

Départements Bioressources et Surveillance de la Qualité de l'Air  
Direction des Energies Renouvelables, des Réseaux et des Marchés Energétiques  
Direction de l'Air, du Bruit et de l'Efficacité Energétique

19.07.2007

## **Les émissions atmosphériques de la combustion de biomasse**

L'ADEME, dans le cadre de ses missions de mise en œuvre de la politique de l'Etat dans le domaine du développement des énergies renouvelables, encourage le développement de la biomasse comme source d'énergie dans le secteur domestique, collectif et industriel, tout en veillant à l'utilisation de combustibles appropriés et de techniques efficaces à haute performance environnementale.

L'ADEME, bien consciente du niveau des émissions atmosphériques dues à la combustion de la biomasse, notamment chez le particulier, soutient une démarche de progrès visant à mettre sur le marché des équipements et des installations de plus en plus performantes, ceci afin de corriger progressivement les impacts négatifs et de conforter le bénéfice de la biomasse en terme d'émissions de gaz à effet de serre et d'utilisation de combustibles renouvelables.

Le secteur domestique (maison individuelle) est celui sur lequel il convient d'agir en priorité. Le renouvellement du parc fera baisser de manière significative les émissions polluantes.

L'ADEME recommande aussi aux particuliers de toujours utiliser du bois de chauffage de qualité (propre et sec), de choisir des appareils labellisés « Flamme verte », mais aussi d'entretenir leurs équipements et de ramoner les conduits de fumées très régulièrement.

Cet article présente les données de références des émissions actuelles et prospectives (2010, 2020) de la combustion de la biomasse, les comparaisons avec les émissions des énergies non renouvelables, et présente les actions de l'ADEME visant à améliorer les connaissances et limiter ces émissions.

