

Biomasse :

la micro-cogénération au bois sort de l'ombre

Le contexte énergétique actuel, favorable aux énergies renouvelables, amène un regain d'intérêt pour le bois-énergie, comme en témoigne le succès des chaudières bois de dernière génération. De nouveaux systèmes à cogénération sont sur le point d'arriver sur le marché français et laissent présager un avenir prometteur pour la micro-cogénération à bois.

François BOURMAUD,
David CHENIER,
Amoès

⇒ Dans le cadre des engagements de la France au titre du protocole de Kyoto et afin prévenir les risques liés à l'approvisionnement en énergies fossiles, les pouvoirs publics français s'activent. Contrairement aux idées reçues, le secteur économique le plus concerné est celui du bâtiment et non ceux des transports ou de l'industrie. Responsable de la moitié de la consommation d'énergie finale et du quart des émissions de gaz à effet de serre, le secteur du bâtiment dispose pourtant déjà de la plupart des technologies permettant de réduire ses impacts.

Face à ces enjeux, différentes mesures réglementaires ont été prises :

- la réglementation thermique RT 2005 fixe les limites de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre des bâtiments construits et rénovés. Cette réglementation est de plus en plus contraignante et encourage l'utilisation d'énergies renouvelables ;

- depuis novembre 2006, l'étiquette énergie permet d'évaluer la performance énergétique et carbone des bâtiments. Cela permet notamment de dévaloriser les bâtiments trop consommateurs d'énergie et émissifs en CO₂, et d'encourager les propriétaires à réaliser des travaux pour

améliorer la performance énergétique de leur bien ;

- le crédit d'impôt encourage l'installation de chaudières performantes et les systèmes de production d'énergies renouvelables, en finançant jusqu'à 50 % les systèmes les plus performants ;

- la récente révision des tarifs d'obligation d'achat d'électricité par EDF incite à investir dans la production locale d'électricité (par exemple capteurs solaires photovoltaïques, capteurs solaire thermique, éolien,...) ;

- les certificats verts permettent de valoriser l'électricité verte sur le marché libre de l'électricité.

Des initiatives privées et des opérations « bâtiment exemplaire » ont vu le jour. Des labels tels que HPE, THPE (haute / très haute performance énergétique), le label Effinergie, visent à certifier les bâtiments très performants énergétiquement (bâtiments à basse consommation d'énergie, passifs, ou à énergie positive).

La promotion des énergies renouvelables passe aussi par celle de la biomasse et le plan Bois-énergie de l'Ademe fixe comme objectif de multiplier par six la consommation annuelle de plaquettes pour passer de 0,2 MTep à 1,2 MTep / an d'ici 2015. Ce programme, déployé sur plusieurs régions françaises, vise à développer durablement

le chauffage collectif au bois.

Dans ce contexte, la production décentralisée d'électricité par la micro-cogénération à bois (MCHP) répond à des enjeux importants :

- diminution de la consommation d'énergie primaire de l'utilisateur ;

- diminution forte des émissions de CO₂ du bâtiment ;

- utilisation d'une énergie renouvelable pour la production d'électricité et donc production d'électricité verte ;

- utilisation d'une énergie locale et abondante : l'Ademe estime le gisement exploitable supplémentaire de bois, sous forme de plaquettes, de 6 à 12 MTep/an, soit de quoi satisfaire les besoins de millions de personnes en France ;

- réduction des consommations d'énergie par impact sur le comportement de l'utilisateur. On remarque que les habitants qui produisent eux-mêmes leur électricité (par micro-cogénération ou par capteurs photovoltaïques), deviennent plus attentifs à leurs consommations électriques. Ils sont sensibilisés à la maîtrise de l'énergie et diminuent de facto leurs consommations en électricité (Source : Ademe).



... La micro-cogénération, nouvelle génération de chaudière bois

Il y a 20 ans, les efforts technologiques ont permis de concevoir des chaudières à bois plus écologiques. Ces dernières années, les efforts se sont concentrés sur l'alimentation automatique du combustible ainsi que sur la régulation. Aujourd'hui, les chaudières automatiques et à condensation dites de « deuxième génération » sont le résultat de ces évolutions techniques. Les chaudières à bois, avec une production intégrée d'électricité peuvent être qualifiées de chaudières de « troisième génération ».

