

Les émissions de polluants par les foyers domestiques

Emissions from wood domestic heating appliances

Serge COLLET*

Résumé

De nombreuses études ont été effectuées afin d'étudier les émissions liées à la combustion du bois en foyers domestiques. Ce travail recense les facteurs d'émission des principaux polluants produits par différents types d'appareils de chauffage domestiques. Les appareils d'ancienne génération utilisés dans de nombreux cas en complément d'un autre moyen de chauffage sont les principales sources de polluants. Ces appareils sont à l'origine de très fortes émissions par rapport aux appareils modernes. Aussi, la substitution d'un appareil ancien par un foyer ou une chaudière moderne ou une chaudière à granulés, devrait réduire considérablement les émissions de ce secteur. L'efficacité d'une telle mesure est estimée pour chaque polluant.

Mots clés

Bois. Foyer domestique. Émissions.

Abstract

Much research has been carried out to study emissions from wood domestic heating appliances. This work reviews the available emission factors about pollutants produced in different types of wood domestic heating appliances. The main sources of pollutants are older stoves that in most cases are used as an additional heating appliance. These stoves causes higher emissions than modern appliances. Then, substitution of an old type wood appliance with a modern appliance or boiler or a pellet boilers, would reduce considerably emissions in this sector. The efficiency of this measure is estimated for each pollutant.

Keywords

Wood. Domestic combustion. Emissions.

1. Introduction

Du fait de l'augmentation du prix des énergies fossiles, l'utilisation du bois en tant que combustible en foyers domestiques est devenue une alternative intéressante aux autres modes de chauffage pour les particuliers qui l'utilisent souvent en complément d'un autre moyen de chauffage (électricité, fioul domestique notamment).

Le bois est par ailleurs une source d'énergie renouvelable et joue à ce titre un rôle majeur dans la conservation des énergies fossiles et dans l'évolution du climat.

Du fait du renouvellement de la biomasse, le gaz carbonique étant recyclé par les végétaux lors de leur croissance, les émissions de CO₂ provenant de la combustion du bois ne conduisent pas à un accroissement des teneurs atmosphériques de ce polluant.

La combustion du bois est donc considérée comme neutre sur le plan des émissions de gaz à effet de serre.

Sa combustion est toutefois à l'origine d'émissions d'autres polluants, parfois en quantité non négligeable comme en témoigne la contribution de ce secteur aux émissions nationales estimée par le CITEPA** dans le cadre de l'inventaire national des émissions polluantes. Selon les estimations du CITEPA, la combustion du bois en foyer domestique représentait en 2005 environ 60 % des émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (4 HAP pris en compte par le Protocole d'Aarhus) et de benzène, 37 % des émissions de particules fines ou PM_{2,5}***, 30 % des émissions de CO, 15 % des émissions de dioxines, 18 % des émissions de Pb, 28 % des émissions de Zn, 30 % des émissions de Cr et moins de 2 % des émissions de NO_x.

* INERIS – Unité « Sources et émissions » – BP 2 – 60550 Verneuil-en-Halatte – E-mail : serge.collet@ineris.fr

** Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique.

*** Particules de taille inférieure à 2,5 µm.

La mise en œuvre de mesures de réduction de ces émissions est devenue indispensable afin de respecter la réglementation européenne en matière de qualité de l'air, notamment sur les particules fines, et les accords internationaux de réduction des émissions.

2. Méthodologie

Dans le cas de la combustion du bois en foyer domestique, les émissions annuelles nationales sont évaluées à partir des facteurs d'émission de polluants, déterminés au moyen de campagnes de mesures et des quantités de bois brûlé estimées.

Cet article recense de façon non exhaustive les facteurs d'émission de la littérature, pour les principaux polluants émis par ce secteur, en fonction des différents types de matériels de technologies ancienne et moderne afin d'estimer le potentiel de réduction des émissions lors d'un remplacement d'un appareil d'ancienne génération par un appareil performant, meilleure voie de réduction des émissions dans ce secteur. Ces valeurs sont issues d'essais menés en laboratoire dans des conditions normalisées ou non et sur site en conditions réelles. Elles sont exprimées en masse de polluants émis par unité d'énergie entrante dans l'installation, unité employée dans le cadre des inventaires nationaux.

