

Le bois est il encore une source d'énergie ?

Le bois énergie représente toujours la première consommation de bois issu des forêts françaises et le nombre d'utilisateurs a tendance à s'accroître avec les fluctuations des prix du pétrole, du gaz, de l'électricité et surtout actuellement les préoccupations environnementales. Le bois énergie se situe au premier rang dans la production primaire d'énergies renouvelables*, loin devant l'hydraulique, l'éolien et les biocarburants. Par ailleurs toujours considéré comme neutre au point de vue CO₂, 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 et à la réduction des besoins dans les maisons neuves. C'est une source d'énergie significative, en croissance faible, représentant 41% des énergies renouvelables et 4,5% de l'énergie primaire consommée en France, sachant que la part relative des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire a augmenté de 4% en 10 ans, passant de 6,6% en 2007 à 10,7% en 2017.

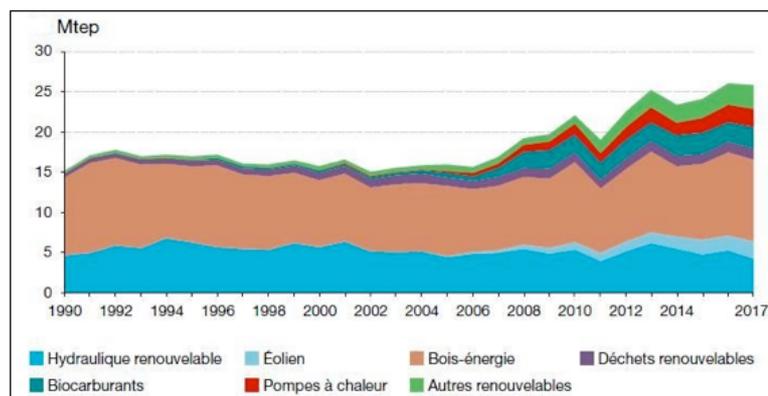


Figure 1 : Evolution de la production primaire d'énergies renouvelables par filière

Source: Chiffres clés des énergies renouvelables 2019 <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-53-chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2019-mai2019.pdf>

Le Bois-Énergie se stabilise à environ 41 millions de m³ (équivalent bois rond), 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 Mm³ soit 6,9 Mtep) mais stable depuis 1999, malgré une augmentation du nombre d'utilisateurs passé de 5,9 millions en 1999 à 7 millions en 2017 : on observe cependant une stabilité de la consommation individuelle due à un meilleur rendement des appareils et au remplacement des foyers ouverts (33 % en 1999 à 12 % en 2017) par des poêles à bûches (de 8 % à 25 %), puis, plus récemment, une croissance forte des appareils à granulés ils sont passés de 2,5% des appareils en 2012 à plus de 10% en 2017). En 2018, pour la première année, il s'est vendu plus de poêles et de chaudières à granulés qu'à bûches. De plus, l'utilisation du bois en énergie principale est passée de 30 % à 50 % des utilisateurs et 23 % se chauffent uniquement au bois. (Source ADEME).

Le chauffage avec des granulés de bois est en forte augmentation. La production est passée de 20 000 tonnes en 2005 à 1 500 000 tonnes en 2018, (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. Les projections pour l'avenir tablent sur une croissance soutenue (cf Figure 6 : le marché des chaudières à bois), 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.

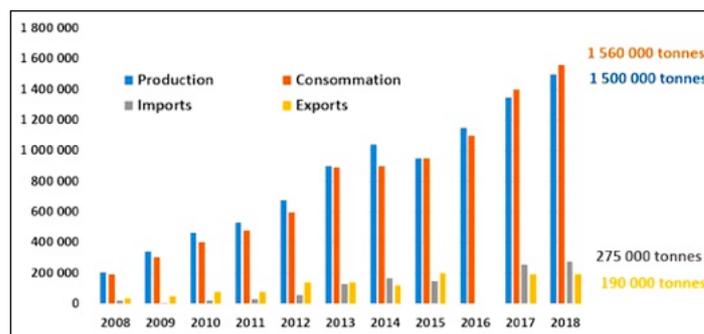
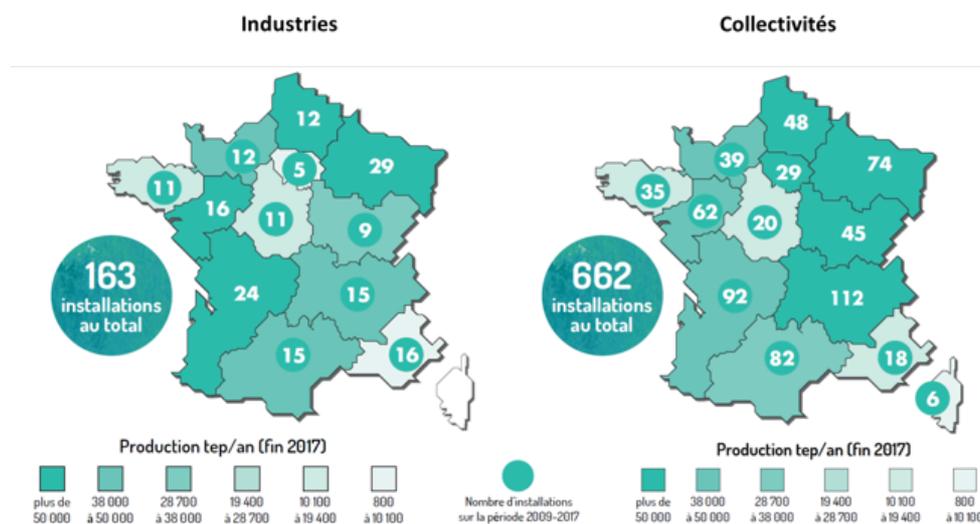


