

Rebecca Siegel - Flickr

# CHAUFFAGE AU BOIS ET SANTÉ EN ÎLE-DE-FRANCE

## RISQUES SANITAIRES DES POLLUANTS ISSUS DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE

La biomasse, notamment le bois géré de manière raisonnée, est considérée comme la première énergie renouvelable en France. A l'heure de l'urgence climatique, la filière bois énergie est encouragée dans de nombreux plans et stratégies régionaux. Son développement en Île-de-France est aujourd'hui axé sur les chaufferies raccordées à des réseaux de chaleur. A côté de cela, de nombreux ménages ont recours au chauffage au bois individuel.

Le chauffage domestique au bois, bien que majoritairement utilisé en appoint ou en agrément, contribue de façon non négligeable aux niveaux ambiants de particules dans la région. Il concourt ainsi à la dégradation de la qualité de l'air qui favorise le développement de maladies chroniques graves et entraîne une surmortalité.

Ce Focus santé, basé sur une revue des études, précise les impacts du chauffage au bois sur la qualité de l'air en Île-de-France et explicite les voies d'exposition aux polluants émis par la combustion du bois et ses impacts sanitaires. D'ores et déjà des mesures sont mises en œuvre pour les réduire ; elles sont également précisées dans cette publication.

Auteur : Sabine Host

Directrice de publication : Isabelle Grémy

### SOMMAIRE

- 2 Introduction
- 3 Chauffage au bois domestique et impact sur la qualité de l'air en Île-de-France
- 6 Effets sanitaires potentiels liés à l'exposition aux polluants émis par la combustion du bois
- 10 Concilier les enjeux sanitaire et climatique
- 18 Conclusion et perspectives
- 19 Références

# Introduction

La biomasse, notamment le bois géré de manière raisonnée, est considéré comme la première source d'énergie renouvelable utilisée en France. Elle constitue une ressource locale abondante et présente des avantages économiques et en matière de lutte contre le changement climatique. C'est pourquoi l'utilisation du bois énergie est largement encouragée par les pouvoirs publics à divers titres ; on peut citer le Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables qui prévoit d'augmenter fortement la production de chaleur par des installations collectives et industrielles à partir de biomasse ainsi que le nombre de foyers équipés d'appareil au bois pour atteindre 9 millions de logements en 2020 et également diverses mesures fiscales.

Face à l'urgence climatique, la région Île-de-France a adopté une stratégie énergie-climat le 3 juillet 2018 (1). L'ambition, à l'horizon 2030, est de réduire de 20 % la consommation énergétique régionale et de multiplier par deux la quantité d'énergie renouvelable (ENR) produite sur le territoire francilien. Les ENR représenteraient ainsi 40 % de l'énergie consommée contre 13 % aujourd'hui. Parmi les filières prioritaires la Région souhaite faire porter l'effort sur la biomasse via les réseaux de chaleur, avec un maintien de la part du chauffage domestique<sup>1</sup>.

Les études menées par Airparif montrent que le chauffage domestique au bois en Île-de-France contribue de façon non négligeable à la pollution atmosphérique et aux niveaux ambiants de particules. L'inventaire des émissions de 2015 indiquait que près d'un tiers des émissions annuelles de PM<sub>10</sub> étaient issues du chauffage résidentiel au bois (2). Le chauffage au bois (principal et appoint compris, hors installations collectives) est responsable de près de 85 % des émissions de particules du secteur résidentiel alors que ce combustible ne couvre que 6 % des besoins d'énergie pour le chauffage des logements (électricité et chauffage urbain inclus).

Or, la lutte contre la pollution atmosphérique constitue également une priorité régionale en Île-de-France. En effet, l'exposition aux polluants de l'air, notamment aux particules, favorise les maladies chroniques graves et accroît le risque de décès. En Île-de-France, il a été estimé que l'exposition chronique aux particules était responsable annuellement de plus de 10 000 décès, soit 15 % de la mortalité totale non accidentelle (3).

Au vu de la contribution actuelle du chauffage au bois aux niveaux ambiants de particules, en hiver notamment, agir sur cette source de polluants, apparaît comme un levier pour améliorer la qualité de l'air. Cela est déjà intégré dans les plans d'action menés par les pouvoirs publics, notamment le Plan de protection de l'atmosphère (PPA) (4) et les mesures soutenues par le Conseil régional telles que le « Fonds air » de l'Ademe. Engagement réaffirmé dans la « Feuille de route pour la qualité de l'air », élaborée par les collectivités franciliennes en mars 2018<sup>2</sup>.

L'acceptabilité de ces mesures se heurte aux représentations collectives positives du bois de chauffage et à une méconnaissance des enjeux environnementaux et sanitaires (5). Cette note, réalisée à la demande du Conseil régional, a pour objectif de préciser les impacts environnementaux du chauffage au bois (émissions de polluants et répercussions sur la qualité de l'air, y compris l'air intérieur) et les risques sanitaires des polluants issus de la combustion de biomasse. Cette note propose également un panorama des mesures existantes pour réduire l'impact du chauffage au bois.

---

<sup>1</sup> La filière bois énergie en matière de production de chaleur pour le secteur résidentiel se décompose entre les utilisations dans les installations collectives raccordées à un réseau de chaleur (unité de production de chaleur commune à différents logements ou bureaux et de canalisations diffusant la chaleur jusqu'à ces points de consommation) et le chauffage domestique. Ce dernier comprend les systèmes de chauffage individuels utilisés en mode principal, en appoint ou en agrément ainsi que les chaudières collectives à l'échelle des bâtiments (non raccordées à un réseau).

<sup>2</sup> En ligne : <https://www.maqualitedelair-idf.fr/comment-agissent-les-collectivites/>

# Chauffage au bois domestique et impact sur la qualité de l'air en Île-de-France

## Les utilisateurs du chauffage au bois domestique

Le chauffage au bois domestique représentait en 2015 une production 5 537 GWh. La comparaison avec la production de 2005, soit 3 936 GWh, démontre une utilisation croissante de cette ressource, soit une augmentation de 40 % en 10 ans<sup>3</sup>.

Une enquête menée par l'Ademe pendant l'hiver 2013-2014 auprès des Franciliens a permis d'évaluer la proportion d'utilisateurs (occasionnels ou non) du chauffage au bois (5). Cette dernière est sensiblement inférieure à la moyenne nationale, 16 % en 2014 contre 27 % sur le plan national. Seuls 17 % d'entre eux (contre 51 % au niveau national) l'utilisent en mode principal, avec un usage croissant du centre vers la périphérie d'Île-de-France, soit 7 % à Paris, 15 % dans le reste de la zone sensible<sup>4</sup> et 24 % en dehors. L'utilisation intervient donc principalement en appoint ou en agrément mais la proportion de cheminées à foyer ouvert ou d'équipements anciens est importante (5). En effet, cette enquête révèle que le nombre de ménages disposant d'un équipement ancien (< 2002) s'élève à près de 450 000 dans toute l'Île-de-France (dont 12 % en mode principal, 44 % en appoint et 45 % en agrément). Parmi eux, 350 000 ménages appartiennent à la zone sensible dont 50 000 à Paris. Parmi ceux qui se chauffent au bois en mode principal, 39 % des équipements seraient à modifier, soit les foyers ouverts et poêles anciens qui sont les plus émetteurs de particules (voir encadré 1 p 11).



Emissions de fumée en zone urbaine

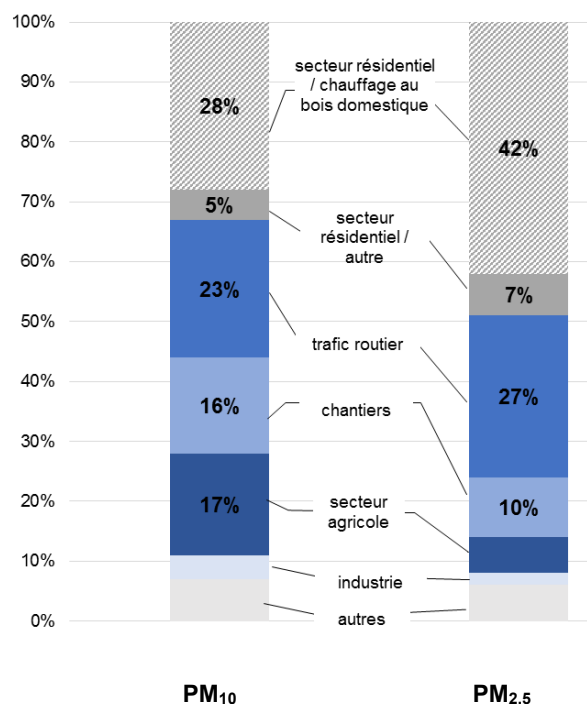
## Les émissions primaires de particules liées au chauffage résidentiel au bois

En Île-de-France, en 2015, 28 % des émissions primaires de PM<sub>10</sub> et 42 % de PM<sub>2,5</sub> étaient issues du chauffage résidentiel au bois (voir figure 1).

En Île-de-France, en 2015, 28 % des émissions primaires de PM<sub>10</sub> et 42 % de PM<sub>2,5</sub> étaient issues du chauffage résidentiel au bois.

Parmi ces émissions de PM<sub>10</sub>, plus de 42 % provenaient du chauffage d'appoint, le reste émanant du chauffage principal (33 %) et d'agrément (26 %) (2). Tous usages confondus, ce sont les foyers ouverts et les foyers fermés anciens (avant 2002) qui contribuent le plus aux émissions de PM<sub>10</sub> primaires du chauffage au bois résidentiel (respectivement pour 50 et 24 %) (voir figure 2).

