La combustion du bois contribue-t-elle à la pollution de l'air ?

Avant-propos

Le présent document résulte d'une étude de synthèse conduite par l'Académie d'Agriculture de France sur la question de la combustion du bois et sur son impact sur la qualité de l'air. Il se compose de deux parties :

- Un résumé rappelant le contexte, les processus de la combustion du bois, les émissions qui lui sont liées et leur impact sur la qualité de l'air en zone fortement urbanisée, ainsi que la dépendance de ces émissions vis-à-vis des équipements de combustion utilisés.

- Un rapport complet en forme d'état de l'art donnant une vue plus exhaustive et donc plus précise des questions et des enjeux du problème. Une telle mise au point est importante dans un contexte législatif et règlementaire, national et européen, en évolution, compte tenu des préoccupations sur la qualité de l'air.

On l'aura compris, ces deux parties forment un tout que le lecteur est vivement encouragé à consulter.

Résumé

La combustion du bois contribue-t-elle à la pollution de l'air ?

Le contexte

Le bois est aujourd'hui en France la première source d'énergie renouvelable (47%) et son usage s'accroit. Le bois consommé pour l'énergie devance tous les autres usages du bois, y compris le bois dans la construction. **Le chauffage domestique consomme 73% du bois utilisé pour l'énergie**, les 27 % restant allant aux chauffages tertiaire, collectif ou industriel. L'innocuité du chauffage au bois fait l'objet de controverses à cause de l'émission de COV et de particules fines, inhérente à la combustion d'un solide carboné comme le bois.
Le présent avis a pour objet de donner un avis scientifique sur la combustion du bois et les risques sanitaires qui peuvent être associés à ses rejets atmosphériques, en tenant compte de l'évolution des technologies de combustion, des matériels qui s'y rattachent et d'utilisations différenciées. Sont concernées les utilisations du bois bûche et des granulés ligno-cellulosiques pour le chauffage domestique, en foyers ouverts ou fermés, ainsi que celles du bois et de ses dérivés (plaquettes forestières, sciures, rémanents…) à destination du chauffage collectif ou tertiaire et des procédés industriels qui requièrent de la chaleur (générateurs de vapeur à titre d'exemple).

La combustion du bois : processus et émissions

La première étape de la combustion du bois est la **pyrolyse** endothermique où le bois, se décompose en gaz, liquides (goudrons) et solide (charbon). Les gaz combustibles CO, H_2, CH_4, se forment à partir de 300°C environ, température d'inflammation du bois. Les proportions relatives de gaz, goudron et charbon dépendent de l'état de division du combustible, et de la température de pyrolyse, donc de celle de la combustion (figure 1).

La deuxième étape est la **combustion des gaz** et celle partielle du charbon. Les goudrons contenant majoritairement des hydrocarbures aromatiques (HAP) ne brûlent pas directement. Ils partent avec les fumées et pour être éliminés, ils doivent être filtrés ou craqués par traitement catalytique durant ou après cette combustion.
Les micro-fragments de charbon imbrûlé forment des particules fines classées en trois catégories (PM1 <1 micron, PM 2,5 < 2,5 microns et PM10 < 10 microns). La température de combustion (500°C à 1000°C) varie en fonction du taux d'humidité du bois et de la quantité d'air en excès.
Plus le bois est humide et plus la température de combustion sera faible, avec formation de goudrons dans les fumées, donc de pollution. Plus le bois est divisé (sciures, granulés), plus complète est la combustion avec peu de particules de charbon imbrûlé, plus grande est la proportion de gaz et moins il y a formation de goudrons.

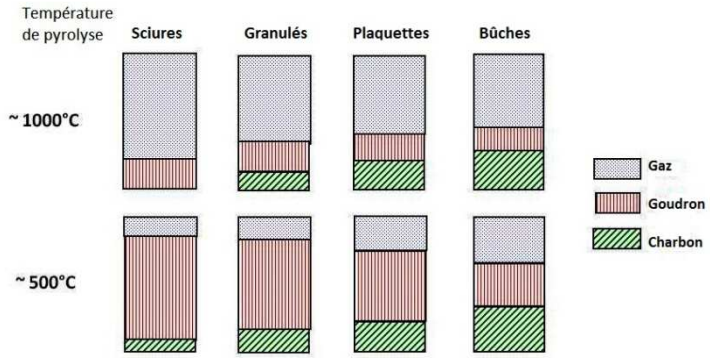


Figure 1- Diagramme de tendance de combustibles bois courants en fonction de la température de pyrolyse

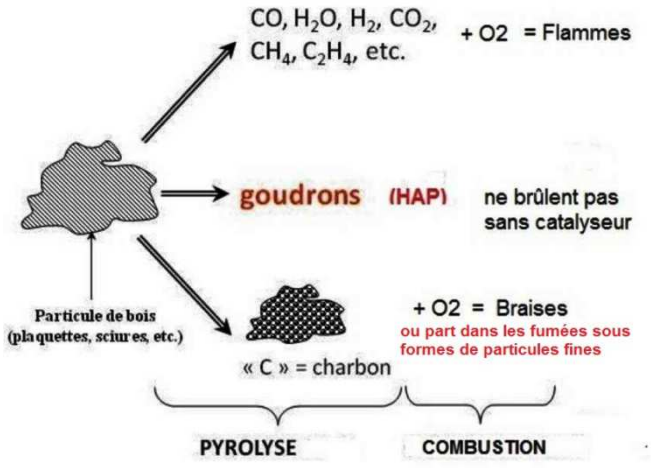
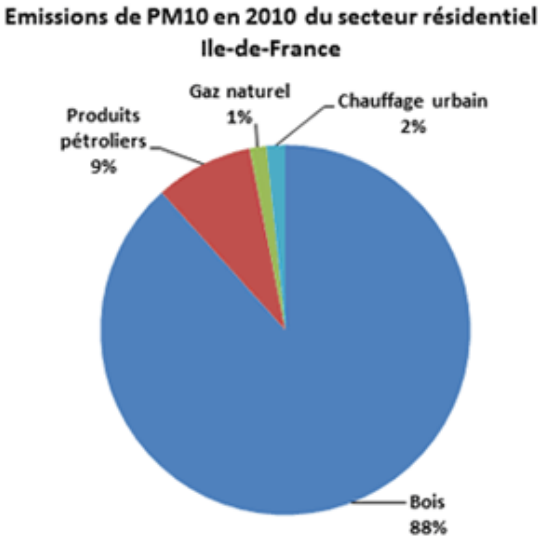


Figure 2. Schéma réactionnel de la combustion du bois

Ces phénomènes peuvent être amplifiés par la topographie des lieux (vallées encaissées…) et par des conditions météorologiques telles que la présence d'une couche d'inversion empêchant la dispersion verticale des particules et polluants divers.



La combustion du bois impacte la qualité de l'air en zone fortement urbanisée

Les problèmes de mauvaise qualité physico-chimique de l'air, concernent les grandes agglomérations et les régions à forte activité industrielle. Pour l'Île de France, le réseau de surveillance Airparif souligne le fait que le "secteur résidentiel et tertiaire, notamment le chauffage domestique et des entreprises, contribue à hauteur de 26% aux particules PM10 émises, à 39% des particules fines PM2,5 et à 30% des émissions d'hydrocarbures". En détaillant par combustible ces émissions, le bois apparaît comme le contributeur majoritaire. Bien qu'il ne représente que 5% des consommations de ce secteur, il est à l'origine de près de 90% des émissions de particules (PM10 et PM2,5) et de plus de 80% des émissions d'hydrocarbures du chauffage résidentiel. Il en est de même au plan national, cf tableau I suivant :

Tableau 1- Pourcentage des polluants dégagés par diverses sources en regard de leur importance nationale (données 2009 ADEME, 2008 INERIS)

	% énergie nationale	SO_2	NOx	CO	COVNM	HAP	Dioxine	PM 2,5*	PM 10*
Bois énergie	5,6	1,6	3,6	36	21	70	20	40	60
Fioul	4	10	12	1,2	2,7	5	2	7	12
Charbon	3,4	37	4	3		1	3	2,3	2,2
Gaz naturel	21	1,4	8	1,1	1,3	0		0,4	0,8
Transport routier	26	0,3	53	13	10	17		17	16,5

*PM 2,5 particules fines (particulate matter) dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm, PM 10 particules moyennes.

Les émissions liées à la combustion du bois dépendent des équipements utilisés

Les foyers ouverts (cheminées sans inserts) présentent un très faible rendement énergétique, généralement compris entre 10 à 20 % restitués sous forme de chaleur utile. En conséquence, leur facteur d'émission de particules carbonées est très élevé, totalement non conforme aux normes actuelles préconisées ou en vigueur. Les nouveaux dispositifs de chauffage, en particulier ceux présentant le label flamme verte 5* peuvent atteindre un rendement énergétique important (≥70 %). Leur taux d'émission de particules (fines et autres) peut être diminué d'un facteur 40 par rapport aux émissions issues d'une cheminée ouverte. L'utilisateur a donc doublement intérêt à se tourner vers ce type d'insert à haut rendement pour disposer d'un capital de chaleur bien plus important à consommation identique de bois et réduire drastiquement la pollution induite (pollution extérieure et intérieure au lieu de vie).