Figure 2 Production et consommation française de granulés de bois

Source Bioénergie International n°63 Octobre 2019

Le chauffage collectif et industriel au bois a également connu une très forte croissance ces dernières années, avec un fort soutien des pouvoirs publics à travers le dispositif de fonds chaleur. Entre 2009 et 2017, ce sont 1093 installations biomasse qui ont eu lieu avec une consommation de bois de 6 millions de tonnes (soit 1,4 Mtep/an). La figure 3 ci-dessous montre les chaufferies industrielles (à gauche) et collectives (à droite)



Ce dispositif a permis d'inciter des industriels de tous secteurs (agroalimentaire, matériaux de construction, automobile, etc.) à faire ce choix, alors que pour les collectivités, la biomasse est très souvent couplée à un réseau de chaleur pour chauffer des quartiers, voire des parties importantes de villes. En tout, ce sont ainsi 829 réseaux de chaleur qui ont été soutenus, soit 2 110 km de réseau avec des utilisations d'énergies renouvelables, dont la très grande majorité sont alimentés au moins en partie au bois.

La cogénération (cf schéma figure 4) 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.).

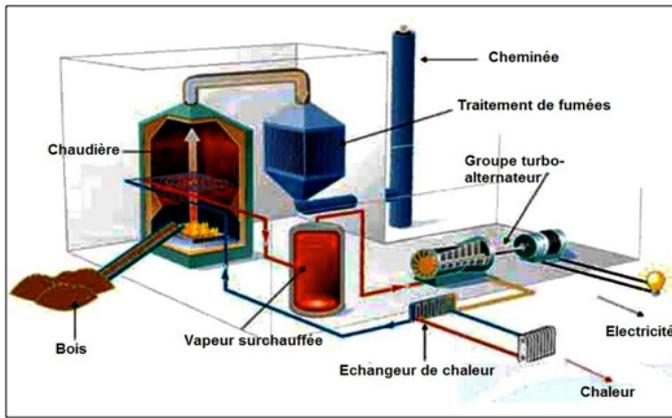


Figure 4 Schéma de la cogénération à partir de bois (Source ADEME)

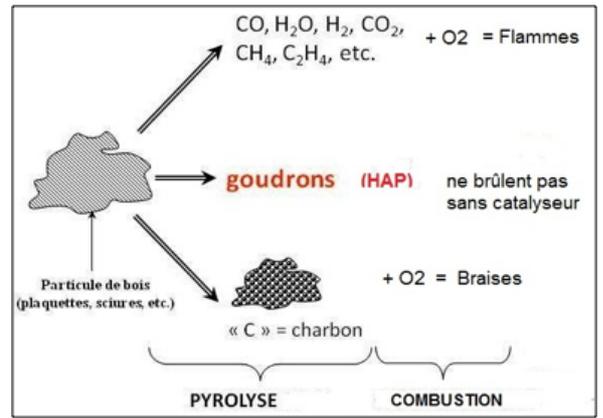


Figure 5 Mécanisme de combustion du Bois

Le chauffage domestique : Pour expliquer les difficultés rencontrées 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 solides (charbon) cf figure 4. Les gaz CO, H₂, CH₄, ... combustibles se forment à partir de 300°C environ, température d'inflammation du bois. Les proportions relatives de gaz, goudrons et charbon dépendent de l'état de division du combustible, et de la température de pyrolyse, donc de combustion. Dans un appareil classique, le bois se décompose pour environ 75% de sa masse en gaz qui vont brûler ensuite dans la flamme et 25% de charbons qui sont les braises qui brûlent lentement au fond de l'appareil. La température de combustion (500°C à 1000°C) varie en fonction du taux d'humidité et de la quantité d'air injectée. 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.

