

LES CHAUFFERIES COLLECTIVES AU BOIS : QUELS POINTS DE VIGILANCE ?

Jean-Pierre SAWERYSYN¹
Matthieu OGET²
Corinne SCHADKOWSKI³
Judith TRIQUET³

¹ Professeur honoraire de l'Université de Lille I,
vice-président du comité régional de l'APPA

² Etudiant Master 2 Santé Publique, Université Lille2,
Faculté Ingénierie et Management de la Santé

³ Association pour la Prévention de la Pollution
Atmosphérique, 235 avenue de la Recherche, BP
86, 59373 Loos cedex

RESUME

Le recours au bois-énergie se développe de plus en plus afin de répondre aux objectifs de la France en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement des énergies renouvelables. L'utilisation du bois comme source d'énergie est une bonne solution pour y répondre, mais les impacts sanitaires liés aux rejets dans l'atmosphère peuvent être importants si certains points particuliers ne sont pas étudiés. Le but de cet article est de mettre en avant les points de vigilance liés à la conception, l'exploitation et la maintenance d'une chaufferie collective au bois, pour concilier lutte contre le changement climatique et réduction de la pollution atmosphérique.

INTRODUCTION

Suite aux travaux du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernementaux sur l'Évolution du Climat) et à ceux des conférences internationales des Nations Unies sur le changement climatique, des mesures réglementaires plus ou moins contraignantes ont été prises en Europe (paquet climat-énergie en 2008) et en France (loi POPE du 13 juillet 2005, lois de Grenelle 1 et 2 promulguées respectivement en 2009 et 2010) pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). A ces mesures, ont été associés des engagements visant à favoriser le développement des énergies renouvelables. La biomasse (principalement le bois) peut contribuer de manière significative à ces deux objectifs. C'est ainsi que l'utilisation du bois comme source alternative d'énergie de chauffage, notamment dans le secteur du chauffage collectif, a fait l'objet d'un regain d'intérêt dû principalement

à trois facteurs. Ces facteurs sont d'ordre :

- Economique : le bois reste une source d'énergie peu chère, non indexée sur le coût de la monnaie ou du baril de pétrole,
- Ecologique : c'est une source d'énergie renouvelable, permettant de lutter efficacement contre le changement climatique, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre,
- et, Social : le bois peut être une ressource locale permettant de favoriser le développement d'activités créatrices d'emplois, notamment en zone rurale. En France, le gisement en bois-énergie peut être évalué à 71 Mm³/an dont 46 sont économiquement exploitables actuellement (ADEME, 2009a).

Avec l'aide financière de l'ADEME, la filière bois-énergie s'est considérablement développée et modernisée en France depuis les années 2000. Cette aide, qui s'est poursuivie jusqu'en 2011, a permis de mettre en place plus de 1400 chaufferies collectives au bois entre 2000 et 2006.

Cependant, une attention particulière doit être portée sur certains points de vigilance lors de la conception, l'exploitation et la maintenance d'une chaufferie collective utilisant le bois comme source d'énergie.

I- LE COMBUSTIBLE

1- L'approvisionnement en bois

Avant l'installation d'une chaufferie collective au bois, la question de l'approvisionnement et du stockage en combustible doit être posée. D'où va provenir le bois utilisé ? Existe-t-il des gisements mobilisables localement ? A quelle distance ? Quel volume de bois et sous quelles formes (bûches, plaquettes, granulés, rebuts,..) faut-il utiliser pour alimenter la chaufferie ? Quel(s) mode(s) de transport utilisé(s) pour l'approvisionnement ?

