



Le Bois INTERNATIONAL

L'officiel du bois >> Scierie / Exploitation forestière

**80^e Cahier
du bois-énergie**

L'hebdomadaire
de la filière bois

ISSN : 1760 - 4672

Supplément au N° 33
3,50 euros
samedi 6 octobre 2018

État des lieux
La qualité de l'air, un enjeu majeur p. 4

Chauffage domestique
Amélioration et bonnes pratiques p. 8

Chauffage collectif et industriel
Des émissions maîtrisées p. 12



Bois-énergie et qualité de l'air

Électricité et chaleur par le bois



KOHLBACH

RELEASE ENERGIES
INCREASE BENEFITS

Chaudières biomasse
& cogénération

- Études
- Fabrication
- Services

www.kohlbach.fr

Contact : kbf@kohlbach.fr
ou M. Marc HOUIN - 06 12 13 67 69

UNIFOREST

FENDEUSES TITANIUM
de 10 à 27 tonnes



COMBINÉ SCIEUR/FENDEUR
TITAN 40/20 PREMIUM

TREUILS FORESTIERS -
FORCE CONSTANTE
70 kN ou 90 kN

TREUILS FORESTIERS -
série M, H et G

PINCES À GRUME
SCORPION

PINCES

Distributeur en France
Bureau de liaison commerciale
usine - **Nicolas Barras**
T 06 42 32 75 19
E n.barras@blcu.fr

Uniforest d.o.o.
T +386 3 777 14 30
F +386 3 777 14 18
E arja.ozir@uniforest.si
www.uniforest.com



13^{ème} COLLOQUE
STRASBOURG – 7 novembre 2018

Date à retenir

CIBE

Origines et usages

Des flux territoriaux aux flux internationaux

DESTINATION BOIS-ENERGIE



Crédits photo : Bois Energie 66, Bois Energie France et Bioénergie International



Bois-énergie et qualité de l'air

Sommaire

- Edito, par Serge DEFAYE p.3
- Combustion du bois et qualité de l'air : des émissions de polluants en baisse et des défis à relever p.4
- Chauffage domestique : renouvellement du parc d'appareils et diffusion des bonnes pratiques sont les actions clés p.8
- Chaufferies collectives et industrielles : des émissions inférieures aux exigences de la réglementation grâce à des technologies efficaces p.12

Les Cahiers du bois-énergie, co-édités par Biomasse Normandie et le Comité interprofessionnel du bois-énergie (CIBE), sont publiés avec le soutien de l'Ademe (direction productions et énergies durables - service forêt, alimentation et bioéconomie) et du Bois International, sous la responsabilité éditoriale de Biomasse Normandie.

Ce Cahier a été préparé par Stéphane COUSIN et Mathieu FLEURY (Biomasse Normandie), Serge DEFAYE et Clarisse FISCHER (CIBE). Mise en page par la rédaction du Bois International.

En finir avec les amalgames !

Le chauffage au bois, de façon indiscriminée, est souvent pointé du doigt par la presse généraliste et accusé d'être en grande partie à l'origine des émissions de particules qui polluent l'atmosphère.

Certes, ceci est exact pour les trop nombreux brûlages sauvages, en principe interdits, sans oublier les incendies de forêt, provoqués par un défaut d'entretien et/ou une urbanisation incontrôlée. C'est également vrai pour le parc ancien d'appareils domestiques et tout particulièrement pour les cheminées à feu ouvert.

Mais il faut affirmer avec force que **ce n'est plus le cas pour les chaudières et poêles à bûches ou à granulés de nouvelle génération, labellisés Flamme Verte. Et que c'est totalement faux pour les chaudières industrielles et collectives équipées de filtres à particules.** La nouvelle réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) publiée en août 2018 vient d'abaisser les seuils de rejets autorisés pour les poussières, mais également pour les oxydes d'azote (NO_x). Elle est obligatoire dès la fin de l'année pour les nouvelles installations et avec un délai pour celles qui sont en place.

Ce Cahier du bois-énergie aborde cette problématique complexe de façon détaillée et **on espère qu'il contribuera à faire cesser des amalgames sommaires qui ne permettent pas d'éclairer l'opinion publique.**

La feuille de route des promoteurs du bois-énergie, épaulés par l'Ademe, est claire :

- **accélérer la mise en place des chaufferies industrielles et collectives** alimentant des réseaux de chaleur, lesquelles présentent, répétons-le, des performances environnementales excellentes ;
- **remplacer le parc des équipements domestiques anciens par des matériels performants** et former installateurs et usagers pour qu'ils adoptent de bonnes pratiques.

Parallèlement, les pouvoirs publics doivent faire appliquer les interdictions de brûlage à l'air libre, c'est à dire sanctionner ces mauvaises habitudes partout où elles perdurent, en zone agricole comme en forêt, dans les parcs et jardins et encore dans certaines entreprises et chantiers. Mais ceci est une autre histoire !

Serge DEFAYE

DEBAT/BEST-ENERGIES



Combustion du bois et qualité de l'air : des émissions de polluants en baisse et des défis à relever

La qualité de l'air : un enjeu majeur

La pollution atmosphérique est reconnue pour avoir un impact sur la santé très significatif et a été classée cancérigène pour l'être humain par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). En France, l'Agence nationale de santé publique estime qu'elle est à l'origine de 48.000 décès prématurés par an et le Sénat a évalué son coût pour l'économie nationale à 100 milliards d'euros par an.

Un phénomène complexe

La chimie de l'atmosphère est complexe et fortement non linéaire : la concentration d'un polluant dans l'air ambiant n'est pas proportionnelle à son émission. En effet, les polluants "primaires", directement émis dans l'atmosphère par les sources anthropiques, peuvent réagir entre eux sous l'effet des rayons solaires, de l'humidité ou de la chaleur et former de nouveaux polluants, qualifiés de "secondaires".

Les polluants primaires comprennent, entre autres, des particules fines (PM), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2), l'ammoniac (NH_3), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Parmi les polluants secondaires figurent l'ozone (O_3 , issu notamment de la combinaison des NO_x et des COVNM) et des particules, essentiellement de moins de $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), dont les précurseurs sont tout particulièrement le SO_2 , les NO_x , les COVNM et le NH_3 .

Evolution des émissions nationales des cinq polluants visés par le Prepa (1990-2015) au regard des objectifs de réduction 2020-24, 2025-29, 2030 et après.

(Sources : inventaire Secten du Citepa (mai 2017, France métropolitaine) pour les émissions historiques et décret n°2017-949 pour les objectifs de réduction)

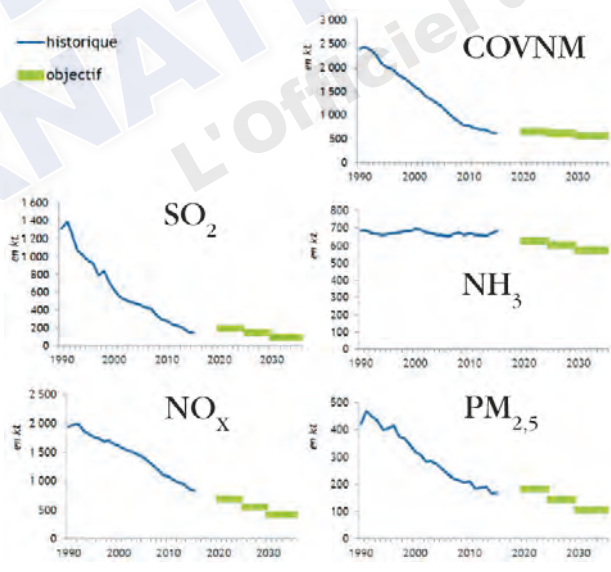
Ainsi, les réductions des émissions ne se traduisent pas par une baisse similaire des concentrations. Par exemple, les émissions de PM primaires ont diminué mais les concentrations de PM ont tendance à stagner en raison de la formation de PM secondaires. Pour l'ozone, la réduction des concentrations est notamment tributaire de la richesse de l'atmosphère en NO_x et en COVNM.

Particules et oxydes d'azote dans le viseur des pouvoirs publics

Les polluants principaux faisant l'objet d'une attention particulière du fait de leurs effets sur la santé et de leurs

niveaux relativement élevés dans l'air ambiant sont les particules, distinguées selon leur taille (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$), les oxydes d'azote (NO_x) et l'ozone (O_3).