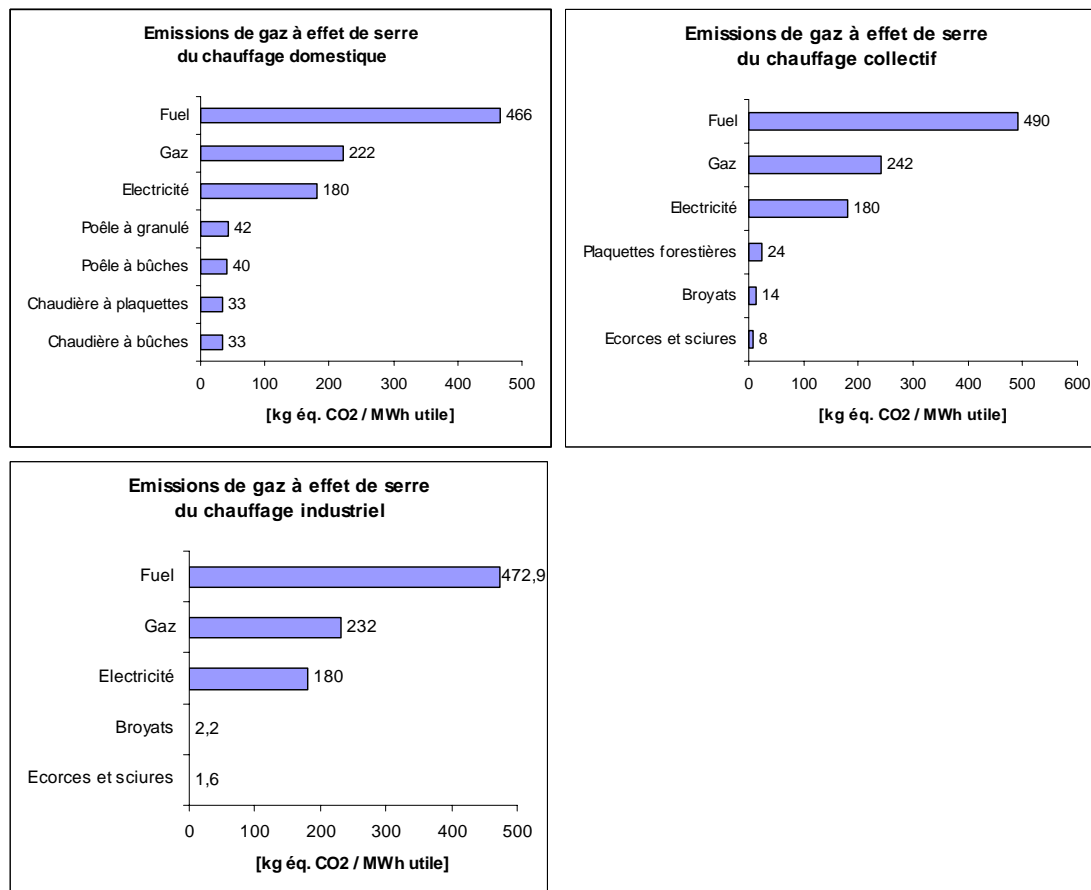
### **1. ETAT DES LIEUX**

#### **1.1. LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE**

La combustion de la biomasse est généralement considérée neutre en terme d'émission de gaz à effet de serre du fait notamment que le gaz carbonique émis sera ensuite à nouveau recyclé lors de la croissance des végétaux, ce qui est le cas en France et en Europe où la forêt s'accroît régulièrement. Le système énergétique global, « de la pépinière à la cendre », consomme en revanche des énergies fossiles et émet des gaz à effet de serre lors de l'extraction du combustible, de son conditionnement, de son transport

Aussi, les émissions de gaz à effet de serre du bois-énergie ont été estimées selon la méthode de l'analyse de cycle de vie, qui consiste à quantifier les émissions de ces gaz pour l'ensemble des activités concernées (extraction du combustible, distribution, utilisation finale chez l'utilisateur...) qui sont liées à la production d'1 MWh utile de chaleur chez l'utilisateur (ADEME, 2005a,b).

La figure 1 montre le **net avantage des filières bois en terme de bilan d'émission de gaz à effet de serre, comparativement aux énergies classiques**. Quelque soit le type de combustible biomasse utilisé (bûches, plaquettes forestières, écorces, sciures, broyats, granulés) et l'appareil de combustion (poêle ou chaudière, fonctionnant en manuel ou en automatique), les émissions de gaz à effet de serre du bois-énergie sont nettement réduites par comparaison aux autres sources d'énergie.



**Figure 1.** Bilan des émissions de gaz à effet de serre du chauffage domestique, collectif et industriel (Source : ADEME, 2005b et ADEME/EDF 2006)

## 1.2. LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DE LA COMBUSTION DE LA BIOMASSE

Si le bois-énergie présente des atouts indéniables en terme d'émission de gaz à effet de serre, il peut en revanche conduire à des émissions d'autres polluants de l'air qu'il convient de prendre en compte : oxydes d'azote, monoxyde de carbone, composés organiques volatils et hydrocarbures imbrûlés, particules, hydrocarbures aromatiques polycycliques, etc. Ces émissions peuvent être estimées à partir de facteurs d'émissions résultant de campagnes de mesure, et de données sur les consommations de bois.

En matière d'émission de polluants atmosphériques les inventaires publiés par le CITEPA font référence et le tableau 1 montre la contribution estimée des différents secteurs d'utilisation du bois-énergie (domestique, industriel et collectif) aux émissions atmosphériques nationales.

**Tableau 1.** Emissions atmosphériques nationales de la combustion du bois (secteurs domestique, industriel et collectif) et contribution aux émissions atmosphériques totales nationales pour l'année 2001 (Source : CITEPA, 2003)

