

Influence de la capacité du gicleur sur les performances énergétique et environnementale d'une chaudière domestique de chauffage au fuel léger

Par Ph. Ngendakumana et C. Masy – Laboratoire de Thermodynamique – Université de LIEGE – Belgique

La pulvérisation (dite aussi "atomisation") est la première étape de la combustion d'un hydrocarbure liquide avant la vaporisation, le mélange entre le combustible et le comburant suivi par la combustion proprement dite. De la qualité de la pulvérisation dépend non seulement le rendement thermique de la chaudière mais aussi les émissions de polluants (NO_x , CO et hydrocarbures imbrûlés). Une recherche a été menée au Laboratoire de Thermodynamique de l'Université de Liège afin d'étudier l'influence de la pression d'injection du combustible sur les performances d'une chaudière au mazout disponible au Laboratoire, dont la puissance nominale est d'environ 420 kW. Le but de la recherche était de déterminer le couple pression d'injection du combustible – capacité (ou diamètre) de gicleur permettant d'obtenir une puissance utile donnée

Tableau 1: Capacité des gicleurs utilisés et pression d'injection adoptée.

Gicleur (débit en kg/h à 20 bar)	Pression d'injection adoptée (bar)
30	30.0
35	20.8
40	17.0
45	14.2

tout en garantissant le plus faible niveau d'émissions de polluants. Outre l'étude en régime stationnaire, la recherche a porté également sur les performances lors du démarrage du brûleur.

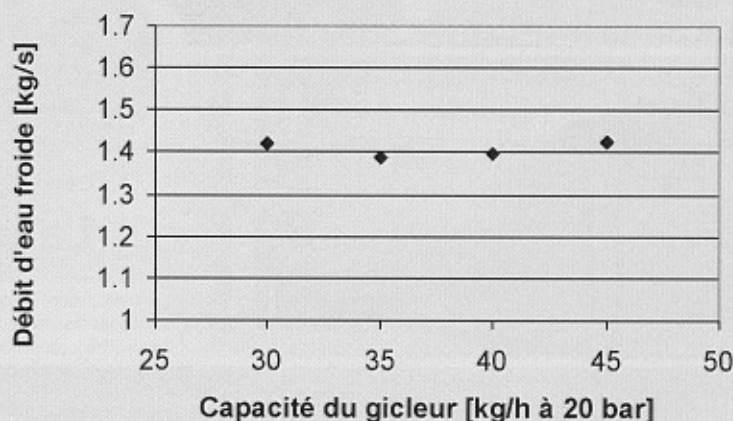


Figure 1 : Débit d'eau froide dans la chaudière.

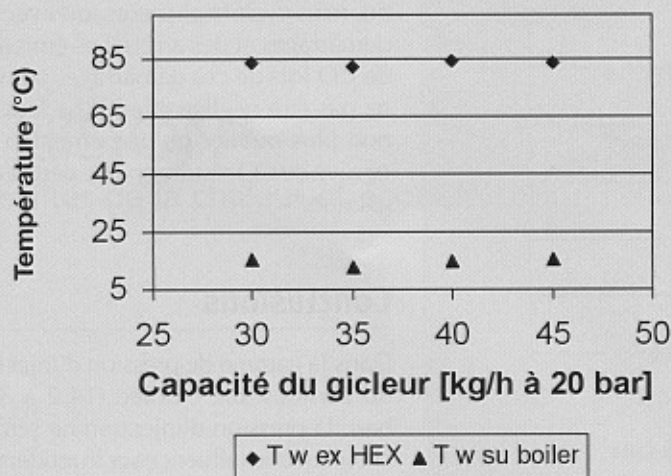


Figure 2 : Température de l'eau dans la chaudière.

Essais réalisés

Pour mener à bien cette étude, 4 gicleurs "à retour" de différentes capacités (ou de diamètres de sortie différents) ont été utilisés sur le brûleur à mazout équipant la chaudière en question. Le tableau 1 récapitule la capacité des gicleurs utilisés ainsi que la pression d'injection du combustible adoptée afin de maintenir constante la puissance consommée par le brûleur (soit un débit de combustible égal à 37.7 kg/h). On notera que la pression d'injection du combustible varie de 14.2 bar pour le gicleur 45 à 30.0 bar pour le gicleur 30. Pour une comparaison aisée des résultats, le débit (figure 1) et les températures (figure 2) de l'eau dans la chaudière ont été maintenus constants.