Malgré une amélioration progressive de la qualité de l'air, les normes sanitaires fixées par la directive européenne 2008/50/CE restent dépassées dans de nombreuses agglomérations et 92% de la population française sont exposés à des concentrations excessives de particules fines ($\text{PM}_{2,5}$) d'après les critères d'évaluation de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). La France fait l'objet de deux avis motivés de la Commission européenne pour



non-respect des valeurs limites de concentration (VLC) en PM_{10} et dioxyde d'azote (NO_2) et manquement à l'obligation de prendre des mesures appropriées pour réduire les périodes de dépassement de ces VLC. En mai 2018, la Commission a fait un pas supplémentaire vers les sanctions financières en saisissant la Cour de justice de l'Union européenne au sujet du dépassement des VLC du NO_2 .

Des objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques

Conformément à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV, article 64) d'août 2015, un plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (Prepa) a été adopté en mai 2017 pour la période 2017-2021, avec pour objectif de :

- limiter très fortement les dépassements des valeurs limites de concentration des polluants dans l'air ;
 - atteindre les objectifs de réduction des émissions à 2020 et 2030 ;
 - diminuer le nombre de décès prématurés.
- Le Prepa acte la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV et ajoute des mesures de réduction des émissions dans tous les secteurs :

- industrie ;
- transport ;
- résidentiel / tertiaire, en particulier : cofinancement avec les collectivités d'aides au renouvellement des équipements de chauffage peu performants, accompagnement des collectivités pour le développement d'alternatives au brûlage de déchets verts ;
- agriculture, notamment le développement de filières alternatives au brûlage des résidus agricoles.

Le plan prévoit également des actions d'amélioration des connaissances, de mobilisation des acteurs locaux et des territoires et la pérennisation des financements en faveur de la qualité de l'air.

Bois-énergie : des émissions dépendant des conditions de combustion

La qualité des émissions atmosphériques issues de la combustion du bois est la résultante de l'interaction entre un équipement de chauffage, un combustible et l'air comburant. Selon les caractéristiques et les réglages des installations, l'oxydation d'un même combustible entraînera des proportions et des caractéristiques d'effluents gazeux différentes. Ceci est aussi valable pour une

même installation et des bois d'origine et de caractéristiques distinctes.

Le bois est un combustible propre (mais sous certaines conditions)

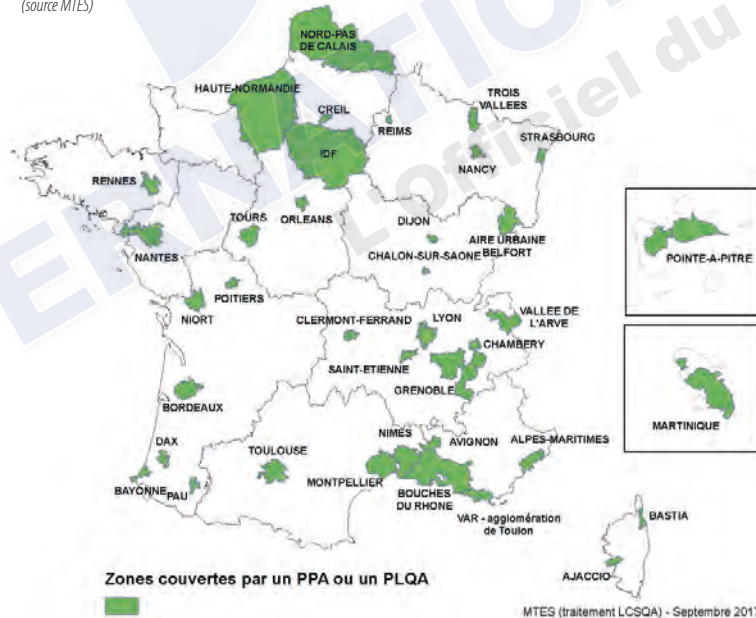
Le bois est constitué d'eau, de matière organique et d'éléments minéraux. La fraction organique est formée de résines, de tanins et de polymères (cellulose, hémicellulose, lignine...). À l'état naturel, le bois contient en outre, en faible proportion, des éléments minéraux (azote, potassium, calcium...) et des éléments traces métalliques, qu'il a fixés lors de sa croissance. Leur présence et leur taux varient selon les caractéris-

Des plans de protection de l'atmosphère pour agir contre la pollution

Au niveau local, les plans de protection de l'atmosphère (PPA) définissent les objectifs et les mesures permettant de ramener, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250.000 habitants et des zones où les valeurs limites réglementaires sont dépassées ou risquent de l'être, les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires.

Zones couvertes par un plan de protection de l'atmosphère.

(source MTEs)





tiques environnementales de la station où l'arbre a poussé (sol, air ambiant...) et le compartiment de l'arbre considéré (tronc, branches, écorce...). Des impuretés macroscopiques (cailloux, terre) peuvent également s'accrocher aux écorces lors de l'exploitation de l'arbre.

La composition chimique du bois est, en moyenne sur masse anhydre, de 49-50% de carbone, 43-44% d'oxygène, 6% d'hydrogène et 0,2-0,5% d'azote.

Il est à noter que les bois en fin de vie (à l'exclusion des bois d'emballage dont la composition est similaire à celle du bois brut) peuvent contenir des adjuvants (colles...) ainsi que des éléments traces métalliques et des composés organo-halogénés (chlore, fluor...) dus à l'application de traitements de préservation ou de finition (peintures, vernis...). Leur classification réglementaire comme un combustible pouvant alimenter des installations collectives ou industrielles (équipées de systèmes de traitement des fumées adaptés) n'est alors pas systématique. A fortiori, les bois en fin de vie ne doivent absolument pas être brûlés dans un équipement individuel de chauffage.

Conditions d'une combustion optimale

La combustion du bois se divise en quatre étapes relevant de divers processus chimiques et physiques :

- le séchage ;
 - la pyrolyse / gazéification ;
 - l'oxydation des gaz ;
 - la combustion du résidu charbonneux.
- La maîtrise de ces phases conditionne le bon déroulement de la combustion et le rendement de l'appareil de chauffage.

La condition principale à toute bonne combustion consiste à brûler complètement les gaz à haute température. Pour ce faire, la longue flamme engendrée par la combustion du bois exige une enceinte de combustion de grande taille.

Une température de 800 °C au moins est indispensable pour assurer la combustion complète, ainsi qu'une durée de séjour suffisante des gaz dans les zones à haute température. Ceci signifie que la flamme ne doit pas être refroidie, par exemple sur des parois froides.

Pour obtenir une température de combustion élevée, il faut également que l'humidité du bois soit adaptée à la technologie de combustion et que le rapport combustible / air soit optimal. En effet, la combustion du bois étant un processus fluctuant (variation des caractéristiques du combustible et des conditions d'alimentation du bois dans le foyer), on ne peut apporter seulement l'oxygène suffisant à une combustion neutre. Un excès d'air, dépendant du type de combus-

✓ ZOOM

Brûlage à l'air libre des déchets verts : des alternatives existent !

Malgré une réglementation restrictive, la pratique perdure : près de un million de tonnes de déchets verts sont brûlées à l'air libre chaque année.

Ceci constitue une double aberration :

- les conditions très dégradées de combustion entraînent d'importantes émissions de polluants atmosphériques ;
- ces végétaux sont une ressource apportant des bénéfices environnementaux et économiques : protection (broyage puis paillage) ou fertilisation (compostage puis épandage) des sols, production d'énergie (broyage de la partie ligneuse puis combustion) dans des chaufferies biomasse collectives et industrielles.

Pour plus d'information, se référer au guide des bonnes pratiques édité par l'Ademe en juin 2018 :

"Alternatives au brûlage des déchets verts, les collectivités se mobilisent".

tible et de système, est systématiquement requis, rendant la combustion oxydante. Cet excès ne doit cependant pas être trop important afin de ne pas refroidir le foyer, ce qui entraînerait une combustion incomplète.

Par ailleurs, la gazéification des éléments solides et la combustion des gaz dans l'installation de chauffage doivent intervenir en des endroits séparés. L'air de combustion est alors réparti en air primaire et en air secondaire, devant être chauds lors de leur entrée dans le foyer : l'air primaire (traversant le lit de braises) est nécessaire au séchage, à la gazéification et à la combustion du charbon de bois ; l'air secondaire sert à la combustion des gaz.