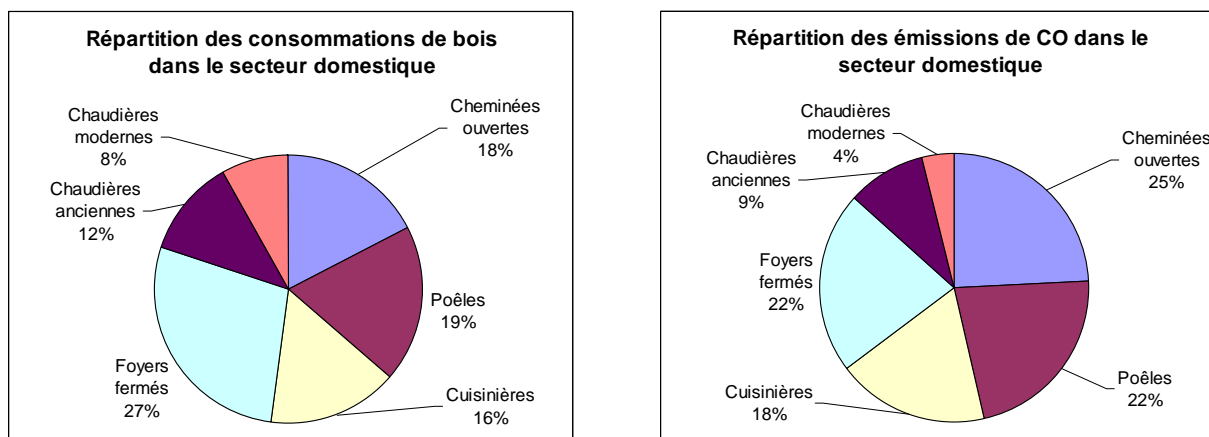
Secteur	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	HAP	dioxines	poussières
Combustion du bois dans le domestique (% du total bois)	6,1 kt (88%)	15,3 kt (82%)	1967,9 kt (99,7%)	466,7 kt (100%)	101,0 t (99,8%)	30,7 g (97%)	109,9 kt (98%)
Combustion du bois dans l'industrie et le chauffage collectif (% du total bois)	0,8 kt (12%)	3,4 kt (18%)	5,5 kt (0,3%)	0,1 kt (0%)	0,2 t (0,2%)	0,9 g (3%)	1,9 kt (2%)
Emission totale de la combustion du bois	6,9 kt	18,8 kt	1973,4 kt	466,8 kt	101,2 t	31,5 g	111,7 kt
Emissions totales en France	664,8 kt	1435 kt	7062,2 kt	2353,7 kt	263,5 t	516,6 g	1635,2 kt
Proportion des émissions totales de la combustion du bois aux émissions nationales (%)	1,0 %	1,3 %	27,9 %	19,8 %	38,4 %	6,1 %	6,8 %

Il apparaît notamment que :

- **le bois énergie contribue pour une très faible part aux émissions nationales de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) (1% environ) et contribue à hauteur de 5 à 6% aux de dioxines et de poussières ;**
- **le secteur industriel et collectif est notablement plus performant sur le plan environnemental que le secteur domestique.** A l'exception des émissions de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote qui représentent respectivement 12 et 18% des émissions totales du bois-énergie, le secteur industriel et collectif émet moins de 3% des émissions totales du bois énergie (3% des dioxines, 2% des poussières, et moins de 1% du monoxyde de carbone, du carbone organique volatil non méthanique, du méthane, des hydrocarbures aromatiques polycycliques) ;
- **le bois énergie contribue de manière plus significative aux émissions nationales de composés organiques volatils non méthanique (COVNM, 20%), de monoxyde de carbone (CO, 28%) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP, 38%) ; ces niveaux d'émission proviennent à quasiment 100% du secteur domestique, pour les raisons expliquées ci-après.**

Le secteur domestique contribue plus significativement que le secteur collectif et industriel aux émissions atmosphériques nationales, principalement pour les raisons suivantes :