L'un des atouts majeurs de la filière bois-énergie est sa très faible participation aux émissions nationales de gaz à effet de serre. Pour préserver cet avantage et limiter les nuisances pour le voisinage dues aux transports, l'approvisionnement local doit donc être privilégié. Si les gisements locaux sont peu abondants, comme c'est le cas en région Nord – Pas de Calais,

le bois doit venir d'une région plus éloignée, ce qui va induire un accroissement potentiel de la circulation routière, donc des pollutions supplémentaires au niveau du site concernant directement les riverains. Les chaufferies collectives sont souvent situées en zone urbaine, zone déjà soumise à la pollution issue du trafic routier. Il est donc important d'estimer l'impact supplémentaire qui résultera de l'augmentation du trafic associée à l'installation de la chaufferie, sur les émissions de polluants gazeux et particulaires et les nuisances sonores, pour la population environnante. Cependant, ces nuisances peuvent être réduites si l'acheminement du bois se fait par voie ferroviaire ou fluviale, ce choix étant très dépendant du site de la chaufferie.

2- Qualité du combustible

La qualité du combustible employé doit être garantie et maintenue dans le temps afin de s'assurer que les rejets atmosphériques soient aussi réduits que possible.

La principale caractéristique du bois à prendre en compte est son humidité. C'est un facteur extrêmement important au niveau du rendement thermique. En effet, le taux d'humidité dans le bois varie entre 60% (pour un bois vert) et 15% environ. Or, une humidité de 60% divise le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du bois, c'est-à-dire la quantité de chaleur libérée par sa combustion complète, d'un facteur allant de 3 à 4 (voir figure 1). Il est donc primordial d'utiliser un bois sec de l'ordre de 15 – 20% d'humidité. Ce taux d'humidité est atteint en laissant sécher le bois pendant 1 à 2 ans.

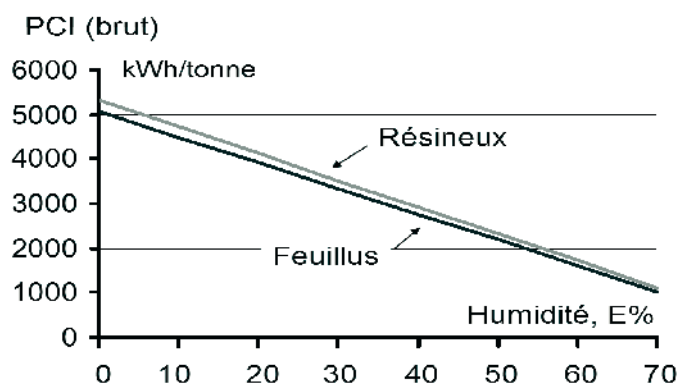


Figure 1 : Influence de l'humidité sur le PCI

De plus, l'humidité joue un rôle déterminant sur la nature et la quantité des polluants rejetés dans l'atmosphère. La première phase de la combustion du bois est la vaporisation de l'eau. Etant fortement endothermique, cette étape a besoin de la chaleur dégagée par le foyer pour s'effectuer. Ainsi, si le bois contient beaucoup d'eau, cette phase de vaporisation abaisse la température moyenne du foyer et allonge la durée globale de la combustion. Il en résulte une combustion fortement incomplète qui se traduit par de faibles rendements thermiques. Cette combustion incomplète se manifeste alors par une production importante de composés imbrûlés émis à la fois sous forme de polluants gazeux (monoxyde de carbone, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), ..) et de particules fines et

ultrafines particulièrement nocives pour la santé humaine. Il est donc primordial que le bois utilisé soit le plus sec possible afin de faciliter l'obtention d'une combustion aussi complète que possible et par conséquent, réduire les émissions de polluants atmosphériques. Par ailleurs, le bois utilisé comme combustible doit être sain, c'est-à-dire correspondre à un bois n'ayant subi aucun traitement chimique qui pourrait être, lors de la combustion du bois, à l'origine d'émissions de composés nocifs pour l'environnement et la santé humaine (HAP et des dioxines). Il est également nécessaire de s'assurer que le combustible ne contienne pas d'impuretés comme des objets métalliques, des cailloux ou encore de la terre qui pourraient provoquer l'encrassement des installations et l'augmentation des émissions atmosphériques.