Tableau 2
Rendements d'installations de chauffage domestique

Installation de chauffage au bois	Rendement en %
Cheminée foyer ouvert	10 à 20
Insert foyer fermé	30 à 70
Poêle à bûches	40 à 70
Chaudière à bûches	55 à 75
Chaudière à granulés	75 à 90

Les chaufferies bois sont surveillées et il existe de multiples normes en fonction de la puissance de l'appareil (NF EN 3023-5 pour moins de 500 kW et arrêté 2910 A & B pour les plus grosses puissances). Les installations automatiques collectives ou industrielles de plus de 2 MW sont soumises à une législation et une réglementation particulières, relatives à ce que l'on appelle "les installations classées pour la protection de l'environnement".(ICPE) et sont donc suivies. Ces installations où les fumées sont filtrées (filtres électrostatiques ou à manche) donnent des niveaux de particules négligeables.

Conclusions

- La combustion du bois improprement réalisée génère des polluants dont certains présentent un risque avéré pour la santé humaine. Elle contribue, à ce titre, à la pollution globale de l'air extérieur et intérieur. Cette contribution peut s'avérer significative en fonction de caractéristiques locales géographiques défavorables (vallées encaissées…), météorologiques (couches d'inversion) ou liées à un taux très important d'utilisation du bois énergie tant dans des installations domestiques individuelles que collectives, ce qui pose la question de l'application éventuelle de normes plus restrictives.
- La qualité du combustible (siccité, homogénéité, essence, fragmentation) est un facteur important a prendre en compte. Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) du bois varie peu selon l'essence mais considérablement en fonction du taux d'humidité (5,2 kWh/kg pour le bois sec et tombe de moitié pour 40% d'humidité sur brut)
- L'utilisation d'appareils et de dispositifs anciens, obsolètes et de faible rendement énergétique, donc loin des conditions optimales de combustion, contribue très significativement à cette pollution. Les foyers ouverts sont de ceux-ci.
- Les récents dispositifs à foyer fermé (inserts), à haut rendement, minimisent considérablement les émanations issues de la combustion du bois et devraient être conformes aux normes environnementales en vigueur.
- Les installations automatiques collectives et industrielles de production d'énergie à partir de la biomasse bois sont soumises à des normes de rejets atmosphériques contraignantes qui leur sont spécifiques et qui pourraient évoluer, à l'avenir, pour abaisser les seuils actuels et tenir compte d'autres polluants que ceux qui sont retenus actuellement dans ces normes.

Rapport Complet

La combustion du bois contribue-t-elle à la pollution de l'air ?

Le bois énergie est actuellement la première consommation de bois et son usage s'accroit, même si les prix des hydrocarbures ont tendance à diminuer. C'est maintenant la première énergie renouvelable, devant l'hydraulique. Mais à la suite des phénomènes climatiques de l'hiver dernier, la pollution par la combustion du bois est pointée du doigt. La décision d'interdire les feux de cheminées, en foyer ouvert, à Paris a fait débat en début d'année.

Les émanations issues du bois lors de sa combustion, tant en composés gazeux qu'en particules fines, font incontestablement l'objet de controverses. Leur innocuité fait débat, les récentes restrictions réglementaires sur l'utilisation en région parisienne de foyers ouverts et les ajustements

administratifs qui sont venus restreindre la portée de ces restrictions peu de temps après sont là pour témoigner qu'il s'agit d'un sujet sensible auprès du public.

En effet, la flambée ancestrale du bois dans l'âtre, son caractère d'authenticité, les bienfaits de sa chaleur rayonnante, la cuisson douce des aliments sont associés a un bien être convivial issu d'un produit naturel abondant et renouvelable.

Le présent avis a pour objet de faire un point scientifique 'dépassionné' sur la combustion du bois et des risques sanitaires qui peuvent y être associés ceci dans un contexte d'évolution sensible des technologies de combustion, des matériels qui s'y rattachent et d'utilisations différentiées.

Il s'attache, au travers de solides travaux scientifiques, bien étayés et issus de diverses sources, à mieux cerner la contribution de la combustion de la biomasse (bois et dérivés) à l'ensemble des rejets atmosphériques et aux risques potentiels liés à cette utilisation qui en découlent.

Sont concernées les utilisations du bois bûche et des granulés ligno-cellulosiques pour le chauffage domestique (foyers ouverts ou fermés) ainsi que le bois et ses dérivés (plaquettes forestières, sciures, rémanents…) à destination du chauffage collectif, tertiaire et des procédés industriels (générateurs de vapeurs à titre d'exemple).

Les principes fondamentaux qui régissent les phénomènes physico-chimiques liés à la combustion du bois sont les suivants :

I – Rappels des fondamentaux de la combustion du bois (1), (2), (3)

Ces rappels sont nécessaires pour mieux comprendre pourquoi la neutralité carbone est sujette à débat et quelle est l'origine des problèmes liés à la pollution émise par la combustion du bois.

Equation bilan de la combustion

La combustion est l'oxydation complète des éléments contenus dans le bois, conduisant à la formation de CO_2 et de H_2O ainsi qu'à la production de chaleur.

A partir de la composition élémentaire du bois,

Elément	C	H	O	N	Minéraux
Teneur en masse	45 à 49 %	5 à 6 %	41 à 44 %	0,1 à 0,3 %	0,2 à 1 %

Tableau 1 *Composition chimique élémentaire du bois*

l'équation de combustion complète du bois peut s'écrire :

$$\mathbf{C\ H_{1,44}\ O_{0,66} + 1,03\ O_2 = CO_2 + O,72\ H_2O}$$

Dans la plupart des cas, la combustion ne se fait pas avec de l'oxygène pur, mais avec de l'air constitué à 21 % d'O_2 et 79 % de N_2.

L'équation stœchiométrique de combustion devient alors :

$$\mathbf{C\ H_{1,44}\ O_{0,66} + 4,9\ Air = CO_2 + O,72\ H_2O + 5,87\ N_2}$$

Comme on opère toujours avec un excès d'air (25 à 100 %) la composition théorique des fumées est : CO_2, 9,6 % ; H_2O vapeur, 6 % ; O_2, 9,9 % et N_2, 74,5 %. Comme il y a de l'azote intrinsèque dans la composition du bois et que l'azote s'oxyde à haute température, on décèle toujours N_2O ou NOx.

Pouvoir calorifique du bois (PCI, PCS)

Le bois peut contenir une quantité importante d'eau (plusieurs fois sa masse sèche). La quantité d'eau contenue dans le bois se mesure relativement à la masse de bois :

- si l'on exprime la quantité d'eau par rapport à la masse de bois anhydre, alors on définit l'humidité sur sec H_S qu'utilisent les professionnels de la transformation du bois :

$$H_S = 100\frac{m_{humide} - m_{anhydre}}{m_{anhydre}}$$

- si l'on exprime la quantité d'eau par rapport à la masse de bois humide, on définit alors l'humidité sur brut H_b utilisée en combustion :

$$H_b = 100\frac{m_{humide} - m_{anhydre}}{m_{humide}}$$

Pouvoir calorifique supérieur

Le pouvoir calorifique supérieur ou PCS est la quantité d'énergie maximale que peut générer la combustion d'une unité de masse d'un combustible sec alors que l'eau produite par cette combustion est condensée.

Le PCS du bois varie peu selon l'essence, les feuillus ayant un PCS légèrement plus faible que celui des résineux, et approche les 20 000 kJ.kg^{-1} ou 5,6 kWh/kg Sa valeur peut–être approchée à partir de la composition élémentaire, à l'aide de l'une ou de l'autre des deux relations les plus courantes, donnant des valeurs moyennes adaptées au bois.

$PCS = 43730.x_C - 350{,}9$

$PCS = 47500.x_C - 2380$

où : *PCS* est exprimé en kJ.kg^{-1}

x_C est la fraction massique en carbone

Feuillus	PCS (kJ.kg^{-1})	Résineux	PCS (kJ.kg^{-1})
Chêne (duramen)	18463	Sapin pectiné	18990
Chêne (aubier)	19169	Epicéa	19195
Hêtre	18802	Douglas (duramen)	19165
Charme	18735	Douglas (aubier)	19370
Frêne	18521	Pin maritime	19165
Peuplier	18392	Pin sylvestre	20946
Noyer	18572	Mélèze	19688
Acacia	19015	Cèdre (duramen)	20984
Eucalyptus	17773	Cèdre (aubier)	19822

Tableau 2 – *Pouvoir calorifique supérieur à l'état anhydre de divers essences [1]*

Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur ou PCI est la quantité de chaleur maximale fournie par une unité de masse de combustible sec lorsque l'eau formée par la combustion demeure à l'état de vapeur. Autrement dit, le PCI se déduit du PCS par soustraction de l'énergie utile à la vaporisation de l'eau produite au cours de la combustion. Cette dernière a pour origine l'hydrogène contenu dans le bois.