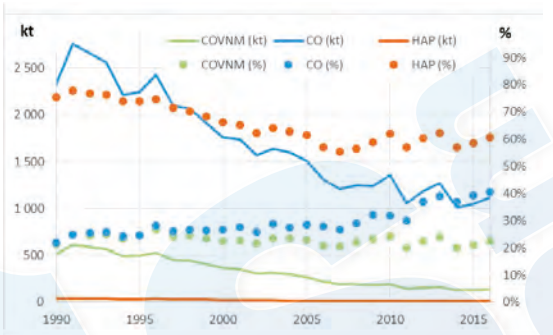
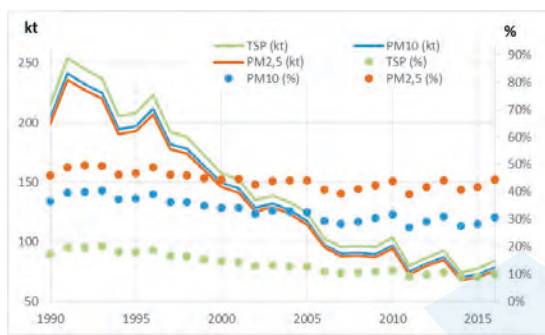
Enfin, pour garantir un rendement élevé, les fumées doivent avoir cédé la majorité de leur énergie avant d'être évacuées par la cheminée : leur température doit donc être la plus basse possible, sans pour autant risquer leur condensation dans le conduit (corrosion).

Des émissions atmosphériques dépendant de la performance des équipements

Il ne peut donc y avoir de combustion optimale sans choix de technologie, dimensionnement, installation et exploitation irréprochables.

Ces exigences sont globalement satisfaites pour les installations collectives et industrielles, qui sont de ce fait performantes :

- elles sont conçues de telle manière qu'un étagement de la combustion est possible, avec optimisation du réglage des paramètres (automatisation) permettant la bonne dissociation de chacune des quatre phases du processus ; en particulier, la température atteinte dans le foyer est supérieure à 800 °C et le temps de séjour des gaz y est important, permettant une combustion complète ;
- le dimensionnement est réalisé au cas par



cas et adapté aux besoins thermiques ;
• l'installation et l'exploitation sont réalisées par des professionnels.

Pour le chauffage domestique, les équipements sont très souvent surdimensionnés et tous sont utilisés par des particuliers n'ayant pas nécessairement connaissance des règles de l'art et des bonnes pratiques. D'un point de vue technologique, le volume et la conformation des foyers ne permettent pas d'atteindre, pour la plupart des appareils, les températures requises pour que la combustion soit complète ni d'assurer un temps de séjour suffisant des gaz. Il convient de distinguer, par ordre décroissant de performance :

- les chaudières et poêles à granulés (ils sont dotés d'automates de programmation / régulation et utilisent un combustible aux caractéristiques constantes) ;
- les chaudières à bûches ;
- les poêles, foyers fermés et inserts à bûches ;
- les foyers ouverts (qui ne sont pas des équipements de chauffage mais d'agrément).

En matière d'émissions atmosphériques, la combustion complète du bois produit du dioxyde de carbone et de l'eau mais aussi des oxydes d'azote (NO_x) et des particules (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$). Une combustion incomplète va en outre émettre du monoxyde de carbone (CO), des particules d'imbrûlés solides

(suies, goudrons, charbon...), des composés organiques volatils (COV), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)...

Contribution de la combustion du bois (usages domestique, collectif et industriel) à la pollution atmosphérique

La pollution de l'air due à la biomasse peut avoir des origines multiples qu'il ne faut pas amalgamer : feux de forêt, brûlage à l'air libre de déchets verts ou de résidus agricoles, combustion dans des appareils domestiques anciens et nouveaux, combustion en chaufferies collectives et industrielles. Dans cet article, seule est considérée la combustion à des fins de production d'énergie (chauffage, process industriel) ou d'agrément.

Des émissions très majoritairement issues du parc domestique

Au regard des impacts sur la qualité de l'air, les principaux polluants ou précurseurs de polluants émis par le chauffage au bois sont les particules PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO) ainsi que, dans une moindre

Evolution des émissions de polluants liées à la combustion du bois (en kt) et de leurs parts dans les émissions totales de ces polluants (en%).

(source Biomasse Normandie d'après inventaire Secten du Citepa (avril 2018, France métropolitaine))

mesure, le dioxyde de soufre (SO_2). D'après l'inventaire Secten (avril 2018) du Citepa, le bois-énergie n'a contribué que pour une très faible part aux émissions nationales de SO_2 (3%) et de NO_x (5%) en 2016. En revanche, son poids est plus significatif dans les émissions de COVNM (22%), PM_{10} (31%), CO (41%), $\text{PM}_{2,5}$ (44%) et HAP (61%).

Les poussières issues de la combustion du bois ont ceci de particulier qu'elles sont constituées, en moyenne, de 93% de PM_{10} et 90% de $\text{PM}_{2,5}$; ainsi, bien que les émissions de particules totales en suspension (TSP) ne représentent que 10% du total national, la part relative des PM_{10} et a fortiori celle des $\text{PM}_{2,5}$ sont importantes.

Alors qu'il contribue pour seulement deux tiers à la consommation finale d'énergie à partir de bois, le chauffage domestique est responsable de 90% des émissions de PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ et de 95-100% de celles de COVNM, CO et HAP. Plus précisément, ce sont les équipements datant d'avant 2004 et les foyers ouverts (plus de 40% du parc en fonctionnement) qui sont les plus polluants ; ils émettent notamment de l'ordre de 70% des particules fines issues du chauffage au bois individuel.

En revanche, les installations de plus forte puissance (chaudières biomasse collectives et industrielles), réglementairement soumises à des valeurs limites d'émission, sont peu polluantes.



Des concentrations en polluants particulièrement sensibles à la période de l'année et aux conditions de relief

En période hivernale anticyclonique (inversions de température matin / soir), le chauffage au bois et le brûlage des déchets verts à l'air libre peuvent contribuer de façon importante voire majoritaire aux épisodes de pollution particulière. C'est en effet lors de la saison de chauffe que les émissions de la combustion de biomasse sont les plus importantes et, en cas de mauvaises conditions de dispersion atmosphérique, les polluants peuvent s'accumuler plusieurs jours à proximité des lieux d'émission. Dans ce cas, les concentrations dans l'air ambiant de particules fines et de HAP peuvent dépasser les valeurs seuils définies par la réglementation européenne.

Par ailleurs, **en fond de vallée, la combustion de biomasse peut contribuer à plus de la moitié des concentrations de particules dans l'air en hiver.**

Il convient de noter que les connaissances actuelles ne permettent toutefois pas de

distinguer les contributions relatives du chauffage domestique au bois et du brûlage à l'air libre de branchages et déchets verts à l'échelle d'un territoire.

Des défis à relever

La diminution des émissions de polluants liées à la combustion du bois viendra essentiellement de l'amélioration de la performance moyenne du parc d'équipements individuels de chauffage. Pour cela, trois axes sont à privilégier :

- l'abandon de l'utilisation des foyers ouverts ;
- le renouvellement des appareils les plus anciens par des appareils perfor-

mants (bénéficiant par exemple du label Flamme Verte), **correctement dimensionnés et installés ;**

- l'information des ménages utilisateurs de bois en matière de bonnes pratiques (la qualité du combustible, la conduite et l'entretien de l'appareil ont un impact fort sur les émissions).

Les pouvoirs publics et les professionnels de la filière s'emploient à la réalisation de ces objectifs depuis de nombreuses années. Il leur est cependant aujourd'hui nécessaire d'arriver à vaincre l'inertie inhérente à une utilisation diffuse de l'énergie bois par des millions de ménages. ●

✓ ZOOM

Précisions sur le calcul des quantités de polluants issus de la combustion du bois

Les émissions de polluants sont calculées par le Citepa à partir :

- d'une approche individuelle des sources appliquée aux grandes sources ponctuelles pour lesquelles des données sont disponibles par le biais d'enquêtes diverses ;
- de données statistiques globales et de facteurs d'émission choisis par des experts des secteurs concernés en tenant compte de l'état courant des connaissances.

La très grande majorité des installations de chauffage au bois (collectives et industrielles et, a fortiori, domestiques) sont concernées par la seconde méthode.

Chauffage domestique : renouvellement du parc d'appareils et diffusion des bonnes pratiques sont les actions clés

Un parc d'équipements de chauffage domestique au bois de plus en plus performant

Les appareils de combustion utilisés par les ménages sont variés, tant par le type d'équipement que par le combustible utilisé :

- bûches : chaudières, cuisinières, poêles,

foyers fermés, inserts, foyers ouverts ;
• granulés : chaudières, poêles.