Fig. 1 - Contributions par secteur d'activité aux émissions de particules primaires (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) en Île-de-France en 2015



Source : Airparif (2)

<sup>3</sup> Source : Energif, consolidation du ROSE (Réseau d'observation statistique de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre en Île-de-France)

<sup>4</sup> La zone sensible, définie dans le SRCAE (schéma régional climat air énergie), correspond en Île-de-France en très grande partie à l'agglomération parisienne. Cette zone concernée par des dépassements des valeurs limites pour les particules PM<sub>10</sub> et les oxydes d'azote et caractérisée par des densités de population élevées est prévue par le code de l'environnement en vue d'une action renforcée.

Cette contribution peut être plus importante en ville (voir figure 3), notamment en période hivernale lorsque les chaudières domestiques et autres appareils de chauffage au bois sont utilisés de manière intensive.

Même si le taux d'équipement dans l'agglomération parisienne est plus faible, cette répartition géographique s'explique par la densité plus importante de logements dans cette partie du territoire et un usage du chauffage au bois principalement lié à l'appoint et l'agrément pour lesquels les foyers ouverts et fermés anciens (plus émissifs) sont les plus utilisés (6).

On constate néanmoins une diminution de 29 % des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur résidentiel entre 2005 et 2015. Cette baisse est quasiment exclusivement due au renouvellement progressif des équipements de chauffage au bois au profit de poêles à bois plus performants. Le chauffage au bois en mode principal et en appoint reste cependant un contributeur important aux émissions primaires de particules.

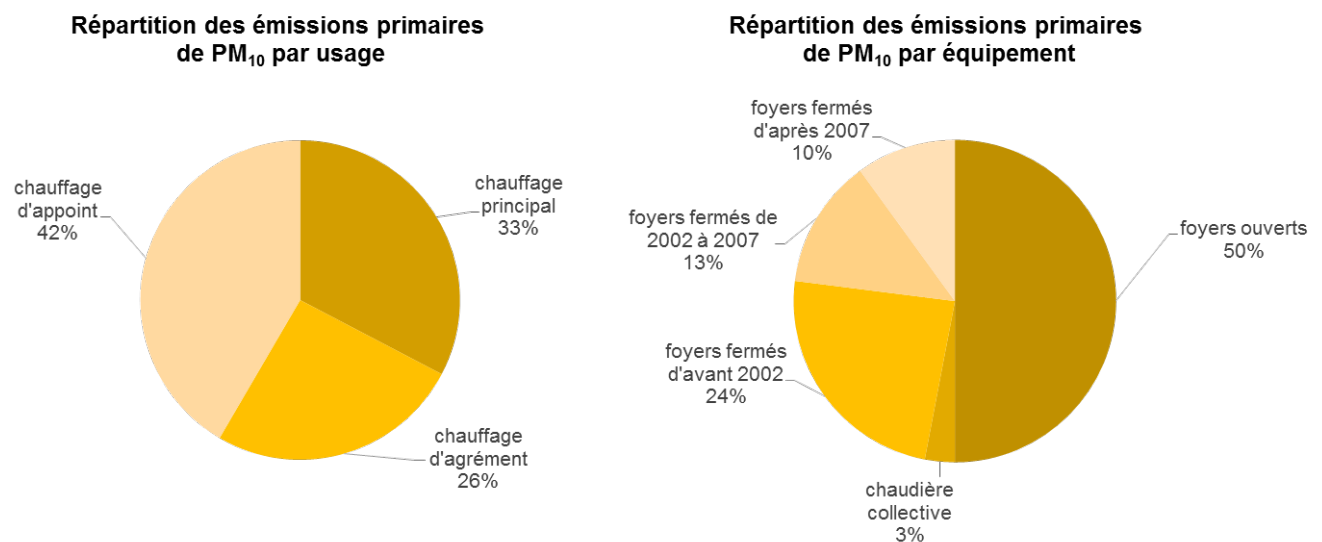
### Contribution du chauffage au bois aux concentrations de particules

Il n'existe pas de relation directement proportionnelle entre les émissions et les concentrations dans l'air qui dépendent de nombreux facteurs, météorologiques et chimiques en particulier. La formation et l'évolution dans l'atmosphère des particules secondaires issues des précurseurs organiques émis par

la combustion du bois restent assez mal connues (7). Ainsi différentes approches ont été développées pour évaluer la part du chauffage au bois attribuable aux niveaux de particules fines mesurés en Île-de-France.

Le cœur de l'aérosol constitué de carbone élémentaire est généralement entouré d'une pellicule composée d'un mélange complexe de composés organiques. Certaines molécules se fixent dès leur émissions sur les particules, d'autres se forment suite à l'oxydation de précurseurs gazeux. L'analyse spécifique de certains de ces composés organiques peut permettre d'identifier l'origine des particules, car ils peuvent être plus particulièrement émis par un type d'activités. C'est par exemple le cas du lévoglucosan en tant que traceur de la combustion de la biomasse (8). Par des méthodes couplant des mesures de concentration de PM<sub>2,5</sub> avec des analyses de leur composition chimique, des données météorologiques et des données d'inventaire d'émissions, Airparif a ainsi quantifié la part de particules produites en Île-de-France de celle provenant des régions avoisinantes, ainsi que celle des principales activités contributrices. Cette étude, menée en 2011, a montré que, en situation de fond, parmi les 32 % de particules produites localement, la contribution du trafic routier et du chauffage au bois résidentiel était d'égale importance. Elle représentait de l'ordre de 7 % de la concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> pendant l'année. En hiver, cette part s'élevait à 9 % (9).

**Fig. 2 - Contributions aux émissions de PM<sub>10</sub> primaires du chauffage au bois résidentiel par usage et équipement en Île-de-France en 2015**

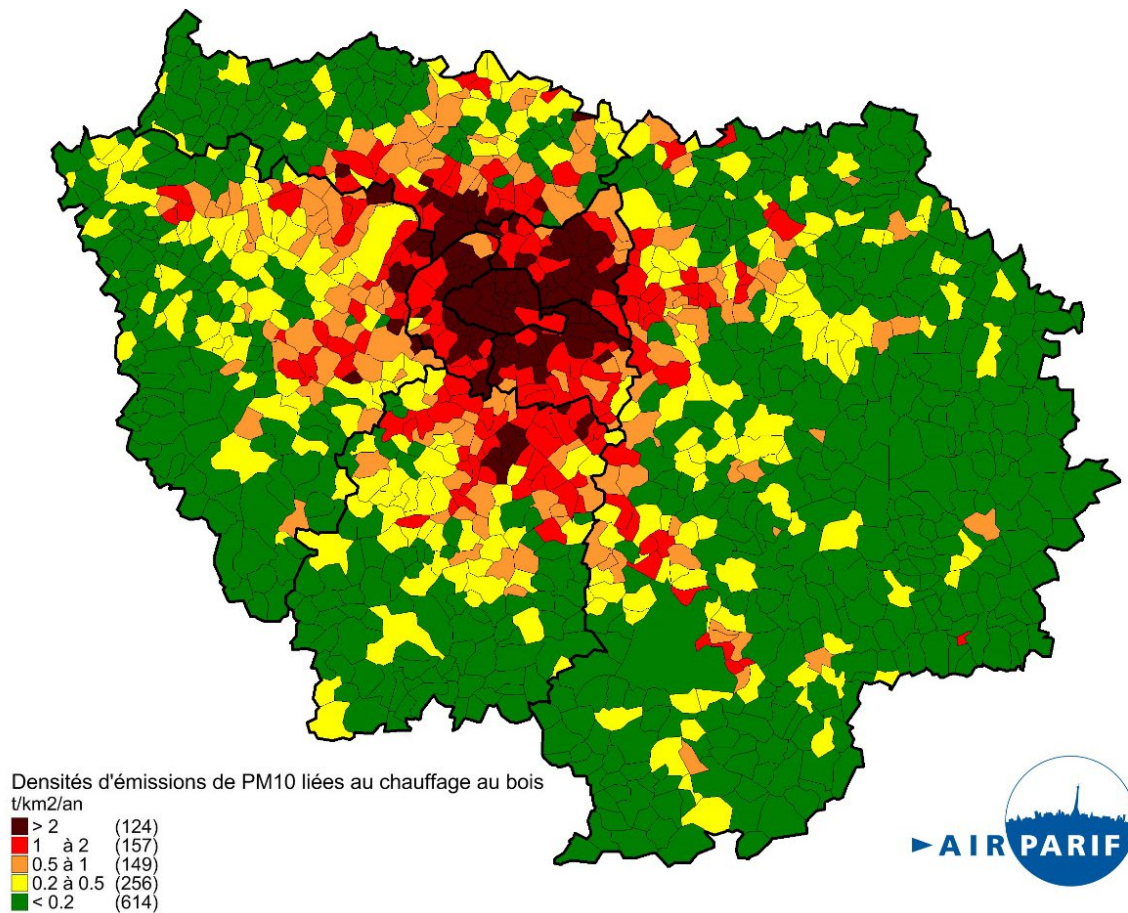


Source : Airparif(2)

Avec le développement de la surveillance du carbone suie<sup>5</sup> à l'aide d'analyseur automatique, la connaissance de la contribution du chauffage au bois au jour le jour s'est affinée. En effet, l'analyse du carbone suie permet de distinguer les caractéristiques des particules issues de la combustion de biomasse de celles issues du trafic routier ou autres combustions de dérivés pétroliers. Ainsi, le suivi au fil du temps de ce polluant montre que la saison hivernale est associée à une part de carbone suie issu de la combustion de la biomasse de l'ordre de 20 % contre

10 % en été (10). Ce suivi permet notamment lors des épisodes de pollution de l'air d'identifier les sources sur lesquelles agir en priorité. Par exemple, la combustion de la biomasse contribuait à 43 % de la concentration moyenne en carbone suie mesurée lors de l'épisode hivernal de décembre 2013, contre 15 % lors de celui de mars 2014 (6, 11).