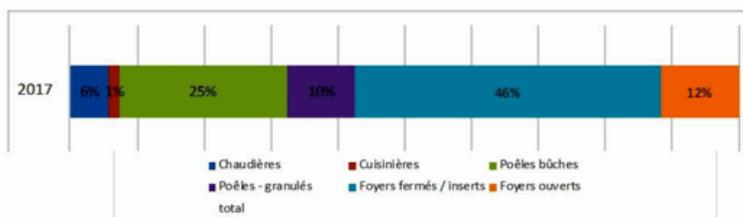
En revanche, plus le **bois** est **humide** et plus la température de combustion va diminuer, ce qui ralentit les réactions de combustion et conduit à des émissions d'imbrûlés qui sont des polluants. Dans la pratique, la combustion est bien maîtrisée lorsque l'excès d'air varie 40 et 100% en fonction de la puissance de l'appareil : pour un appareil puissant, l'excès d'air peut être diminué jusqu'à 40% alors que pour un appareil domestique, un excès de 100% est plus réaliste. Cet excès d'air est calculé par rapport à l'équation de combustion du bois sec : $C H_{1,44} O_{0,66} + 1,03 O_2 = CO_2 + 0,72 H_2O$

Dans la réalité, il convient cependant de prendre en compte l'humidité du bois qui n'est pas négligeable, mais aussi le fait que la combustion se déroule quasiment toujours avec de l'air et non sous oxygène pur. Comme il faut en plus utiliser un excès d'air, la formule générale pour la combustion d'un kilogramme de bois humide devient :

$$[\alpha CH_{1,44}O_{0,66} + H_2O] + 4,9 f \text{ Air} = \alpha CO_2 + (0,72 + \alpha) H_2O + 3,87 f N_2 + 1,03 (f-1) O_2$$

Avec : H_b = humidité sur brut du combustible (en %)
 f = facteur d'air : coefficient multiplicatif par rapport à la stœchiométrie
 $\alpha = (1000 - 10 H_b)/24$
 $\beta = 10 H_b/18$

Le contrôle des conditions de combustion (humidité, excès d'air, ...) est ainsi primordial pour favoriser un bon rendement et des émissions faibles. Dans les installations collectives et industrielles, de grande taille,



Source : ADEME - Etude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement - 2018

Figure 6. Répartition par type de chaudière

les conditions de combustion sont mieux contrôlées car des moyens de régulation peuvent être mis en place. Pour les appareils domestiques, c'est plus difficile, mais des progrès très importants ont été réalisés ces 15 dernières années. Le label de qualité des appareils domestiques de chauffage au bois Flamme verte (aujourd'hui 7*) permet de classer les appareils et de choisir les plus performants.

Le marché des appareils automatiques (poêles et/ou chaudières à granulés par exemple) est en forte progression et permet de développer l'utilisation du bois comme source d'énergie avec des performances énergétiques et environnementales très bonnes, tout en maintenant un confort d'utilisation très bon.

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 peut générer des polluants, principalement des imbrûlés : particules fines, HAP et COV par exemple. De gros efforts ont été réalisés ces dernières années et les émissions des appareils domestiques récents (après 2012) sont très faibles. Le remplacement des appareils anciens est ainsi un enjeu majeur, notamment dans les zones urbaines ou les vallées montagneuses. Pour le secteur industriel, les émissions sont également très faibles et principalement liées à la nature des combustibles utilisés. Le développement du bois énergie doit donc s'accompagner de mesures strictes de suivi des émissions.

La neutralité carbone du bois énergie repose sur l'hypothèse que le CO₂ 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 "stemwood", il faudrait tenir compte de la différence de temps entre la durée de l'émission de CO₂ 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 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).

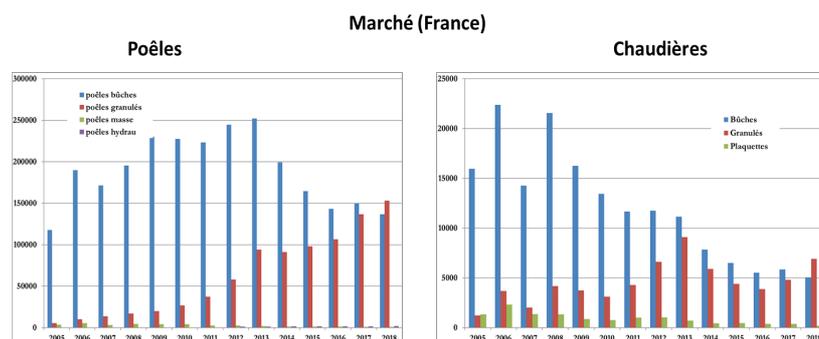


Figure 7. : Evolution des ventes d'appareils de chauffage au bois domestique (Observ'ER 2019)

Ce qu'il faut retenir

- Le bois)énergie, c'est près de 50% de toutes les énergies renouvelables
- La majorité du bois est utilisée dans le chauffage domestique avec plus d'utilisateurs mais moins de bois consommé
- Le bois-énergie représente une source de pollution en émission de particules, COV et HAP à cause d'appareils de chauffage anciens.
- Le renouvellement des équipements individuels anciens par des appareils plus récents labellisés Flamme Verte et l'attention portée au séchage du bois feront diminuer la pollution
- Il est probable qu'à terme le chauffage au bois sera interdit dans toutes les villes au même titre que les véhicules diesel !

** Remarque : Dans les appareils actuels les goudrons sont quasiment absents, même sans catalyseurs. Une meilleure gestion des niveaux de température et des injections d'air permettent en effet d'éviter les zones froides où les goudrons

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 (SO₂) 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)