Il est usuel de classer les équipements en différentes catégories selon leur performance énergétique [1]. Dans le cadre de cet article, les six catégories suivantes ont été retenues :

- les foyers ouverts (cheminée) : ils se caractérisent par une combustion incomplète (température de combustion inférieure à 700 °C) et des rendements extrêmement faibles de l'ordre de 15 % ;
- les foyers conventionnels et à rendement énergétique amélioré : les premiers ont un processus de combustion simple et des rendements énergétiques faibles : 40 à 50 %. Les seconds ont des rendements énergétiques améliorés (55 à 70 %) du fait par exemple de l'utilisation de l'air secondaire dans la chambre de combustion ;
- les foyers modernes à combustion avancée : ils sont caractérisés par plusieurs entrées d'air, et un préchauffage de l'air de combustion secondaire par échange thermique avec des gaz chauds. Le rendement énergétique est alors supérieur à 70 % et les émissions de polluants sont plus faibles que pour la catégorie précédente. Les poêles de masse, très utilisés dans les pays scandinaves et qui se caractérisent par des rendements énergétiques supérieurs aux poêles radiants (70 à 80 %) entrent dans cette catégorie ainsi que les poêles catalytiques, surtout employés en Amérique du Nord et dont les rendements énergétiques sont supérieurs à 70 % du fait d'une oxydation plus complète du combustible par l'utilisation d'un catalyseur ;
- les chaudières anciennes : elles ont un processus de combustion simple et des rendements énergé-

tiques faibles, inférieurs à 70 %. Elles ne représentent qu'une petite part du parc de matériels installés en France. Rappelons que les chaudières sont utilisées pour le chauffage de l'ensemble d'une habitation du fait de leur puissance et de leur fonctionnement continu, contrairement aux autres matériels habituellement utilisés pour le chauffage d'une seule pièce ;

- les chaudières à bois (bûches ou plaquettes) modernes : la combustion est régulée et optimisée et les rendements élevés : supérieurs à 75 % ;
- les poêles et chaudières à granulés : ils ne peuvent être utilisés qu'avec du combustible du type bois granulé, qui est introduit dans la chambre de combustion par un distributeur de combustible. Ils sont équipés d'un ventilateur afin de fournir l'air de combustion. De ce fait, le rendement énergétique est élevé, compris entre 80 et 90 % et les émissions de polluants très faibles.

3. Les émissions de polluants

D'une manière générale, les rendements énergétiques faibles correspondent à des conditions de combustion mal maîtrisées et à des émissions de polluants importantes comme en témoignent les valeurs des facteurs d'émission relatifs au bois naturel indiquées ci-après pour les principaux polluants émis par la combustion du bois (Tableau 3).

3.1. Émissions de poussières (Figure 1)

Les particules issues de la combustion du bois en foyer domestiques sont constituées [2, 3] :

- d'une fraction organique constituée essentiellement de carbone élémentaire, de sucres (levoglucosan, mannosan, etc.) et de composés organiques lourds tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Cette fraction largement majoritaire lors d'une combustion incomplète peut être considérablement réduite si les conditions de combustion sont bien maîtrisées ;
- d'une fraction inorganique constituée d'espèces ioniques (sels de potassium, sulfates, chlorures, etc.) et de métaux présents en très faible quantité.

La distribution granulométrique suivante est observée à l'émission des appareils de chauffage domestique au bois [4, 5] : 96 % en masse des particules ont un diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) et 93 % un diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}).

Les émissions de particules sont influencées par le type de foyer [6, 7], l'essence du bois [6], les feuillus émettant moins que les résineux dont la combustion est en général moins bonne [8], l'allure de marche de l'installation et l'humidité du bois, une faible allure et une forte humidité dégradant les conditions de combustion. D'une façon générale, plus la combustion est incomplète, plus les émissions de particules sont élevées.

Le remplacement d'un appareil ancien (foyer conventionnel) par un foyer moderne de technologie

