

## Energie et bâtiments (16) – Les chaudières

Dans les derniers numéros nous avons parcouru les différents combustibles couramment utilisés chez nous pour chauffer nos bâtiments, et avons examiné tant l'aspect économique (prix et évolution



de ce prix dans l'avenir) que l'aspect performance au travers des différents sous-rendements. Nous avons aussi estimé, pour les différentes solutions technologiques, des rendements moyens.

Il est temps de nous intéresser maintenant un peu plus en détail à ces différentes technologies, et nous commencerons dans cet article par la solution qui reste à ce jour la plus répandue, à savoir la chaudière.

Loin de moi l'idée de vous apprendre le fonctionnement des chaudières, puisque vous avez comme moi eut le plaisir d'en étudier les principes de fonctionnement et que pour certains vous baignez de plus dans le monde de la chaudière de manière professionnelle.

Par contre, il me semble intéressant d'examiner avec vous certains aspects oubliés ou sous-estimés des chaudières classiques, de manière à envisager les limites de cette technologie et pourquoi pas les solutions pour en augmenter le rendement. En insistant d'emblée sur le fait qu'il est impossible en la matière d'être exhaustif tant les technologies évoluent rapidement et les industriels sont inventifs. Mille excuses donc en cas d'oubli de l'un ou l'autre cas de figure.

Commençons par simplement rappeler que les chaudières se regroupent en général en deux familles principales, qui sont les chaudières ordinaires et les chaudières à condensation. Et que ces chaudières brûlent un combustible (pour en extraire de la chaleur), ce combustible étant le plus souvent du gaz (naturel voire propane) ou du mazout de chauffage, mais pouvant être aussi de la biomasse (sous forme de pellet, de plaquettes, de déchets ou même de bûches).

### Les chaudières à condensation

Les chaudières à condensation sont les plus performantes, puisqu'en plus de brûler le combustible pour en récupérer le contenu énergétique au niveau de la flamme, elles tentent de récupérer également l'énergie latente de la vapeur d'eau (les produits d'une bonne combustion sont pour l'essentiel du CO<sub>2</sub> et du H<sub>2</sub>O) contenue dans les fumées de combustion en provoquant une condensation de cette vapeur. Et qu'elles en profitent pour récupérer une partie de la chaleur des fumées en les refroidissant (de 140 ou 150 à 40 ou 50°C).

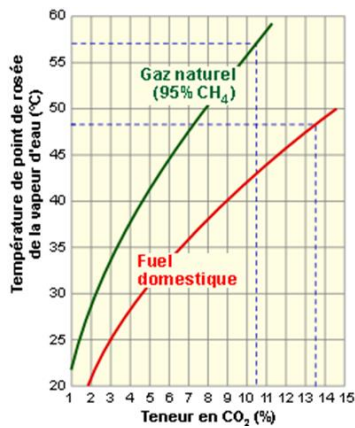
C'est en ajoutant l'énergie récupérée à la combustion et l'énergie récupérée par la condensation que l'on atteint des rendements qui dépassent allègrement les 100%.

Par contre, on notera aussi qu'en fonction du combustible, la quantité de H<sub>2</sub>O « vapeur » contenue dans les fumées varie. Ce qui implique un potentiel de récupération d'énergie latente différent selon le combustible. Ainsi :

- Pour le gaz naturel : PCS = PCI + 10,8%
- Pour le mazout : PCS = PCI + 6,6%

Comme on le constate, dans le cas du gaz naturel, on peut récupérer jusqu'à près de 11% de rendement supplémentaire, alors que dans le cas du fuel ce supplément maximum n'est que de 6,6%.

Ensuite se pose un autre problème. En effet, pour que la condensation soit complète (et donc la



récupération d'énergie la plus grande possible) il faut que la température des fumées descende largement en-dessous du point de rosée. Si ce n'est pas le cas, seule une partie de l'eau condense et seule une partie de l'énergie est récupérée. On perd en efficacité. Or, dans le cas du mazout, la température à laquelle les fumées condensent est inférieure de presque 10°C à celle de condensation dans le cas du gaz.

De ce fait, il est plus difficile de faire condenser les fumées dans le cas d'une chaudière mazout que dans le cas d'une chaudière gaz.