- **85% du bois est consommé par le secteur domestique ;** le chauffage au bois domestique reste stable, avec une consommation annuelle moyenne de 7,5 M tep environ depuis 30 ans ;
- la qualité du combustible utilisé dans le secteur domestique est susceptible de varier significativement ; **l'utilisation d'un combustible de mauvaise qualité (par exemple humide) contribue à l'émission de polluants atmosphériques ;**
- **le secteur domestique se caractérise par un important parc d'appareils anciens peu performants ;** le taux de renouvellement par des appareils récents, plus performant énergétiquement et environnementalement, est lent (4% de taux annuel de renouvellement, soit 25 ans pour renouveler entièrement le parc actuel) ;
- le bilan intègre les émissions atmosphériques de tous les types d'équipement du secteur domestique, y compris **les foyers ouverts et les appareils anciens**, dont les facteurs d'émissions par unité de bois consommé sont en général sensiblement plus élevés que ceux des chaudières, poêles et inserts modernes, comme le montrent la figure 2 dans le cas des émissions de monoxyde de carbone (CO). Les foyers ouverts et les appareils anciens contribuent donc significativement aux émissions atmosphériques du secteur domestique, pour une production d'énergie très limitée (rendement énergétique inférieur à 40%, voire 10% pour les cheminées) comparée aux appareils mis aujourd'hui sur le marché (70% minimum).



**Figure 2.** Répartition des consommations de bois et des émissions de CO dans le secteur domestique (Source : CITEPA, 2003)

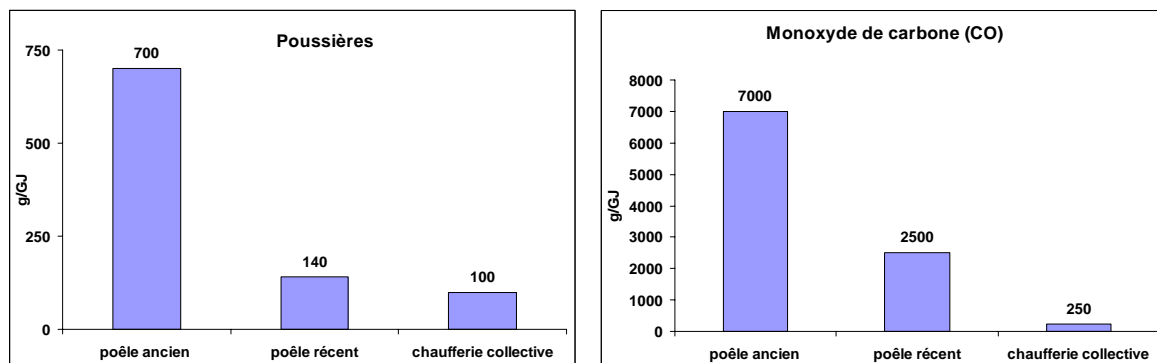
**En résumé,** le bois-énergie ne constitue pas actuellement au niveau national et en terme de bilan d'émissions, une source majeure de pollution par le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les dioxines. Par contre sa contribution, en l'état actuel des technologies ou des pratiques, est notable vis à vis des poussières, des composés organiques volatils, du monoxyde de carbone, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et en raison surtout de la combustion du bois en maison individuelle dans de mauvaises conditions.

Ces éléments incitent donc à soutenir les démarches de progrès en matière de promotion du bois-énergie afin de ne pas décrédibiliser cette filière qui présente des atouts indéniables vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre. L'ADEME développe par exemple des actions de recherche et développement pour améliorer son bilan global en matière de pollution classique de l'air, des actions de communication et de sensibilisation, pour faire connaître les bonnes pratiques, notamment auprès des fabricants et des utilisateurs.

### 1.3. COMPARAISON DES FACTEURS D'EMISSION DE POLLUANTS SELON LE TYPE D'EQUIPEMENT DE COMBUSTION : APPAREILS ANCIEN ET MODERNE, CHAUFFERIE COLLECTIVE

Ce paragraphe illustre, les différences d'émission de poussières et de monoxyde de carbone observées selon l'équipement de combustion utilisé, à savoir des appareils domestiques ancien et moderne et des installations collectives ou industrielles. Afin de permettre une comparaison des émissions de type d'équipements très différents, les résultats sont exprimés à l'aide d'un ratio en masse de polluant par unité d'énergie consommée (mg/GJ).

Comme le montre la figure 3, pour une même quantité de bois consommé, les poêles anciens émettent environ 5 fois plus de polluants atmosphériques (poussières, CO, COVNM) que les poêles récents et 7 à 28 fois plus que les chaufferies collectives (A noter que la tendance est similaire pour les autres polluants).