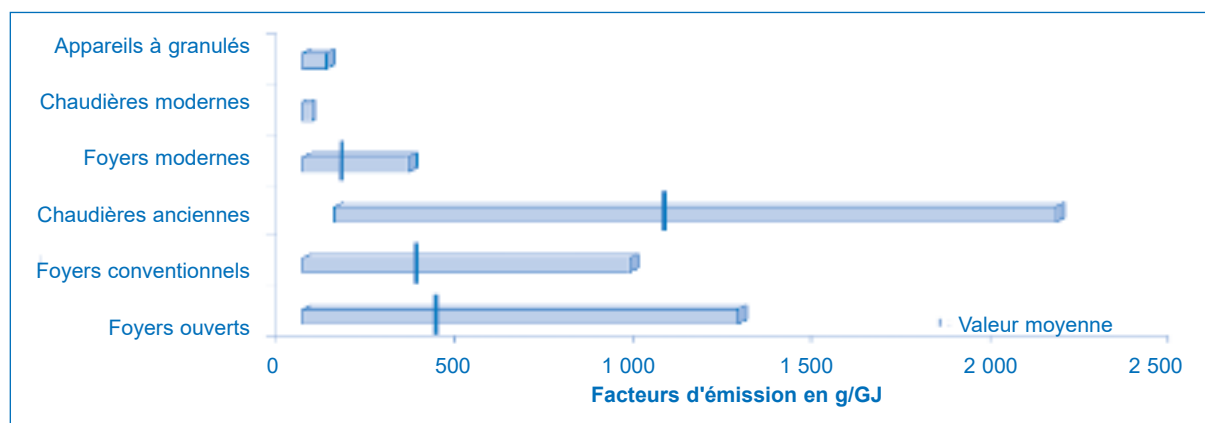


Figure 1.
Émissions de particules de différents appareils ramenées en unité d'énergie entrante.

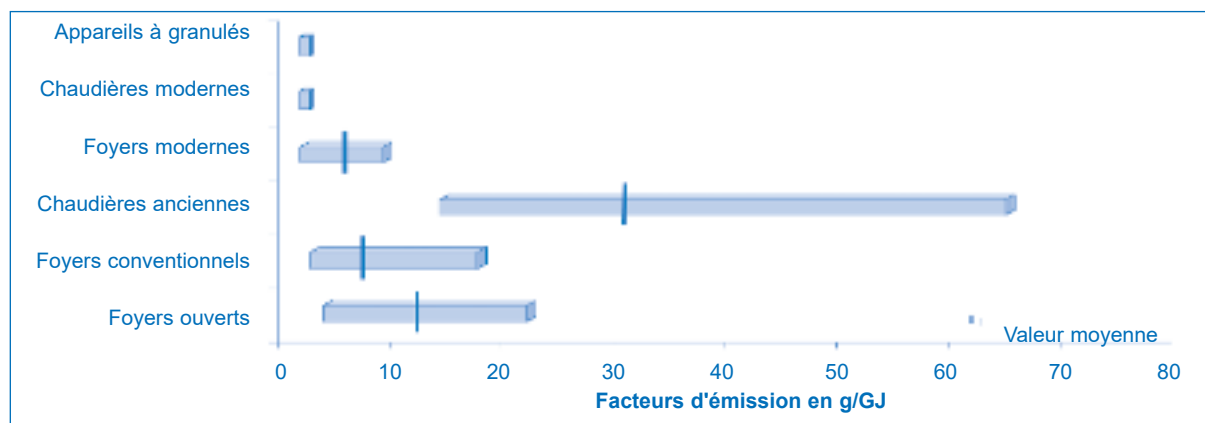


Figure 2.
Émissions de HAP (16 éléments sauf chaudières anciennes, modernes et à granulés : 27 éléments)
de différents appareils ramenées en unité d'énergie entrante.

avancée permet de réduire les émissions de poussières de 45 % et de plus de 95 % si une chaudière ancienne est remplacée par une moderne à bois ou à granulés.

3.2. Émissions de HAP (Figure 2)

Les HAP sont essentiellement adsorbés sur des particules de tailles inférieures à 1 µm. Les plus abondants dans les émissions des appareils de chauffage domestique au bois sont ceux qui comportent 2 à 4 noyaux aromatiques : fluoranthène, pyrène, phénanthrène, acénaphthène, naphtalène [9, 10]. Ces HAP considérés comme relativement légers, ne sont

pas les plus nocifs, à l'exception du naphtalène (classé en groupe 2B par l'IARC* en 2007). Cependant ils peuvent être utilisés dans le calcul des facteurs d'émissions (liste de 16 HAP** pris en compte par l'EPA*** par exemple). La norme française X43-329 de mesure à l'émission n'en retient que 8** et le protocole d'Aarhus 4**, les composés pris en compte dans ces deux derniers textes sont considérés comme lourds, présents essentiellement sous forme particulaire. Les valeurs de facteurs d'émission présentées dans la littérature sont donc extrêmement variables en fonction du nombre de HAP retenus.

* Centre international de recherche sur le cancer.

** Liste des 16 HAP, des 8 HAP et des 4 HAP : naphtalène, acénaphthylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, chrysène, pyrène, fluoranthène, benzo (a) anthracène, benzo (b) fluoranthène, benzo (k) fluoranthène, benzo (a) pyrène, dibenzo (a,h) anthracène, indeno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (g,h,i) pérylène.

*** US Environmental Protection Agency.

Les émissions des HAP sont formées lors d'une combustion incomplète. Les conditions de combustion, notamment la température de combustion [11] et le temps de résidence des fumées à haute température jouent donc un rôle essentiel. Ces composés se forment plutôt dans la plage de température allant de 700 à 900 °C et se décomposent au-delà [12]. Ainsi de très faibles émissions de HAP sont constatées lorsque la température est supérieure à 900 °C, ce qui indique que la combustion est efficace et les appareils performants.