Avec la hausse du prix du fioul en 2006, le combustible bois est devenu très compétitif par rapport aux autres sources d'énergie. Cette même année, le marché des chaudières bois automatiques a connu une croissance de 50 % avec 35 000 unités vendues. Le regain d'intérêt pour le bois et le succès des chaudières bois de dernière génération laissent présager un avenir prometteur pour la micro-cogénération au bois.

Une opportunité pour relancer la filière cogénération en France ?

La cogénération en France (production simultanée de chaleur et d'électricité) concerne en grande partie des installations

de forte puissance électrique (de 250 kW à 1 MW), fonctionnant au gaz. Le parc actuel totalise une puissance de 5 GW. Un récent rapport du ministère des finances⁽¹⁾ stipule que la cogénération au gaz n'est pas pertinente en France :

- d'un point de vue écologique : la production électrique française est faiblement utilisatrice d'énergies fossiles ; par conséquent la cogénération à gaz fournit une électricité autant voire plus carbonée que l'électricité produite par le reste du parc français : (260 g CO₂/kWh Vs 76 g CO₂/kWh) ;

- en termes de politique énergétique, la politique française est de réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc de remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables. Une cogénération ne fait sens que dans la mesure où la biomasse est utilisée comme combustible. Au final, le rapport coût / avantage de la cogénération au gaz naturel n'est pas favorable en France. Du fait d'un coût de production plus élevé pour l'électricité produite par une cogénération gaz, le tarif d'achat pour une électricité produite par cogénération est défini à 100 €/MWh (Vs un prix moyen du marché de 60 €/MWh). En 2006, le surcoût de la cogénération induit par ce tarif d'achat et supporté par la CSPE (Contribution au service public de l'électricité) s'élève à 800 M€.

La promotion de la cogénération en France est donc très compromise dans la mesure où elle fonctionne essentiellement

au gaz naturel. Le contexte est en revanche propice à la promotion de la cogénération à partir de biomasse donc de la cogénération bois (CHP en anglais pour Combined Heat and Power). Cependant, mettre en place une telle cogénération de forte puissance nécessite :

- de mobiliser une ressource importante de bois sur un site ;
- la mise en place d'un plan de financement ;
- une étude de faisabilité et d'identification de site propice à la construction d'une centrale de cogénération biomasse (en fonction de l'encombrement du réseau électrique, de la disponibilité en matière première...).

Dans cette perspective, la MCHP à bois a l'avantage de répartir la cogénération sur tout le territoire français, de mobiliser les ressources en bois-énergie déjà disponibles (du fait de son intégration dans la filière classique des chaudières) et de placer un moyen de production d'électricité chez le consommateur.

La plupart des unités de MCHP commercialisées aujourd'hui fonctionnent au gaz. Néanmoins, en Europe, 6 entreprises développent des modules à biomasse (3 en Allemagne, 2 en Autriche et 1 au Liechtenstein) pour des puissances allant de 1 kWe à 35 kWe. Leur état d'avancement va du prototype aux derniers tests terrain. ...



... Qu'est-ce que la micro-cogénération à bois ?

La cogénération (CHP) est la production simultanée d'une énergie mécanique, le plus souvent transformée ensuite en électricité, et de chaleur à partir d'une même source d'énergie.

L'Europe fixe la limite supérieure de la MCHP à 50 kWe (directive 2004/8/CE). En France, étant données les plages d'abonnement EDF, le seuil est de 36 kWe. Enfin, le projet de norme Pr NF EN 50 438 sur les *Prescriptions pour le raccordement de microgénérateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution basse-tension* concerne les équipements de puissance inférieure à 10 kWe.

Dans le cas des grands cogénérateurs, l'objectif est avant tout de produire de l'électricité. Ils sont dimensionnés pour fonctionner à pleine charge durant une certaine période de l'année. La chaleur doit être alors utilisée par les bâtiments alentours.

A l'inverse, les micro-cogénérateurs sont de plus faible puissance (1 à 10 kWe) et ils tirent avantage de la production de chaleur pour produire une part d'électricité. Ils sont d'abord utilisés pour couvrir (en partie ou en totalité) les besoins thermiques d'un unique bâtiment et l'électricité produite devient une conséquence du fonctionnement du système : ce sont donc des chaudières qui produisent de l'électricité, des « chaudières électrogènes ».