Le PCI anhydre du bois peut donc être exprimé de la manière suivante :

$$PCI_{anhydre} = PCS - L_v \cdot \frac{M_{H_2O}}{2.M_H} . x_H \qquad \text{(Pour le bois PCI = PCS/1,11)}$$

où : L_v est la chaleur latente de vaporisation de l'eau

M_{H_2O} est la masse molaire de l'eau

M_H est la masse molaire de l'hydrogène atomique

x_H est la fraction massique d'hydrogène dans le combustible anhydre

Tout comme le PCS, de nombreuses études ont cherché à corréler le PCI anhydre à la composition élémentaire. Le modèle suivant prend en compte les 3 éléments C, H et O :

$$PCI_{anhydre} = 34{,}03.x_C + 121{,}64.x_H - 12{,}54.x_O$$

où : le *PCI* s'exprime en $MJ.kg^{-1}$,

x_C est la fraction massique de carbone,

x_H est la fraction massique d'hydrogène,

x_O est la fraction massique d'oxygène

Le PCI utilisé en combustion est aussi appelé PCI humide par opposition au PCI anhydre. Il prend en compte l'eau contenue dans le bois, on utilise alors l'humidité sur brut H_b.

$$PCI_{humide} = (1 - H_b/100).PCI_{anhydre} - (H_b/100).Lv$$

où : L_v est la chaleur latente de vaporisation de l'eau

H_b est l'humidité sur brut du combustible en %

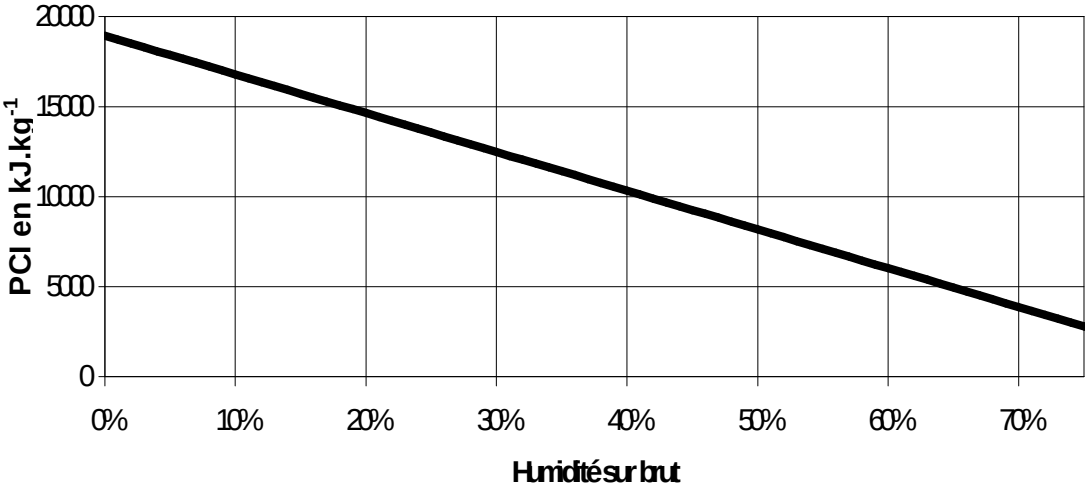


Figure 1: *PCI en fonction de l'Humidité*

On peut comparer le PCI du Bois à celui des combustibles courants :

Combustible	PCI en kWh/kg
Bois brut en bûches	4
Charbon (coke)	8
Fioul domestique	12
Gaz naturel	17

Tableau 3 : *PCI de combustibles courants*

Mécanismes

Le bois ne brûle pas spontanément et doit être pyrolysé par une source externe (allumage) avant de libérer des gaz combustibles qui vont eux-mêmes s'enflammer lorsque la température dépassera une température de l'ordre de 280°C. La pyrolyse sera alors exothermique et entretenue par la combustion.

Température	Phénomènes	Réaction
$\theta < 200°C$	Déshydratation Traces de CO_2, glyoxal, acides formique et acétique	Endothermique
$200 < \theta < 280°C$	Traces de CO_2, CO, glyoxal, acides formique et acétique Début de carbonisation	Endothermique
$280 < \theta < 500°C$	Dégagement de CO_2, CO, HCHO, acides formique et acétique, H_2, H_2O, CH_4 Goudrons inflammables Carbonisation	Exothermique
$\theta > 500°C$	Charbon	Exothermique

Tableau 3: *Les étapes de la pyrolyse du bois*

Environ 85 % de la masse de bois brûle, en phase gazeuse homogène, sous forme de gaz, principalement CO, H_2 et CH_4. Normalement les flammes obtenues sont incolores ou légèrement bleutées. La couleur jaune provient de la combustion partielle de goudrons et caractérise une combustion imparfaite (manque d'air, bois humide), avec dégagement de COV (composés organiques volatils), HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques), sous forme d'aérosols organiques. Les composés organiques issus de la pyrolyse du bois, étape primaire de la combustion du bois, sont très nombreux. Ils proviennent de la décomposition de l'holocelluose, comme le composé primaire principal, le lévoglucosane, ou de la lignine, sous forme de benzènes, phénols, métoxy-phénols...pour les COV précurseurs des HAP. Ces derniers sont cancérigènes, comme certains COV.

Les 15 % restants, correspondant au charbon brûlent par combustion surfacique, en phase solide hétérogène. La vitesse de cette combustion lente dépend du degré de division du charbon De l'air est injecté dans les braises et capte le carbone constitutif pour dégager du CO_2.

Remarque : les proportions relatives, 85% et 15% de la masse de bois brûlant en phase gazeuse ou solide dépendent de l'état de division du combustible (voir plus loin).

Avec les minéraux présents dans le bois sous formes de sels ou d'oxydes, le charbon non brûlé se retrouve dans les cendres, à l'origine des **particules** présentes dans les fumées.

Pour avoir une combustion totale, il est nécessaire d'atteindre un niveau de température minimum, suffisante pour entretenir une dégradation complète du bois et les réactions d'oxydation des gaz produits. Une température de 600 °C apparaît comme minimum dans le cas du bois, 800 à 900 °C étant certainement le niveau idéal. Une température plus élevée peut conduire à la formation d'oxydes d'azote N_2O, NO, puis NO_2…..donnant lieu à la formation d'ozone sous irradiation solaire.

La température de combustion ne doit pas dépasser 1200°C pour éviter la fusion des cendres (à cause de sodium, potassium et silice présents dans les bois en proportions variables) provoquant le "bistrage" (avec les goudrons et les suies) et le "coulage" des réfractaires des cheminées, contenant de la silice.

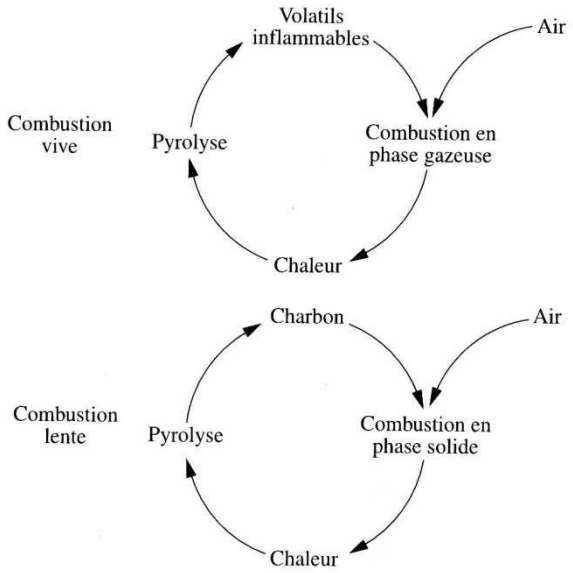


Figure 2: *Mécanisme de combustions homogène et hétérogène du bois*

Combustion avec excès d'air : pour s'assurer que tous les gaz produits par la pyrolyse du bois soient oxydés, une des solutions consiste à brûler le bois avec excès d'oxygène, donc d'air. Malheureusement cela augmente le volume de fumées à chauffer et diminue ainsi la température moyenne dans l'appareil générant une combustion incomplète, si l'excès est mal contrôlé.

Dans le cas du bois, il est courant d'injecter entre 25 et 100 % d'air en plus du minimum nécessaire (pouvoir comburivore). la composition théorique des fumées est : CO_2, 9,6 % ; H_2O vapeur, 6 % ; O_2, 9,9 % et N_2, 74,5 %. Comme il y a de l'azote intrinsèque dans la composition du bois et que l'azote s'oxyde à haute température, on décèle toujours N_2O ou NOx.

Remarque : On définit un pouvoir comburivore, qui est le volume d'air théorique nécessaire à la combustion (Va = 4,57 m3/kg de bois), et un pouvoir fumigène, Vf, qui correspond au volume de fumée sèche ou humide (dans les faits humide).

Influence de la géométrie (taille et forme) du bois sur sa combustion

La géométrie du bois utilisé en combustion dépend de la ressource et du système d'alimentation, manuel ou automatique des équipements.

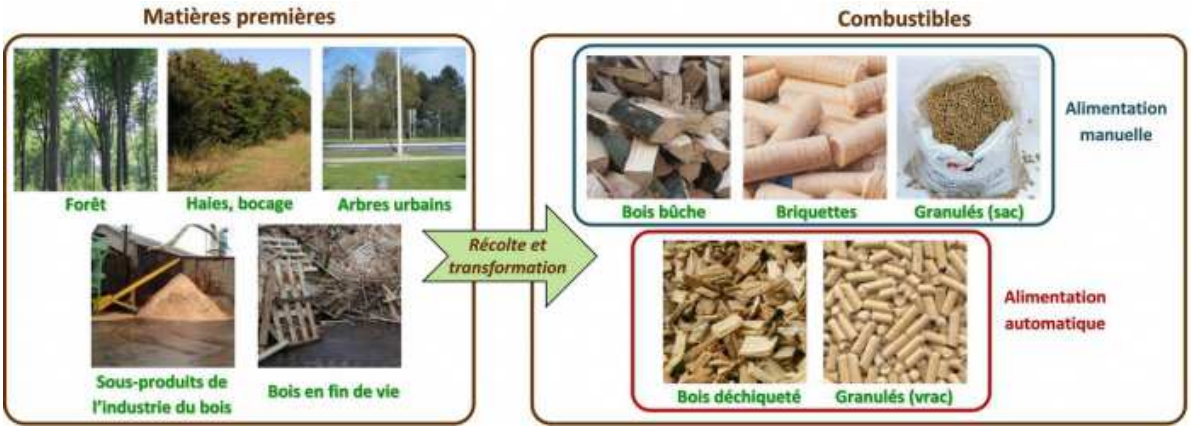


Figure 3: *Ressources et combustibles* (4)

Comme il a été dit précédemment, c'est la pyrolyse qui est l'étape primaire de la combustion du Bois. C'est aussi l'étape limitante qui va gouverner la vitesse de combustion du bois. Sa vitesse est liée à la granulométrie (rapport Surface/Volume) du combustible. Plus le bois est divisé plus la vitesse est importante et plus il se formera de gaz combustible.