**Fig. 3 – Densités communales d'émissions primaires de PM<sub>10</sub> liées au chauffage au bois domestique en Île-de-France en 2014**



Source : Airparif (6)

<sup>5</sup> Particules produites par les combustions incomplètes de combustibles fossiles (moteurs à combustion, centrales électriques au fioul ou au charbon...) ou de biomasse (bois énergie, brûlages déchets verts, incendie de végétation...), débarrassés de leur fraction organique.

# Effets sanitaires potentiels liés à l'exposition aux polluants émis par la combustion du bois

## Des effets à relier à la nature chimique et physique des émissions

La combustion du bois constitue un processus complexe qui dépend de la teneur en eau du bois, de la température de combustion et de l'arrivée d'air. C'est pourquoi les émissions de polluants dans l'air varient fortement en fonction du rendement de l'appareil, de la qualité de la combustion et de la qualité du bois brûlé.

La combustion complète du bois produit du gaz carbonique et de l'eau mais aussi des oxydes d'azote (NOx) et des particules fines résultant des minéraux contenus dans le bois. Les particules fines émises sont constituées notamment de carbone suie. Une combustion incomplète va émettre en plus du monoxyde de carbone (CO), des imbrûlés solides (suies, goudrons, charbon...), des composés organiques volatils (COV), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des dioxines et furannes... qui sont des composés particulièrement nocifs.

Les effets de ces polluants peuvent être considérés individuellement (voir tableau 1 p. 6) mais appréhender l'effet du mélange apparaît plus pertinent (voir § « Connaissances épidémiologiques » p. 9).

La combustion du bois, souvent incomplète dans les foyers individuels, émet principalement des particules fines, du CO, des COV, des NOx et des HAP.

À ce jour, les particules fines sont considérées comme un bon indicateur en matière de risque sanitaire lié aux combustions. Ainsi, il a été montré que l'exposition à court et à long terme aux polluants émis par la combustion de bois produit des effets néfastes sur la santé. Ces effets, produits par les mêmes mécanismes que ceux causés par l'exposition aux particules issues d'autres sources sont de même nature (13). Le Centre international de la recherche sur

le cancer (Circ) a déclaré en 2013 les particules fines, dans leur ensemble, sans distinction de source, cancérogènes pour l'homme. Toutefois, du fait de la spécificité de la composition chimique et de la nature des particules émises lors de la combustion de la biomasse, pour une même dose d'exposition ces effets sont susceptibles de varier (12). Les émissions issues de la combustion de la biomasse sont composées entre 5 et 20 % de carbone élémentaire ou carbone suie, la composition de la fraction organique dépend quant à elle de la qualité du combustible et des conditions de combustion. Les particules issues de la combustion de la biomasse sont généralement inférieures à 1 µm de diamètre avec un pic de distribution de taille se situant entre 0,15 et 0,4 µm (12). Ces particules ultrafines se condensent rapidement. Les particules mesurées dans l'air, issues de ces processus de condensation, restent dans une gamme de taille susceptible de pénétrer au plus profond de l'arbre bronchique et y exercer leurs effets toxiques.

La connaissance des effets sanitaires liés à l'exposition au carbone suie peut apporter un éclairage étant donné que les fumées de combustion de biomasse sont particulièrement riches en ce composé. Le carbone suie apparaît comme un bon prédicteur du risque sanitaire liés aux sources de combustion (14). Des études récentes montrent des liens à court et à long terme entre exposition au carbone suie et mortalité cardiovasculaire et toutes causes confondues. Elles montrent également des liens à court terme avec des hospitalisations cardio-respiratoires.

Ces travaux indiquent un effet propre du carbone suie ainsi qu'un risque plus marqué comparés à celui des PM<sub>2,5</sub>. Cet indicateur semble donc refléter un risque spécifique. Il n'est pas considéré comme un agent causal direct mais il agirait plutôt comme vecteur universel d'une large gamme de composés toxiques. Il est un bon reflet du risque lié aux particules organiques qui s'absorbent facilement à sa surface (14).

Tab. 1 : Principaux polluants émis lors d'une combustion incomplète et leurs effets sanitaires

Polluants	Principaux mécanismes d'action
Particules fines	Inflammation, stress oxydatif, allergénique
Monoxyde de carbone	Asphyxiant
Dioxydes d'azote	Irritant, Inflammation, stress oxydatif
Organochlorés (dioxines, furanes...)	Atteinte du système nerveux central, cancérogène probable
HAP (benzo-(a)-pyrène, aldéhydes, phénols...)	Cancérogènes puissants, neurotoxiques
COV (benzène, formaldéhydes, acroléine...)	Irritants, cancérogènes, mutagènes, stress oxydatif

Source : d'après Naeher *et al.*, 2007 (12)

S'agissant des gaz liés à la combustion de biomasse, les deux principaux étant le CO et NOx, ils ne peuvent être distingués de ceux émis par d'autres sources (12), en conséquence, ils produisent les mêmes effets. Ainsi, les émissions du chauffage au bois participent aux effets sanitaires de la pollution atmosphérique à hauteur de leur contribution aux niveaux ambiants.

## Des expositions spécifiques

### Impact sur la qualité de l'air intérieur

Les poêles ou inserts<sup>6</sup> en fonctionnement sont susceptibles d'émettre des particules et des gaz de combustion directement à l'intérieur des habitations. Ces fuites sont plus ou moins importantes selon le type, l'âge et la qualité de l'entretien de l'appareil utilisé, la qualité de l'installation, la qualité du système d'évacuation des fumées ainsi que les modes d'utilisation de l'appareil (voir figure 4). Pour les dispositifs les plus modernes, lorsque les conditions d'utilisation du

constructeur sont respectées, l'impact de ces émissions sur la qualité de l'air intérieur reste vraisemblablement limité (13). En revanche, en cas de mauvaise pratique, de manque de ventilation ou de situation de refoulement des fumées, des émanations importantes de produits de combustion sont susceptibles d'altérer la qualité de l'air intérieur. Plus on s'éloigne des conditions idéales (faibles températures de combustion, apport d'oxygène insuffisant, trop forte charge de bois, bois trop humide, déperditions de chaleur...), ce qui est courant dans le cas du chauffage individuel, plus les émissions de polluants sont importantes (13).

Dans un essai comparé de différentes conditions d'utilisation du chauffage domestique au bois en situations réelles (tests sur six habitations), l'Ineris a montré un impact de ces dispositifs sur la qualité de l'air intérieur en matière de niveaux de NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, benzène et HAP. A priori mineur pour le NO<sub>2</sub> et le CO, cet impact peut être qualifié de notable

Fig. 4 - Extrait de la brochure « Chauffer au bois, est-ce vraiment inoffensif ? »

**Chauffer au bois**  
Est-ce vraiment inoffensif ?

**Et l'air intérieur...**

La combustion du bois constitue une source d'exposition supplémentaire à des substances toxiques à l'intérieur des maisons.

En plus d'émettre des contaminants dans l'air extérieur, les appareils de combustion au bois peuvent altérer la qualité de l'air intérieur des habitations lorsqu'une partie des gaz de combustion et des particules fines reviennent à l'intérieur.

Ces fuites seront plus ou moins importantes selon :

- le type, l'âge et la qualité de l'entretien de l'appareil utilisé;
- la qualité de l'installation;
- la qualité du système d'évacuation des gaz et des particules;
- les modes d'utilisation de l'appareil.

Pour vous protéger, installez un avertisseur de monoxyde de carbone en plus d'un détecteur de fumée. Le monoxyde de carbone émis lors de la combustion du bois est un gaz toxique, inodore et incolore, qui peut entraîner des séquelles irréversibles, ou même la mort.

Québec

Source : MDDEP Québec

<sup>6</sup> Poêle à bois encastré dans l'âtre d'une cheminée.

pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> et de majeur pour le benzène et les HAP. Par ailleurs, les concentrations intérieures en formaldéhyde ne semblaient pas affectées par la combustion bois, compte tenu vraisemblablement des nombreuses autres sources d'émission de ce composé dans l'environnement domestique (15). Cette étude ne fournissait pas d'éléments sur l'influence du type de dispositif utilisé sur les niveaux intérieurs (éléments de comparaison insuffisant). Les différences de niveaux d'une habitation à l'autre étaient expliquées surtout par le taux de renouvellement d'air (niveaux plus élevés en cas de faible renouvellement d'air).

Le taux de renouvellement d'air à l'intérieur des logements apparaît plus déterminant pour la qualité de l'air intérieur que le type d'appareil utilisé.

Une étude plus récente menée par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et soutenue par l'Ademe (CAB-QAI) confirme que le chauffage au bois a un impact sur la quantité de particules en air intérieur lors des périodes de fonctionnement, que le poêle soit ancien ou récent. Dans cette expérience, le débit de ventilation du logement semble plus déterminant que le type de poêle pour expliquer les niveaux de particules. En effet, les essais réalisés montrent que l'exposition aux polluants gazeux et particulaires reste limitée lors de l'usage courant adapté d'un poêle à bois. En revanche, en cas de renouvellement d'air insuffisant, une altération de la qualité de l'air par les particules a été mesurée (16).



Les dispositifs de chauffage au bois sont souvent installés au centre du logement.

Les occupants côtoient étroitement l'environnement immédiat des dispositifs de chauffage individuel, généralement installés au cœur du logement. Cela contribue à majorer la fraction inhalée comparée à d'autres situations d'exposition, en milieu extérieur

par exemple où les produits d'émission sont plus dilués. Des cas d'intoxication au CO ont pu par exemple se produire en cas de dysfonctionnement important. Par ailleurs, la composition des particules issues de la combustion de biomasse émises directement dans le milieu intérieur est différente du fait de temps de mélange beaucoup plus bref et des températures plus élevées en intérieur qu'en extérieur. Il reste difficile d'expliquer comment ces facteurs modifient l'exposition et les effets sanitaires (13).