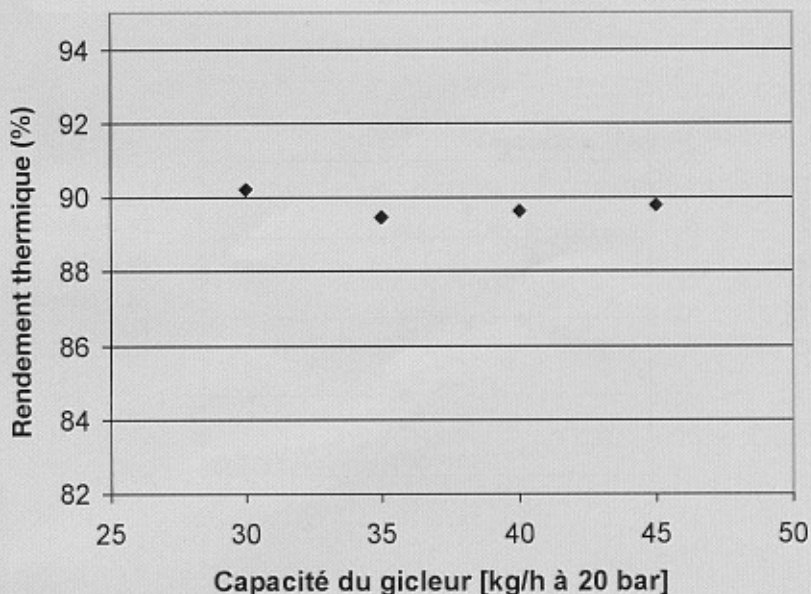


Figure 3 : Rendement thermique de la chaudière en régime stabilisé.

Les émissions de CO et de NO ont été mesurées au moyen d'analyseurs classiques de gaz de combustion dont la précision est de l'ordre de 1 ppmv (part par million et ce par volume).

Résultats obtenus

Le rendement thermique de la chaudière en régime stationnaire est fourni à la figure 3 pour les différents gicleurs utilisés. Comme on pouvait s'y attendre, ce rendement est constant (à la précision des mesures près), vu que la puissance consommée par le brûleur, le débit et la température de l'eau introduite dans la chaudière ont été maintenus

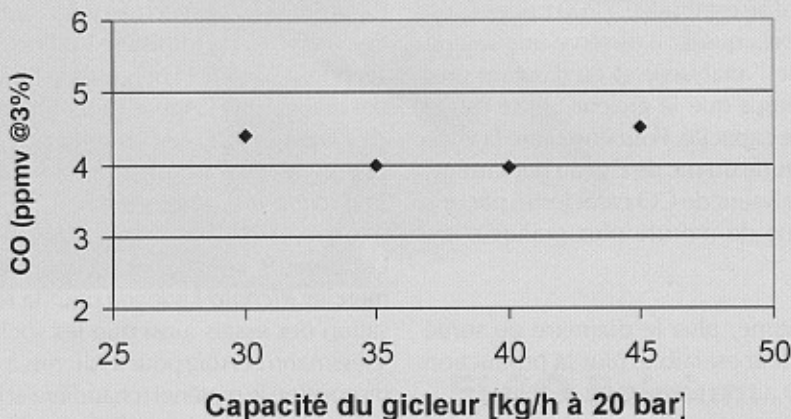


Figure 4 : Emissions de CO de la chaudière en régime stabilisé.

constants. Le rendement thermique ainsi obtenu est de l'ordre de 90 ± 0.5 %.

Les émissions (ramenées à 3% d'O₂ dans les fumées) de CO et NO en régime stationnaire sont respectivement données aux figures 4 et 5. A la figure 4, on voit que les émissions de CO sont de l'ordre de 4 à 5 ppmv. Pour les émissions, les gicleurs 30, 35 et 40 ont conduit à une valeur de l'ordre de 97-98 ppmv. La valeur trouvée pour le gicleur 45 est environ 5 ppmv plus basse que pour les autres gicleurs. Cela s'explique par une humidité spécifique de l'air de combustion plus élevée que pour les autres tests.

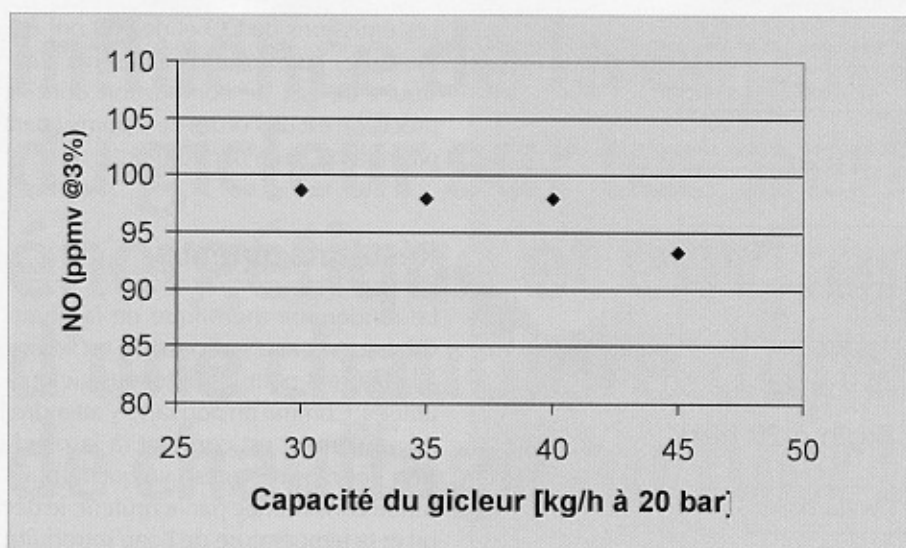


Figure 5 : Emissions de NO de la chaudière en régime stabilisé.