La température d'inflammation du bois est d'environ 300°c, mais sa température de combustion, comme son état de division, doit être suffisante pour maximiser le volume de gaz combustibles. On comprend ainsi mieux pourquoi l'utilisation de bûches en foyer ouvert de type cheminée à l'âtre est la plus polluante et pourquoi les granulés de sciure sont performants !

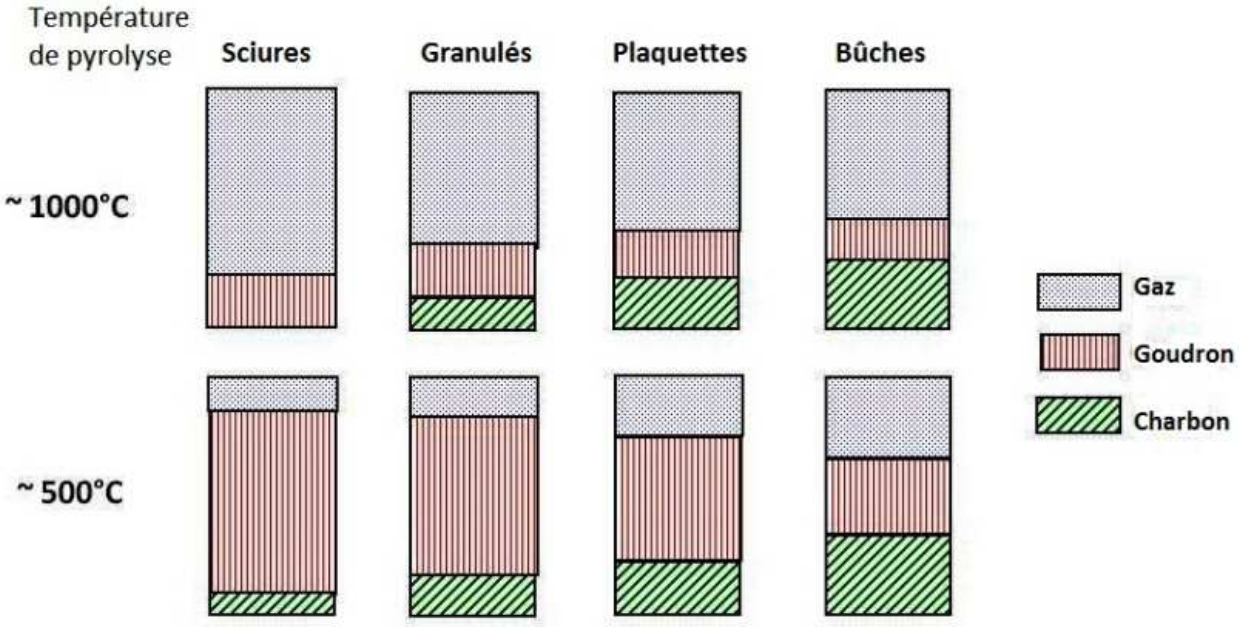


Figure 4 : *Influence de la température et de l'état de division sur la pyrolyse, donc la combustion du bois.*

Remarque : Le résultat ci-dessus, pour les sciures vers 1000°c, explique certaines explosions de silos de sciures, comme les silos à grains, dues à la formation très importante de gaz à ce niveau de température.

Il est possible de résumer le mécanisme de la combustion du bois dans la figure suivante

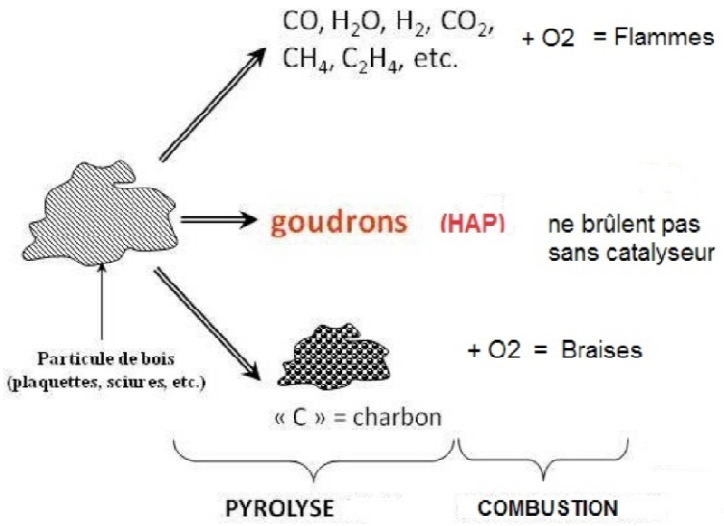


Figure 5 *Mécanisme de combustion du bois*

Le traitement des fumées par filtres pour les particules fines (cendres carbone imbrûlé) et catalyseurs pour les goudrons et suies est difficilement réalisable dans les installations domestiques. Il est donc primordial de veiller à la qualité du combustible (bois feuillu, propreté, siccité et division) et du procédé de combustion.

Rendement énergétique de la combustion du bois (TRE),

Le taux de retour énergétique (Energie utilisable/Energie dépensée) est compris entre 20 et 40 pour le bois énergie, et dépend du coût de l'approvisionnement, de la préparation du combustible bois et des coûts de transport (granulés importés du Canada ou Etats Unis !). Il dépend bien entendu de la technologie de conversion et du traitement des effluents. La cogénération aurait un TRE élevé, proche de 40.

Par contre le TRE des biocarburants peut être relativement faible, notamment pour l'éthanol, 0,8. Il peut atteindre 16 pour le biodiesel issu de la filière huile.

Pour ce qui concerne les autres énergies renouvelables la tendance sera inverse, on va aller vers une augmentation liée à l'amélioration des capacités et performances.

Remarque : Le TRE des hydrocarbures est de l'ordre de 17, celui de l'énergie nucléaire, 5-15, de l'énergie éolienne, ~18 et du photovoltaïque, ~7. Il est fort probable que dans le futur, les TRE du pétrole et gaz vont diminuer, à cause de la plus faible accessibilité des ressources. Il en sera de même pour l'énergie nucléaire, à cause du coût de la mise en sécurité et du démantèlement.

Rappel des enjeux de santé publique liés à la pollution atmosphérique

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) la pollution intérieure aux habitations et extérieure constitue le principal risque environnemental vis-à-vis de la santé humaine.

D'après cet organisme, (rapport datant de Mars 2014), la pollution de l'air sous toutes ses formes serait responsable d'environ 7 millions de décès prématurés dans le monde en 2012, dont 1,7 millions en Asie, l'Inde étant principalement touchée.

En France, les estimations font état de 42 000 décès liés directement ou indirectement à la pollution de l'air.

Afin de limiter ce lourd bilan, l'OMS a édicté des recommandations à savoir :

- Cesser d'utiliser du charbon non transformé dans les foyers pour se chauffer ainsi que du Kérosène.
- Développer à grande échelle, pour cette même application, des combustibles propres gazeux ou liquides (Biogaz, éthanol, gaz naturel, GPL…).

Les Principaux polluants atmosphériques ayant un impact prouvé sur la santé sont répertoriés ci-après :

- Les particules fines (voir définition au § suivant)
- Les oxydes d'azote NOx et plus particulièrement le dioxyde d'azote NO2 et sa forme dimère.
- Les composés organiques volatils COV
- L'ammoniac NH3
- Les Hydrocarbures aromatiques Polycycliques HAP
- Certains composés organophosporés POP
- Le dioxyde de Soufre SO2
- Le carbone micronisé sous sa forme de suie
- Le Mercure

Cette liste fait référence aux polluants majeurs dont la présence, à certaines concentrations dans l'atmosphère que nous respirons, permet de mettre en évidence un lien de cause à effet sur la santé humaine au travers d'études statistiques épidémiologiques.

En quoi les particules les plus fines sont-elles particulièrement dommageables pour la santé ?

Il existe un consensus médical et scientifique pour admettre que la mortalité prématurée est essentiellement imputable à des affections respiratoires, des maladies cardiovasculaires et des cancers dus à ces particules fines qui induisent des modifications biologiques de par leur taille et leur forme **(**action physique essentiellement**)** et par leur composition chimique (interactions moléculaires).

Pour autant, d'autres polluants liquides (aérosols) ou gazeux (COV) qui sont émis lors de la combustion du bois et de ses dérivés, contribuent indubitablement aux problèmes de santé publique mentionnés par le corps médical.

Les règlements et les normes qui régissent les émissions de polluants

Un certain nombre de directives internationales, européennes et nationales ont été promulguées et mises en application au cours des dix dernières années. Après avoir été incitatives, nombre d'entre elles sont désormais réglementaires et par là même contraignantes.

