

## Le bois est-il encore une source d'énergie ?

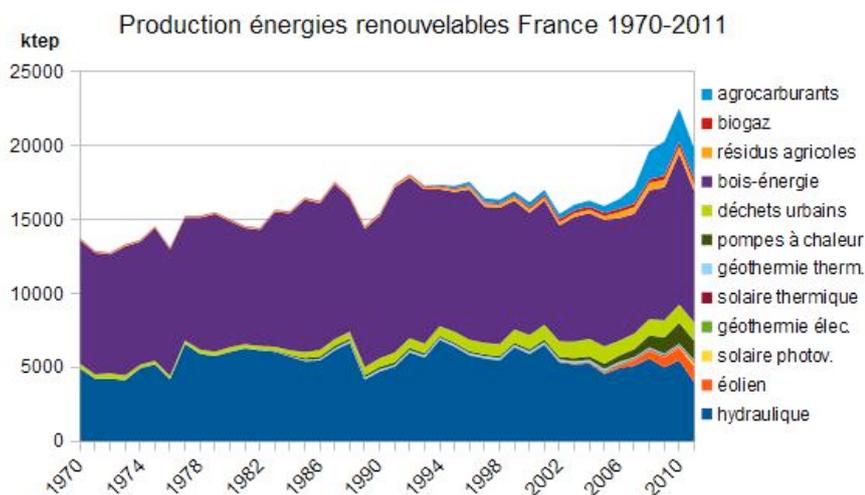
Le bois énergie représente à l'heure actuelle, la première consommation de bois issu des forêts françaises et le nombre d'utilisateurs a tendance à s'accroître avec l'augmentation des prix du pétrole, du gaz et de l'électricité et les préoccupations environnementales. Le bois énergie se situe au premier rang dans la production primaire d'énergies renouvelables\*, loin devant l'hydraulique et les biocarburants de première génération. Par ailleurs considéré comme neutre au point de vue CO<sub>2</sub> son utilisation est favorisée par les pouvoirs publics.

\* énergies dont la source se renouvelle à l'échelle de temps humaine.

### Le Bois énergie en quelques chiffres et sa place dans la consommation énergétique nationale

Le bois est un mode de chauffage qui séduit de plus en plus de particuliers et de collectivités ou d'industries. Sa consommation est, quant à elle, restée stable, pour le chauffage individuel grâce notamment à l'amélioration des performances énergétiques des appareils mis sur le marché. C'est une source d'énergie significative, représentant **47% des énergies renouvelables et 4% de l'énergie primaire** consommée en France, sachant que la part relative des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire est en croissance faible et encore seulement depuis 2008.

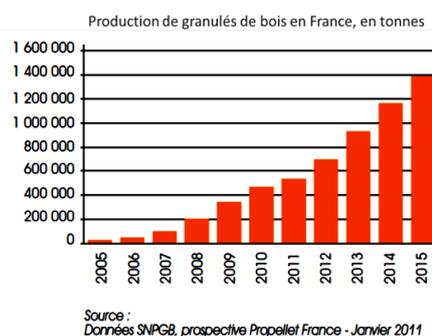
Le Bois-Énergie correspond à 41 millions de m<sup>3</sup>, ou 9 millions de tonnes équivalents pétrole (Mtep), dont 27% pour le chauffage collectif, tertiaire ou industriel (part en croissance) et 73% pour le chauffage domestique. Le combustible utilisé se présente sous différentes formes : plaquettes forestières (ou copeaux), produits connexes de scierie, produits bois en fin de vie, granulés (pellets en anglais), bûches ainsi que la "liqueur noire", sous produit de la fabrication de la pâte à papier chimique. Aux installations classiques de combustion (domestiques, collectives/ industrielles) s'ajoutent maintenant de nombreuses installations avec une cogénération. La consommation de bûches reste majoritaire pour le chauffage individuel (31 Mm<sup>3</sup> soit 6.9 Mtep) mais stable depuis 1999, malgré une augmentation du nombre d'utilisateurs passé de 5,9 millions en 1999 à 7,4 millions en 2012 : on observe une diminution de la consommation individuelle due à un meilleur rendement des appareils et au remplacement des foyers ouverts (33 % en 1999 à 17 % en 2012) par des poêles à bûches (de 8 % à 23,6 %), alors que l'utilisation du bois en énergie principale est passée de 30 % à 50 % des utilisateurs et que 23 % se chauffent uniquement au bois. (Source ADEME).