Des évolutions technologiques majeures

Dans l'étude *"caractérisation technique et segmentation du parc des appareils de chauffage domestique au bois en maison individuelle"* menée en 2015 pour le

compte de l'Ademe, Solagro et Enviroconsult identifient **quatre innovations technologiques majeures pour les appareils indépendants à bûches :**

- la mise en œuvre d'une **arrivée d'air secondaire** permettant une meilleure oxydation des gaz dans la chambre de combustion (1996-2000) ;

- l'introduction d'une entrée d'air **tertiaire** afin de brûler totalement les gaz combustibles avant l'entrée du conduit de cheminée (2005) ;
- l'ajout de **matériaux réfractaires** (briques, vermiculite) dans la chambre de combustion (2010) ;
- la **conception étanche des appareils** et l'entrée d'air par l'extérieur du logement (2012).

Il est à noter que des dispositifs sont actuellement commercialisés en vue de réduire les émissions de particules, de monoxyde de carbone (CO) ou de composés organiques volatils (COV) : électrofiltres, médias filtrants et catalyseurs. Toutefois, comme ces équipements sont vendus séparément des appareils de combustion et ajoutés a posteriori, des freins techniques et réglementaires à leur mise en œuvre sont observés. En outre, des questions subsistent quant à leur efficacité réelle, leur utilisation et leur entretien par un particulier et leur fonctionnement sur le long terme.

Après intégration des chaudières et cuisinières à bûches ainsi que des chaudières et poêles à granulés (qui apparaissent au début des années 2000), les auteurs de l'étude précitée proposent une **segmentation en quatre périodes reflétant les améliorations techniques et, par voie de conséquence, les gains en rendement nominal et la diminution des émissions de polluants** : avant 1996, de 1996 à 2004, de 2005 à 2011, depuis 2012.

Une baisse importante des émissions de polluants par les appareils

Des études visant à mieux connaître les émissions de polluants issues de la combustion du bois dans des équipements domestiques ont été réalisées en nombre important. Malheureusement, leurs résultats sont peu comparables entre eux : en effet, ces études portent sur des équipe-

Combustible	Équipement	Date de conception de l'équipement			
		Avant 1996	De 1996 à 2004	De 2005 à 2011	Depuis 2012
Bûches	Foyer ouvert	10%	10%	10%	10%
	Foyer fermé / insert	45%	60%	65%	70%
	Poêle	45%	65%	70%	75%
	Chaudière	65%	70%	75%	80%
Granulés	Poêle	—	80%	85%	85%
	Chaudière	—	85%	90%	90%

ments différents et les essais sont réalisés dans des conditions variées selon divers protocoles.

En 2015, l'Ademe a confié à l'Ineris la réalisation d'une étude consistant en la **"détermination de facteurs d'émission de polluants des foyers domestiques alimentés au bois"**, en prenant en compte différents types d'appareils (labellisés Flamme Verte 4 et 5*), deux allures de fonctionnement, trois essences de bois, deux nombres de bûches et deux modes d'allumage, de façon à **représenter au mieux les conditions réelles de fonctionnement des équipements**. Le fait d'avoir testé ces paramètres dans le cadre d'un plan d'expérience a permis d'obtenir des facteurs d'émission relativement représentatifs. Ces derniers ont ensuite été comparés avec ceux obtenus lors d'une étude similaire menée en 2001, mettant en jeu le même nombre d'appareils testés et le même plan d'expérience, palliant ainsi les insuffisances mentionnées ci-avant (certaines méthodes de mesurage ont toutefois évolué entre 2001 et 2015). Les résultats suivants ont été observés :

- l'augmentation du facteur d'émission en CO₂ (+ 4,2%) et la **diminution des facteurs d'émission en CO** (- 44%), **COVT** (- 47%) et **particules totales** (fractions

Rendements énergétiques moyens réels des équipements de chauffage domestique au bois.

(source Ademe / Solagro / Enviroconsult)

solide et condensable, - 33%) mettent en évidence l'amélioration de la qualité de la combustion des appareils testés ; la réduction de ces émissions est cohérente et significative ;

- l'augmentation des émissions de NO_x (+ 36%) est liée à une meilleure oxydation des gaz (combustion plus complète) entraînant de ce fait celle des composés azotés issus du combustible : lorsque les émissions de CO et COVT diminuent, celles de NO_x augmentent (un compromis est à trouver) ;
- les émissions de HAP ont globalement diminué (- 14%).

Une amélioration continue du parc des équipements en fonctionnement

Dans son **"étude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement"** menée en 2018 pour le compte de l'Ademe, le groupement Solagro / Biomasse Normandie / BVA montre des dynamiques très nettes en matière d'évolution de la composition du parc entre 1999 et 2017 :

- **stabilité de la part des foyers fermés et inserts** ;
- **augmentation importante de celle des poêles** (à bûches mais également à granulés) ;



- forte baisse de celle des foyers ouverts ;
- baisse de celle des chaudières et cuisinières.

Plus de la moitié des équipements (hors foyers ouverts) a été installée depuis moins de 10 ans : 36% depuis 2012, 18% entre 2008 et 2011. Il est toutefois à noter que le parc de foyers fermés et inserts est relativement vieux (16 ans en moyenne) et que le nombre de foyers ouverts est encore important, malgré un taux de renouvellement soutenu : un tiers des utilisateurs de bois ont acheté leur équipement actuel en remplacement d'un ancien, la proportion s'élevant même à 55% pour les appareils installés depuis 2015.

Bonnes pratiques pour une combustion optimisée

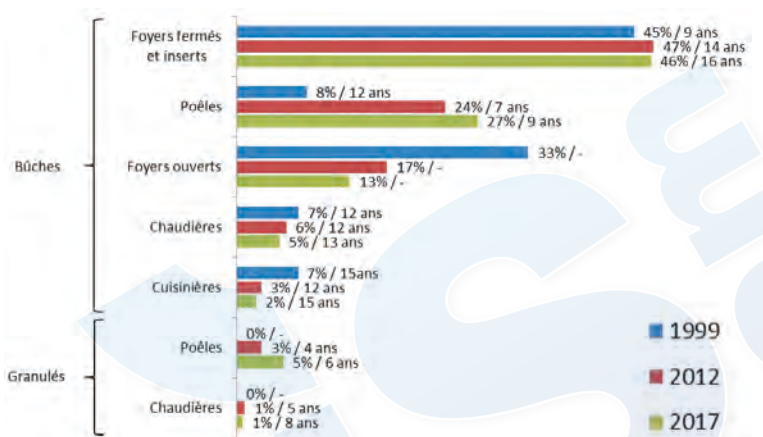
Pour une bonne combustion, il faut à la fois un **fonctionnement proche de la puissance nominale**, une **maîtrise de la quantité d'air introduite** et un **bois propre** (ni traité ni souillé), sec et bien préparé dans sa forme et sa taille.

Bien dimensionner l'installation de production d'énergie en fonction des besoins, choisir un appareil à haut rendement et le faire installer par un professionnel

La première règle à suivre est de **bien dimensionner la puissance de l'installation en fonction des besoins de chauffage de l'habitation**, en tenant compte de ses déperditions thermiques et des conditions climatiques. Si elle est sous-estimée, l'apport de chaleur se révélera insuffisant pendant les périodes les plus froides. Si elle est surestimée, l'appareil fonctionnera systématiquement au ralenti, ce qui en diminuera le rendement et augmentera la production de polluants. Il faut ensuite veiller à ce que l'équipement choisi ait un **haut rendement, tant en fonctionnement à pleine puissance**

Répartition du parc des équipements de chauffage domestique au bois et âge moyen de ceux-ci.

(source Ademe / Solagro / Biomasse Normandie / BVA)



(c'est le rendement nominal affiché par les constructeurs) **qu'à allure réduite**. Si un appareil à bûches est envisagé, il est indispensable de s'assurer auprès du fabricant / fournisseur que sa conception permet un rendement moyen annuel élevé. Un poêle ou une chaudière à granulés garde un bon rendement même en fonctionnement à bas régime (jusqu'à 30% de la puissance nominale sur les appareils les plus performants) grâce à une régulation fine de l'arrivée en combustible et en air.

En outre, il convient de privilégier des **équipements étanches** pour une bonne maîtrise de l'apport de l'air comburant, avec **prise d'air extérieure** afin d'éviter les

courants d'air froids et la perturbation de la ventilation du logement. Cet aspect est également fondamental pour envisager une compatibilité avec le label rénovation BBC (test d'étanchéité à l'air).