### Un rôle non négligeable de l'infiltration

Par nature, les émissions du chauffage au bois résidentiel interviennent dans des zones peuplées. De plus, les modes de chauffage sont souvent généralisés dans un secteur résidentiel donné et l'usage est souvent concentré sur les mêmes périodes : lors des baisses de température extérieure, en soirée et la nuit. En conséquence, la contribution de ses émissions aux niveaux ambiants de polluants atmosphériques peut être localement importante. Ainsi les populations résidant dans ces zones peuvent être plus particulièrement exposées à cette pollution dite « de voisinage » ou de proximité, par infiltration dans les logements d'air extérieur pollué (13). Dans les études épidémiologiques, cette pollution de voisinage apparaît d'ailleurs comme un meilleur facteur explicatif de l'exposition aux émissions liées à la combustion du bois que le fait d'utiliser un appareil de chauffage au bois à titre individuel (17).

### Explication des mécanismes d'action

Comme évoqué précédemment, les conditions de combustion déterminent la nature des polluants émis. Par ailleurs, l'évolution de l'aérosol dans l'atmosphère va également modifier ses propriétés. Les différences de propriétés physico-chimiques sont susceptibles de modifier la toxicité induite par les particules à différents niveaux : déposition pulmonaire, clairance pulmonaire<sup>7</sup> et toxicité cellulaire. Si la capacité de déposition pulmonaire des particules issues de la combustion de la biomasse apparaît moindre dans certaines circonstances que celles des particules issues du trafic routier, elles peuvent malgré tout atteindre les voies respiratoires les plus profondes de l'arbre bronchique.

Ces particules, tout comme les particules issues d'autres sources, exercent une action toxique sur les cellules modulée par leur composition (18). Elles peuvent ainsi entraîner stress oxydatif<sup>8</sup>, altérations pulmonaires, altérations cellulaires, inflammation, génotoxicité (qui provoque un risque accru

<sup>7</sup> Capacité d'élimination de la substance.

<sup>8</sup> Déséquilibre entre oxydants et antioxydants se traduisant par la production de radicaux libres (espèces réactives de l'oxygène) responsables d'altérations de la structure et des fonctions cellulaires.



de cancer du poumon). L'inflammation pulmonaire peut ensuite conduire à une inflammation systémique. Les HAP et dérivés agissent notamment selon ces mécanismes.

Des études d'exposition contrôlée aux polluants émis par le chauffage domestique peuvent permettre d'explicitier ces mécanismes. Ces travaux examinent les effets d'exposition sur des volontaires sains à des niveaux élevés (200 à 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$  ou  $\text{PM}_{10}$ ), ce qui correspond à des situations extrêmes de pics hivernaux en zone périurbaine où le chauffage au bois est relativement répandu. Du fait de la variabilité des protocoles d'une étude à l'autre, les résultats ne peuvent être directement comparés. Toutefois ces travaux permettent de conclure que ces expositions entraînent des irritations légères des voies respiratoires, une inflammation au niveau pulmonaire et du système sanguin. Par ailleurs, certains résultats plus ponctuels montrent une inflammation systémique, bronchiale et alvéolaire, une augmentation de la coagulation sanguine dans un autre cas et enfin une irritation des muqueuses (13).

## Connaissances épidémiologiques

De nombreuses études épidémiologiques ont établi l'existence d'effets sanitaires de la pollution atmosphérique sur la mortalité ou la morbidité. Il n'existe pas d'arguments permettant de dire que les particules issues de la combustion de biomasse sont moins dangereuses que celles issues d'autres sources urbaines (12).

Ces effets sanitaires sont observés pour des niveaux d'exposition couramment rencontrés dans l'agglomération parisienne. Deux types d'effets ont pu être mis en évidence : des effets à court terme, qui surviennent quelques jours ou quelques semaines après l'exposition et des effets à long terme qui sont les effets prépondérants et qui font suite à une exposition chronique sur plusieurs mois ou plusieurs années. L'exposition à la pollution de l'air, notamment aux particules fines, contribue ainsi au développement de pathologies chroniques telles que des maladies cardiovasculaires, respiratoires ou encore neurologiques, et des cancers. Elle favorise également des troubles de la reproduction et du développement de l'enfant. Elle aggrave aussi les symptômes de maladies chez des personnes souffrant de pathologies chroniques et pourrait avoir un rôle dans le risque de survenue de pathologies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson...).

Plus spécifiquement, des enseignements peuvent être retirés de ce qui est observé dans les pays en voie de développement. En effet, des millions de personnes font usage de la biomasse pour se chauffer et cuisiner. Cette ressource est généralement brûlée

dans des foyers traditionnels ou ouverts, ces pratiques entraînent des expositions à des niveaux élevés de particules, notamment des femmes et des enfants. Ces expositions chroniques ont été associées à des augmentations de risque d'infections respiratoires basses chez les enfants (incluant la pneumonie), de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), de survenue de cancer du poumon et une diminution de la fonction respiratoire chez la femme ainsi que de mortalité infantile et de faible poids de naissance.

Dans les pays développés, peu de travaux ont porté sur les effets sanitaires liés spécifiquement à l'exposition aux polluants issus de la combustion de biomasse, notamment à long terme. Cependant des études mettent en évidence des effets sur les symptômes respiratoires. Les niveaux ambiants de particules issues de la combustion de biomasse ont été associés à l'exacerbation de symptômes de pathologies respiratoires, en particulier l'asthme et la BPCO (19). Des travaux suggèrent également des effets cardiovasculaires d'exposition à court terme (20, 21).

Il n'existe pas d'arguments permettant de dire que les particules issues de la combustion de biomasse sont moins dangereuses que celles issues d'autres sources urbaines.

Une revue des travaux portant sur les enfants permet de conclure que ces expositions entraînent des effets respiratoires pour cette population, notamment une fréquence accrue d'infections des voies respiratoires hautes, et des hospitalisations pour causes respiratoires plus fréquentes. Ces résultats s'observent qu'il s'agisse d'expositions de voisinage (par infiltration d'air extérieur) ou d'exposition directe liée à la source intérieure mais apparaissent plus robustes dans le premier cas (17). Les expositions en milieu intérieur sont généralement moins précisément documentées (données déclaratives), c'est pourquoi il apparaît plus difficile d'examiner les effets qui leurs seraient plus directement liés.

Ces résultats sont corroborés par ce qui est observé lors d'incendies (feux de forêt, brûlis...). De nombreux travaux mettent en évidence des effets respiratoires sévères en lien avec l'exposition aux émanations de fumée lors de ces événements : augmentation des hospitalisations et admissions aux urgences pour pathologies respiratoires ; irritations oculaires et symptômes respiratoires (toux et sifflements) chez les enfants, consommation de médicaments liés au traitement de la BPCO et baisse de la fonction respiratoire (13).

Enfin, deux études ont montré que l'exposition durant la grossesse aux émissions liées au chauffage au bois était associée à un faible poids de naissance (22, 23).

# Concilier les enjeux sanitaire et climatique

## Les grandes orientations du SRCAE et l'enjeu lié à la qualité de l'air

### Agir sur la performance énergétique des logements

En premier lieu, la politique énergétique se base sur la limitation des besoins. Dans le cas du chauffage domestique, cela revient notamment à renforcer l'efficacité énergétique des bâtiments. Cela constitue une des grandes priorités régionales inscrites dans le Schéma régional climat air énergie (SRCAE). Quelle que soit la source d'énergie utilisée, diminuer les besoins énergétiques aura un impact positif sur la qualité de l'air.

### Développer les énergies renouvelables et les réseaux de chauffage urbain

Une des orientations du SRCAE prévoit de « favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment » (ENR 3). La disposition ENR 2.3 prévoit de « mettre en place les conditions permettant au chauffage domestique au bois d'être compatible avec les objectifs de la qualité de l'air » (24). Cette disposition met en avant les effets antagonistes de deux politiques publiques, celle de la lutte contre le changement climatique et celle de la lutte contre la pollution de l'air. En effet, le bois constitue une ressource renouvelable à fort potentiel et en même temps une source de polluants atmosphériques.

Le SRCAE rappelle que « l'usage du chauffage au bois doit s'envisager dans des conditions de respect de la qualité de l'air. Ainsi, dans la « zone sensible à la qualité de l'air » de l'Île-de-France, le développement du bois-énergie devra principalement se faire à travers le chauffage urbain pour lequel des systèmes efficaces de dépoussiérage sont installés » (24). En effet, malgré les améliorations des dispositifs de chauffage individuel au bois ces dernières années, les facteurs d'émission de particules exprimés par unité énergétique révèlent qu'ils restent bien plus émetteurs de particules que les autres modes de chauffage (cf.

tableau 2). Le développement des réseaux de chauffage urbain alimentés par des énergies renouvelables et de récupération, constitue donc une des trois grandes priorités du SRCAE, notamment afin de réduire les consommations énergétiques et donc les émissions de CO<sub>2</sub>. Le SRCAE mentionne que le développement de l'usage des énergies renouvelables via les réseaux de chaleur doit privilégier prioritairement la récupération des énergies fatales<sup>9</sup> et l'utilisation de la géothermie. Le recours à la biomasse constitue la troisième priorité afin d'assurer un développement ambitieux de l'usage des énergies renouvelables et de récupération en région Île-de-France. Ces objectifs sont réaffirmés dans la stratégie énergie-climat de la Région, avec un objectif de production de 4 TWh en 2030 pour la filière bois énergie en réseau de chaleur, soit une multiplication par 4,5 de la production par rapport à 2015.