On peut citer à titre informatif non limitatif :

- Les plafonds d'émissions de la directive NEC (National Emission Ceilings)
- La convention de Genève/Protocole de Göteborg qui concerne les PM 2,5 (Particules dont le diamètre moyen est inférieur à 2,5 microns)
- La convention de Stockholm (sur les POP)
- La Directive 2008/50/CE qui fixe les valeurs limites de particules inférieures à 10 microns (PM 10) et d'oxydes d'azote

- Les normes de l'OMS : Soucieuse de réduire la mortalité due à la pollution domestique, l'OMS a, pour la première fois, défini et proposé le 12 Novembre 2014 des normes chiffrées concernant l'émission maximale des polluants en provenance des appareils de cuisson et de chauffage.

Cette norme fait référence aux éléments suivants:

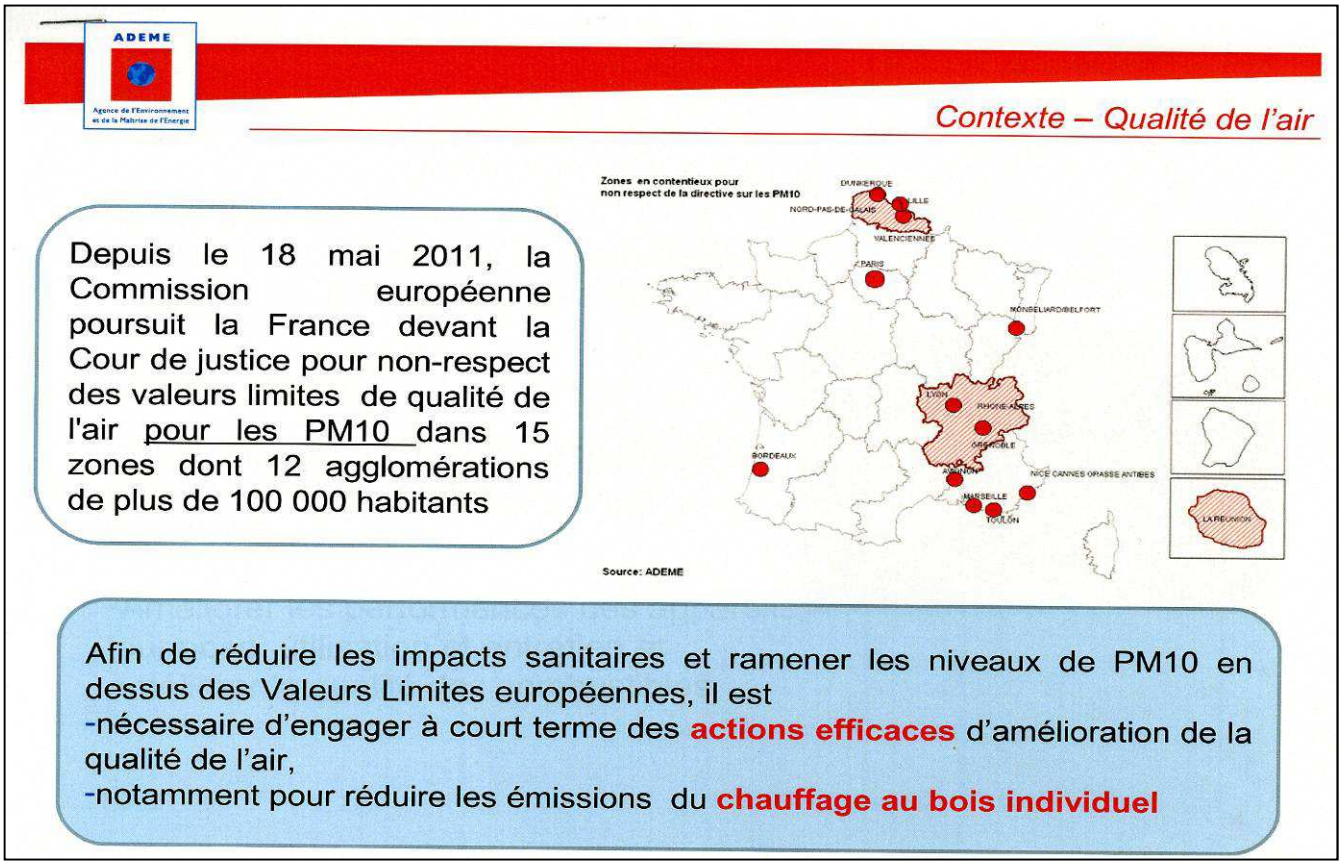
Pour les particules fines les plus dangereuses (PM 2,5 diamètre inférieur à 2,5 microns), l'OMS recommande que les appareils de cuisson et de chauffage n'émettent pas plus de 0,8 milligramme par minute (mg/min), ceci lorsque l'enceinte est dotée d'une ventilation adaptée.

Dans un milieu non ventilé, le seuil d'émission de PM 2,5 ne devrait pas dépasser 0,23 mg/min.

Quant au monoxyde de carbone (CO), les appareils ne devraient pas en générer plus de 0,59 g/min (en milieu ventilé) et 0,16 g/min dans un lieu non pourvu de ventilation.

Pour bien mesurer les enjeux et les défis que constituent de telles valeurs normatives, l'OMS souligne que les émanations actuelles sont en moyenne 100 fois supérieures à cette norme.

Le contexte Français dans un cadre Européen relatif à la qualité de l'air.



Conscientes de cette problématique, les autorités nationales, lors du Grenelle de l'Environnement, ont fixé des objectifs quantifiés et planifiés dans le temps, pour améliorer la qualité de l'air.

Avec pour objectif :

- Réduire de 30% les particules fines dans l'air ambiant d'ici 2015 (avec un seuil de 15 microgrammes/m3 pour les PM 2,5 à cette même date).

Cette valeur englobe l'ensemble des particules fines en provenance de toutes les sources d'émissions, en particulier les transports (les véhicules à moteur diesel étant particulièrement visés) mais également les combustibles utilisés pour le chauffage ou la cuisson des aliments.

Le tableau 4 permet d'appréhender la contribution de la combustion de la biomasse à l'ensemble des émissions nationales (en date de 2005).

Polluant	Part des émissions dues à la combustion de la biomasse sur les émissions totales en 2005
Gaz à effet de serre	
CH4	4%
N2O	1%
SO2	2%
Polluants atmosphériques	
NOx	2%
COVNM*	22%
CO	31%
As	25%
Cd	7%
Cr	30%
Cu	5%
Hg	2%
Ni	2%
Pb	20%
Se	13%
Zn	33%
PCDD-F	12%
4 HAP**	77%
TSP	12%
PM 10	23%
PM 2.5	34%
PM 1.0	59%

* Composés organiques volatils non méthaniques - **Somme des 4 HAP : Benzo(a)pyrène (Bap), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF), indeno (1,2,3-cd) pyrène

Tableau 4 : *Part des émissions dues à la combustion du bois sur les émissions totales en 2005*

L'importance des émissions atmosphérique issues de la combustion du bois est donc à relativiser en regard des émissions totales nationales (en 2005).

On peut toutefois faire les observations suivantes :

La part des particules fines inférieures à 10 microns est significative, voire importante en ce qui concerne les particules inférieures à 1 micron, prouvées comme étant les plus dangereuses pour la santé humaine.

Le pourcentage des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), reconnus pour être cancérogènes et/ou cancérigènes, est voisin de 80% le l'ensemble des émissions de cette nature.

Les COV (Composés Organiques Volatils) interviennent pour environ 20%. Il s'agit cependant d'une moyenne sur l'ensemble du territoire national, cette valeur en COV étant très dépendante de l'essence de bois et pouvant varier fortement d'une région française à une autre. Les résineux, dans leur majorité, re-larguent plus de COV dans l'atmosphère que les feuillus.

Les métaux lourds sont présents en quantités variables selon la nature du terrain sur lequel a poussé la biomasse mais ils peuvent contribuer jusqu'à un tiers des émissions totales de ces éléments dans certains cas (chrome, plomb, zinc).

Un problème accru dans les grandes agglomérations et tout particulièrement en Ile-de-France :

AIRPARIF est une source d'information fort bien documentée sur les différentes activités contributives aux rejets de polluants atmosphériques présents en Région Parisienne.

Une note de synthèse sur le bilan des émissions (Année de Référence 2012), réalisée à partir d'inventaires régionaux en Ile-de-France, intègre une description des méthodologies de calculs des émissions. Les procédures de mesurage font référence à la méthodologie européenne COPERT IV.

On s'y reportera pour de plus amples informations.

Concernant le secteur résidentiel et tertiaire, AIRPARIF mentionne sur son site Internet les éléments suivants :

« Le secteur résidentiel et tertiaire, notamment le chauffage domestique et des entreprises, contribue à hauteur de 26% aux particules PM10 émises en Ile-de-France, à 39%des particules fines PM2,5, à 30% des émissions d'hydrocarbures (COVNM) et à plus de 41% des rejets de GES. »

« En détaillant par combustible les émissions du secteur résidentiel, le bois apparaît comme le contributeur majoritaire. Bien qu'il ne représente que 5% des consommations de ce secteur en Ile-de-France, il est à l'origine de plus de 90% des émissions de particules (PM10 et PM2,5) et de plus de 80% des émissions d'hydrocarbures du chauffage résidentiel « (Source : Inventaire d'émissions AIRPARIF – 2012)

Aspect Réglementaire spécifique à la Région Parisienne :

Compte tenu du niveau de pollution, particulièrement en Ile-de-France, avec des pics dépassant parfois les valeurs réglementaires internationales, entre autres mesures qui ont été prises, l'utilisation du bois comme combustible est restreinte, voire interdite selon les cas, depuis Septembre 2007.*

En effet, L'arrêté inter-préfectoral N° 2007-1590 du 24 septembre 2007 stipule qu'on ne peut utiliser sa cheminée à Paris, qu'à la condition qu'elle ne soit pas la principale source de chauffage de son logement, donc exclusivement en tant que chauffage d'appoint ou pour son agrément.

