proposer des solutions faites « sur mesure » pour chaque communauté locale (et non pas « une taille unique » pour tous). Cela a nécessité une collaboration étroite avec des partenaires-clés tels les professionnels de la santé venant des communautés, et aussi des fondations, mais s'est avéré très réussi, en créant des synergies positives pour l'action communautaire et la prise de conscience.

Etude de cas 2 : La Tasmanie, l'Australie

Dans plusieurs parties de l'Australie du sud, les appareils de chauffage au bois sont couramment utilisés pour chauffer les maisons. Launceston, Tasmanie (avec une population d'environ 10'000) a eu en moyenne un dépassement de 14 fois la norme mensuelle de particules fines en hiver, principalement à cause des émissions des chauffages à bois.

En 2001, un programme de remplacement des chauffages au bois a été introduit pour améliorer la qualité de l'air et depuis lors, environ 25% des chauffages au bois ont été retirés grâce aux incitations financières visant à remplacer les anciens chauffages à bois polluants par des équipements plus propres. En même temps, une campagne ciblée sur l'éducation des communautés a été lancée (site Internet : Launceston Air Quality) en même temps qu'une réglementation plus restrictive sur les émissions de particules issues des appareils neufs de chauffage au bois, les limitant à 4 g/kg (émission/kilogramme de bois brûlé).

Une étude en 2005 a trouvé que le programme a eu un effet accélérateur sur la tendance existante de la disparition progressive des chauffages à bois, et a contribué à l'amélioration de la qualité de l'air. Bien qu'il n'y ait aucune donnée disponible, il est fort probable qu'il y a eu une diminution des émissions de dioxine. En 2006, pour la première fois, Launceston n'a pas connu de dépassement de la norme australienne pour les émissions de particules fines.

Références

Atikullah S.M. and Eusuf M. 2003. "Biomass Crisis and Improved Stoves in Bangladesh." *Renewable Energy Newsletter* 1:2. Bangladesh Centre for Advanced Studies, Dhaka.

Berdowski J.J.M., Baas J., Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H. and Zandveld P.Y.J. 1997. *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 104 02 672/03. TNO, Apeldoorn, Netherlands.

CPSC (Consumer Product Safety Commission). 2004. *What You Should Know about Combustion Appliances and Indoor Air Pollution*. CPSC Document 452. www.cpsc.gov/CPSCPUB/PUBS/452.html.

Gullet *et al* 1999, *Organohalogen and Compounds* Vol.41, 157-168, 1999.

Karve P. 2000. *International Conference on Biomass-Based Fuels and Cooking Systems (BFCS-2000): A Report*. solstice.crest.org/discussiongroups/resources/stoves/Karve_Conference/BFCSrprt.htm.

Lassen C. et al. 2002. *Inventory of Dioxin and Furan Releases in Poland*. Report by Danish Cooperation for the Environment in Eastern Europe (DANCEE) and Ministry of the Environment Poland.

Lassen C., Hansen E., Jensen A.A., Olendrzyński K., Kołsut W., Żurek J., Kargulewicz I., Dębski B., Skośkiewicz J., Holzer M., Grochowalski A., Brandte E., Poltimae H., Kallaste T. and Kapturauskas J. 2003. "Survey of Dioxin Sources in the Baltic Region." *Environ. Sci. Pollut. Res.* 10:49–56.

Launceston Air Quality. www.launceston.tas.gov.au/airquality.php.

Lavric E.D., Konnov A.A. and De Ruyck J. 2004. "Dioxin Levels in Wood Combustion: A Review." *Biomass and Bioenergy* 26:115–145.

PCIA (Partnership for Clean Indoor Air). www.pciaonline.org/.

RWEDP (Rural Wood Energy Development Programme in Asia). www.rwedp.org/p-stoves.html.

Thanner G. and Moche W. 2002. *Emissions of Dioxins, PCBs and PAHs from Domestic Heating*. Monographs Vol. 153. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva.

www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

Autres sources

Gouvernement d'Australie. 2004. *Hot Tips for Cleaner Wood Heating*. Natural Heritage Trust, Australia.

Pfeiffer F., Struschka M., Baumbach G., Hagenmaier H. and Hein K.R.G. 2000. "PCDD/PCDF Emissions from Small Firing Systems in Households." *Chemosphere* 40:225–232.

Design principles of wood burning cookstoves, PCIA website (Nov. 2006) http://www.pciaonline.org/assets/20060710-Design_Principles_ES.pdf

Biomass Energy Technology, http://www.rwedp.org/d_technodc.html (Nov. 2006)