Malgré leur meilleure performance en matière de système de filtration par rapport à celles des installations de chauffage au bois individuelles, les chaufferies biomasse collectives, même pour les plus modernes, constituent une source d'émission de particules plus importante que, par exemple, des installations au gaz de puissance comparable. À titre d'illustration, la réglementation des émissions en matière de particules prévoit pour les chaudières collectives d'une puissance annuelle supérieure ou égale à 300 MWh, une limite d'émission de poussières différenciées selon le type de combustible. Ainsi, elle est de 20 mg/Nm<sup>3</sup> pour les chaudières biomasse et de 5 mg/Nm<sup>3</sup> pour les chaudières au gaz<sup>10</sup>. Bien que ces limites d'émission ne constituent pas des facteurs d'émission, elles donnent une indication sur les performances atteignables des installations en matière d'émission. Même si la technique permet d'aller au-delà, l'emploi des meilleures performances peut se heurter à des enjeux économiques.

Début 2017, l'ArenE Île-de-France et l'Ademe recensaient 72 chaufferies biomasse collectives en fonctionnement en Île-de-France. De nouvelles chau-

Tab. 2 - Facteurs d'émission de PM<sub>10</sub> (en g/GJ) des équipements au bois et chaudières individuels

Source d'énergie et type d'équipement (définition Flamme verte encadré 1 p. 12)	Biomasse			Fioul	Gaz naturel/ GPL
	Flamme verte 5★	Flamme verte 6★	Flamme verte 7★		
Foyers fermés (inserts, poêles et cuisinières)	62	35	28	-	-
Chaudières individuelles	38	25	19	4,75	0,9

Source : Ademe-Citepa

<sup>9</sup> Énergie résiduelle produite au cours du processus industriel mais non utilisée.

<sup>10</sup> Source : [http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/AMPG\\_2920C.pdf](http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/AMPG_2920C.pdf)

dières sont actuellement en construction (25). L'implantation de ces chaufferies devrait tenir compte des pressions existantes localement afin de ne pas accentuer les niveaux ambiants de polluants dans les zones où la densité des émissions est déjà importante. Par ailleurs, afin de limiter l'impact du transport de la biomasse, la pertinence de nouvelles implantations doit également être mise en perspective avec la question de l'approvisionnement afin de limiter les flux d'émission liés au transport du combustible.

## Des mesures pour réduire les émissions des foyers individuels

### Quelle connaissance des paramètres impactant les émissions ?

Les paramètres impactant les émissions sont ceux qui influencent la qualité de la combustion. Une bonne combustion permet en effet de limiter les émissions de polluants or, dans les foyers individuels, de nombreux facteurs influencent la combustion du bois. Pour une bonne combustion, il faut à la fois une maîtrise de la quantité d'air introduite, un fonctionnement proche de la puissance nominale (importance du dimensionnement du dispositif : surdimensionné, l'appareil de

chauffage fonctionnera à faible régime, ce qui dégradera la qualité de la combustion), un cycle de marche/arrêt optimisé, une température dépassant les 800 °C sur une partie importante du trajet des gaz et un bois sec et bien préparé dans sa forme et sa taille (importance de la qualité du bois). Dans les conditions réelles d'une utilisation individuelle, il n'y a jamais combustion complète et la production de polluants peut varier de 1 à 100 selon le type d'appareils et les pratiques (26). De nombreuses études ont caractérisé les émissions des foyers domestiques. Elles montrent une grande disparité des facteurs d'émission en particules et une dispersion des résultats (particules, COVT, HAP, etc.) en fonction des méthodes de test et de mesure retenues. Rares sont les études menées en conditions réelles de fonctionnement des appareils.

Les évolutions techniques apportées ces dernières années aux appareils (entrées d'air secondaire, préchauffage de l'air, utilisation de réfractaires et d'isolant, etc.) ont amélioré significativement les performances environnementales de ces dispositifs. Ainsi, un appareil performant récent permettrait de diviser par 30 les émissions de poussières par rapport à un appareil ancien (voir encadré 1).

### Encadré 1 : Performance des appareils de chauffage au bois

Cheminées, inserts, poêles, chaudières... les dispositifs de chauffage au bois sont nombreux. Pour connaître la performance de l'équipement, il est important de regarder le rendement. Ce rendement peut varier de 10 % pour une cheminée à foyer ouvert de conception ancienne, à plus de 95 % pour une chaudière à granulés de bois. Du moins efficace au plus performant, on trouve : les cheminées à foyer ouvert, les inserts et foyers fermés, les poêles, et les chaudières. À titre d'exemple, un foyer ouvert émet près de 97 kg par an de particules alors qu'un foyer fermé labellisé « Flamme verte » en émet 3 par an (voir tableau 3 ci-dessous).

Le label « Flamme verte » vise à promouvoir les appareils les plus performants d'un point de vue énergétique et environnemental. Il prend en compte trois critères : le rendement énergétique de l'équipement, les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de particules fines. Plus le nombre d'étoiles est important, plus la performance est élevée. Depuis 2015, seuls les appareils affichant au minimum 5 étoiles sont labellisés « Flamme verte ».

A noter que les tests d'évaluation des performances des appareils sont effectués dans des conditions nominales, souvent éloignées des conditions réelles de fonctionnement. Les phases d'utilisation telles que l'allumage à froid ou régime de braises, sont exclues de ces tests, ce qui conduit à sous-estimer les émissions. Aucune méthode normalisée de mesurage des émissions de particules ne bénéficie d'un consensus au niveau européen (7). La question du maintien des performances dans le temps peut également être soulevée.

**Tab. 3 - Estimation des émissions moyennes annuelles pour un appareil de chauffage au bois utilisé en mode de chauffage principal**

Type d'appareil	Rendement énergétique moyen	Particules émises (en kg/an en usage principal)
Foyer ouvert	0,10	97
Foyer fermé <sup>a</sup> avant 2002	0,45	91
Foyer fermé 2002-2007	0,60	34
Foyer fermé après 2007	0,80	8
Foyer fermé « Flamme Verte » 5 ☆ <sup>b</sup>	0,80	3

<sup>a</sup> foyer fermé, insert ou poêle . <sup>b</sup> avec une valeur limite d'émission des particules à 50 mg/Nm<sup>3</sup>

Source : Ademe

Une étude menée pour le compte de l'Ademe a évalué les paramètres pouvant influencer les émissions de polluants (28). Des essais mettant en jeu différents types de dispositifs (labellisés « Flamme verte 4 et 5\* »), allures de fonctionnement, essences de bois, nombres de bûches et modes d'allumage ont été réalisés de façon à représenter au mieux les conditions réelles de fonctionnement des appareils. Ainsi elle montre que les paramètres qui ont une influence significative sont notamment l'allure de fonctionnement du foyer, le gabarit et le nombre de bûches introduites, l'essence du bois, le démarrage à chaud ou à froid. D'autres facteurs tels que le vieillissement de l'appareil ont été mis en avant dans d'autres travaux. L'ensemble de ces paramètres est résumé dans le tableau ci-dessous (tableau 4).

Par ailleurs, il a été montré que les poêles à granulés figuraient parmi les équipements les plus performants du marché bien que d'un appareil à l'autre, des variations importantes soient constatées (7). Ces appareils permettent d'obtenir des rendements élevés (90 %) et, avec un apport d'air bien maîtrisé, de faibles niveaux d'émission de carbone suie et de HAP comparativement à des poêles à bois classiques (13).

#### Renouvellement des appareils les moins performants

Comme évoqué, la performance des appareils de chauffage a été drastiquement améliorée ces dernières années avec pour effet un abattement considérable du niveau d'émission de particules. Ainsi, il convient d'éradiquer les appareils les plus émetteurs du parc individuel notamment s'ils sont utilisés en chauffage principal. Cette action constitue un des défis du PPA francilien « Défi résidentiel tertiaire – 1 » (4). Il est estimé que le renouvellement actuel est de 10 000 équipements par an, l'objectif est de le porter à 5 000 équipements supplémentaires. L'atteinte de cet objectif permettrait une baisse de 2,6 %

des émissions de PM<sub>2,5</sub> en 2020. La mise en œuvre de ce défi repose d'une part sur l'information du grand public concernant les aides existantes et d'autre part sur l'implication des collectivités à mettre en place un fond de renouvellement. A ce titre, le conseil régional Île-de-France, dans le cadre de son plan « Changeons d'air », s'est porté candidat à l'appel à projet « Fonds air » de l'Ademe. Il consiste à attribuer une aide financière aux propriétaires occupants faisant usage d'un poêle à bois datant d'avant 2002 comme mode de chauffage principal au profit de l'achat d'un poêle de dernière génération. A l'horizon 2030, la stratégie énergie climat de la Région prévoit une stabilisation de la production d'énergie « bois individuel » par rapport à 2030 soit une production annuelle de 4,5 TWh.

Une étude canadienne a évalué une douzaine de ce type de dispositifs mis en œuvre sur son territoire. Elle conclut que ce type de mesure compte parmi les plus efficaces pour réduire le niveau d'émission de particules liées au chauffage individuel au bois. Toutefois, elle soulève que ce type d'opération peut être freinée par le coût des appareils modernes. Ce renouvellement d'appareils devrait se faire au profit de la meilleure technologie existante (29).