**Figure 3.** Facteurs d'émission de poussières et de monoxyde de carbone (en g/GJ) pour un poêle ancien, un poêle récent et une chaufferie collective (Sources : ADEME, 2005c et CITEPA, 2003)

#### 1.4. COMPARAISON DES FACTEURS D'EMISSION DE POLLUANTS LIES A LA COMBUSTION DE BOIS, DE CHARBON, DE FUEL ET DE GAZ NATUREL

Le CITEPA (2003) présente une comparaison des facteurs d'émission de plusieurs combustibles, dans le secteur domestique (tableau 2) et dans le secteur collectif et industriel (tableau 3).

Globalement, le gaz naturel est le combustible le plus propre quelque soit le polluant étudié. D'autre part, les émissions liées à la combustion du bois sont nettement plus importantes pour le secteur domestique que pour le secteur collectif et industriel, alors que ce constat est beaucoup moins net pour les autres combustibles. En d'autres termes, le parc des appareils domestiques au bois est beaucoup moins performant que celui des installations collectives et industrielles, comme cela a déjà été souligné.

Dans le secteur domestique, le bois émet :

- moins de SO<sub>2</sub> que le charbon et le fuel (lourd et domestique) mais plus que le gaz naturel ;
- moins de dioxines que le charbon mais plus que le fuel et le gaz naturel ;
- autant de NO<sub>x</sub> que le charbon, le fuel et le gaz naturel ;
- plus de COVNM, CH<sub>4</sub>, CO, poussières et HAP que le charbon, le fuel et le gaz naturel.

Dans le secteur industriel et collectif, le bois émet :

- moins de SO<sub>2</sub> que le charbon et le fuel (lourd et domestique) mais plus que le gaz naturel ;
- moins de COVNM que le charbon, autant que le gaz naturel, et plus que le fuel ;
- autant de poussières que le charbon mais plus que le fuel et le gaz ;
- plus de NO<sub>x</sub>, CO, dioxines que le charbon, le fuel et le gaz naturel.

**Tableau 2.** Comparaison des émissions de polluants ramenées à l'unité d'énergie entrante dans les petites installations du secteur domestique (Source : CITEPA, 2003)

	Charbon	Fuel lourd	Fuel domestique	Gaz naturel	Bois
SO <sub>2</sub> (g/GJ)	623	885	95	0,5	20
NO <sub>x</sub> (g/GJ)	50	170	50	50	50
COVNM (g/GJ)	15	3	3	2,5	1522
CO (g/GJ)	500	15	40	25	6417
Poussières (g/GJ)	150	24	15	0	358
Dioxines (ng i-TEQ /GJ)	385	5	0	0	100
HAP (µg/GJ)	1150	5	0	0	328 000

**Tableau 3.** Comparaison des émissions de polluants ramenées à l'unité d'énergie entrante dans les installations de combustion de puissance inférieure à 50 MW du secteur industriel ou du chauffage collectif (Source : CITEPA, 2003)

	Charbon	Fuel lourd	Fuel domestique	Gaz naturel	Bois
SO <sub>2</sub> (g/GJ)	618	819	95	0,5	20
NO <sub>x</sub> (g/GJ)	160	170	100	60	200
COVNM (g/GJ)	15	3	1,5	4	4,8
CO (g/GJ)	200	15	15	19	250
Poussières (g/GJ)	100	48	3	0	100
Dioxines (ng i-TEQ /GJ)	3,85	2,5	0	0	40
HAP (µg/GJ)	1920	5	0	0	8000