**Figure 1 :** Production d'énergies renouvelables en France, 1970-2011. Source: base de données "Pégase" du Ministère de l'Écologie

Pour sa part, le chauffage avec des granulés de bois est en forte augmentation. La production est passée de 20 000 tonnes en 2005 à 680 000 tonnes en 2012, (1,4Mt prévues en 2015, cf. figure 2), sans compter quelques importations minoritaires en provenance de l'ouest du Canada et du sud des Etats-Unis. Les prévisions sont également optimistes (fig.6 : le marché des chaudières à bois). Les projections pour l'avenir tablent sur une croissance soutenue (fig. 6), et pour suivre cette demande, l'approvisionnement nécessaire à la production des granulés de bois se diversifie : outre les sciures et copeaux issus de scieries (résineux ou feuillus), une nouvelle source provient des résidus de gestion forestière (souches, houppiers, branchages, cimes), avec une usine qui vient de démarrer.

**Figure 2. Production française de granulés de bois**

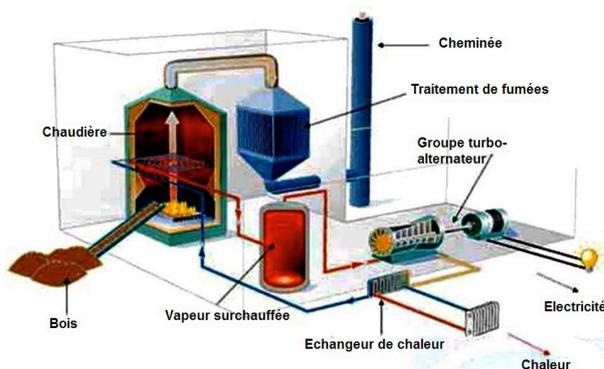


**La cogénération** (cf schéma fig. 3) se développe en accompagnement des chaufferies collectives et industrielles. L'énergie contenue dans le bois est convertie en vapeur haute température et haute pression dans une chaudière. La vapeur ainsi produite est ensuite :

- détendue au travers d'une turbine à vapeur couplée à un alternateur produisant de l'électricité.
- utilisée directement dans un procédé industriel ou à travers un échangeur de chaleur sous forme d'eau chaude (réseau de chaleur, séchage de produits industriels, chauffage de bâtiments, etc.).

Notons que le TRE, Taux de retour énergétique (Energie utilisable/Energie dépensée) compris entre 20 et 40 pour le bois énergie, dépend du coût énergétique de l'approvisionnement et de la technologie de conversion. La cogénération aurait un TRE élevé, proche de 40. Le TRE bois énergie est à comparer à celui des biocarburants (0,8 -16), du pétrole (17), de l'énergie nucléaire (5-15), de l'énergie éolienne (~18) et du photovoltaïque (~ 7). Source: Forest Bioenergy for Europe, "WhatScience can tell us 4", EFI, 2014, p93

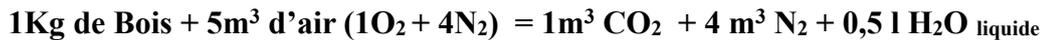
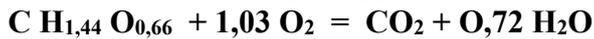
**Figure 3 Schéma de la cogénération à partir de bois**  
(Source ADEME)



**Le chauffage domestique :** Pour expliquer les problèmes posés par le chauffage individuel, il est nécessaire de bien comprendre ce qu'est la combustion. Comme pour tous les combustibles solides, la première étape est la pyrolyse (cf fiche 7.07) où le bois, avec apport de chaleur (allumage), se décompose en gaz, liquides (goudrons) et solide (charbon) cf figure 4. Les gaz  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , combustibles se forment à partir de 300°C environ, température d'inflammation du bois.