Pour tous les foyers ouverts, (par opposition aux inserts et aux poêles), quel qu'en soit l'usage, l'interdiction devait être totale pour Paris intra-muros et les 435 autres communes concernées de l'agglomération parisienne. à compter du 1er Janvier 2015 en vertu de l'article 31 de l'arrêté préfectoral n°2013 084 002 du 25 mars 2013. Cet arrêté ne prévoyait toutefois aucune sanction pour les contrevenants.

Fin 2014, sur proposition du Ministère de l'Environnement, après avis du Conseil de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques de Paris (CoDERST), l'interdiction est partiellement levée sous forme d'une modification de l'arrêté concerné (courant Janvier 2015).

Cette évolution réglementaire, pour le moins évolutive, montre que ce sujet, qui présente pourtant une composante sanitaire majeure, touche fortement la sensibilité d'un public attaché au combustible bois et retranscrite, par l'administration, dans les règlements qui régissent son utilisation.

Les pathologies liées, pour partie, à la présence de polluants spécifiques

- Est mis en avant le caractère mutagène – cancérigène avéré ou cancérogène (suspecté) de composés tels que les HAP voire des COV. Certains HAP peuvent affecter le système immunitaire, en particulier le benzo(a) pyrène qui est cancérigène et classé en groupe 1 par le CIRC.

- Le phénomène cumulatif de certains métaux lourds.
- Les problèmes respiratoires liés aux particules (asthme, bronco-pneumopathies, altération du développement respiratoire chez l'enfant notamment lors d'une exposition chronique).
- Accroissement de la morbidité cardio-respiratoire.

Nous disposons désormais de nombreux documents pertinents sur l'impact au plan national de l'utilisation du bois en tant que combustible :

- Document récent (Janvier 2014) du service Bioressource de l'ADEME : Chauffage domestique au bois.
- Avis de l'ADEME Bois énergie et qualité de l'air (Nov 2013).
- Documents en provenance du BIP : Bioressources, Industries et Performances (performance énergétique).
- De nombreuses études scientifiques SBIO sur la qualité de l'air (35 études contractuelles recensées).
- Appels à projet CORTEA: COnnaissance, Réduction à la source, Traitement des Emissions dans l'Air.

Objectif:

Faire émerger des projets de R et D orientés vers l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et de l'air extérieur en cohérence avec les actions de l'ADEME.

Déclinaison spécifique au bois :

Connaissance des émissions en fonction des appareils de chauffage au bois Développement d'appareils à faibles émissions.

Outre ces documents relatifs aux différents composés issus de la combustion du bois, à leur physicochimie et aux risques sanitaires qu'ils font courir pour la santé humaine, il existe également des études à caractère marketing, juridique et de politique publique (incitations) parmi lesquelles on peut citer :

- Systèmes de post-traitement des émissions des appareils indépendants de chauffage au bois: blocages techniques, juridiques & leviers d'actions (Fév 2013) CSTB pour le compte de l'ADEME.
- Etude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement (Juillet 2013) Solagro, Biomasse Normandie, BVA et Marketing freelance pour le compte de l'ADEME.

Des projections ont été réalisées, pour le compte de l'ADEME par le CITEPA et Energie de demain, à l'horizon 2020 - 2050 dans un rapport de synthèse en date de novembre 2009 intitulé :

Evaluation prospective 2020 - 2050 de la contribution du secteur biomasse énergie aux émissions nationales de polluants atmosphériques.

Si un grand nombre de documents dont on dispose proviennent de l'ADEME c'est que cette thématique entre parfaitement dans le champs de ses compétences et attributions puisqu'il est stipulé que :

L'ADEME suscite et commandite via des appels à projets des recherches qui font défaut pour la connaissance des phénomènes complexes qui régissent la combustion du bois. Il peut s'agir de recherches à caractère fondamental ou appliqué pour améliorer les procédés de combustion qui sont directement transposables à des appareils commerciaux.

Pour autant il n'y a pas lieu de suspecter l'ADEME de biaiser les résultats à son profit, ces recherches étant réalisées par des laboratoires ou organismes soumis à la rigueur scientifique.

Le rôle de cette agence gouvernementale est d'ailleurs défini dans la loi N° 2010-788 du 12 Juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement avec pour objet :

- Concevoir, mettre en œuvre et évaluer des mesures et plans d'actions visant l'amélioration de la qualité de l'air, en lien notamment avec la réduction des émissions de polluants les plus préoccupants pour la santé et leurs précurseurs.

C'est donc a ce titre qu'elle commandite et synthétise lesdites études sur la combustion du bois et de ses dérivés et préconise des recommandations visant à réduire les émissions polluantes.

Qu'en est-il de l'évolution de l'utilisation du bois en France dans les foyers domestiques ?

ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

- Evolution de la consommation

	1999	2012	unités
Nombre de ménages utilisateurs en résidence principale	5,9	7,4	millions
Taux de pénétration en résidence principale	45	47	%
Volume bois bûches consommé	6,8	6,9	Mtep
Volume bois (bûches et autres) consommé	NS	7,3	Mtep
Volume bois bûches consommé	31,4	31,9	Mm3 bois
Volume bois total (bûches et autres) consommé	NS	33,8	Mm3 bois
Volume moyen consommé	8,6	7,5	stère/ménage
% utilisation en chauffage principal	30	50	%
% en chauffage d'appoint/loisir	70	50	%

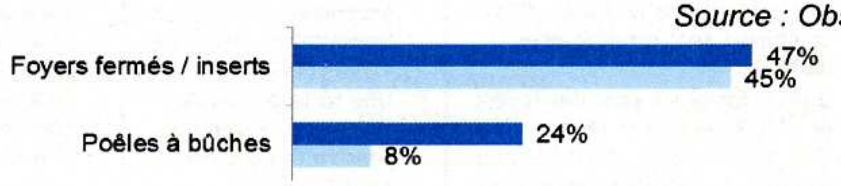
- *Augmentation du nombre de ménages utilisateurs corrélée à celle de la population (+1,5% million de ménages)*
- *Augmentation des utilisations en mode de chauffage principal de 30 % à 50 %*
- *Baisse significative des cheminées ouvertes au profit des poêles modernes.*
- *Développement de l'usage de combustibles élaborés lié au développement d'appareils spécifiques (ex : granulés).*
- *Volume de consommation en bois bûches quasi identique.*

On note une augmentation sensible entre 1999 et 2012 (+30 à + 50 %) de l'utilisation du bois en chauffage principal ce qui n'implique pas pour autant un accroissement du même ordre des émissions de polluants puisque l'on voit corrélativement une baisse significative du nombre de cheminées à foyer ouvert au profil d'inserts et de poêles récents bien moins polluants et énergiquement performants.

C'est ce qui ressort du tableau suivant qui présente l'évolution du parc domestique selon le type d'appareil de chauffage.

Types d'appareils	Ventes 2005	Ventes 2006	Ventes 2007	Ventes 2008	Ventes 2009	Ventes 2010	Ventes 2011	Ventes 2012
Poêles	127 075	205 492	188 406	217 040	254 670	258 770	263 285	306 650
Foyers et inserts	253 400	281 565	217 502	237 790	194 200	180 000	179 750	156 600
Chaudières	18 545	28 414	15 043	27 070	20 900	17 340	16 970	19 360
Cuisinières	10 715	13 658	11 299	11 200	9 870	7 770	7 350	6 615
TOTAL	**409 735**	**529 129**	**432 249**	**493 100**	**479 640**	**463 810**	**467 355**	**489 225**

Source : Observ'ER



Observ'ER 2013 – Suivi du marché des appareils domestiques de chauffage au bois

On peut toutefois s'interroger sur la persistance, dans le futur proche, de l'accroissement de l'utilisation du bois énergie, compte tenu du contexte actuel de baisse drastique du coût de l'énergie fossile (fuel domestique - gaz).