Peu de travaux ont examiné l'efficacité de ces actions en matière de réduction des émissions et de bénéfices sanitaires. Cependant, on peut mentionner une étude du Health effect institute portant sur l'évaluation d'une opération d'échange de poêles menée dans une région montagneuse de l'État du Montana (USA). Cette mesure a permis de renouveler 95 % des appareils obsolètes. Avant l'intervention, le chauffage au bois individuel contribuait à 80 % aux niveaux de PM<sub>2,5</sub> pendant les mois d'hiver. L'opération a permis de réduire de 28 % cette part (30). Cette amélioration était associée à une baisse du risque d'infections respiratoires ainsi qu'une baisse du risque de survenue de sifflements

**Tab. 4 - Paramètres de combustion influençant les émissions de polluants**

Paramètres	Influence sur les émissions
<b>Allure de fonctionnement</b>	À allure faible, les émissions sont plus importantes. C'est pourquoi, il est conseillé d'adapter au mieux la puissance de l'appareil au besoin de chauffage et de bien dimensionner le tirage (hauteur du conduit).
<b>Essence et qualité de bois</b>	Les émissions de polluants sont particulièrement élevées lors de la combustion de chêne ou de résineux qui est plus lente que pour le hêtre et le charme. L'introduction d'une entrée d'air primaire peut améliorer la combustion. D'autres paramètres tels que l'humidité du bois ou encore la quantité d'écorces influencent également la qualité de la combustion.
<b>Technique d'allumage</b>	L'allumage à froid plus émetteur mais moins déterminant que l'essence du bois et l'allure de fonctionnement. Il est conseillé d'allumer par le haut, allumage dit « inversé » (27).
<b>Taille des bûches</b>	Une plus grande surface à brûler améliore la combustion, il est donc recommandé de privilégier des bûches de petite taille.
<b>Vieillessement de l'appareil</b>	L'usure des joints et les déformations du foyer au cours du temps peuvent engendrer des entrées d'air parasites.

Source : Collet, 2016 (28) et Ineris, 2018 (7)

chez les enfants et de l'absentéisme scolaire (31). Une amélioration de la qualité de l'air intérieur a également été observée dans certains foyers mais il semble que les bénéfices sanitaires sont plus vraisemblablement attribuables à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant.

### Sensibiliser les professionnels et les utilisateurs

Le bois de chauffage bénéficie d'une représentation positive. Ce matériau naturel et renouvelable est, dans beaucoup d'esprits, synonyme d'innocuité (32). L'absence d'information et de prise de conscience des utilisateurs conduit même dans certains cas à considérer que ce mode de chauffage est propice à la qualité de l'air (26). Cette perception positive est accentuée par le caractère ludique que revêt le chauffage au bois, particulièrement vrai concernant l'utilisation en agrément. En effet, le chauffage au bois apporte un réconfort physique et psychique que le chauffage électrique ne peut fournir, par exemple, en cas de mauvais temps (33).

Selon l'enquête Ademe auprès de foyers utilisateurs de chauffage au bois en Île-de-France, seulement 21 % pensent que l'usage du bois de chauffage a un impact sur la qualité de l'air extérieur. Ils sont 29 % à penser que cela a un impact sur la qualité de l'air intérieur (5). Les utilisateurs (plus de 50 % ne se sont pas prononcés) apparaissent mieux sensibilisés à propos de la qualité du combustible (28 %) qu'à celle de l'appareil (17 %).

Il s'avère donc nécessaire de sensibiliser la population aux enjeux environnementaux et de santé et de communiquer sur les bonnes pratiques d'utilisation, d'autant plus qu'elles peuvent améliorer le rendement des appareils ainsi que le confort d'utilisation.

Les principales recommandations sont les suivantes :

- L'appareil doit être correctement installé et réglé, le conduit d'évacuation doit être adapté.
- Une bonne maintenance de l'installation ainsi que l'entretien et le nettoyage régulier de l'appareil sont nécessaires (32).
- L'humidité du bois ne doit pas dépasser 25 % au risque de dégrader le rendement de la combustion et d'augmenter les émissions de polluants.
- Le mode d'alimentation du poêle doit permettre d'assurer une allure de fonctionnement soutenue et continue (les poêles émettent plus de polluants à faible allure de combustion).
- Pour garantir une utilisation optimale, il apparaît également essentiel de bien dimensionner son dispositif de chauffage. En effet, un appareil surdimensionné favoriserait une utilisation à faible allure.
- Le mode d'allumage dit « inversé » (soit un allumage par le haut) peut également concourir à diminuer les émissions de particules au démarrage (27).

Cette dernière préconisation constitue un levier de réduction des émissions de polluants particulièrement important. En effet, il a été montré que sur un cycle complet d'utilisation d'un appareil individuel, environ 80 % des émissions polluantes ont lieu durant les 10 à 15 min après l'allumage à froid de la première charge et pendant les phases de recharge-ment (7).

En Île-de-France, seul 21 % des utilisateurs du chauffage au bois pensent que l'usage du bois de chauffage a un impact sur la qualité de l'air extérieur.

Afin de promouvoir ces bonnes pratiques, le PPA francilien prévoit d'élaborer une charte bois énergie impliquant l'ensemble de la chaîne des acteurs (des professionnels au grand public), il s'agit du « Défi résidentiel tertiaire - 2 ». Ce défi consiste à rédiger et communiquer une charte adressée à l'ensemble des professionnels concernés : fabricants, distributeurs, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, collectivités, assureurs, ramoneurs permettant de réduire les émissions liées à la combustion du bois. Il prévoit par ailleurs de rédiger et diffuser une plaquette d'information à l'intention du grand public sur les impacts en termes de pollution atmosphérique et les bonnes pratiques (voir figure 5).

Fig. 5 - Brochure « Je brûle malin »



Source : [www.maqualitedelair-idf.fr](http://www.maqualitedelair-idf.fr)

De telles campagnes de sensibilisation ont été menées dans d'autres pays. Par exemple, aux Etats-Unis, l'Agence de protection de l'environnement américaine (EPA) a mis en place le programme « Burn Wise ». Il consiste à informer sur les bons gestes relatifs à la qualité du bois, aux bonnes pratiques et au choix des bons appareils (voir figure 6).

Le rapport de l'OMS mentionne que, bien qu'aucune évaluation quantitative n'ait été menée, l'impact de ce type de campagne sur les changements de comportements reste généralement modéré (13). La fumée de bois est bien moins perçue comme un risque pour sa santé comparée à d'autres facteurs environnementaux. Faire prendre conscience du risque peut

conduire au changement de pratique, mais ce n'est pas systématique. En effet, il ne faut pas occulter l'image positive du chauffage au bois en mettant uniquement l'accent sur les risques (environnementaux et sanitaires) car le choix des individus est guidé bien souvent par leur perception positive et non pas par la balance bénéfice-risque (13).

Sensibiliser le grand public sur les enjeux peut aussi être l'occasion de communiquer sur les conséquences du brûlage des déchets verts à l'air libre. Bien que peu de travaux attestent des effets sanitaires potentiels spécifiquement liés à cette source (34), ces pratiques contribuent aussi à dégrader la qualité de l'air.

Fig. 6 - Brochure « Wood smoke and your health » (programme « Burn Wise »)

**Burn Wise**  
Program of U.S. EPA

## WOOD SMOKE AND YOUR HEALTH

Wood smoke may smell good but it's not good for you. With a few simple steps you can help reduce wood smoke to protect your health and the air we breathe.

**DID YOU KNOW?**

One old, inefficient wood stove can emit as much air pollution as 5 dirty old diesel trucks.

**Tiny particles in wood smoke can affect your health**

**HEART IMPACTS**  
Increases the risk of heart attack, irregular heartbeat, heart failure, stroke and early death.

**LUNG IMPACTS**  
Triggers asthma attacks and aggravates other lung diseases and damages children's lungs.

**WHO IS AT GREATER RISK?**

- Older adults
- Children and teens
- People with heart or lung disease

**Four easy steps to reduce wood smoke**

- 1 Burn dry, seasoned wood that has been split, stacked, covered and stored.
- 2 Test wood with a moisture meter (20% moisture or less is best).
- 3 Use a cleaner-burning gas or wood stove.
- 4 Provide sufficient air to the fire; never let it smolder.

Learn more at [www.epa.gov/burnwise](http://www.epa.gov/burnwise)

**EPA**

Source : [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

## Mieux structurer la filière bois

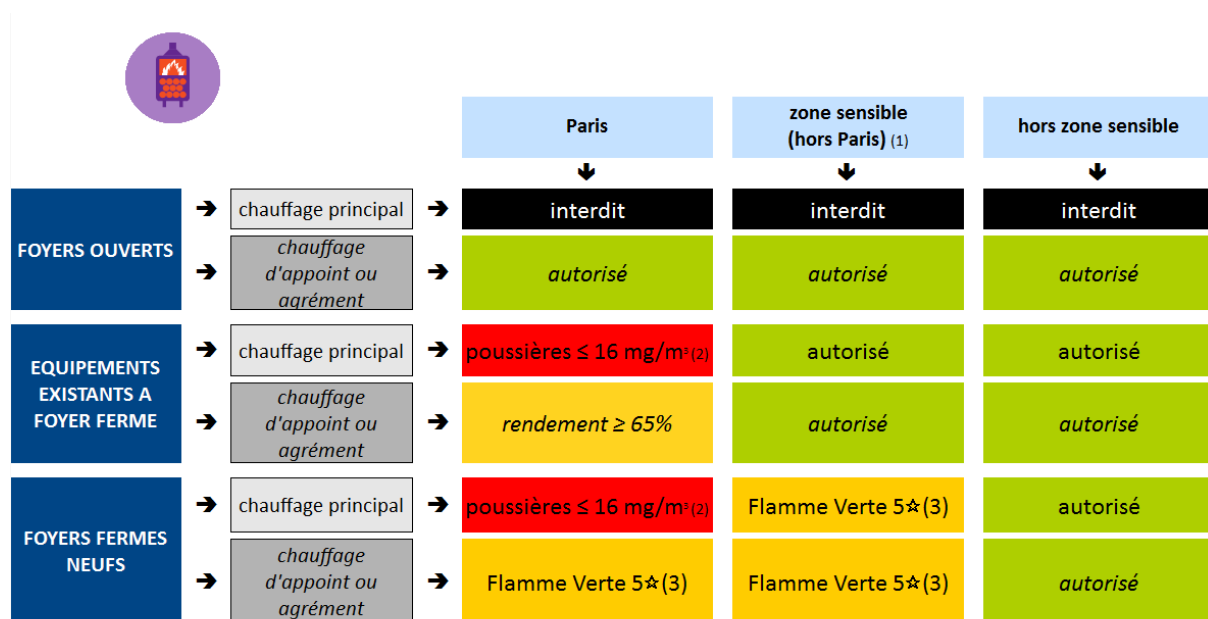
La qualité du bois est également un déterminant important du niveau d'émission des polluants. Ainsi, l'approvisionnement en bois constitue un levier d'action. Or, actuellement, le manque de structuration des acteurs de la filière ne permet pas de contrôler la qualité des produits commercialisés. Le Schéma régional biomasse (SRB), en cours d'élaboration par la Région et l'État, vise notamment à répondre à ces enjeux. Un rapport récent de l'Arene souligne notamment un problème d'accès au foncier pour permettre le stockage nécessaire durant le temps de séchage adéquat pour assurer une bonne qualité du bois (environ un an) (25). Une des recommandations est d'inciter les collectivités territoriales à accompagner la structuration de la filière « bois bûche » par la diffusion des chartes de qualité (Île-de-France Bois Bûche, etc.). Par ailleurs, l'enquête de l'Ademe (5) révèle que le bois consommé par les utilisateurs de chauffage au bois a une durée de séchage plutôt plus courte que la moyenne nationale, majoritairement inférieure à deux ans. Elle dénote également un manque de capacité des utilisateurs à évaluer le niveau d'humidité. Une information et une sensibilisation spécifique sur le séchage pourrait s'avérer utile.