Le fonctionnement

Une unité de MCHP fonctionne donc lorsqu'il est nécessaire de produire de la chaleur pour le chauffage et l'eau chaude. Elle produit alors de l'électricité. Si le tarif de rachat est plus faible que le tarif de vente d'électricité, cette électricité est autoconsommée et, dans le cas où la production est supérieure à la consommation, le surplus est revendu. Si le tarif de rachat est plus élevé que le tarif de vente, il est alors plus rentable de réinjecter toute l'électricité produite sur le réseau à l'aide d'un nouveau compteur, et d'acheter toute l'électricité à consommer au fournisseur d'électricité. Par conséquent, dans les deux cas, pour assurer la couverture de ses besoins électriques, un bâtiment équipé d'une unité de MCHP doit rester connecté au réseau électrique.

Il existe plusieurs technologies qui permettent de réaliser une micro-cogénération :

- le moteur Stirling : des modèles sont déjà commercialisés aux combustibles gaz et bois ;
- les technologies à cycle Rankine émergent sur le marché. Elles sont flexibles sur

l'utilisation du combustible et sont adaptées au bois, mais leur succès requiert encore une importante diminution des coûts de production ;

— la cogénération à moteur à explosion, déjà présente sur le marché étranger. Des projets de cogénération de grosse puissance à bois existent avec cette technologie ;

— les technologies de pile à combustible nécessitent une phase de développement importante, notamment à cause de leur maintenance qui est complexe et fréquente. Les deux dernières technologies ne sont pas conçues à l'origine pour fonctionner au bois, mais peuvent le faire lorsqu'elles sont couplées à un gazéificateur qui transforme le bois en gaz.

Principe de dimensionnement

Le dimensionnement d'une unité de MCHP est gouverné d'une part par les besoins thermiques du bâtiment et d'autre part par la recherche de la rentabilité maximale du système.

La quantité d'électricité produite étant un élément déterminant dans la rentabilité du système, on va donc chercher à ce que l'unité fonctionne le plus longtemps possible afin de produire le plus d'électricité possible. Il s'ensuit une logique de « sous-dimensionnement » de l'unité de MCHP. Pour parler

aux pics de charge, on associe l'unité à un système de chauffage par hydro-accumulation et/ou à un brûleur d'appoint.

Par exemple, pour une maison de retraite dont le besoins thermique du jour le plus froid de l'année est de 250 kW, le micro-cogénérateur sera choisi pour fonctionner 4200 h/an et générer au maximum 80 kW thermique. Toutefois, la quantité d'électricité produite chaque année amortira rapidement le surcoût.

Le combustible utilisé peut être du granulés ou de la plaquette selon le type de brûleur. Il convient donc de s'équiper d'un silo et d'un système d'alimentation au même titre que pour les chaudières automatiques déjà existantes.

Un meilleur rendement global

La cogénération possède un bien meilleur rendement en énergie primaire qu'un système traditionnel de fourniture énergétique : chaudière pour la chaleur + centrale électrique pour l'électricité. La micro-cogénération permet donc une économie sur les ressources énergétiques.

Considérations environnementales

La MCHP à bois présente de nombreux avantages environnementaux. ...



Mode de chauffage en France	granulés	plaquettes	électricité	Gaz
gCO ₂ émis pour 1 kWh utile	33	33	180	222

Tableau 1 : Contenu carbone des énergies utilisées pour le chauffage (Source : Ademe)

...

Une chaleur renouvelable

La MCHP à bois requiert l'utilisation du combustible bois qui fait partie des bioénergies. C'est une énergie renouvelable, sous réserve que les prélèvements soient inférieurs à l'accroissement forestier. C'est le cas en Europe, où les forêts s'agrandissent chaque année depuis un siècle (40 % de la croissance non exploitée en France).

Brûler du bois n'émet pas de gaz à effet de serre : le CO₂ émis lors de la combustion est absorbé par les végétaux en croissance, s'intégrant au cycle naturel du carbone. Seuls le transport et la transformation du bois « chargé » le kWh utile de chaleur produit à partir de bois (tableau 1).