En résumé, les conditions suivantes : usage d'appareils de technologie ancienne, emploi de bois humide et utilisation des appareils à allure réduite favorisent la formation de ces polluants. L'essence du bois joue également un rôle important sur les émissions de HAP ; les bois résineux [13, 14] émettent deux à dix fois plus de HAP que les feuillus.

Dans le cas des HAP, le remplacement d'un appareil ancien (foyer conventionnel) par un foyer moderne permet de réduire les émissions de 25 % seulement. Cette réduction est supérieure à 98 % si une chaudière ancienne est remplacée par une chaudière moderne à bois ou à granulés.

Ces données appellent les commentaires suivants :

- la réduction des émissions de HAP lors du remplacement d'un foyer ancien par un moderne n'est pas aussi nette que pour d'autres polluants ;
- de ce fait le développement de ce mode de chauffage et la réduction des émissions attendues dans les autres secteurs industriels devraient conférer au chauffage domestique au bois dans l'avenir, pour ces polluants un poids encore significatif dans l'inventaire national des émissions, sauf à développer fortement l'usage de chaudières modernes à bois ou à granulés.

3.3. Émissions de dioxines (Figure 3)

Les émissions de dioxines issues de la combustion du bois sont liées à la présence de chlore (moins de 0,03 % dans le bois [15]) et d'éventuels cataly-

seurs (métaux favorisant la synthèse des dioxines) dans le combustible ainsi qu'aux conditions de combustion. D'une manière générale, meilleures sont ces dernières, moins les quantités de polluants émises sont importantes [13, 16]. Les appareils émettent, en effet, deux fois plus de dioxines au ralenti qu'à pleine puissance. La production de dioxines est également influencée par l'essence du bois [16, 17] et la présence de feuillage ou d'autres végétaux ; ceux-ci sont plus humides et contiennent en général davantage de chlore que le bois. La présence d'écorce peut également être à l'origine de plus importantes émissions de dioxines. Certains auteurs [17, 13] mettent également en évidence l'influence du type de foyer. Enfin, les émissions de furannes sont d'une façon générale très dominantes par rapport à celles des dioxines [16, 17].

Une étude [18] menée en Autriche sur une trentaine d'appareils dans des conditions réelles de fonctionnement des installations par opposition aux autres études effectuées sur banc en laboratoire montre que 23 % des installations génèrent plus de 90 % des émissions du fait de l'introduction dans les foyers de divers déchets, de la conduite et du manque de maintenance des appareils. Le facteur d'émission moyen déterminé lors de cette étude est alors environ 15 fois plus élevé que le facteur d'émission moyen des autres études menées en laboratoire. Des facteurs d'émission très élevés, 20 à 250 fois supérieurs à ceux obtenus avec du bois naturel ont déjà été observés [14, 19] lors de l'introduction dans le foyer de bois contenant des déchets (papier, carton, prospectus, emballages plastiques, bois peints, etc.).

La Figure 3 met en évidence la sous-estimation importante des émissions de ce secteur du fait de l'utilisation dans le cadre des inventaires nationaux d'un facteur d'émission relatif au bois naturel.

Le remplacement d'un foyer conventionnel par un foyer moderne conduit à une réduction des émissions de 45 % et de plus de 70 % si une chaudière moderne à bois ou à granulés est utilisée en remplacement d'une chaudière ancienne.

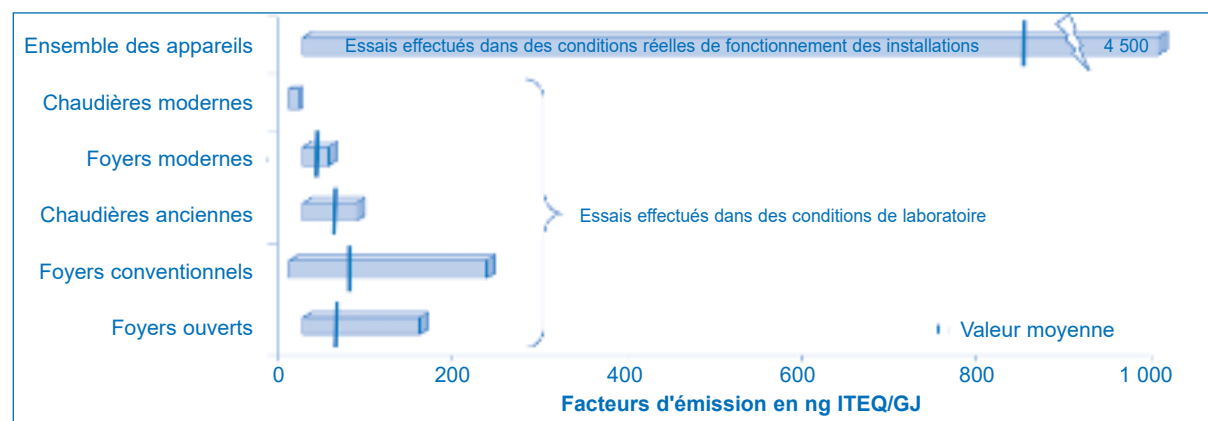


Figure 3.
Émissions de dioxines et furannes de différents appareils ramenées en unité d'énergie entrante.