Le SRB vise également à développer la mobilisation du gisement régional de biomasse pour limiter l'importation de la ressource et minimiser les flux d'approvisionnement et leurs impacts, notamment en matière d'émissions de polluants liés aux transports.

## Une réglementation spécifique en zone dense

La carte des densités communales des émissions primaires de particules liées au chauffage au bois indique que les émissions sont plus importantes au cœur de l'agglomération (voir figure 2 p 5). Les niveaux de particules liées à la combustion du bois sont donc susceptibles d'être plus importants dans cette zone, majorant des niveaux déjà importants sur ce secteur, imputables à d'autres sources. Par ailleurs, cette pollution impacte une plus large population qu'en zone moins dense. Ainsi les actions de réduction des émissions liées au chauffage au bois devraient cibler plus particulièrement la zone dense. En particulier, en Île-de-France, la réglementation prévoit l'interdiction de certaines utilisations du chauffage au bois selon le type d'équipement en tenant compte du secteur géographique (cf. arrêté inter-préfectoral du 31 janvier 2018 approuvant la révision du PPA francilien). Ces conditions d'utilisation sont précisées dans le schéma ci-après (figure 7).

Fig. 7 - Réglementation applicable à la combustion individuelle du bois en Île-de-France



		Paris	zone sensible (hors Paris) (1)	hors zone sensible
FOYERS OUVERTS	→ chauffage principal	interdit	interdit	interdit
	→ chauffage d'appoint ou agrément	autorisé	autorisé	autorisé
EQUIPEMENTS EXISTANTS A FOYER FERME	→ chauffage principal	poussières ≤ 16 mg/m <sup>3</sup> (2)	autorisé	autorisé
	→ chauffage d'appoint ou agrément	rendement ≥ 65%	autorisé	autorisé
FOYERS FERMES NEUFS	→ chauffage principal	poussières ≤ 16 mg/m <sup>3</sup> (2)	Flamme Verte 5★(3)	autorisé
	→ chauffage d'appoint ou agrément	Flamme Verte 5★(3)	Flamme Verte 5★(3)	autorisé

(1) la liste des communes de la zone sensible est annexée à l'arrêté inter-préfectoral du 31/01/2018

(2) mesure à 13% d'oxygène

(3) ou rendement ≥ 70% et taux de CO ≤ 0,12% (à 13% d'oxygène)

■ autorisé sous condition

■ autorisé sous condition

Source : www.maqualitedelair-idf.fr

En cas d'épisode de pollution, ces interdictions peuvent être renforcées comme prévu par l'arrêté inter-préfectoral n° 2016-01383 du 19 décembre 2016<sup>11</sup>. Ainsi, le chauffage au bois d'appoint ou agrément peut être totalement interdit. De plus, dans certaines circonstances, cette interdiction peut être étendue à toute utilisation d'appareils de combustion de biomasse non performants, y compris en chauffage principal.

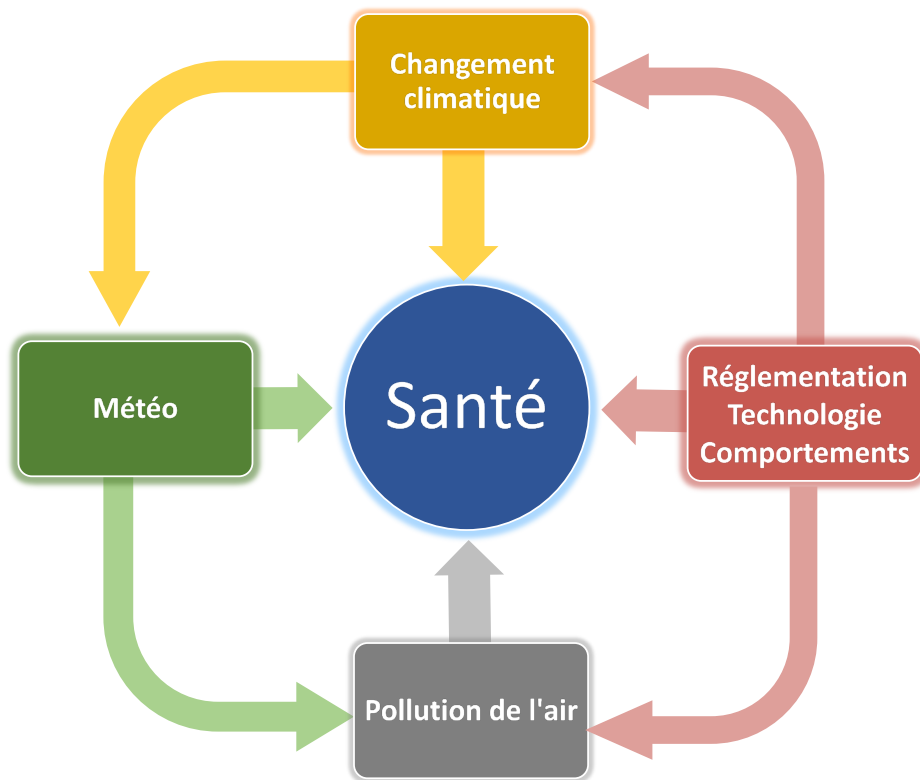
## Des co-bénéfices pour la santé et le climat à faire valoir

### Prendre en compte les interrelations climat-air-santé

Dans de nombreux exemples, les « gestes » en faveur de la qualité de l'air sont aussi des gestes en faveur du climat. La figure 8 illustre les interrelations climat-air-santé. Dans une certaine mesure, la maîtrise des émissions de particules liées au chauffage au bois répond à l'enjeu « climat ».

Le bois, la biomasse d'une manière générale, sont considérés conventionnellement neutres en émissions de CO<sub>2</sub>. Or, la combustion du bois émet non seulement du CO<sub>2</sub> mais aussi des polluants à courte durée de vie comme le carbone suie, le CO et les COV qui agissent également à court terme sur l'effet de serre. Il a été en effet démontré que le carbone suie a un pouvoir réchauffant. Bien que sa durée de vie dans l'atmosphère ne soit que de quelques semaines, son impact n'est pas sans conséquence sur le climat (35). De ce fait, la combustion de la biomasse n'est réellement neutre que si, d'une part la ressource est gérée durablement et l'approvisionnement local et d'autre part la combustion est complète (transformation du carbone uniquement en CO<sub>2</sub>). Réduire les émissions liées au chauffage domestique peut donc avoir des effets positifs direct sur la santé mais aussi à court terme sur le climat et ainsi ralentir le réchauffement (13). Ces co-bénéfices sont à faire valoir.

Fig. 8 - Interrelation climat-air-santé



<sup>11</sup> Relatif aux procédures d'information-recommandation et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution en région d'Île-de-France.



## Les PCAET, un outil pour les collectivités

La loi de transition énergétique pour la croissance verte, adoptée en 2015, a impulsé une nouvelle dynamique pour la lutte contre le changement climatique. Entre autres mesures, elle a conduit à la révision des plans climat énergie territoriaux (PCET), désormais plans climat air énergie territoriaux (PCAET), en renforçant leurs rôles et leurs ambitions, notamment dans le domaine de la qualité de l'air.

Confié aux établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre de plus de 20 000 habitants, le PCAET est un outil opérationnel de planification et de coordination des politiques locales en faveur de la transition énergétique et écologique sur le territoire. Il est la grille de lecture climat-

air-énergie du projet de territoire. Il permet de considérer une approche globale et systémique des enjeux afin de limiter des effets antagonistes et faire jouer les synergies comme dans le cas du bois-énergie qui constitue un parfait exemple.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2018, ce sont ainsi 60 intercommunalités franciliennes concernées par cette obligation. Le PCAET respecte différentes étapes d'élaboration, du diagnostic à la constitution du plan d'actions. Sur le volet de la qualité de l'air, différents leviers pourront être actionnés notamment dans le domaine de l'aménagement, de la mobilité et aussi pour la sensibilisation du public. A cet effet, des outils d'accompagnement sont proposés aux collectivités (voir figure 9).