Une électricité verte

À l'instar du photovoltaïque, du micro-éolien et de la micro-hydraulique, la micro-cogénération à bois rentre dans les technologies de production d'électricité verte. Elle permet donc de répondre à la directive Electricité renouvelable (2001) qui fixe l'objectif indicatif de 21 % d'électricité renouvelable dans la consommation brute de l'Union (et de la France) en 2010.

Bâtiment de classe A

Un calcul comparatif des émissions de CO₂ entre les différentes technologies de

Combustible		Prix en € TTC par unité propre	Prix en € TTC par tonne	Prix en c€ TTC par kWh PCI
Bois	Bûche 33 cm	59,5 € /stère (36 à 95)	100 (60 à 160)	3,5 (2,1 à 5,6)
	Granulés vrac	190 € / t (160 à 260)	190 (160 à 260)	4,2 (3,5 à 5,7)
	Plaquettes forestières	21 €/MAP (16 à 27)	84 (64 à 108)	2,4 (1,8 à 3,1)
Fioul		68 € /100L		6,82
Gaz naturel		7,20 € /100 kWh PCS		4,7
Electricité		10,74 €/kWh		10,74

Tableau 2 : Prix moyen des énergies en 2006

chauffage et de production d'électricité en France montre que la MCHP à bois permet de diminuer les émissions de GES d'un facteur 7 à 12 par rapport à une solution gaz condensation, et d'un facteur 1,3 à 2,4 par rapport à une solution chaudière bois, toutes conditions égales par ailleurs. Ce phénomène s'explique par le faible contenu carbone de l'électricité produite par l'unité de MCHP, qui évite la production d'une électricité nationale à plus fort contenu carbone (facteur 6) car produite en période de pointe.

D'autre part, l'installation d'une unité de MCHP bois dans un immeuble est suffisante à elle seule pour que l'immeuble soit de Classe A au regard de l'étiquette CO₂, (émissions inférieures à 5 kg CO₂ éq/m².an source : Amoès). En cela, elle peut constituer l'une des solutions pour le respect du Protocole de Kyoto.

Quel intérêt économique ?

Prix d'achat

L'Autrichien KWB USP propose un produit à granulés d'une puissance thermique de 15 kW et une puissance électrique de 1 kW pour un prix de 17 000 €. De son côté, l'Allemand Sunmachine propose un

micro-cogénérateur à bois avec des puissances de 10 kW thermique et 3 kW électrique pour un prix d'achat de 23 500 €.

Même si ces produits ne sont pas encore présents en France, ce sont avant tout des chaudières à bois très performantes en termes de rendement de la combustion et ils ont de bonnes chances d'être éligibles au crédit d'impôt.

Le faible prix du combustible bois

On constate que le bois, sous toutes ses formes, est l'énergie la moins chère à l'heure actuelle (tableau 2). Néanmoins, l'intérêt pour le bois-énergie se fait croissant en France et les prix suivent une tendance à la hausse. Ces prix dépendent de plusieurs facteurs : état de la demande, disponibilité en matière première, structuration de la filière bois-énergie.

En France, la production de sciure est stable chaque année et utilisée par les industries du papier et des panneaux de bois. C'est pourquoi avec l'augmentation des ventes de granulés en 2006 en France, le prix de la sciure a pratiquement doublé. Les prix des granulés sont donc voués à augmenter du fait de la tension sur la matière première, mais sont structurellement majorés par le prix du fioul, pour rester concurrentiel.

...



Origine de l'électricité	Electricité verte				Marché libre
	Méthanisation	Géothermie	Photovoltaïque	Eolien	
Tarif d'achat (c€/kWh)	11-14	12-15	30-55	13	4-6

Tableau 3 : tarifs d'achat de l'électricité verte

En revanche, la situation est bien différente concernant les plaquettes : celles-ci sont très faciles à produire, par broyage de produits issus de l'activité forestière et paysagère (branches, houppiers, rémanents...), suivi d'un séchage de quelques mois sous bache. Elles sont ensuite utilisées comme combustible. Du fait de leur production locale et facile, la forte concurrence permet d'assurer un prix stable et bas.