La granulométrie du bois est également un facteur important qui favorise la qualité de la combustion. Un bois fractionné sous forme de granulés ou de plaquettes par exemple, permet d'obtenir une combustion plus complète que sous forme de bûches. En effet, lorsque le bois est fractionné, les échanges entre l'oxygène de l'air et le combustible sont favorisés, ce qui assure un meilleur rendement de la combustion.

II- LA CHAUFFERIE

1- Choix de son implantation

La chaufferie collective doit s'intégrer dans le paysage afin de ne pas détériorer la qualité de vie du voisinage. Un problème d'esthétique peut se poser pour certaines cheminées. En effet, afin de faciliter la dispersion des polluants et ainsi ne pas avoir de retombées directes sur la population environnante, les cheminées doivent être les plus hautes possible. Cependant, les chaufferies étant majoritairement installées dans des zones urbaines, il n'est pas acceptable de prévoir une hauteur trop grande pour des questions de paysage urbain. Le site de la chaufferie doit être intégré dans le paysage urbain ou périurbain.

L'implantation du site de la chaufferie doit également prendre en compte la direction des vents dominants. Ce critère est important car il indique la direction selon laquelle les polluants gazeux et particulaires vont être dispersés, et par conséquent, les populations concernées par cette pollution. Le choix du site doit donc considérer la direction des vents dominants de façon à favoriser la dispersion des polluants gazeux et particulaires vers des zones non ou peu peuplées.

2- Dimensionnement et conception

Le dimensionnement de la chaufferie est un paramètre important qu'il faut maîtriser dès sa conception. Le dimensionnement de la chaufferie dépend en effet des besoins énergétiques à satisfaire. Si la chaufferie est surdimensionnée, son rendement n'est pas optimal, car elle fonctionne dans ces conditions à bas régime. Le foyer ne contenant pas suffisamment de combustible pour maintenir des températures élevées dans tout son volume, des zones froides apparaissent, qui vont détériorer le rendement de la combustion, et par conséquent, augmenter la formation

d'imbrûlés gazeux et particulaires. Ces mauvaises conditions de fonctionnement s'accompagnent d'une usure prématurée de l'installation. L'ADEME (2009b) recommande un rendement supérieur à 75%, avec une recommandation de taux de charge supérieur à 80% pour une installation bien conçue.

Lors de la conception de la chaufferie, le respect de la « règle des quatre T » est également primordial :

- Température : la chaudière doit être conçue de manière à réduire les zones froides et à maintenir un niveau de température suffisamment élevé, et ainsi réduire l'émission de polluants résultant d'une combustion incomplète,
- Teneur en oxygène : la chaudière doit être alimentée en air frais, et fonctionner avec un excès d'air, de manière à oxyder tous les éléments du combustible, et ainsi, avoir une combustion aussi complète que possible,
- Turbulence : afin d'assurer une oxydation complète des éléments constitutifs du bois, le mélange air – combustible doit être optimal,
- Temps de séjour : le temps d'échange entre le combustible et l'oxygène contenu dans l'air frais doit être suffisant pour assurer une bonne combustion.

Ces différents principes vont permettre une optimisation du procédé et favoriser la combustion complète dans le foyer afin d'obtenir un rendement thermique maximal et limiter les émissions polluantes dans l'atmosphère.

III- SUIVI ÉNERGÉTIQUE DE LA CHAUFFERIE ET QUALITÉ DE LA COMBUSTION

La qualité des émissions atmosphériques issues de la combustion du bois résulte de l'interaction entre la chaudière, le combustible et l'air. Selon les caractéristiques de l'installation, l'oxydation d'un même combustible entraîne des proportions et caractéristiques des effluents différentes. Cela dépend de la chaudière elle-même et de son fonctionnement.

Pour déceler un éventuel dysfonctionnement, le suivi énergétique de la chaufferie est nécessaire. Deux méthodes peuvent alors être utilisées (Le Louer et Korchia, 2009) :

- Le calcul du rendement énergétique de l'installation, grâce à des analyses de CO_2 , CO et de la température des fumées.
- Le tableau de bord énergétique reprenant les livraisons en combustible, l'énergie potentielle du bois reçu, ainsi que le relevé des compteurs d'énergie.