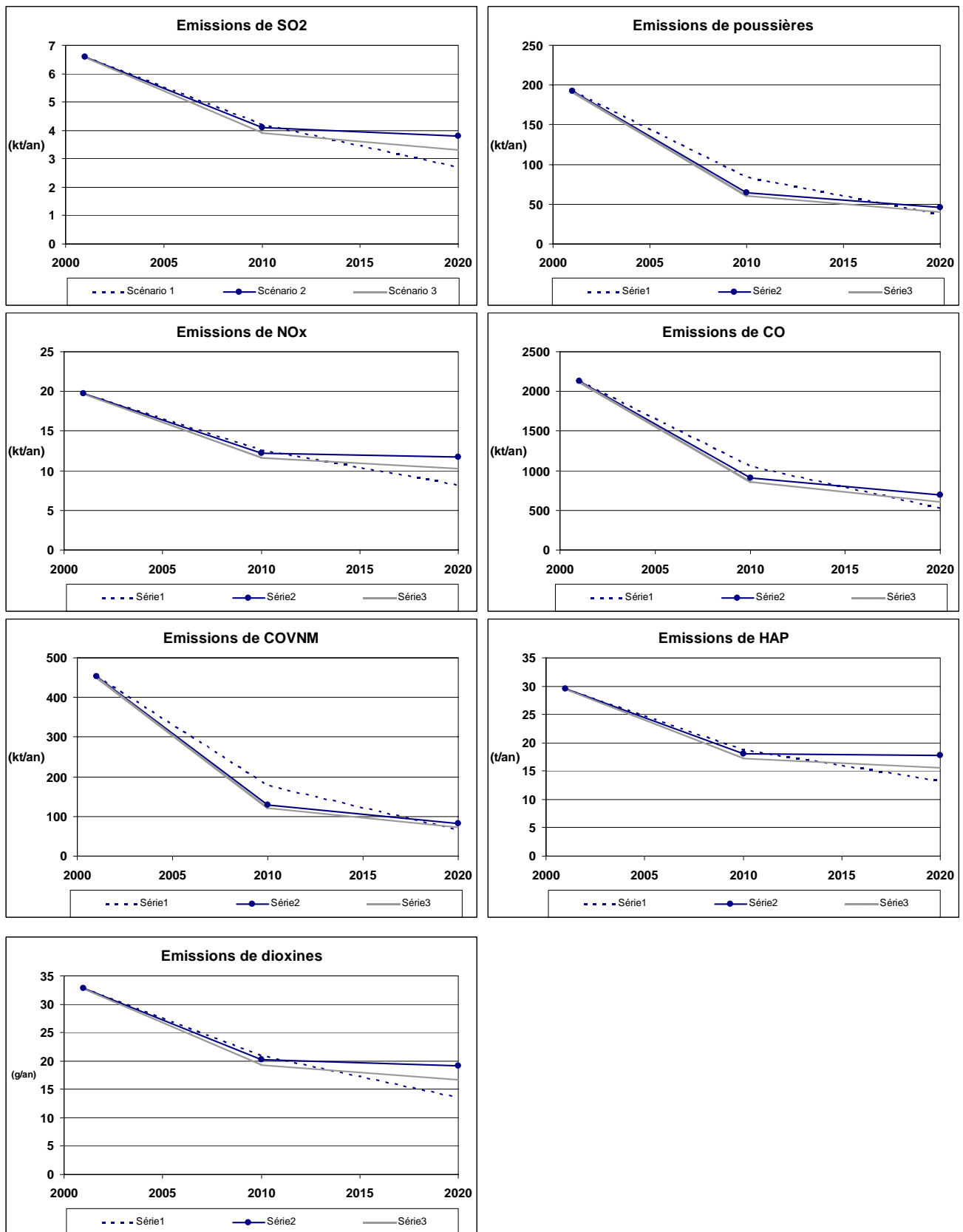
## 2. LES PERSPECTIVES D'EVOLUTION DU SECTEUR DOMESTIQUE

Une évaluation à l'horizon 2010 et 2020, des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage a été menée par l'ADEME en 2005<sup>1</sup> et met en évidence les résultats suivants : **une réduction importante des émissions de polluants atmosphériques, entre 2001 et 2020 par rapport à la situation actuelle. Cette réduction sera comprise entre 40 et 58% pour le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les HAP, les dioxines et les métaux, entre 67 et 75% pour le CO et pourra atteindre 76 à 85% pour les COVNM et les poussières** (cf figure 4 – pour en savoir plus consulter l'étude complète).