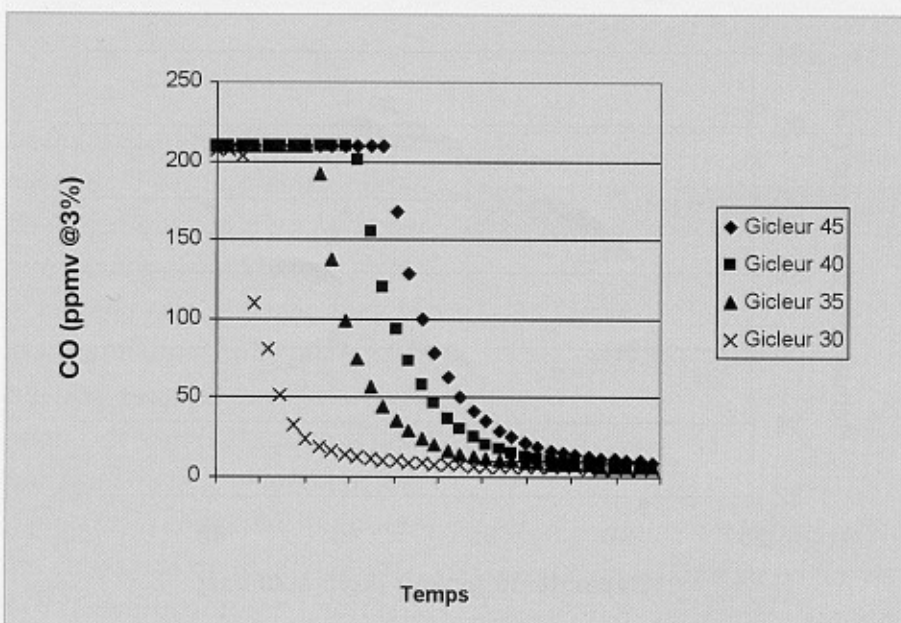


Figure 6 : Emissions de CO de la chaudière au démarrage (à froid).

La figure 6 fournit l'évolution des émissions de CO au démarrage. Cette figure montre clairement que plus le gicleur utilisé est de grande capacité (faible pression d'injection), les émissions (excessives) de CO au démarrage durent plus longtemps. Lors du démarrage du brûleur, le gicleur de 45 associé à une très basse pression d'injection a pour conséquence la formation de grosses gouttelettes; ce qui augmente le risque de formations d'hydrocarbures imbrûlés et de CO.

On notera également à la figure 6 que l'étendue de mesure de l'analyseur de

CO utilisé est limitée à 200 ppmv. C'est pour cela que l'on observe une saturation de l'analyseur et ce d'autant plus longtemps que le gicleur utilisé est de grande capacité. Pour connaître la vraie amplitude du pic de CO au démarrage, un analyseur de CO caractérisé par une étendue de mesure plus grande s'impose.

En résumé, plus le diamètre de sortie du gicleur est faible, plus la production de CO au démarrage est réduite.

La plupart des chaudières mises sur le marché étant en général surdimension-

nées, elles ne fonctionnent pas en continu, mais cyclent plusieurs fois avec des démarrages et des arrêts. Les émissions de CO lors de ces démarrages peuvent ne pas être négligeables. Il ne faut pas non plus oublier qu'une émission excessive de CO résulte en une perte énergétique.

Conclusions

Dans la gamme de pression d'injection du combustible étudiée (14.2 à 30.0 bar), la pression d'injection ne semble avoir aucune influence sur le rendement thermique et les émissions de polluants de la chaudière et ce en régime de fonctionnement continu de la chaudière.

Ce n'est toutefois pas le cas durant la période de démarrage du brûleur. En effet l'évolution des émissions de CO montre que pour un gicleur de grande capacité (grand diamètre de sortie), le pic d'émission dure plus longtemps que pour un gicleur de faible capacité (faible diamètre de sortie).

Lors d'un remplacement de gicleur, cette étude conduit à recommander l'utilisation de gicleurs ayant une capacité la plus faible possible associés à des pressions d'injection de combustible les plus élevées possibles. C'est ce couple qui semble le mieux répondre aux exigences tant énergétique qu'environnementale.

Remerciements

Cette étude a été effectuée grâce au soutien financier du Ministère Wallon de la Technologie et de l'Énergie dans le cadre des activités de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) - Accord d'Exécution *Energy Conservation and Emissions Reduction in Combustion*.

Les auteurs voudraient également remercier *Richard Ladenda* pour la réalisation des essais ainsi que les sociétés *Viessmann* et *Abig* pour avoir mis à leur disposition le matériel (chaudière et brûleur respectivement) utilisé pour la réalisation de cette étude.