3.4. Émissions de métaux lourds

Les métaux sont présents essentiellement sur les particules fines en quantité extrêmement variable en fonction des teneurs en métaux présentes dans le bois brûlé. Or, celles-ci varient notablement en fonction de l'essence et de la disponibilité de ces éléments dans les sols [3]. Le zinc est l'élément le plus répandu. Les principaux facteurs d'émission relevés dans la littérature sont présentés dans le tableau 1. Du fait du manque de données, le facteur d'émission moyen reprend les résultats d'une étude menée sur différentes essences de bois [10]. Comme pour les dioxines et furannes, ces valeurs sont susceptibles d'être largement sous-estimées si des bois peints ou traités pouvant contenir de nombreux métaux tels que le Pb, le Co, le Mn, le Cu, le Cr, l'As et le Zn en quantité importante, sont introduits dans le foyer.

Tableau 1.
Émissions de métaux lourds
ramenées en unité d'énergie entrante [3, 10, 16, 21].

Éléments	Facteurs d'émission moyens (mg/GJ)	Fourchette (mg/GJ)
Zn	410	20 à 670
Cr	35	1 à 190
Cd	33	0 à 87
Pb	18	0 à 165
Mn	8	0 à 220
Cu	4	0 à 50
Ni	3	0 à 55

3.5. Émissions de benzène (Figure 4)

La réduction des émissions de benzène peut être estimée à 60 % lorsqu'un foyer conventionnel est

remplacé par un foyer moderne. Par rapport aux autres composés organiques volatils (COV), ce taux de réduction est faible, car comparée aux autres composés organiques la proportion de benzène augmente avec l'augmentation de l'efficacité de la combustion [20]. Les émissions de benzène diminuent donc moins rapidement que celles des autres COV.

Ce taux de réduction des émissions de benzène peut être accru en favorisant l'emploi de chaudières modernes à bois ou à granulés. Ces appareils permettent de réduire de plus de 95 % les émissions de benzène par rapport aux foyers et aux chaudières anciennes.

3.6. Émissions de méthane et autres composés organiques volatils (COV)

Le bois est constitué de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Lors de la montée en température, ces structures se cassent en produisant une grande variété de COV.

Le méthane est le principal COV émis lors de la combustion de la biomasse. Rappelons que ce composé, sans être particulièrement nocif, contribue au réchauffement climatique du fait de son potentiel de gaz à effet de serre élevé, comparativement au CO₂. Les émissions de méthane sont étroitement liées à la qualité de la combustion. Les facteurs d'émission évoluent donc très significativement en fonction du type d'appareil : 600 g/GJ pour les foyers conventionnels [16, 21, 22], 400 g/GJ pour les foyers de technologie avancée [21] et 10 g/GJ pour les chaudières modernes à bois et à granulés [23, 24, 25]. Ces derniers équipements participent donc peu aux émissions de gaz à effet de serre.

D'autres COV sont également émis en quantité importante tels que les hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène notamment), les aldéhydes (formaldéhyde et acétaldéhyde notamment), les hydrocarbures aromatiques oxygénés (phénols, crésols, etc.), les acides, les alcanes, les alcènes, etc.