Enfin, pour l'installation des appareils, la réglementation française s'appuie sur des documents techniques qui définissent les bonnes pratiques pour les professionnels. Pour des travaux de qualité, il est préférable de **faire appel à une entreprise bénéficiant du label RGE** (Reconnu garant de l'environnement), lequel est en outre indispensable pour bénéficier des aides publiques à l'investissement.

Utiliser un combustible adapté

Les granulés résultant d'un processus industriel de fabrication, leur taux d'humidité varie peu (à condition de les stocker à l'abri), de même que leurs dimensions. Ils ne doivent toutefois pas être poussiéreux car les éléments trop fins brûlent difficilement et se retrouvent dans l'atmosphère, emportés par les gaz de combustion. **L'utilisation de granulés certifiés est fortement recommandée.**

Les bûches, qu'elles soient livrées par un fournisseur ou autoproduites, **doivent respecter plusieurs caractéristiques pour permettre l'optimisation du rendement de l'appareil de chauffage et**

✓ ZOOM

Labels de qualité pour les équipements de chauffage domestique au bois

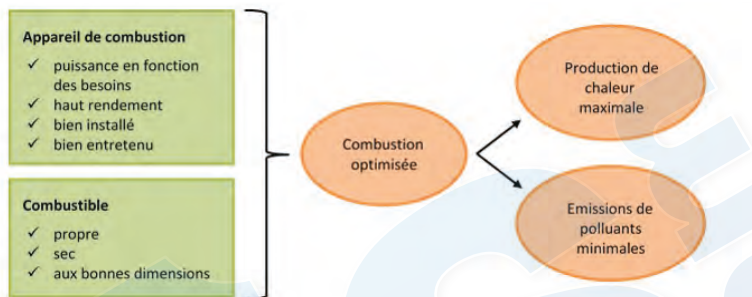
Le label **Flamme Verte** a pour objectif de promouvoir la mise sur le marché d'appareils modernes et performants sur un plan énergétique et environnemental. Il prend notamment en compte le rendement, les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de particules fines. Ce label est géré par le Syndicat des énergies renouvelables (SER). Pour plus d'information : www.flammeverte.org.

La mention **"RGE - Reconnu garant de l'environnement"** permet d'identifier des professionnels compétents pour l'installation des équipements de chauffage et qui, en outre, remplissent les critères d'éligibilité à l'éco-conditionnalité des aides publiques.

Pour plus d'information : www.qualit-enr.org.

limiter les rejets atmosphériques polluants : provenir de bois propre, être sèches, fendues et de taille adaptée, comporter peu d'écorces.

Seul le bois brut peut être brûlé dans un appareil de chauffage domestique, ce qui exclut bien entendu les panneaux de particules, les bois traités, peints ou vernis. Le bois humide cumule plusieurs défauts car il occasionne une combustion incomplète : émission de gaz polluants (goudrons, oxydes, acides), encrassement de l'appareil et du conduit de fumée. En outre, un taux d'humidité élevé implique un faible pouvoir calorifique : il faut donc brûler une quantité plus importante de bois pour fournir la même quantité de chaleur. Ainsi, il est impératif d'utiliser des bûches sèches et, pour cela, de les stocker sous abri aéré (pendant 18 mois au minimum sauf à acheter un combustible déjà sec). Les bûches mesurent généralement 33 ou 50 cm de longueur : la taille idéale est celle qui correspond à la capacité du foyer. Il convient en outre de se référer aux préconisations du fabricant de l'appareil



Bonnes pratiques pour une combustion optimisée.

(source Biomasse Normandie)

de chauffage pour optimiser la quantité et le positionnement des bûches lors de l'allumage et des rechargements.

Bien entretenir l'appareil de chauffage

Pour tout système de chauffage au bois, un entretien de l'installation et deux ramonages du conduit de cheminée (dont une fois durant la saison de chauffe) sont obligatoires chaque année. Ces opérations garantissent un fonctionnement optimal, une durée de vie plus longue de l'appareil, des économies de combustible et des émissions de polluants moindres.

Le Fonds Air, un outil de soutien pour réduire les émissions du chauffage au bois individuel

Le développement de la biomasse comme source d'énergie n'est aujourd'hui soutenable que s'il s'accompagne d'un objectif environnemental ambitieux de réduction des émissions atmosphériques. Au préalable, il est absolument nécessaire de résorber la pollution due au parc des appareils anciens et foyers ouverts utilisés dans l'habitat individuel.

D'une opération locale expérimentale à un appel à projets national

Dans cet objectif, une opération expérimentale a été lancée dans la vallée de l'Arve (Haute-Savoie) en 2013, en lien avec le plan de protection de l'atmosphère

(PPA) et financée par l'Ademe, le Conseil régional Auvergne-Rhône-Alpes, le Conseil départemental de la Haute-Savoie et les cinq communautés de communes du territoire du PPA. Le fonds "Air Bois" repose sur une aide financière aux particuliers pour renouveler leur appareil de chauffage au bois non performant, ainsi que sur une animation conséquente et indispensable afin de sensibiliser le grand public aux bonnes pratiques et de mobiliser l'ensemble des parties prenantes (collectivités, professionnels, particuliers...). Son montage s'appuie sur une étude préalable qui a permis de renforcer la connaissance du parc d'appareils à renouveler, de dimensionner le fonds (notamment en estimant le montant d'aide incitatif) ainsi que de poser les bases de l'animation en approfondissant la connaissance des usagers du chauffage au bois.

Ce dispositif ayant démontré son efficacité opérationnelle, son extension a été décidée en février 2015 par le ministère en charge de l'Environnement. Dans ce cadre, l'Ademe a lancé en juin de la même année l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) "Fonds Air" à destination des collectivités situées en zones polluées par les particules fines afin d'accélérer le renouvellement des appareils individuels de chauffage au bois par des modèles plus performants et amplifier la diffusion des bonnes pratiques. Cet AMI a été prolongé par les appels à projets "Fonds Air 2016-2017" et "Fonds Air 2018".

✓ ZOOM

Charte qualité et certifications pour les bûches et granulés de bois

France bois bûche est une charte qualité créée à l'initiative des interprofessions régionales de la filière forêt / bois regroupées au sein de France bois région et du Syndicat national du bois de chauffage (SNBC). Elle est déclinée sous forme de marques régionales. Pour plus d'information : www.franceboisbuche.com.

La marque **NF Biocombustibles solides**, développée par l'institut technologique FCBA sous mandat de l'Afnor, est une marque générique englobant quatre produits différents : le bois de chauffage (bûches), les granulés, les briquettes et le charbon de bois. Pour plus d'information : www.fcba.fr.

La certification **EN plus** est développée par les associations nationales du chauffage au granulé, regroupées au sein du Conseil européen du granulé (EPC). En France, le gestionnaire de la certification est Propellet France. Pour plus d'information : www.enplus-pellets.fr.

Il existe également **DIN plus**, certification détenue par l'institut allemand DIN Certco.



Il s'agit désormais d'une action du plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (Prepa) approuvé en mai 2017.

Les éditions 2015 à 2018 du dispositif ont permis de retenir 17 territoires lauréats.

Une dizaine de fonds actifs à ce jour

À ce jour, plusieurs collectivités proposent la prime du Fonds Air :

- Vallée de l'Arve : "Prime air bois" depuis juin 2013 ;
- Métropole de Grenoble : "Prime air bois" depuis octobre 2015 ;
- Communauté de communes du Grésivaudan : "Prime air bois" depuis octobre 2015 ;
- Pays voironnais : "Prime air bois" depuis octobre 2015 ;
- Annemasse Agglo : "Prime chauffage bois" depuis janvier 2017 ;
- Conseil départemental de l'Essonne : "Prime air bois" pour le remplacement de foyers fermés utilisés en chauffage principal, sur quatre territoires (Paris Sclay,

Val d'Yerres Val de Seine, Cœur Essonne Agglomération et Pays de Limours), depuis janvier 2017 ;

- Métropole du grand Lyon : "Prime air bois" depuis fin 2017 ;
- Grand Annecy : "Fonds air bois" depuis début 2018 ;
- Conseil départemental des Bouches-du-Rhône : "Prime air bois" pour le renouvellement d'appareils fermés anciens

et de foyers ouverts en usage principal (lancement à venir).

Cette liste est évolutive. En effet, d'autres territoires étudient, en collaboration avec l'Ademe, les possibilités de mise en place d'un fonds (dont l'Eurométropole de Strasbourg, la communauté d'agglomération Arve et Salève, le Pays du Cambrésis).