Valorisation de l'électricité verte

Aujourd'hui, le prix de revente de l'électricité issue de micro-cogénération est défini par le tarif de rachat pour les installations de puissance inférieure à 36 KVA et le prix de vente est égal au prix d'achat de l'électricité pour le client final, soit 7,8 c/kWh.

Un tarif d'achat de l'électricité biomasse d'environ 20 c/kWh (comme c'est le cas en Allemagne et dans d'autres pays européens) permettrait de généraliser la MCHP bois à une maison individuelle et à l'ensemble des types d'immeubles. Un tarif d'achat de l'électricité autour de 12 c/kWh électrique permet un retour sur investissement de 10 ans. Un tel tarif permettrait de convertir les usagers d'énergies fossiles à la MCHP bois dans les situations favorables (immeuble résidentiel avec un fonctionnement de 5000 heures par an).

Aujourd'hui les tarifs d'achat de l'électricité verte vont de 11 à 55 c/kWh selon le mode de production (tableau 3).

Comment développer la micro-cogénération à bois ?

L'Allemagne et le Royaume-Uni

L'Allemagne est aujourd'hui le pays européen où le nombre d'unités de MCHP en fonctionnement est le plus important. Ce pays est le plus gros consommateur d'énergie en Europe et produit une électricité dont le contenu en CO₂ est très élevé (641 g CO₂/kWh). A ce titre, la micro-cogénération à gaz est un système permettant de produire une électricité beaucoup moins carbonée (222 g CO₂/kWh). Caractérisée par le dynamisme des acteurs régionaux voire locaux (opérateurs de réseau, distributeurs d'énergie, agences de l'énergie, mais aussi land et communes), les modules de micro-cogénération sont aussi une opportunité pour ces acteurs énergétiques de différencier leur offre. Du fait de la proportion importante de petits collectifs, les produits de 5 kWe sont très répandus.

En Angleterre, le gouvernement s'est fixé comme objectif l'installation d'une capacité de 10 GWe en cogénération à l'horizon 2010. Du fait d'une production nationale d'électricité à fort contenu de CO₂ (430 g CO₂/kWh), le potentiel de la cogénération est important. Le marché de l'énergie est complètement ouvert et les distributeurs d'énergie jouent un rôle prépondérant. Le module de micro-cogénération le plus installé en Grande-Bretagne est le micro-cogénérateur gaz de 1 kWe à moteur Stirling Whispergen.

Conditions pour permettre le développement de la micro-cogénération en France

En attendant l'arrivée de ces produits en France, certaines évolutions doivent se poursuivre pour favoriser le développement de la filière. Le raccordement au réseau électrique est très semblable à celui du photovoltaïque de petite puissance. A ce titre, on doit compter aujourd'hui entre 4 et 6 mois et entre 200 et 1200 € pour le raccordement. Des simplifications dans les procédures administratives et techniques permettront de réduire ces délais. Du point de vue de l'approvisionnement en combustible, l'augmentation des structures de production et d'approvisionnement en bois-énergie facilite la recherche de fournisseurs en plaquettes et granulés. La certification des filières et des combustibles se mettent aussi en place, signe que la filière se professionnalise. L'information et la formation des installateurs est enfin un point clé pour permettre à la micro-cogénération de se développer en France. ■

Note : (1) Maxence Langlois-Berthelot, Jean-Michel Biren, « Rapport sur les installations de cogénération sous obligation d'achat » – Janvier 2007 – www.industrie.gouv.fr/energie/electric/pdf/rapp-ortcogeneration.pdf

Aller plus loin

Télécharger l'intégralité de l'étude « Impact de la micro-cogénération à bois sur l'effet de serre », sur le site internet d'Amoès, www.amoes.com ou par demande à contact@amos.com



Suivez l'information AMOES, inscrivez-vous à la newsletter sur contact@amos.com

www.amoes.com
<http://blog.amoes.com>

Amoès contribue au développement des bâtiments à énergie positive en :

- Réduisant leurs consommations énergétiques
- Produisant localement de l'énergie verte

> Les missions d'Amoès



Simulation thermique dynamique sous TRNSYS
Calcul de Réglementation Thermique 2005

AMOES
Ecole Centrale Paris Grande Voie des Vignes
92295 Châtenay Malabry
Téléphone : 01 41 13 18 23