Enfin, le mazout pose un troisième problème. En effet, le mazout contient du soufre, qui génère des condensats plus acides (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Ces condensats sont donc plus agressif pour la cheminée et pour l'échangeur, et donc plus difficile à gérer. D'autant plus que la quantité d'eau condensée est plus faible, avec un taux d'acide sulfurique plus élevé.

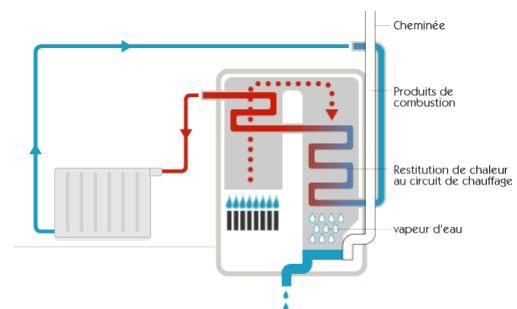
Ces différents éléments expliquent donc qu'il n'est pas rare qu'une chaudière gaz à condensation atteigne des rendements de l'ordre de 107 ou 108%, alors que les chaudières mazout à condensation ont plutôt tendance à plafonner autour des 102 ou 103%.

De plus, au vu des complications générées par l'acidité élevée des condensats « mazout » on comprend aisément pourquoi les chaudières mazout à condensation sont sensiblement plus chères que celles non à condensation, alors que pour les chaudières gaz le surcout est minime, au point que les chaudières gaz non condensantes disparaissent progressivement du marché.

Et le bois me direz-vous ? Eh bien, pour l'instant les chaudières bois à condensation sont encore extrêmement marginales, et les informations à ce sujet peu disponible.

Au vu des explications ci-dessus il devient aussi clair que nos bonnes vieilles cheminées en brique, bien poreuses, risquent de ne pas apprécier le passage à une chaudière à condensation. Dans le cas du gaz à cause des condensats, et donc de l'humidité qui va s'emparer de la cheminée. Elle sera donc toujours tubée, en général en tubage inox. Dans le cas du mazout s'ajoute le problème de l'acidité, et on recourra alors à un tubage en polyéthylène, plus résistant aux attaques acides.

Enfin, dans le cas du mazout il est parfois interdit de rejeter les condensats acides tels quels à l'égout, et il faudra prévoir une neutralisation de ceux-ci avant rejet, par exemple via un bac de neutralisation équipé de charbon actif (surtout pour les grandes installations et chaudières de forte puissance).



Pour terminer, attirons aussi l'attention sur le fait que les condensats sont générés en quantité importante, pouvant atteindre théoriquement 0,89 litres par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, ou 0,88 litres par litre de fuel consommé. Ce ne sont donc pas des volumes d'eau négligeables, et un raccordement à l'égout est vraiment nécessaire.

Mais ... encore faut-il qu'elles condensent, ces chaudières à condensation.

Or, pour récupérer cette chaleur latente, et donc refroidir les fumées, la technique utilisée est d'utiliser le retour froid du circuit de chauffage, et de faire passer ce retour froid dans un échangeur

qui baigne dans les fumées. Mais comme nous l'avons vu plus haut, la température de condensation des fumées est relativement basse, de 57°C pour le gaz ou 48°C pour le mazout. Il y a donc intérêt à ce que le retour froid soit ... le plus froid possible.

Ce qui nous amène à l'élément clé d'une installation de chaudière à condensation, à savoir la sonde extérieure. En effet, c'est cette sonde extérieure qui permettra, via la régulation, de déterminer au mieux la température de départ du circuit de chauffage, pour garantir un retour à la température la plus basse possible, retour qui garantira la condensation la plus efficace possible.

Il est donc essentiel que toute chaudière à condensation soit effectivement équipée d'une sonde extérieure, faute de quoi cette chaudière pourrait bien ne condenser que ... par hasard et de temps en temps, perdant ainsi l'essentiel de son avantage de rendement.

### Les chaudières traditionnelles



Nous n'entrerons pas dans une description détaillée des nombreuses variantes de chaudières traditionnelles, car les NUG des quinze prochaines années n'y suffiraient pas.

Mentionnons simplement que le rendement d'une chaudière gaz non à condensation peut aller de moins de 90% pour des chaudières plus anciennes à 92% pour des chaudières à pré-mélange et atteindre 94% avec un brûleur pulsé (valeur également atteinte pour une chaudière mazout non à condensation avec un bon brûleur pulsé bien réglé).