Pour plus d'information : www.ademe.fr

✓ ZOOM

De multiples dispositifs de soutien pour l'achat d'un équipement de chauffage au bois

Différents dispositifs d'aide à l'investissement d'un appareil de chauffage domestique au bois existent : Fonds Air, crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE), éco-prêt à taux zéro, programme "Habiter mieux" de l'Anah, aides régionales ou départementales...

Des informations sur les conditions d'obtention de ces aides ainsi que, d'une manière plus générale, des conseils relatifs au chauffage au bois peuvent être obtenus auprès des Espaces Info Energie.

Les Espaces Info Energie sont un service public de conseils gratuits et indépendants sur les économies d'énergie ; ils sont membres du réseau FAIRE.

Pour plus d'information : 0 808 800 700 ou www.faire.fr.



Chaufferies collectives et industrielles : des émissions inférieures aux exigences de la réglementation grâce à des technologies efficaces

Des installations soumises à une réglementation stricte

En matière de réglementation, les chaufferies collectives et industrielles au bois peuvent être scindées en deux catégories :

- celles qui entrent dans le champ des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), en particulier dans le cadre des rubriques 2910 et 3110 ;

- les autres, encadrées par le règlement sanitaire départemental (RSD) et les décrets et arrêté de 2009 relatifs à l'entretien annuel et au contrôle des chaudières (leurs obligations sont relativement limitées, il n'existe notamment pas de contraintes sur les émissions) ; il est à noter toutefois que la norme NF EN 303.5 fixe, pour les chaudières d'une puissance

inférieure à 500 kW, des niveaux de performance en émissions atmosphériques de polluants (associées à des conditions opératoires précises).

La suite de l'article concerne les installations de la première catégorie.

Une réglementation en évolution

La réglementation s'imposant aux chaufferies bois est en cours d'évolution.

En effet, le 3 août 2018 sont parus le décret et les arrêtés ministériels permettant la transposition effective de la directive européenne (UE) 2015/2193 du 25 novembre 2015 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des installations de combustion moyennes, dite *"medium combustion plants"* ou MCP. Cette dernière s'applique aux installations de combustion de puissance thermique nominale comprise entre 1 et 50 MW et établit des règles visant à limiter les émissions atmosphériques de dioxyde de soufre (SO₂), d'oxydes d'azote (NO_x) et de poussières, ainsi que des règles visant à surveiller les émissions de monoxyde de carbone (CO).

Les nouveaux textes, qui modifient la rubrique 2910 des ICPE, entreront en vigueur le 20 décembre 2018. Jusqu'à cette date, la réglementation actuelle continue de s'appliquer.

Champ d'application de la rubrique 2910 des ICPE

La rubrique 2910 concerne les installations de combustion, à l'exclusion de celles utilisant des combustibles solides de récupération (rubrique 2971) et des installations de traitement thermique de déchets dangereux (2770) et non dangereux (2771). A partir de fin 2018, elle exclura également les installations de combustion de plus de 50 MW, qui relèveront désormais uniquement de la rubrique 3110.

Elle est divisée en sous-rubriques en fonction du combustible utilisé et de la puissance de l'installation, lesquelles déterminent le régime administratif (déclaration et contrôle, enregistrement, autorisation) qui définit à son tour les exigences auxquelles doit se plier l'installation :

- dispositions de construction et d'exploitation ;

- caractéristiques des combustibles admissibles ;

- valeurs limites d'émission de polluants ;
- modes et critères de valorisation des cendres.

La quasi-totalité de la production d'énergie à partir de biomasse concernée par la réglementation ICPE

Aujourd'hui, une installation de combustion utilisant de la biomasse et entrant dans le champ d'application de la rubrique 2910 doit satisfaire aux obligations liées dès lors que sa puissance nominale (c'est-à-dire la somme

Définition de la biomasse au sens de la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement.

(source : Biomasse Normandie, d'après le décret n° 2018-704 du 3 août 2018)

des puissances thermiques nominales des appareils unitaires la composant) est supérieure à 2 MW. En fin d'année, ce seuil sera abaissé à 1 MW.

A l'échelle nationale, la réglementation ICPE (rubriques 2910 et 3110) s'applique donc, en matière de biomasse et selon le recensement effectué par le CIBE, à :

- aujourd'hui : 10-15% des installations collectives et industrielles représentant 90% de l'énergie produite par ce type de chaufferies ;

Définition de la biomasse au sens de la rubrique 2910 des ICPE			Exemples de combustibles bois
N°	Produits / déchets	Complément d'information	
a)	Produits composés d'une matière végétale agricole ou forestière...	...susceptible d'être employée comme combustible en vue d'utiliser son contenu énergétique	Plaquettes forestières / bocagères Granulés
b) i)	Déchets végétaux agricoles et forestiers		Plaquettes forestières / bocagères Plaquettes issues de bois d'élitage
b) ii)	Déchets végétaux provenant du secteur industriel de la transformation alimentaire...	...si la chaleur produite est valorisée	
b) iii)	Déchets végétaux fibreux issus de la production de pâte vierge et de la production de papier à partir de pâte...	...s'ils sont co-incinérés sur le lieu de production et si la chaleur produite est valorisée	
b) iv)	Déchets de liège		
b) v)	Déchets de bois, à l'exception des déchets de bois susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds...	... à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement tels que les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition	Produits connexes de scierie (PCS)
			Broyats d'emballages en bois (1)
			Broyats d'autres déchets de bois

(1) Les broyats d'emballages en bois sont à ce jour les seuls déchets de bois pouvant faire l'objet d'une sortie de statut de déchet (cf. l'arrêté du 29 juillet 2014 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les broyats d'emballages en bois pour un usage comme combustibles de type biomasse dans une installation de combustion).



• **demain : 15-20% des installations pour 95% de l'énergie produite.**

Des combustibles autorisés clairement identifiés

Les combustibles autorisés en rubrique 2910 sont principalement les combustibles fossiles conventionnels, la biomasse et le biogaz.

La définition de la biomasse répartit celle-ci en deux catégories :

- les produits agricoles et forestiers dont font partie les plaquettes forestières et les granulés de bois ;
- les déchets ; parmi ceux-ci, certains relèvent de la sous-rubrique 2910-A, en particulier les déchets végétaux agricoles et forestiers, les produits connexes de scierie et les broyats d'emballages en bois sortis du statut de déchet (SSD).

Des émissions de polluants encadrées et contrôlées

Pour chaque régime administratif, les arrêtés ministériels définissent les valeurs limites d'émission (VLE) des polluants dans l'atmosphère ainsi que les modalités de mesures de ces polluants (procédure, fréquence...). Les installations soumises à déclaration ont des exigences portant sur les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de poussières, de dioxyde de soufre (SO_2), de monoxyde de carbone (CO), de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), de dioxines / furanes. Pour les installations soumises à enregistrement et à autorisation, s'y ajoutent les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide fluorhydrique (HF),

Valeurs limites d'émission de poussières et NO_x liés à la combustion de biomasse pour les installations soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement.

(source : Biomasse Normandie, d'après les arrêtés du 26 août 2013 et du 3 août 2018)

les éléments traces métalliques ainsi que l'ammoniac (NH_3) en cas de traitement des NO_x à l'aide de produits azotés.

Les textes adoptés en août 2018 présentent une tendance généralisée vers des VLE plus exigeantes que celles actuellement en vigueur (NO_x et poussières particulièrement).

Toute nouvelle installation devra, à compter du 20 décembre 2018, respecter dès son démarrage les VLE les plus basses, les installations existantes disposant quant à elles d'un délai de 7 à 12 ans pour les atteindre :

- 1^{er} janvier 2025 pour les installations de puissance supérieure à 5 MW ;
- 1^{er} janvier 2030 pour les installations de puissance inférieure à 5 MW.

Polluants	Date de mise en service de l'installation	Valeurs limites d'émission (1)
Poussières (mg/Nm^3)	01/01/14 20/12/18 $P \geq 5 \text{ MW}$ $2 \text{ MW} < P < 5 \text{ MW}$ $1 \text{ MW} \leq P \leq 2 \text{ MW}$	20/12/18 01/01/25 01/01/30 50 30 50 - 50 30 50
NO_x (oxydes d'azote) (mg/Nm^3)	01/01/14 20/12/18 $P \geq 5 \text{ MW}$ $P \geq 5 \text{ MW}$ $2 \text{ MW} < P < 5 \text{ MW}$ $2 \text{ MW} < P < 5 \text{ MW}$ $1 \text{ MW} \leq P \leq 2 \text{ MW}$	20/12/18 01/01/25 01/01/30 750 300 525 300 750 500 525 500 - 650 300 500

(1) Les valeurs limites d'émission sont exprimées sur gaz secs, la teneur en oxygène étant ramenée à 6% en volume. Le débit des gaz de combustion est exprimé en mètre cube dans les conditions normales de température et pression (273 K et 101,3 kPa).