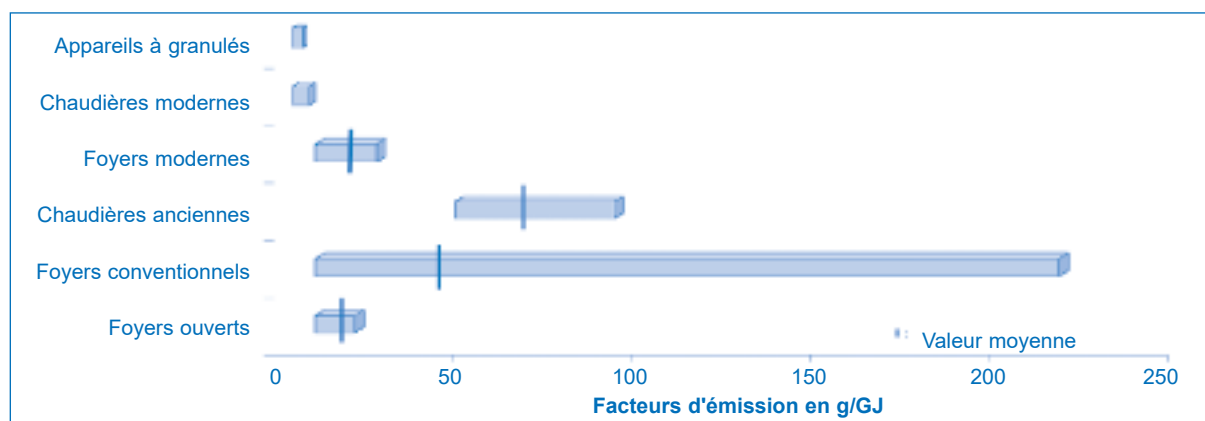


Figure 4.
Émissions de benzène de différents appareils ramenées en unité d'énergie entrante.

3.7. Émissions de monoxyde de carbone (CO)

Ce polluant est issu d'une combustion incomplète. Les chaudières modernes à bois ou à granulés permettent de réduire les émissions de plus de 85 % par rapport aux chaudières anciennes, les foyers modernes de seulement 30 % par rapport aux foyers conventionnels.

3.8. Émissions d'oxydes d'azote (NO_x)

Les NO_x se forment par oxydation de l'azote de l'air et dans une moindre mesure de l'azote présent dans le combustible. Ces émissions sont favorisées par des températures de combustion élevées. Elles évoluent peu d'un appareil à l'autre. Les appareils à très haut rendement ont des facteurs d'émission légèrement plus élevés que les appareils classiques.

Tableau 2.
Émissions d'oxydes d'azote
de différents appareils
ramenées en unité d'énergie entrante
[16, 23, 24, 26]

Appareils	Facteurs d'émission moyens (mg/GJ)	Fourchette (mg/GJ)
Foyer et poêle conventionnel	63	42 à 77
Chaudières anciennes	61	28 à 72
Poêles modernes ou certifiés	64	37 à 77
Chaudières modernes	92	60 à 125
Poêles et chaudières aux pellets	66	37 à 77

Tableau 3.
Émissions de polluants de différents appareils ramenées en unité d'énergie entrante.

Équipements	CO (g/GJ)	TSP (g/GJ)	HAP (g/GJ)	Dioxines (ng I.TEQ/GJ)	Benzène (g/GJ)
Foyers ouverts (rendement : 15 %)	2 676 (2 617 à 2 734) [5] 3 522 (1 286 à 5 753) [4] 4 099 [24]	297 (159 à 495) [6] 73 (43 à 103) [5] 323 (148 à 626) [2] 401 (280 à 522) [22] 841 [24] 648 (16 à 1 286) [4]	0.25 (0.16 à 0.34 – 8 HAP) [6] 4.0 (2.6 à 5.4 – 16 HAP) [6] 0.55 (0.43 à 0.68 – 8 HAP) [5] 5.9 (4.3 à 7.4 – 16 HAP) [5] 16 (16 HAP) [22] 20.8 (16 HAP) [24]	83 (14 à 153) [5] 42 [19] 21 [24]	20 [24] 14.8 (12.4 à 17.1) [6] 7.6 [5] 21 [22]
Foyers conventionnels et à combustion améliorée (rendement : 40 à 70 %)	6 340 [24] 7 075 (5 640 à 9 810) [6] 6 484 (1 923 à 16 480) [18] 3 880 (2 518 à 5 615) [5] 2 830 (1 500 à 4 700) [18]	791 [24] 570 (160 à 980) [13] 258 (126 à 396) [6] 71 (5 à 143 - PM _{2.5}) [10] 77 (50 à 91) [5]	17.6 (16 HAP) [24] 0.37 (0.30 à 0.44 – 8 HAP) [13] 4.0 (2.4 à 5.7 – 16 HAP) [13] 0.18 ou 2.7 (8 ou 16 HAP) [6] 0.33 (0.44 à 1.01 – 8 HAP) [15] 6.1 (1.1 à 16.2 – 16 HAP) [15] 0.48 (0.20 à 0.96 – 8 HAP) [5] 5.6 (1.8 à 14.1 – 16 HAP) [5] 5.0 (1.8 à 8.3 – 16 HAP) [14]	14 (12 à 16) [13] 127 [24] 19 (11 à 32) [5] 69 [19] 32 (9 à 51) [27] 124 [17] 3 [14] 84 (23 à 150) [18] 133 (52 à 227) [15]	53 [24] 17.2 (10.1 à 24.4) [13] 65.4 [6] 41 (16 à 137) [9] 82 (9.3 à 218.6) [10] 44.4 (10.2 à 196.2) [15] 19.3 (6.1 à 45.2) [5]
Chaudières anciennes (rendement : < 70 %)	10 170 (5 900 à 16 400) [23] 3 667 (2 800 à 4 300) [18]	1150 (103 à 2 200) [23]	31 (13 à 64 – 27 HAP) [23]	18 [19] 68 (30 à 86) [18]	68 (46 à 91) [23]
Foyers modernes à technologie avancée (rendement : > 70 %)	3 868 [24] 3 800 (1 200 à 7 700) [26]	35 (34 à 37) [13] 280 [24] 160 (37 à 350) [26]	0.16 (0.06 à 0.26 – 8 HAP) [13] 3.0 (2.8 à 3.2 – 16 HAP) [13] 8.8 (16 HAP) [24] 2.1 (0.3 à 4.0 – 16 HAP) [14]	40 (29 à 52) [13] 41 (poêle de masse) [27] 13.7 [24]	9.4 (5.4 à 13.4) [13] 26 [24]
Chaudières modernes (rendement : > 75 %)	833 (507 à 1 300) [23] 958 (540 à 1 400) [18]	25 (18 à 32) [23]	0.44 (0.14 à 1.1 – 27 HAP) [23]	12 (3 à 21) [18]	2.3 (0.2 à 5.8) [23]
Poêles et chaudières à granulés (rendement : 80 à 90 %)	427 (12 à 1 100) [23] 484 [24] 333 (79 à 810) [26] 120 [18]	33 (12 à 65) [23] 66 [24] 28 (16 à 46) [26]	0.26 (0.06 à 0.55 – 27 HAP) [23] 19 (16 HAP) [24]	2 [18]	0.76 (0.1 à 2.6) [23] 1.48 [24]