Et retenons que la chaudière à condensation est la bonne solution. Qui justifie quasiment toujours de remplacer une chaudière gaz traditionnelle par une chaudière à condensation. Dans le cas du mazout nous serons par contre plus nuancés, à cause du gain de rendement moindre et du prix plus élevé de la chaudière.

### Les chaudières à bois

Elles se distinguent des chaudières gaz ou mazout modernes par le fait que la température de retour de la boucle de chauffage ne peut pas descendre sous une valeur qui est souvent de l'ordre de 50 à 60°C, ce qui influence éventuellement la conception du circuit de chauffage.



De plus la modulation de puissance des chaudières bois est souvent plus limitée, à cause de la physique de combustion du bois. De ce fait, il est fréquent d'intercaler dans le circuit de chauffage primaire un ballon tampon qui permet à la chaudière de travailler avec moins d'intermittence. On considère en effet en chaudières domestiques un cycle de fonctionnement minimum de 30 minutes pour les chaudières à pellet et même de 1 heure pour les chaudières à bûche, soit beaucoup plus que les chaudières mazout ou gaz traditionnelles. Un ballon tampon prend donc tout son sens en intersaison, là où les besoins sont plus faibles.

Une autre distinction entre chaudières à bois tient à la forme solide du combustible. Les chaudières à bûche sont alimentées manuellement par l'utilisateur, et ont donc une alimentation intermittente qui nécessite une intervention manuelle régulière. Les chaudières à pellet ou à plaquette sont quant à elles alimentées en automatique, souvent via une vis sans fin. Leur fonctionnement est donc

continu sans intervention humaine, se rapprochant de ce point de vue de la solution mazout. Sans toutefois perdre de vue que toutes possèdent un bac à cendre et que celui-ci doit être régulièrement vidé.

Quel que soit la forme du combustible bois, ces chaudières présentent un fonctionnement similaire. Tout d'abord le bois est placé dans la zone de remplissage (bûches) ou le foyer (pellet ou plaquettes). C'est dans cette zone qu'il est attaqué par l'air primaire. Les gaz riches générés par cette première phase, essentiellement du CO et de l'hydrogène H<sub>2</sub>, sont ensuite acheminés vers la zone de combustion où l'oxydation complète est réalisée par l'air secondaire. Les gaz de combustion issus de la seconde étape, essentiellement de la vapeur d'eau et du CO<sub>2</sub>, sont à haute température. Ils sont admis dans l'échangeur thermique pour réchauffer l'eau de la chaudière.

Ces chaudières annoncent des rendements normalisés importants, de plus de 90%. Ils sont toutefois influencés négativement par la longueur des cycles (qui influencent la qualité de la combustion) et par la qualité du combustible (bûches surtout).

Les chaudières à bois sont donc une solution intéressante, mais ne constituent pas la solution parfaite. En effet, insistons d'abord sur le fait que si le bois, lors de sa combustion, émet du CO<sub>2</sub> qui n'a pas d'influence sur le réchauffement climatique, c'est seulement parce que ce bois a absorbé ce CO<sub>2</sub> lors de sa croissance. Cela implique donc l'usage d'un bois durable, renouvelé en cycle court, et de sources locales.

De plus, n'oublions pas que le bois est un combustible naturel, donc non « normalisé ». Sa composition est assez disparate, et les chaudières qui le brûlent auront toujours difficile de produire des fumées aussi « propres » que celles issues de la combustion de combustibles industriels. En particulier, rappelons que le bois est un gros émetteur de particules fines, et que ces particules sont à l'origine de nombreuses maladies respiratoires. Le tableau ci-dessous en donne d'ailleurs une idée pour plusieurs combustibles :

Combustible	Sur énergie primaire		
	Nox (mg/kWh)	SO <sub>2</sub> (mg/kWh)	Particules fines (mg/kWh)
Gaz	140,0	111,0	4,8
Mazout	240,0	600,0	27,0
Bois pellets	344,0	472,0	132,0
Bois bûches	235,0	320,0	90,0
Electricité réseau belge*	459,0	392,0	15,4

Nous nous retrouverons dans le prochain numéro pour aborder les pompes à chaleur. Suite au prochain numéro ...

A .Xhonneux, Administrateur Délégué d'EnerConsult SA