Des technologies permettant la réduction des émissions de particules et d'oxydes d'azote

Parmi les polluants émis par les chaufferies biomasse, deux font particulièrement l'objet d'une attention de la part des pouvoirs publics : les particules et les oxydes d'azote. Des technologies existent pour capter les premières et réduire (au sens chimique du terme) les seconds.

Un dépoussiérage des fumées en deux étapes

Les particules contenues dans les gaz de combustion ont pour origine :

- des fractions fines du combustible et des cendres produites lors de la combustion et entraînées dans le courant gazeux ;
- des composés volatils passés en phase gazeuse du fait de la température élevée du foyer, qui vont, au niveau de l'échangeur, soit se condenser sur les particules issues du combustible ou des cendres, soit donner naissance à des particules plus fines par phénomène de nucléation / agglomération.

La filtration des fumées consiste à séparer les particules solides (poussières et fines) des gaz de combustion avant rejet de ces derniers dans l'atmosphère selon deux étapes successives :

- un dépoussiérage grossier à l'aide d'un multi-cyclone ;
- le captage des particules fines avec un dépoussiéreur électrostatique (appelé aussi électrofiltre) ou un filtre à manches.

Un multi-cyclone est une caisse étanche dans laquelle sont disposés plusieurs cyclones, dépoussiéreurs mécaniques utilisant la différence de gravité entre les éléments solides et gazeux : les particules les plus grosses sont freinées sur les parois lors de la descente en spirale des gaz de combustion (centrifugation) et des particules plus fines décantent lors

de la remontée des fumées dans le tube central (sédimentation).

L'électrofiltre (EF) se présente sous la forme d'une ou plusieurs chambres en tôles d'acier (qui abritent autant de champs électriques, l'efficacité augmentant avec leur nombre), compartimentées par des plaques (mises à la terre) entre lesquelles s'écoulent, à faible vitesse, les fumées. Entre chaque plaque, des électrodes ionisantes sont portées à haute tension ; les ions créés (effet couronne) chargent les particules présentes dans les gaz de combustion, qui migrent alors vers les plaques sous l'effet du champ électrostatique.

Un filtre à manches (FAM) est composé d'un caisson métallique dans lequel sont disposées des manches constituées d'un média filtrant monté sur une armature métallique : lorsque les fumées traversent ces dernières (de l'extérieur vers l'intérieur), les particules sont retenues par le média.

L'efficacité globale du processus de filtration est supérieure à 99% si les équipements sont adaptés et correctement exploités. Pour respecter les valeurs limites d'émission (VLE) définies par la réglementation (rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement), un EF ou FAM est incontournable, quelle que soit la puissance de l'installation.

Des technologies de limitation des NO_x dépendant de la puissance de la chaudière

Les NO_x obtenus par combinaison de l'oxygène et de l'azote de l'air ne le sont en quantité significative qu'à des températures élevées, à partir de 1.300-1.400 °C. Les températures observées lors du processus de combustion de biomasse sous chaudière étant notablement plus basses (800-900 °C), les NO_x sont donc issus majoritairement de l'oxydation de l'azote contenu dans le combustible.

Pour en limiter l'émission dans l'atmosphère, il convient de les réduire, au sens chimique du terme, en azote moléculaire (N₂). Deux modes opératoires sont habituellement distingués :

- les techniques primaires qui s'appuient sur la maîtrise des réactions chimiques du processus de combustion, à travers la conception constructive de la chaudière (recirculation des fumées, étagement de l'air de combustion, étagement de l'apport en combustible) ; ces techniques ne dispensent pas d'exigences assez strictes sur les combustibles (qui doivent être restreints à ceux présentant de faibles teneurs en azote) et nécessitent toutes un temps de séjour suffisant des gaz dans le foyer, donc un volume important de ce dernier ;
- les techniques secondaires qui consistent à insérer dans l'installation un équipement spécifique destiné à assurer la réduction des NO_x formés, cette réaction pouvant se faire soit directement à température élevée, soit

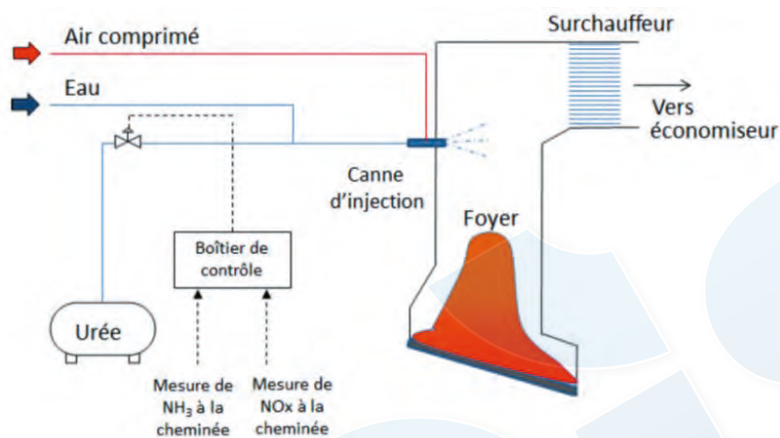
✓ ZOOM

Une exploitation de qualité pour des émissions maîtrisées

Pour obtenir une bonne combustion et, par voie de conséquence, la meilleure efficacité énergétique et des émissions de polluants les plus faibles possibles, il convient de veiller à l'optimisation de l'exploitation, qui est étroitement liée à la combinaison de trois éléments clés :

- la bonne conception de l'installation, qui a été dimensionnée et réalisée pour répondre à un besoin précis et fonctionner avec un type de combustible donné ;
- les caractéristiques du combustible, qui doivent être compatibles avec la chaudière ;
- le niveau de prestation de l'exploitant qui va entretenir, régler et adapter le fonctionnement de l'installation aux besoins des usagers et aux caractéristiques du combustible.

Il n'y a pas de configuration idéale (il n'existe pas, par exemple, de combustible universel donnant de bons résultats dans toutes les chaudières), mais uniquement des règles de l'art et des cahiers des charges à respecter, avec des solutions adaptées à chaque contexte.



en présence d'un catalyseur, d'où les deux technologies SNCR (réduction sélective non catalytique) et SCR (réduction sélective catalytique).

Les technologies utilisées pour les installations de petites à moyennes puissances ne permettent pas de disposer de volumes de foyers compatibles avec les exigences des techniques primaires de limitation des NO_x . Ainsi, la combustion "bas NO_x " n'est envisageable que pour des chaudières bois de puissance supérieure à 3-5 MW. Le respect des valeurs limites d'émission fixées par la réglementation est toutefois assuré pour des puissances inférieures avec des combustibles à faible teneur en azote (plaquettes forestières, broyats de bois d'emballage...) et une bonne conduite de l'installation.

Par ailleurs, il est considéré que le système de dénitrification SNCR est envisageable seulement sur des installations de plus de 6 MW qui fonctionnent à pleine charge avec un combustible homogène en humidité et en composition. Plus complexe et plus onéreux que le SNCR, le procédé SCR est moins utilisé, même s'il semble s'avérer un peu plus performant.

Il est à noter que l'évolution de certains facteurs favorisant une limitation d'émission des NO_x peut avoir a contrario des effets négatifs sur d'autres éléments importants (rendement, émissions de CO, production d'imbrûlés) : une maîtrise fine du processus de combustion est ainsi requise.

Un très faible impact des chaufferies ICPE collectives et industrielles sur la qualité de l'air

| Une amélioration continue de la qualité des émissions atmosphériques des chaufferies

En 2016, afin d'actualiser les connaissances sur les émissions de polluants, l'Ademe a confié au groupement Leces / Inddigo / MicroPolluants Technologie SA la réalisation de bilans énergétiques et de mesures de polluants (dans les combustibles, émissions atmosphériques et cendres) sur dix installations biomasse financées via le Fonds chaleur, de puissance comprise entre 300 kW et 21 MW et mises en service récemment (entre

Chaudière à grille équipée d'un traitement de réduction des émissions de NO_x par SNCR.

(source : Guide Orenax - Atanor)

2012 et 2014). Cette étude s'inscrit dans la continuité de travaux réalisés en 2003, 2008, 2009 et 2014.