Il est nécessaire de pouvoir évaluer le rendement thermique de la chaudière, car plus ce rendement est élevé, moins il y a d'imbrûlés et donc moins il y a d'émissions polluantes. Pour une chaudière à plaquettes, le rendement thermique se situe

entre 75 et 90%, l'exploitant cherchant à réaliser le rendement le plus élevé, tout en sachant qu'un rendement de 100% ne peut pas être atteint (des imbrûlés existent toujours, il y a donc toujours potentialité d'émissions).

Pour faciliter les contrôles et le suivi de la chaufferie, l'exploitant doit tenir un livret de chaufferie, ou un livret de bord, qui indique les caractéristiques de l'installation, l'état des mesures, rendements et analyses, les résultats des analyses des rejets atmosphériques, ainsi que les travaux de maintenance.

IV- LES SYSTÈMES DE FILTRATION POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

1- Les particules

Le problème majeur posé par les particules est leur taille. Plus elles sont fines, plus elles sont nocives pour la santé humaine car elles sont susceptibles d'être emportées profondément dans l'appareil respiratoire, au niveau des alvéoles pulmonaires. Il est donc indispensable de réduire autant que faire se peut leur formation au cours du processus de combustion, mais surtout, lorsqu'elles sont formées, d'éviter que ces particules soient relâchées dans l'atmosphère. Trois procédés permettent de réduire plus ou moins efficacement leurs émissions atmosphériques : les filtres cyclones et multicyclones, les électrofiltres, et les filtres à manches.

Les filtres cyclones et multicyclones

Le principe de ces filtres consiste à mettre en rotation les effluents libérés par le foyer dans un conduit cylindrique. Ainsi, grâce à la force centrifuge, les particules présentes sont projetées sur la paroi du cylindre et peuvent ensuite être récupérées dans un réceptacle par gravité.

Ces filtres permettent d'atteindre des rejets de particules de l'ordre de 150 mg/Nm^3 . Ils sont très efficaces pour les très grosses particules ($20 \mu\text{m}$), mais beaucoup moins, environ 60% d'efficacité, pour des particules plus fines ($10 \mu\text{m}$). Ces cyclones présentent également un risque de colmatage dû à l'accumulation de poussières.

Les électrofiltres

Ils permettent de faire circuler les gaz entre des plaques métalliques, transformées en électrodes réceptrices, sur lesquelles viennent se plaquer et s'accumuler les poussières. Afin de récupérer les poussières et éviter une perte d'efficacité de l'installation, des marteaux viennent régulièrement frapper ces plaques et faire ainsi tomber les particules dans un réceptacle prévu à cet effet.

Les électrofiltres sont plus efficaces que les cyclones, et permettent d'atteindre des rejets de particules de l'ordre de 50 mg/Nm^3 .

Les électrofiltres peuvent aussi être employés en association avec un multicyclone, qui jouera le rôle de pré-dépoussiéreur. Ainsi, les rejets sont de l'ordre de 10 mg/Nm³.

Les filtres à manches

Ces procédés sont équipés de plusieurs membranes permettant de retenir les poussières. Ces membranes séparent les deux caissons du dispositif, l'un contenant les fumées à dépoussiérer, et l'autre, les fumées épurées. Un flux d'air pulsé passe également sur les membranes afin de les nettoyer et recueillir les poussières.

Les filtres à manches constituent la technique la plus efficace. Selon la nature du média utilisé, céramique ou tissu, les rejets de polluants peuvent être inférieurs à 1 mg/Nm³.

2- Les autres polluants

Les polluants gazeux sont en général peu traités dans les fumées issues des chaufferies collectives bien que des techniques existent.

Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x), peuvent être traités par des méthodes de réductions sélectives catalytiques ou non. Ces procédés mettent en œuvre une réaction entre l'ammoniac ou l'urée et les oxydes d'azote afin d'obtenir de l'azote moléculaire.

Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (SO₂) peut être capté par ajout de chaux. Cette opération le transforme en sulfate de calcium économiquement valorisable.

V- ENTRETIEN ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

Les chaufferies doivent faire l'objet d'un entretien et d'une maintenance régulière. Ce programme doit respecter les recommandations du constructeur de la chaudière pour éviter tout dysfonctionnement. Le programme de maintenance doit également être fait selon le retour d'expérience de l'exploitant.

L'entretien et la maintenance d'une chaufferie sont indispensables afin de vérifier son bon fonctionnement et de garantir ses performances. Le nettoyage de la chaufferie est primordial, car la combustion de produits solides comme le bois nécessite un nettoyage plus fréquent et plus complexe (ATEE, 2010). Ce nettoyage doit être réalisé selon les recommandations du constructeur de la chaudière et du fournisseur du combustible.

Il est également important que les conducteurs des installations de combustion soient formés et sensibilisés à l'importance de la qualité de la combustion et aux conséquences d'une mauvaise qualité de la combustion sur les émissions atmosphériques. Ainsi, cela leur permettra d'agir plus vite lorsqu'une dérive est identifiée afin de la corriger et limiter les conséquences possibles (ADEME, 2009b).

CONCLUSION

Le bois-énergie présente deux atouts majeurs permettant de répondre aux objectifs fixés par les lois Grenelle : source d'énergie renouvelable et réduction des émissions de gaz à effets de serre.

Pourtant, cette énergie doit être contrôlée, car elle peut potentiellement émettre de grandes quantités de polluants gazeux et particulaires si elle n'est pas maîtrisée. En effet, en cas d'une combustion incomplète ou de l'emploi de bois de mauvaise qualité, le bois-énergie est une source importante de polluants gazeux et de particules fines et ultrafines particulièrement nocives pour la santé humaine.

Compte tenu des volumes importants émis des fumées, l'émission de particules fines et ultrafines exige au niveau des chaufferies :

- l'emploi de techniques performantes de traitement des fumées (filtres à manches),
- des contrôles réguliers et inopinés des installations en conditions réelles de fonctionnement,
- l'application des normes, actuellement imposées aux installations de fortes puissances, à toutes les installations d'usage collectif ou industriel,
- la sévèrisation de ces normes, sachant que la grandeur « masse » de particules émises masque les véritables facteurs de nocivité de ces polluants, à savoir la distribution en taille et la composition des particules qui ne font l'objet d'aucun contrôle actuellement.

C'est pourquoi divers points de vigilance sont à considérer afin de limiter les impacts de l'implantation d'une chaufferie au bois collective sur la population environnante : un combustible de bonne qualité provenant d'un gisement proche de la chaufferie si cela est possible, un site d'implantation adapté et une chaufferie correctement dimensionnée avec un suivi énergétique régulier afin de s'assurer de la qualité de la combustion, des émissions polluantes maîtrisées et réduites grâce à des systèmes de filtration performants, et un bon entretien de la chaufferie par un personnel qualifié et formé à cet effet.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME (2009a), Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020. Rapport final. Novembre 2009. (Etude réalisée par l'Inventaire Forestier National (IFN), l'Institut Technique Forêt Cellulose Bois Ameublement (FCBA) et l'association SOLAGRO). 105 p.

.....
 ADEME (2009b) : Evaluation prospective 2020-2050 de la contribution du secteur biomasse énergie aux émissions nationales de polluants atmosphériques – Synthèse, 54

.....
 ATEE (2010) : Guide d'exploitation des chaufferies – Exploitation et conduite des chaufferies de puissances supérieures à 400 kW, 98

.....
 Le Louer P., Korchia JL. (2009) : Expertise de 10 chaufferies collectives au bois, analyse et recommandations. Pollution Atmosphérique, 6