L'effet du renouvellement des appareils de chauffage au bois s'est traduit d'une manière très positive sur les émissions au cours des vingt dernières années avec sensiblement une division par deux du taux d'émission due à la combustion du bois comme présenté dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Emissions dues à la combustion du bois et des résidus de récolte (NAPFUE 111 et 117) dans le résidentiel tertiaire (hors chauffage urbain)[1]

Emissions dues à la combustion du bois et des résidus de récolte (NAPFUE 111 et 117) dans le résidentiel tertiaire (hors chauffage urbain)							
Polluant	Unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007
CO2	Gg	33473	32850	30985	30016	29108	27827
CH4	Mg	177976	177181	141762	100461	90000	78916
N2O	Mg	1455	1428	1347	1305	1266	1210
GES	kt eq CO2/an	37662	37014	34379	32530	31390	29859
As	kg	3441	3380	2809	2149	1963	1769
BaA	kg	17600	15839	12451	9027	8353	7470
BaHA	kg	1015	913	718	520	481	431
BaP	kg	11005	9903	7785	5644	5222	4670
BbF	kg	12322	11088	8717	6320	5848	5229
BGHIPE	kg	3255	2929	2303	1669	1545	1381
BkF	kg	7537	6783	5332	3866	3577	3199
Cd	kg	507	498	414	317	289	261
CO	Mg	2441212	2408199	2075234	1706701	1593507	1461841
COVNM	Mg	537206	534717	428265	304175	272703	239306
Cr	kg	17025	16723	13898	10633	9711	8750
Cu	kg	11229	11030	9167	7013	6405	5771
FLUORA	kg	69917	62917	49461	35858	33180	29673
Hg	kg	290	285	237	181	165	149
INDPY	kg	6410	5768	4534	3287	3042	2720
Ni	kg	3985	3914	3253	2489	2273	2048
NOx	Mg	22383	21948	20842	20562	19955	19229
Pb	kg	32601	32022	26613	20362	18595	16755
PCDD-F	mg	35986	35356	29298	22210	20257	18168
Se	kg	2536	2491	2070	1584	1446	1303
SO2	Mg	7277	7141	6736	6525	6328	6049
TSP	Mg	222735	223740	183665	139027	127079	113978
Zn	kg	105046	103182	85752	65609	59918	53989

A contrario, il résulte de l'utilisation intensive de biomasse pour le chauffage urbain, qui a été très fortement encouragée par les pouvoirs publics aux cours de ces deux dernières décennies, une augmentation par un facteur 10 environ des émissions de polluants même si les dispositifs de production d'énergie sont performants et soumis à une réglementation environnementale contraignante.

Tableau 2 : Emissions dues à la combustion du bois et des résidus de récolte (NAPFUE 111 et 117) dans le chauffage urbain[2]

Emissions dues à la combustion du bois et des résidus de récolte (NAPFUE 111 et 117) dans le chauffage urbain							
Polluant	Unité	1990	1995	2000	2005	2006	2007
CO2	Gg	17,1	61,8	49,3	121,4	196,5	197,5
CH4	Mg	0,6	2,2	1,7	4,2	6,8	6,9
N2O	Mg	0,7	2,7	2,1	5,3	8,5	8,6
GES	kt eq CO2/an	17,4	62,7	50,0	123,2	199,3	200,3
As	kg	1,8	6,4	5,1	12,5	20,3	20,4
BaA	kg	0,2	0,7	0,6	1,5	2,3	2,4
BaHA	kg	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
BaP	kg	0,1	0,5	0,4	0,9	1,5	1,5
BbF	kg	0,1	0,5	0,4	1,1	1,7	1,7
BGHIPE	kg	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4
BkF	kg	0,1	0,3	0,3	0,7	1,1	1,1
Cd	kg	0,3	0,9	0,7	1,8	3,0	3,0
CO	Mg	46,6	168,0	133,8	330,0	534,0	536,8
COVNM	Mg	0,9	3,2	2,6	6,3	10,3	10,3
Cr	kg	8,8	31,6	25,2	62,0	100,4	100,9
Cu	kg	5,8	20,8	16,6	40,9	66,2	66,6
FLUORA	kg	0,8	2,9	2,3	5,7	9,2	9,2
Hg	kg	0,1	0,5	0,4	1,1	1,7	1,7
INDPY	kg	0,1	0,3	0,2	0,5	0,9	0,9
Ni	kg	2,0	7,4	5,9	14,5	23,5	23,6
NOx	Mg	37,3	131,4	90,4	220,0	386,6	371,6
Pb	kg	16,7643	60,5	48,2	118,8	192,2	193,2
PCDD-F	mg	7,5	26,9	21,4	52,8	85,4	85,9
Se	kg	1,3	4,7	3,7	9,2	15,0	15,0
SO2	Mg	3,7	14,1	8,7	21,0	45,9	38,0
TSP	Mg	18,6	64,7	40,0	64,7	142,1	140,1
Zn	kg	54,0	194,9	155,3	382,8	619,4	622,7

[1] Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – SNIEPA 2009 - CITEPA

[2] Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – SNIEPA 2009 - CITEPA

ADEME

Quant aux chaudières industrielles au bois, leurs émanations ont peu évolué sur cette même période de temps, de l'ordre de + 20 %, à relativiser compte tenu du nombre plus important d'installations industrielles faisant appel à ce type de combustible actuellement.

Les tendances du marché à l'horizon 2020 font ressortir les évolutions suivantes d'augmentation du nombre d'installations en service

- Foyers domestiques : 5,7 millions d'utilisateurs en 2006 - 7,4 millions en 2012 - 9 millions prévus en 2020. En revanche fort taux de renouvellement vers des appareils très peu polluants.
- Installations collectives et industrielles de production de chaleur à partir de biomasse : On devrait passer d'une production de chaleur de 1400 ktep en 2006 à 7600 ktep en 2020 (exprimé en équivalent pétrole) soit une augmentation d'un facteur 5.

Evolution supposée des consommations de bois à l'horizon 2020 par typologie d'utilisation

Evaluation prospective 2020-2050 de la contribution du secteur biomasse énergie aux émissions nationales de polluants atmosphériques — 11/2009

Tableau 6 : Objectifs 2012-2020 définis en termes de consommation par le COMOP 10

Energie	Situation 2006	Horizon 2012		Horizon 2020	
		Objectif au 31/12/2012	Supplément à réaliser	Potentiel 2020	Supplément à réaliser
Bois individuel	7400 (5,75 Mlogts)	7400 (7,3 Mlogts)	0 (1,55 Mlogts)	7400 (9 Mlogts)	0 (3,25 Mlogts)
Biomasse	**1 400**	**2 500**	**1 100**	**5 200**	**3 800**
dont bâtiments	*100*	*300*	*200*	*800*	*700*
dont réseaux de chaleur collectif/tertiaire	*100*	*300*	*200*	*1 200*	*1 100*
dont industrie/process	*1 200*	*1 900*	*700*	*3 200*	*2 000*
Biomasse chaleur cogénération	0	540	540	2 400	2 400
Géothermie profonde	130	195	65	500	370
Géothermie intermédiaire	50	100	50	250	200
Pompe à chaleur individuelle	200 (0,075 Mlogts)	1 200 (1,245 Mlogts)	1 000	1 600 (2,0 Mlogts)	1 400
Solaire thermique individuel	17 (0,085 Mlogts)	150 (0,730 Mlogts)	133 (0,645 Mlogts)	817 (4,285 Mlogts)	800 (4,2 Mlogts)
Solaire collectif	10	35	25	110	100
Part ENR des UIOM et bois DIB	400	470	70	900	500
Biogaz	55	60	5	555	500
Total	**9 662**	**12 650**	**2 988**	**19 732**	**10 070**

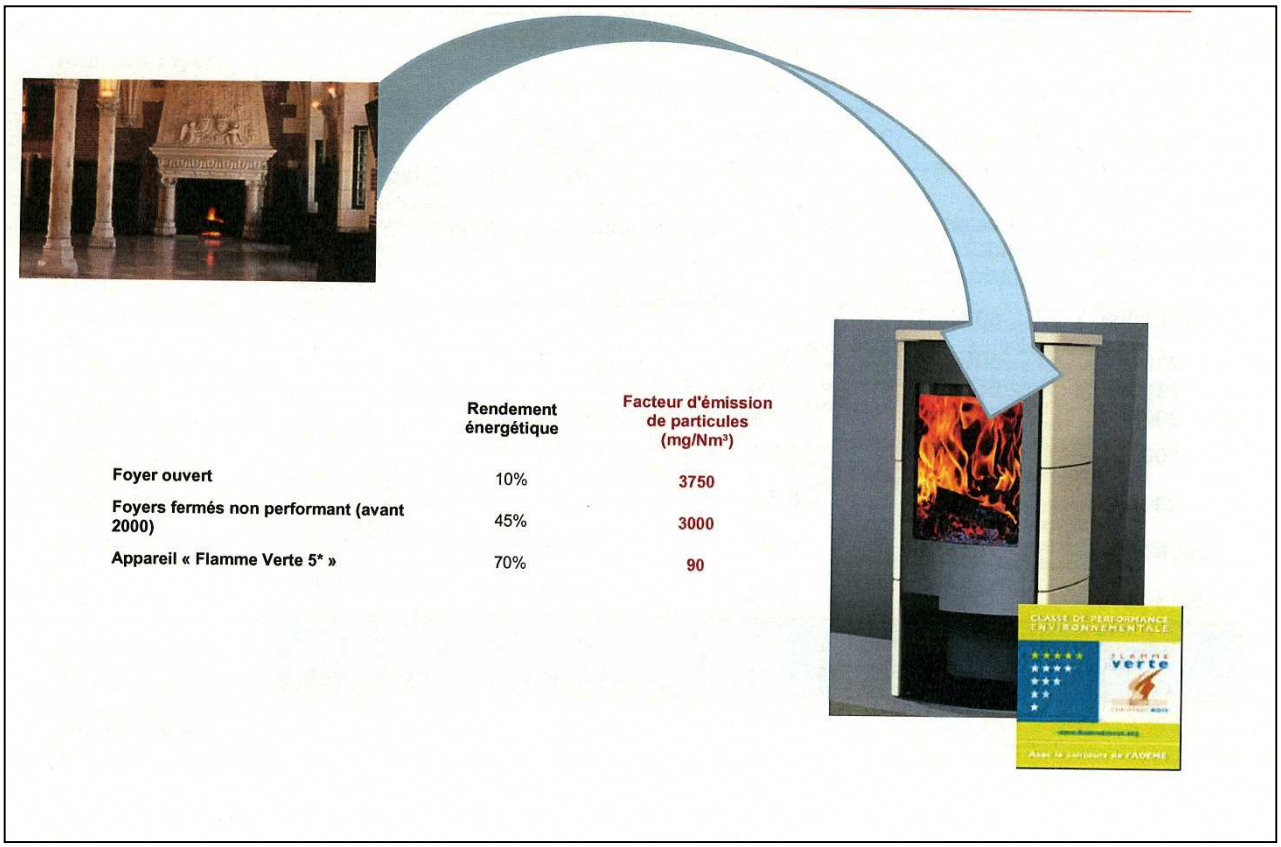
Mlogts : millions de logements

<u>Commentaires</u> : L'utilisation du bois pour les usages individuels devrait demeurer sensiblement constante jusqu'en 2020. En effet si le nombre d'appareils installés pendant la période 2006 - 2020 prévue est en nette augmentation, l'efficacité énergétique supérieure des nouveaux foyers devrait contre-balancer cet accroissement.