Les proportions relatives de gaz, goudron et charbon dépendent de l'état de division du combustible, et de la température de pyrolyse, donc de combustion. Ces goudrons contenant des hydrocarbures aromatiques (HAP) sont cancérigènes. Ils doivent être filtrés ou craqués par traitement catalytique durant ou après la combustion. La température de combustion (500°C à 1000°C\* varie en fonction du taux d'humidité et de la quantité d'air en excès. Plus le **bois** est **divisé**, plus complète est la combustion avec peu de particules de charbon imbrulé, plus grande est la proportion de gaz et moins il y a formation de goudrons. cancérigènes. Ils doivent être filtrés ou craqués par traitement catalytique durant ou après la combustion.

En revanche, plus le **bois** est **humide** et plus la température de combustion sera faible, avec formation de goudrons dans les fumées, donc de pollution. La combustion idéale serait une combustion avec un excès d'air de 50% environ par rapport à celle déterminée par l'équation de combustion du bois :



Plus l'excès d'air est important au delà de 50% et plus la température de combustion sera basse, avec formation de composés organiques volatils (COV), de goudrons et de particules de carbone imbrulé. Dans les installations collectives et industrielles, de grande taille, les conditions de combustion sont mieux suivies, c'est donc plutôt pour les cheminées et chaudières individuelles mal réglées que le problème se pose. Le label de qualité des appareils domestiques de chauffage au bois Flamme verte 4 ou 5 étoiles, doit permettre de choisir l'appareil permettant d'atténuer ce problème. Le marché des **chaudières bois**, 480 000 en 2012, a légèrement augmenté (+3,7% sur 2011) soutenu par la hausse du prix des énergies et la conscience environnementale. **Les chaudières à chargement manuel restent majoritaires avec 58% des ventes. Les automatiques à granulés ont continué à progresser (20%) et représentent en 2012, 33% du marché.**

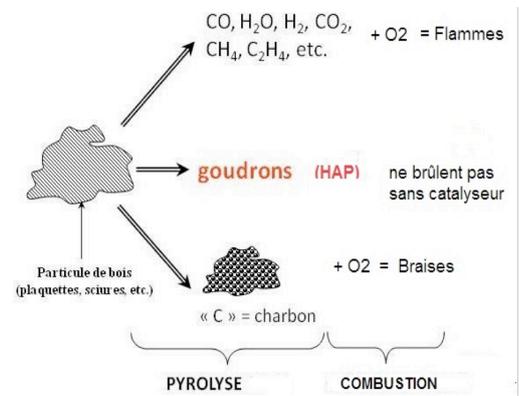


Figure 4. Mécanisme de combustion du bois

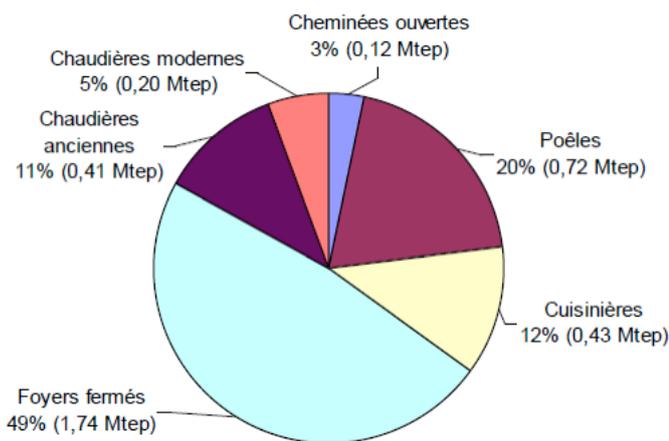


Figure 5 : Répartition de l'énergie produite dans le secteur domestique. Source: Note de synthèse Bois énergie et qualité de l'air ADEME/MEEDDM

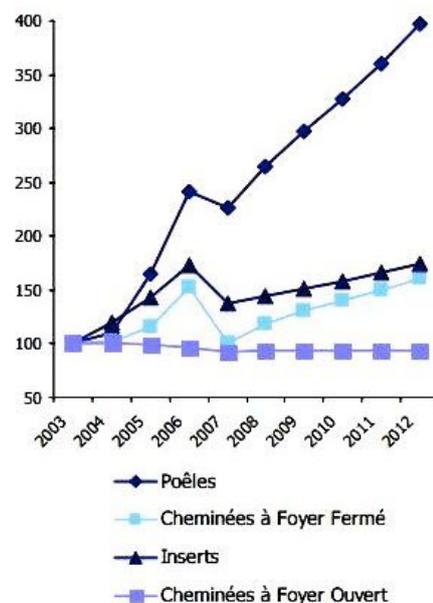


Figure 6 : Evolution du nombre de chaudière bois vendues (base indice 100 en 2003) - Source : Les Echos, MSI-reports, se-chauffer-au-bois.com

Les deux principales questions qui se posent quant à l'utilisation du bois énergie sont la pollution et la réalité de la **neutralité carbone** pour lutter contre le réchauffement climatique.