Cette forte diminution des émissions atmosphériques du chauffage domestique au bois à l'horizon 2010 et 2020 est liée à trois facteurs :

- l'amélioration des rendements des appareils: à chaleur fournie identique, la consommation de combustible est moindre, ce qui diminue mécaniquement les émissions ;
- le renouvellement du parc, qui permet l'introduction d'appareils à émissions plus faibles (cas des COV, du CO et des particules) ;
- les progrès en matière d'isolation qui permettent une diminution des besoins de chaleur dans les logements.

<sup>1</sup> selon différentes hypothèses optimistes et pessimistes qui prennent en compte le coût des énergies fossiles, les besoins énergétiques des logements, la vente des appareils de chauffage au bois et leurs performances



**Figure 4.** Evaluation actuelle et prospective à l'horizon 2010 et 2020 des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage (Source : ADEME, 2005c)

### 3. LES ACTIONS DE L'ADEME

L'ADEME, dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de l'Etat concernant le développement des énergies renouvelables et en particulier le développement de la biomasse comme source d'énergie, contribue très concrètement d'une part à l'acquisition de connaissances sur les émissions atmosphériques de la combustion de la biomasse. Elle veille également à promouvoir la mise sur le marché d'équipements et d'installations à haute performance environnementale, et au développement de bonnes pratiques.

L'ADEME, depuis 2005, anime et co-finance un **programme annuel structuré de recherche et développement sur la biomasse pour le chauffage domestique**, en partenariat avec les équipementiers et les organismes compétents de recherche. Les projets retenus doivent contribuer à améliorer les connaissances<sup>2</sup> et à développer ou améliorer les performances énergétiques et environnementales des équipements de chauffage et de leurs accessoires. L'appel à projets 2007 est actuellement en cours et la sélection des projets aura lieu au 3<sup>ème</sup> trimestre. Les projets en cours de réalisation, sélectionnés dans le cadre des appels à projets (AAP) 2005 ou 2006 sont les suivants :

- Evaluation de l'impact des appareils de chauffage domestique au bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur, INERIS/LCME/CITEPA/CSTB (AAP 2005) ;
- Connaissances des émissions polluantes liées au chauffage au bois, que ce soit vers l'extérieur par les fumées ou en intérieur en émissions diffuses dans l'habitat, LERMAB/ENSTIB/LGRE/SUPRA (AAP 2005) ;
- Mise au point d'un procédé de traitement catalytique des émissions issues du chauffage domestique au bois, UHA/LGRE et FONDIS (AAP 2005) ;
- Développement de foyers fermés « grande vision » à hautes performances environnementales, RENE BRISACH, TOTEM FIRE et CETIAT (AAP 2005) ;
- Chaudières domestiques à bûches ou à granulés de bois à condensation – Faisabilité et développement, CETIAT, Chaudières DE DIETRICH THERMIQUE, SOCIETE INDUSTRIELLE DE CHAUDIERES, Cheminées POUJOULAT (AAP 2006) ;
- Influence du système d'évacuation des fumées sur le rendement d'un chauffage domestique au bois, LNE, CERIC, Cheminées POUJOULAT, TECHNOVA (AAP 2006).

L'ADEME planifie et anime également la **réalisation d'études spécifiques**. Les études réalisées récemment ou en cours de réalisation sont :

- ADEME, 2005, Evaluation comparative actuelle et prospective des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage en France
- ADEME, 2005, Evaluation des risques sanitaires d'une chaufferie de bois collective
- ADEME, 2005, Bilan environnemental du chauffage domestique au bois
- ADEME, 2005, Bilan environnemental du chauffage collectif (avec réseau de chaleur) et industriel au bois
- ADEME, (en cours), Etude sur l'impact sanitaire d'un parc d'appareils de chauffage au bois en maisons individuelles
- ADEME, (en cours), Mesure de polluants sur chaufferies existantes
- ADEME, (en cours), Evaluation technique, environnementale et économique des techniques disponibles de dépoussiérage pour les chaufferies bois de puissance comprise entre 0 et 4 MW
- ADEME, (en cours), Evaluation des risques sanitaires associés à un projet d'une chaufferie bois de puissance égale à 700 kW