4. Conclusions

Les données recensées permettent de mettre en évidence :

- une large fourchette de facteurs d'émission qui reflète une gamme d'appareils extrêmement large et des conditions d'essais, des qualités de combustible, des méthodes de mesures, etc. différentes ;
- une considérable évolution des performances des appareils ces dernières années. Les matériels les plus performants actuellement sur le marché sont les chaudières à bois et à granulés. Ils bénéficient des dernières technologies, telles que la combustion étagée de l'air, des capteurs de régulation de l'air admis, etc., permettant d'obtenir une combustion quasi-complète avec des rendements supérieurs à 90 % et des émissions de poussières comprises entre 10 et 20 g/GJ. D'aussi bonnes performances ne sont pas atteintes sur les foyers et poêles de technologie avancée. Enfin, des dispositifs de réduction secondaires tels que les électrofiltres sont également commercialisés. Ils peuvent permettre d'obtenir une réduction supplémentaire des poussières de 60 à 90 %.

Quant aux réductions de polluants attendues sur l'ensemble du parc, d'autres paramètres tels que le taux de renouvellement du parc, l'évolution du prix des autres modes de chauffage, l'amélioration et

l'évolution de l'habitat, etc. sont également à prendre en compte pour les estimer. Malgré cela, les facteurs d'émission relevés dans la littérature montrent que de considérables réductions des émissions de polluants sont possibles.

Toutefois en raison d'un taux de renouvellement du parc de 4 % par an (soit 25 ans pour renouveler l'ensemble du parc) une réduction importante des émissions ne pourra probablement pas être atteinte avant de nombreuses années sans un renforcement du dispositif réglementaire, comme c'est déjà le cas dans d'autres pays (Allemagne, Suisse).

Une volonté forte des pouvoirs publics est donc indispensable afin, d'une part, d'accroître de manière importante la part des équipements performants : appareils de technologies avancées, chaudières modernes et appareils à granulés lors du remplacement d'appareils d'ancienne génération, au détriment d'appareils classiques et, d'autre part, d'éliminer du marché les appareils les moins performants, via une certification obligatoire des matériels commercialisés par exemple.

Enfin une meilleure information du public reste souhaitable afin d'éviter les pratiques susceptibles d'occasionner d'importantes émissions de polluants telles que notamment l'introduction de déchets dans le foyer et le manque d'entretien de l'installation.