**La combustion du bois génère des polluants**, comme nous venons de le voir: particules fines, HAP et COV. On parle également de métaux lourds, dans les particules fines issues de cendres du bois. Ces polluants sont nuisibles pour la santé (cancers, asthme...). S'il est admis pour le moment que le chauffage au bois est responsable d'environ 35% des émissions de particules fines, il s'agit majoritairement du chauffage domestique (bois bûches dans les cheminées ouvertes et vieux inserts p.ex.), et peu des chaufferies collectives automatiques. Pour ce qui concerne les métaux lourds, les mesures effectuées sur ces chaufferies montrent largement moins de métaux lourds qu'à la sortie d'un incinérateur. Les quantités sont très faibles voire non détectables (source CITEPA). Avec près des ¾ de la consommation de bois énergie, c'est donc dans le chauffage domestique que l'effort doit principalement porter, en remplaçant les équipements anciens par des équipements labellisés *Flamme verte* où les émissions de particules fines seront réduites et surtout en veillant à utiliser des bois secs et propres, pour diminuer le dégagement de COV et HAP présents dans les goudrons apparaissant dans les fumées!

**La neutralité carbone** <sup>(i)</sup> du bois énergie repose sur l'hypothèse que le CO<sub>2</sub> émis lors de la combustion serait séquestré en retour par la photosynthèse, si le territoire d'où est issu le bois reste disponible. C'est une hypothèse qui neutralise la dimension temporelle (Source : Forest Bioenergy for Europe, EFI ed. 2014). En effet pour les produits bois issus de grumes ou tiges, il faudrait tenir compte de la différence de temps entre la durée d'émission de CO<sub>2</sub> lors de la combustion\*\* et celle de sa séquestration dans la végétation par la photosynthèse après repousse d'un arbre des décennies plus tard. Mais pour des rémanents d'exploitation, des sous produits de sciage ou des produits bois en fin de vie, comme les emballages bois récemment sortis du statut de déchet et valorisés en "cascade", on peut admettre la neutralité carbone (cf fiche 7.06).

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

*\*\*1min 15 sec temps moyen de combustion d'une tonne de bois dans une centrale de 30MW*

(i) Une autre définition de la neutralité carbone liée à la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique repose sur le principe comptable CNUCC selon lequel les émissions sont comptabilisées à la coupe (UTCF) au lieu de l'être à la combustion. C'est sur cette définition que reposent les engagements de la France et de l'UE à faire baisser les émissions des gaz à effet de serre, dont le CO<sub>2</sub> !

C'est principalement la combustion du bois que l'on considère quand on parle de bois énergie, pour la production de chaleur et d'électricité. Il ne faut pas oublier, dans les installations existantes de forte puissance, la co-combustion avec le charbon. Le bois permet de diminuer le soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote formés à haute température dans la combustion du charbon. Une technologie émergente, la gazéification du bois (cf fiche 7.07) permet d'envisager la production de gaz naturel de synthèse ou biométhane, éventuellement injectable dans le réseau gazier existant. Des unités pilotes sont en cours de développement en Autriche, au Pays-Bas et bientôt en France (projet GAYA cf fiche 7.05).

### Ce qu'il faut retenir

- Le bois énergie c'est près de 50% de toutes les énergies renouvelables et pour 50% des utilisateurs l'énergie principale
- La majorité du bois est utilisée dans le chauffage domestique avec plus d'utilisateurs mais moins de bois consommé.
- Le bois énergie est une source de pollution en émission de particules, COV et HAP à cause d'appareils de chauffage anciens.
- Le renouvellement de ces équipements obsolètes par des appareils plus performants labellisés Flamme Verte et l'attention portée au séchage du bois, feront diminuer la pollution.
- À terme, le chauffage au bois sera probablement interdit en ville !
- La neutralité carbone ne va pas de soi et dépend beaucoup des hypothèses utilisées.