Fig. 9 – Cahier technique « Intégrer la qualité de l'air dans les PCAET »



Source : <https://www.arenedf.org/>

# Conclusion et perspectives

## **Le chauffage résidentiel au bois fort contributeur de particules, un levier d'action pour la santé publique**

La réduction des niveaux de particules est nécessaire pour répondre aux enjeux sanitaires. Tous les leviers d'action doivent être mobilisés. L'OMS estime que le chauffage résidentiel au bois constitue un des secteurs d'intervention les plus porteurs en matière de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone suie (13). Ceci se vérifie dans le cas de l'Île-de-France où le chauffage individuel au bois a une contribution importante aux niveaux ambiants de particules. Bien que peu de travaux explicitent complètement les modes d'action sur la santé des particules émises par le chauffage au bois, il n'existe pas d'arguments permettant de dire que ces particules sont moins dangereuses que celles issues d'autres sources urbaines. Ainsi l'action sur cette source de particules, au même titre que l'action sur le trafic routier ou les émissions industrielles se justifie pleinement. La stratégie de développement du bois énergie, actée dans la politique régionale de lutte contre le changement climatique, doit privilégier une approche globale des enjeux afin de limiter les effets antagonistes et actionner les synergies, en tenant compte des spécificités des territoires.

## **Des leviers d'action bien identifiés, une vigilance particulière à avoir en zone dense**

Les leviers d'action sont aujourd'hui bien identifiés et les pouvoirs publics ont déjà engagés des moyens pour réduire les émissions de particules liées au chauffage au bois. Cette prise de conscience reste à partager avec l'ensemble des acteurs : les collectivités, les professionnels comme le grand public. Les éléments rassemblés dans cette note peuvent être utiles pour construire les messages et diffuser la connaissance.

En zone dense, les émissions du chauffage au bois devraient être particulièrement régulées. Malgré l'amélioration des performances des dispositifs, ces derniers restent émetteurs de polluants, notamment de particules. Dans cette perspective, il est préconisé de suivre l'efficacité sur le long terme des actions engagées et de surveiller l'évolution de la contribution de la biomasse aux émissions de particules et aux concentrations mesurées dans l'air ambiant, en particulier sur ce territoire.

# Références

- [1] Conseil régional Île-de-France. Stratégie énergie-climat de la région Île-de-France. Rapport n° CR 2018-016. 2018.
- [2] Airparif. Inventaire régional des émissions en Île-de-France - Année de référence 2015. Décembre 2018.
- [3] Pascal M, de Crouy Chanel P, Corso M, Medina S, Wagner V, Gorla S, et al. Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice: Santé publique France, 2016.
- [4] Driee. Plan de Protection de l'Atmosphère d'Île-de-France (2018-2025). 2018.
- [5] Ademe. Le chauffage domestique au bois en région Île-de-France. 2015.
- [6] Airparif. Evaluation prospective de la qualité de l'air à l'horizon 2020 en Île-de-France. Evaluation du projet de Plan de protection de l'atmosphère d'Île-de-France. 2017.
- [7] Ineris. Synthèse des études à l'émission réalisées par l'Ineris sur la combustion du bois en foyers domestiques. 2018:71.
- [8] Pissot N, Besombes J-L, Leoz-Garziandia E, Jaffrezo J-L. Impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant de quatre villes de France : évaluation de l'approche par traceurs organiques. Pollution atmosphérique. 2009(203):325-33.
- [9] Airparif. Origine des particules en Île-de-France. 2011.
- [10] Honoré C, Joly F, Kimmerlin C, Ghersi V, Garnoussi P, Kauffmann A. Évaluation a priori et suivi au fil du temps des impacts des politiques locales de réduction des émissions de polluants atmosphériques. Pollution atmosphérique. 2017(235).
- [11] Airparif. Le carbone suie : enjeu présent et futur. Airparif Actu n° 42. 2014. p. 12.
- [12] Naeher LP, Brauer M, Lipsett M, Zelikoff JT, Simpson CD, Koenig JQ, et al. Woodsmoke health effects: a review. Inhal Toxicol. 2007;19(1):67-106.
- [13] OMS. Residential Heating with Wood and Coal: Health Impacts and Policy Options in Europe and North America. 2015.
- [14] OMS. Health effects of black carbon. 2012.
- [15] Ineris. Evaluation de l'impact des appareils de chauffage domestique à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur. 2008.
- [16] Le Dreff-Lorimier M, Nicolas M, Guénégo B, Dufresne M, Maupetit F. Etude de l'impact de l'usage de poêles à bois sur la teneur en particules en air intérieur selon les conditions de ventilation. Congrès Français sur les Aérosols. Paris. 2018.
- [17] Rokoff LB, Koutrakis P, Garshick E, Karagas MR, Oken E, Gold DR, et al. Wood Stove Pollution in the Developed World: A Case to Raise Awareness Among Pediatricians. Current problems in pediatric and adolescent health care. 2017;47(6):123-41.
- [18] Sigsgaard T, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Blomberg A, Bolling A, Boman C, et al. Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. The European respiratory journal. 2015;46(6):1577-88.
- [19] Gan WQ, FitzGerald JM, Carlsten C, Sadatsafavi M, Brauer M. Associations of ambient air pollution with chronic obstructive pulmonary disease hospitalization and mortality. American journal of respiratory and critical care medicine. 2013;187(7):721-7.
- [20] Andersen ZJ, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Scheike T, Loft S. Ambient particle source apportionment and daily hospital admissions among children and elderly in Copenhagen. Journal of exposure science & environmental epidemiology. 2007;17(7):625-36.
- [21] McCracken JP, Wellenius GA, Bloomfield GS, Brook RD, Tolunay HE, Dockery DW, et al. Household Air Pollution from Solid Fuel Use: Evidence for Links to CVD. Global heart. 2012;7(3):223-34.
- [22] Gehring U, Tamburic L, Sbihi H, Davies HW, Brauer M. Impact of noise and air pollution on pregnancy outcomes. Epidemiology (Cambridge, Mass). 2014;25(3):351-8.
- [23] Laurent O, Hu J, Li L, Cockburn M, Escobedo L, Kleeman MJ, et al. Sources and contents of air pollution affecting term low birth weight in Los Angeles County, California, 2001-2008. Environmental research. 2014;134:488-95.
- [24] Conseil régional Île-de-France, Driee. Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie d'Île-de-France (SRCAE). 2012.
- [25] Arene. Le bois, concurrences et complémentarités des usages du gisement forestier en Île-de-France. 2018.
- [26] Solagro, Biomasse Normandie, BVA, Marketing freelance. Etude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement. Ademe, 2013.
- [27] Brandelet B, Rose C, Landreau J, Rogaume C, Druette L, Rogaume Y. Influence de pratiques réelles d'utilisations sur les émissions d'un appareil de chauffage domestique au bois. Pollution atmosphérique. 2018. N° 236.
- [28] Collet S. Détermination de facteurs d'émission de polluants des foyers domestiques alimentés au bois. Rapport final. Ademe, 2016.
- [29] Environnement Canada. Règlement municipal type pour réglementer les appareils de chauffage au bois. 2006.
- [30] Noonan CW, Navidi W, Sheppard L, Palmer CP, Bergauff M, Hooper K, et al. Residential indoor PM2.5 in wood stove homes: follow-up of the Libby changeout program. Indoor air. 2012;22(6):492-500.
- [31] Noonan C, Ward T, Navidi W, Sheppard L, Bergauff M, Palmer C. Assessing the impact of a wood stove replacement program on air quality and children's health. Research report (Health Effects Institute). 2011(162):3-37; discussion 9-47.
- [32] Ademe. Bois énergie et qualité de l'air. 2015.
- [33] La Branche S. Étude sociologique sur la pollution due au chauffage au bois dans l'agglomération grenobloise : synthèse des principaux résultats. Pollution atmosphérique. 2016;N°228.
- [34] Anses. Effets sanitaires liés à la pollution générée par les feux de végétation à l'air libre. État des connaissances relatif aux incendies de végétation, aux brûlages agricoles, et aux brûlages des déchets verts de jardin. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. 2012.
- [35] Bond TC, Doherty SJ, Fahey D, Forster P, Berntsen T, DeAngelo B, et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2013;118(11):5380-552

# CHAUFFAGE AU BOIS ET SANTÉ EN ÎLE-DE-FRANCE

## RISQUES SANITAIRES DES POLLUANTS ISSUS DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE

### L'essentiel de l'étude

- Actuellement en Île-de-France, le chauffage domestique au bois contribue de façon non négligeable aux niveaux ambiants de particules et dégrade la qualité de l'air dans la région.
- L'état actuel des connaissances indique que les particules issues de la combustion de biomasse sont aussi dangereuses que celles issues d'autres sources urbaines.
- Réduire les émissions du chauffage au bois en Île-de-France apparaît comme un levier pertinent pour améliorer la qualité de l'air et la santé publique tout en faisant face à l'enjeu climatique.
- Renouveler les appareils les moins performants, sensibiliser les professionnels et les utilisateurs aux bonnes pratiques en mettant en avant les enjeux, mieux structurer la filière bois constituent les principaux axes des politiques déjà engagées dans la région avec des mesures à renforcer en zone dense.

Nous remercions Anne Kauffmann, Charles Kimmerlin et Véronique Ghersi d'Airparif pour leur éclairage, les données et les documents fournis.

Nous remercions Erwan Cordeau, Julie Missonnier et Martial Vialleix du département environnement urbain et rural de l'IAU et Sandra Garrigou du département énergie et climat (Arene) de l'IAU pour leur relecture et leurs apports complémentaires.

Nous remercions Jean-Loup Caruana de la Direction régionale et inter-départementale de l'environnement et de l'énergie pour sa relecture attentive du document.



### Observatoire régional de santé Île-de-France

15, rue Falguière - 75015 PARIS - Tél. (33) 01 77 49 78 60 - [www.ors-idf.org](http://www.ors-idf.org)

*L'ORS Île-de-France, département autonome de l'IAU Île-de-France, est un observatoire scientifique indépendant financé par l'Agence régionale de santé et le Conseil régional d'Île-de-France.*

ISBN : 978-2-7371-1921-7