Ses principaux enseignements sont :

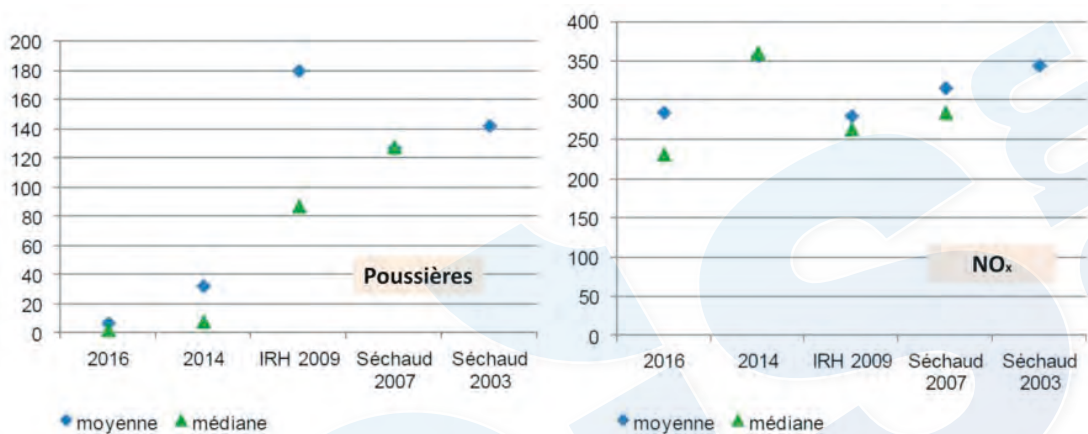
- les évaluations énergétiques réalisées sur les chaudières montrent globalement des rendements conformes à ceux annoncés par les constructeurs : les installations apparaissent bien dimensionnées et bien exploitées ;
- la qualité des combustibles est satisfaisante vis-à-vis des critères suivis et semble mieux maîtrisée que lors des campagnes précédentes ; en outre, les réglages de combustion sont mieux ajustés en fonction du taux d'humidité du bois ;
- les cendres sous foyer seules ou mélangées avec les cendres de multicyclone respectent les valeurs limites des arrêtés pour un épandage agricole ;
- comme déjà observé au cours des campagnes précédentes, la tendance est à une amélioration de la maîtrise des rejets atmosphériques : peu de sites dépassent les valeurs limites d'émission (VLE) existantes ou même celles programmées pour les années à venir.

Il est observé une baisse significative des rejets depuis le début de la série de campagnes de mesures en 2003, à l'exception des NO_x et du SO_2 .

Les raisons identifiées pour les progrès sont les suivantes :

- pour les poussières : la mise en place d'équipements de dépoussiérage plus performants (filtres à manches, séparateurs électrostatiques) ;
- pour les COVNM et le CO : l'amélioration de la maîtrise des conditions de combustion par de meilleures régulations et un meilleur usage des équipements.

Pour le SO_2 , les systèmes d'épuration ne sont en général pas dimensionnés pour abattre ce polluant. Les émissions sont liées au combustible dont la concentration en soufre peut être très variable ; il est



ainsi observé une ou deux valeurs élevées au cours de chaque campagne de mesures. Pour les NO_x , si l'ensemble ne présente pas d'évolution notable en moyenne, il est cependant constaté des **voies de progrès sur les nouvelles chaufferies** équipées d'un système de réduction sélective non catalytique (SNCR) ou bénéficiant d'un foyer de conception technologique bas- NO_x .

Un impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air ambiant très faible

Dans le cadre d'un travail mené en 2016 pour le compte de l'Ademe, Girus a effectué un recensement et une analyse d'études de mesure de l'impact des chaufferies biomasse collectives et industrielles sur la qualité de l'air alentour.

Douze documents ont été identifiés, réalisés par les associations de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) de neuf régions françaises et une agence de l'environnement du Piémont italien. Réalisées entre 2007 et 2014, ces études concernent 23 chaufferies bois soumises à autorisation ou déclaration et portent sur les émissions de poussières (totales, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) et de NO_x

pour la totalité d'entre elles, de SO_2 pour 75%, de CO, de benzène et de HAP pour 50-60% (d'autres polluants – éléments traces métalliques, NH_3 , dioxines... – ont été suivis dans une à deux études).

La principale méthodologie utilisée pour appréhender l'impact des chaufferies bois est la mesure des concentrations des polluants dans l'air ambiant, avec comparaison à un état initial réalisé avant démarrage de l'installation biomasse. Pour ce faire, des stations de mesure mobiles ont été positionnées dans un périmètre variable autour de la chaufferie (jusqu'à 1,5 km) et les données de stations fixes de référence (fond urbain, proximité du trafic) situées entre 1 et 3 km ont éventuellement été utilisées. Parfois et de manière complémentaire, la modélisation des impacts a été effectuée à partir des données d'émission (en sortie de cheminée) et des données météorologiques (vent, températures, précipitations).

D'une manière générale, le respect des valeurs limites de concentration (VLC) de polluants dans l'air ambiant est observé. Quelques dépassements de VLC pour les PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ et NO_2 ont toutefois été

Evolution des émissions de poussières et de NO_x entre 2003 et 2016 (en mg/Nm³ à 6% de O_2).

(source Ademe / Leces / Inddigo / MicroPolluants Technologie SA)

constatés, dus à tout ou partie des sources d'émission présentes sur le secteur d'étude (trafic routier, chauffage résidentiel, installations industrielles).

La majorité (60%) des études concluent à l'absence d'impact de la chaufferie biomasse sur la qualité de l'air, les autres à un impact supposé très faible et très en-deçà des valeurs réglementaires.

✓ ZOOM

Actualisation des facteurs d'émission des chaufferies collectives et industrielles

Des travaux menés par le Citepa, le CIBE et l'Ademe sont en cours afin d'actualiser les facteurs d'émission des chaufferies collectives et industrielles au bois utilisés pour la réalisation des inventaires des émissions atmosphériques en France. En effet, la collecte des rapports d'émissions des chaufferies financées par le Fonds chaleur depuis 2009 permet désormais d'avoir des données consolidées sur les émissions réelles. Les premiers résultats montrent que ces facteurs (et donc les émissions des installations sur lesquelles ils s'appliquent) pourraient être divisés par 1,5 à 5 selon les polluants.



www.leboisinternational.com
Chaque semaine, toute l'actualité de la filière bois en ligne

112 €*



Bulletin à retourner à : "Le Bois International",
Chez ATC – 23 Rue Dupont des Loges – 57000 Metz
Tél. : 03 87 52 96 94 / abonnement@leboisinternational.com

[illegible]

Édition Verte Scierie & exploitation forestière Édition Rouge Charpente, construction menuiserie & meuble Édition Rouge + Édition Verte

ABONNEMENTS NUMÉRIQUES

1 ÉDITION POUR 1 AN		85 €
LES 2 ÉDITIONS POUR 1 AN		120 €

* Tarif réduit : pour étudiants, demandeurs d'emploi et retraités (joindre justificatif : Carte d'étudiant, Attestation Assedic, Carte d'identité) ■ Prix de vente au numéro : 3,60 € + 2,55 € de port.

☐ Carte Bleue | | | | | | | | | | | | | | Date validité | | |

Signature :

L'AVENIR DE LA FORÊT est entre les mains de tous les professionnels



La revue forestière indépendante depuis 1958

COURS DES BOIS SUR PIED
DROIT ET FISCALITÉ DE LA FORÊT
FILIÈRE BOIS ET UTILISATIONS DU BOIS
MATÉRIEL ET MACHINES FORESTIÈRES
SYLVICULTURE ET GESTION FORESTIÈRE
POLITIQUE FORESTIÈRE ET RÉGLEMENTATIONS

La
FORÊT PRIVÉE
REVUE FORESTIÈRE EUROPÉENNE

La Forêt Privée est une revue forestière européenne
éditée par Le Bois International

Le BOIS
INTERNATIONAL
L'Officiel du Bois

Chaudières biomasse multicomcombustibles

URBAS

- Eau chaude ou vapeur
- Cogénération 1 à 30 MW el
- Unités de gazéification
- Sécheurs à bande
- Unités « clé en main »



Parc d'activités du Rosenmeer
F-67560 Rosheim
Tél +33 (0)3 88 95 44 43
Fax +33 (0)3 88 47 65 09

www.andre-technologies.fr

ANDRE
TECHNOLOGIES