L'ADEME a participé par ailleurs à la création, puis à l'extension, du **label qualité « Flamme Verte »** pour tous les équipements de chauffage au bois, selon les nouvelles normes européennes. Cette démarche vise à faire disparaître progressivement du marché les équipements peu efficaces, le développement du marché d'appareils performants, la sensibilisation des consommateurs aux bonnes pratiques environnementales. Les principaux fabricants européens se sont engagés au travers d'une charte qualité « Flamme Verte » à promouvoir un chauffage domestique au bois moderne et performant.

---

<sup>2</sup> les moyens mis en œuvre sont des campagnes d'essais en laboratoire et/ou in situ, des simulations numériques, de la modélisation



Comme le montrent les tableaux 4 et 5, la mise sur le marché des équipements s'inscrit dans une démarche dynamique, avec une évolution sensible des performances énergétiques et environnementale année après année.

**Tableau 4.** Evolution des performances des appareils indépendants labellisés « Flamme Verte »

Année	Evolution des performances	
	Energétique (rendement en %)	Environnementale (en % de CO)
Avant 2000	Pas de rendement mini	Pas de niveau maxi
2001-2003	60%	Pas de niveau maxi
2004	60%	1 %
2005	65%	0,8 %
2006	65%	0,6%
2007	70%	0,6%
2008	70%	0,5%
2009	70%	0,3%

**Tableau 5.** Evolution des performances des chaudières domestiques automatiques et manuelles labellisées « flamme verte »

Année	Puissance (kW)	Energétique : rendement (%), variable selon la puissance	Evolution des performances		
			Environnementale, valeur limite d'émission de		
			CO (mg/Nm3)	COV (mg/Nm3)	Poussières (mg/Nm3)
2002	<70		Aucune obligation		
	30	66	5000 (8000)	200 (300)	180
2003	50	67	4500 (5000)	150 (200)	
	70	68			
	30	66	5000 (8000)	200 (300)	180
2004 (=2003)	50	67	4500 (5000)	150 (200)	
	70	68			
	30	71	4000 (6500)	150 (225)	165
2005	50	72	3500 (3750)	115 (150)	
	70	73			
	30	76 (71)	4000 (6500)	150 (225)	165
2006	50	77 (72)	3500 (3750)	115 (150)	
	70	78 (73)			
	30	76 (71)	4000 (6500)	150 (225)	165
2007 (=2006)	50	77 (72)	3500 (3750)	115 (150)	
	70	78 (73)			
	30	81 (76)	3000 (5000)	100 (150)	150
2008	50	82 (77)	2500	80 (100)	
	70	83 (78)			

Nota : les valeurs entre parenthèses sont relatives aux chaudières manuelles

Enfin, l'ADEME s'inscrit également dans une démarche de progrès vis-à-vis du secteur industriel et collectif, avec un **nouveau système d'aides financières à la réalisation de chaufferies** qui exige une évaluation environnementale des projets et incite à aller au-delà des exigences réglementaires actuelles, par exemple pour abaisser les émissions de poussières des chaudières de puissance inférieure à 20 MW.

## Références

ADEME et EDF, 2006, nouvelles estimations conjointe sur le contenu CO<sub>2</sub> du chauffage électrique qui fixent l'ordre de grandeur autour de 180 kg éq. CO<sub>2</sub>/MWh utile

ADEME, 2005a, Bilan environnemental du chauffage domestique au bois, décembre 2005 (étude réalisée par BIO Intelligence Service)

ADEME, 2005b, Bilan environnemental du chauffage collectif (avec réseau de chaleur) et industriel au bois, décembre 2005 (étude réalisée par BIO Intelligence Service)

ADEME, 2005c, Evaluation comparative actuelle et prospective des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage en France (étude réalisée par Erdyn Consultants)

ADEME, 2004, Expertise de 10 chaufferies collectives au bois (Etude réalisée par Séchaud Ingénierie)

CITEPA, 2003. Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France.