References

1. EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook 2006. Disponible sur : http://reports.eea.europa.eu/EMEP_CORINAIR4/en/BPAH.pdf
2. Cass GR, Simoneit BRT. Chemical characterization of fine particle emissions from fireplace combustion of wood grown in the north-eastern. *United States Environmental Science and Technology* 2001 ; 35 : 2665-75.
3. Schmidl C, Marr IL, Caseiro A *et al.* Chemical characterisation of fine particle emissions from wood stove combustion of common woods growing in mid-European Alpine regions. *Atmospheric Environment* 2007 ; 42 : 126-41.
4. OMNI-test. Emission factors for new certified residential wood heaters. Disponible sur : <http://www.omni-test.com/publications/ei.pdf>
5. Évaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur. INERIS. Deuxième rapport intermédiaire, INERIS-DRC-08-70796-06684A.
6. McDonald JD, Zielinska B, Fujita EM, Sagebiel JC, Chow JC, Watson JG. Fine particle and gaseous emission rates from residential wood combustion. *Environmental Science and Technology* 2000 ; 34 : 2080-91.
7. Jordan TB, Seen AJ. Effect of airflow setting on the organic composition of woodheater emissions. *Environmental Science and Technology* 2005 ; 39 : 3601-10.
8. Environment Australia Wood heater emissions and controlling factors. Technical report n° 5, March 2002.
9. Tissari J, Hytönen K, Lyyrinen J, Jokiniemi J. A novel field measurement method for determining fine particle and gas emission from residential wood combustion. *Atmospheric Environment* 2007 ; 41 : 8330-44.
10. Hedberg E, Kristensson A, Ohlsson M *et al.* Chemical and physical characterization of emissions from birch wood combustion in wood stove. *Atmospheric Environment* 2002 ; 36 : 4823-37.
11. Jenkins BM, Jones AD, Turn SQ, Williams RB. Particle concentrations, gas-particle partitioning, and species intercorrelations for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) emitted during biomass burning. *Atmospheric Environment* 1996 ; 30 : 3825-35.

12. Kjällstrand J, Olsson M. Chimney emissions from small-scale burning of pellets and fuelwood examples referring to different combustion appliances. *Biomass and Bioenergy* 2004 ; 27 : 557-61.
13. Characterisation of organic compounds from selected residential wood stoves and Fuels. Environnement Canada, Ottawa, Ontario. 2000. Report ERMD 2000-01.
14. Launhardt T, Strehler A, Dumler-Gradl R, Thoma H, Vierle O. PCDD/F – and HAP – emission from house heating systems. *Chemosphere* 1998 ; 37 : 2013-20.
15. INERIS. Facteurs d'émission – Émissions de dioxines, de furanes et d'autres polluants liées à la combustion de bois naturels et adjuvants. INERIS-DRC-n° 00/60-MAPA-SCo-25420, février 2000. Disponible sur : www.ineris.fr
16. INERIS. Émissions liées à la combustion du bois par les foyers domestiques. INERIS-DRC-02-25420-AIRE – n° 271-Sc0, mai 2002.
17. Vikelsoe J *et al.* Emissions of dioxins from Danish wood stoves. *Chemosphere* 1994 ; 29 : 2019-27.
18. Hübner C, Boos R, Prey T. In-field measurements of PCDD/F emissions from domestic heating appliances for solid fuels. *Chemosphere* 2005 ; 58 : 367-72.
19. Schatowitz B, Brandt G, Gafner F *et al.* Dioxin emissions from wood combustion. *Chemosphere* 1994 ; 29 : 2005-13.
20. Kjällstrand J. Phenolic antioxidants in wood smoke PH.D. Thesis Chalmers University of Technology, Göteborg 2002.
21. US Environmental Protection Agency 1993. A summary of the emissions characterisation and non cancer respiratory effects of wood smoke EPA-453/R-93-036.
22. Schauer JJ, Kleeman MJ, Cass GR, Simoneit BRT. Measurement of emissions from air pollution sources. C₁-C₂₉ organic compounds from fireplace combustion of wood. *Environmental Science and Technology* 2001 ; 35 : 1716-28.
23. Johansson LS, Leckner B, Gustavsson L, Cooper D, Tullin C, Potter A. Emission characteristics of modern and old type residential boilers fired with wood logs and wood pellets. *Atmospheric Environment* 2004 ; 38 : 4183-95.
24. Houck JE, Eagle BN. Control analysis and documentation for residential wood combustion in the Mane-Vu region. OMNI Environmental Services Inc. August 2006.
25. Olsson M, Kjällstrand J. Low emissions from wood burning in an ecolabelled residential boiler *Atmospheric Environment* 2006 ; 40 : 1148-58.
26. Boman C. Emissions from small scale combustion of biomass fuels – extensive quantification and characterisation. 2005. Umea University, Energy technology and thermal process chemistry.
27. Pfeiffer F, Struschka M, Baumbach G, Hagenmaier H, Hein KRG. PCDD/PCDF emissions from small firing systems in household. *Chemosphere* 2000 ; 40 : 225-32.