Par contre, la consommation générale de biomasse, au cours de cette même période, triplera de par le grand nombre de réseaux de chaleurs et d'industries qui se tourneront vers le bois en tant que combustible.

De même la cogénération chaleur - production électrique, pour des raisons identiques de politique énergétique, devrait jouer un rôle prépondérant si l'on s'en réfère aux prévisions mentionnées dans le tableau ci-dessus.

La problématique énergétique liée aux foyers ouverts



Source Ademe

Les foyers ouverts (cheminées sans inserts) présentent un très faible rendement énergétique, généralement compris entre 10 à 15 % restitués sous forme de chaleur utile.

En conséquence, leur facteur d'émission de particules carbonées est très élevé, totalement non conforme aux normes actuelles préconisées ou en vigueur.

Evolution des performances des appareils de chauffage domestique

ADEME

Évolutions des performances - Appareils indépendants

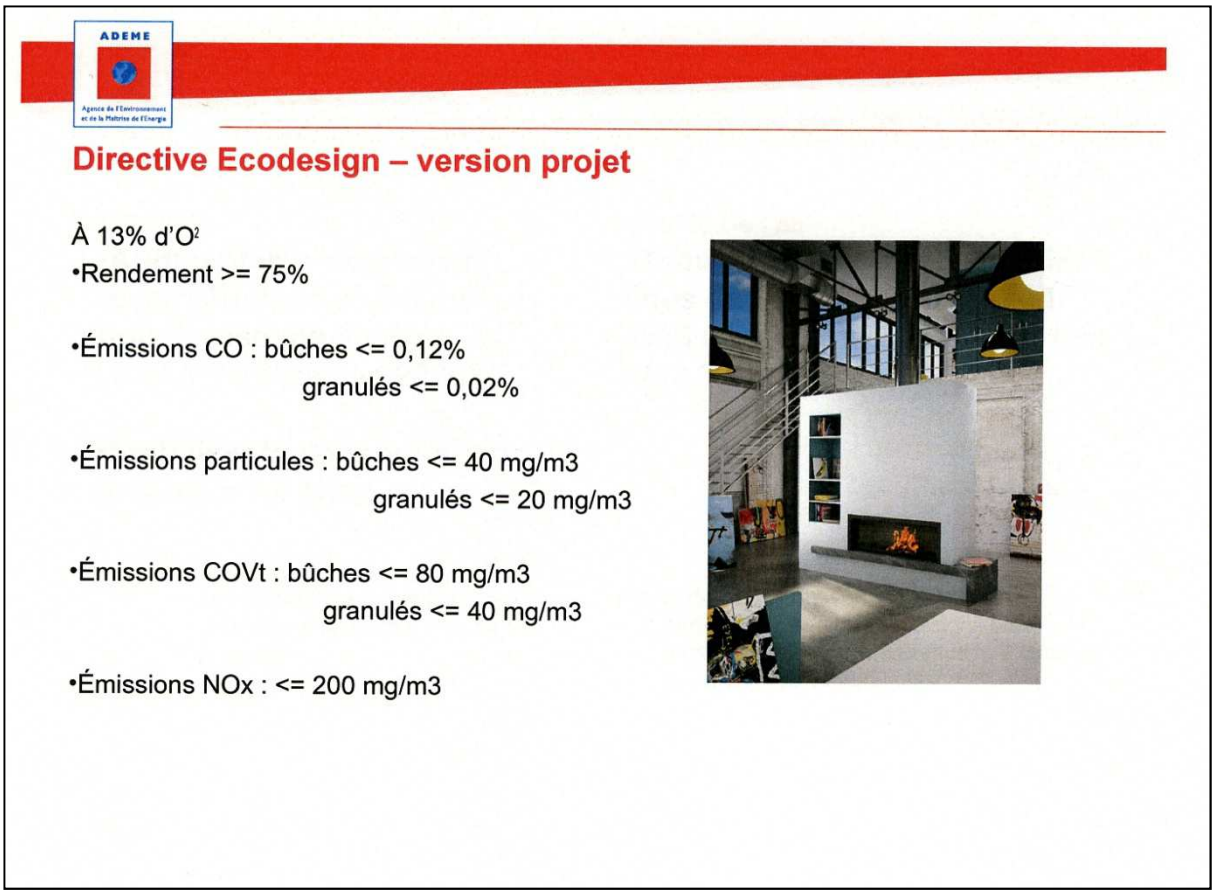
	Année	Rendement minimum	Taux de CO maximum	Taux de Poussières maximum	Classes (en étoiles)
			Evolution des performances		
	Avant 2000	Pas de rendement minimum		Pas de niveau maximum	
	2001-2003	60%		Pas de niveau maximum	
	2004	60%	1%		
	2005	65%	0.8%		
	2006	65%	0.6%	Pas de niveau maximum	
	2007	70%	0.6%		1* et au-delà
	2008	70%	0.5%		2* et au-delà
	2009-2011	70%	0.3%	200 mg/m3	3* et au-delà
En cours de discussion avec le SER	2012-2014	70%	0,3%	125 mg/m3	4* et au-delà
	2015	*70%*	*0.3%*	*90 mg/m3*	*5* et au-delà*
	2020	*75%*	*0.3%*	*50 mg/m3*	*6* et au-delà*

Les nouveaux dispositifs de chauffage, en particulier ceux présentant le label flamme verte 5* peuvent atteindre un rendement énergétique important de l'ordre de 70 %. Le taux d'émission de particules (fines et autres) peut être diminué d'un facteur 40 par rapport aux émissions issues d'une cheminée ouverte.

L'utilisateur a donc doublement intérêt à se tourner vers ce type d'insert à haut rendement.

- Pour disposer d'un capital de chaleur bien plus important à consommation identique de bois
- Pour réduire drastiquement la pollution induite (pollution extérieure et intérieure au lieu de vie).

Emission de polluants issus de la combustion de bois bûches ou de granulés (Pellets)



Les granulés à base de sciure de bois compressée, de par leur homogénéité et leur siccité (faible taux d'humidité), s'avèrent particulièrement performants tant en faible émission d'oxyde de carbone qu'en taux de particules réduit. Leur facilité d'utilisation dans des dispositifs à approvisionnement automatisé leur ouvre des potentialités de marché incontestables.

En Conclusion

La combustion du bois improprement réalisée génère des polluants dont certains présentent un risque avéré pour la santé humaine. Elle contribue, à ce titre, à la pollution globale de l'air extérieur et intérieur. Cette contribution peut s'avérer significative en fonction de caractéristiques locales géographiques défavorables (vallées encaissées …), météorologiques

(couches d'inversion) ou liées à un taux très important d'utilisation du bois énergie tant dans des installations domestiques individuelles que collectives ou industrielles.

- **L'utilisation d'appareils et de dispositifs anciens, obsolètes et de faible rendement énergétique, donc loin des conditions optimales de combustion, contribue très significativement à cette pollution.**

Les foyers ouverts sont de ceux-ci. La qualité du combustible (siccité, homogénéité, essence) est un facteur important a prendre en compte.

- **Les récents dispositifs à foyer fermé (inserts), de haut rendement, minimisent considérablement les émanations issues de la combustion du bois et devraient d'être conformes aux normes environnementales en vigueur.**

- **Les installations collectives et industrielles de production d'énergie à partir de la biomasse bois sont soumises à des normes de rejets atmosphériques contraignantes qui leur sont spécifiques et qui pourraient évoluer, à l'avenir, pour abaisser les seuils actuels et tenir compte d'autres polluants que ceux qui sont retenus actuellement dans ces normes.**

Bibliographie

(1) Deglise X., Donnot A. (2004), "Bois énergie" chapitre BE8535, " *Techniques de l'Ingénieur*".

(2) Autret A., Rogaume Y. (2011), "Production de Chaleur à partir du bois - Emissions atmosphériques - Notions de base", chapitre BE8750, *Techniques de l'Ingénieur*.

(3) Autret A., Rogaume Y. (2011), "Production de Chaleur à partir du bois - Emissions atmosphériques – Bilan, impact et évolution", chapitre BE8751, *Techniques de l'Ingénieur*.

(4) http://www.bois-et-vous.fr/filiere-foret-bois/bois-energie/generalites.html