

UN PETIT POÊLE À PELLETS AU GRAND POTENTIEL

Les chauffages au bois permettent de produire de l'énergie thermique à partir d'une matière première renouvelable, neutre en CO₂ et qui est disponible en abondance en Suisse. Les pellets sont un combustible très répandu dans les systèmes de chauffage au bois. Si les poêles à pellets sont utilisés pour chauffer des pièces individuelles dans des bâtiments neufs dotés d'une bonne isolation thermique, ils sont aujourd'hui souvent surdimensionnés par rapport à leur objectif. Dans ce contexte, un projet de recherche international auquel participe la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse a développé un poêle à pellets de petite taille. Une technique de poêle innovante combinée à une stratégie de régulation avancée permet d'obtenir un rendement élevé et de faibles émissions.

Les pellets sont maniables et peuvent être brûlés de manière automatisée. Les pellets de bois sont utilisés aussi bien dans les centrales électriques et les installations de combustion industrielles que dans les habitations. Dans ce cas, des chaudières à pellets produisent de la chaleur de chauffage et de



L'équipe de chercheurs de la FHNW a travaillé sur deux prototypes de poêles à pellets : Le premier a permis de tester le concept, tandis que le second (photo) est déjà orienté, dans son mode de construction, vers une future production en série. Photo : FHNW

l'eau chaude dans des systèmes de chauffage central, ou des poêles à pellets sont utilisés - à plus petite échelle - pour chauffer une ou plusieurs pièces, ceci en général en complément d'un chauffage qui fournit la chaleur de base dans le bâtiment. Environ 11 000 poêles à pellets pour le chauffage de pièces individuelles sont utilisés en Suisse (situation fin 2020).

Les chaudières et poêles à pellets se sont fortement développés en Autriche, mais également en Allemagne (du sud) au cours des 20 dernières années. Les poêles à bois ont encore un grand potentiel inexploité en Suisse, affirme Tom Strebel. Constructeur de machines de formation, il a travaillé chez Alstom dans le développement de turbines à gaz et est aujourd'hui collaborateur scientifique à l'Institut pour la biomasse et l'efficacité des ressources (IBRE) de la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse (FHNW) à Windisch (AG). Au cours de la dernière décennie, l'IBRE a développé des compétences dans le domaine des chauffages au bois. C'est également ici que se trouve le seul centre de contrôle suisse pour les chauffages au bois.

Un petit poêle pour les nouvelles constructions bien isolées

Les poêles à pellets destinés au chauffage de pièces individuelles ont aujourd'hui typiquement des puissances de 8 à 10 kW. Ils permettent ainsi de chauffer les pièces rapidement. Une fois la chaleur répandue, la puissance fournie par les

poêles peut être réduite de 40%, tout en maintenant une température constante. Les poêles fournissent alors de la chaleur à hauteur de 3 à 4 kW et sont ainsi surdimensionnés pour les habitations modernes et bien isolées, explique Tom Strebel. Cette observation a donné lieu au développement d'un poêle à pellets de petite taille (appelé micro-poêle à pellets) d'une puissance nominale de 4 kW qui peut être réduite à 1,3 kW.

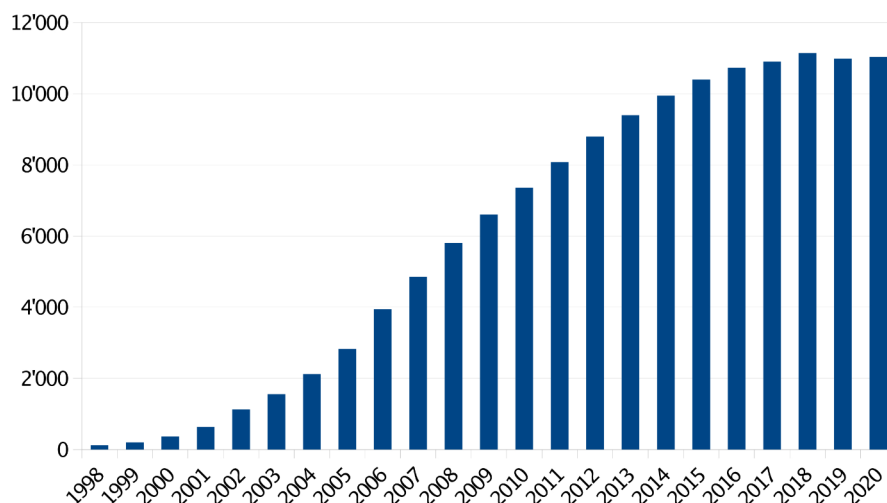
Le développement du poêle à pellets a eu lieu dans le cadre d'un partenariat international sous l'égide du programme européen de recherche et de développement « ERA-NET Bioenergy »: BIOS Bioenergiesysteme GmbH (Graz/A) a assuré le développement et la conception du nouveau micro-poêle à pellets en collaboration avec RIKA Innovative Ofentechnik GmbH (Micheldorf/A), BIOS étant chargée de la coordination du projet. LAMTEC Mess- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co. KG (Walldorf/D) a apporté des capteurs pour la mesure du monoxyde de carbone (CO). Enfin, une équipe de chercheurs de la FHNW s'est occupée du développement d'une régulation innovante. L'OFEN a soutenu financièrement ce sous-projet.

Haut degré d'efficacité

La nouvelle régulation, combinée à la technologie optimisée des micro-poêles à pellets, doit garantir que le poêle à pellets fonctionne en continu avec un rendement maximal, et ce sans augmentation des émissions de CO et de particules fi-

Poêles à pellets en Suisse

Selon les statistiques d'Energie-bois Suisse, un peu plus de 11 000 poêles à pellets étaient en service fin 2020.
Graphique : B. Vogel





Energie compacte : un stock de pellets de bois. Photo : Shutterstock

nes. Pour la nouvelle régulation, le poêle à pellets a été équipé d'un capteur de CO et d'un capteur de température. Ces derniers mesurent la teneur en CO et la température des gaz de combustion à leur sortie de la chambre de combustion. En connaissant ces valeurs, il est possible de maintenir le four à son point de fonctionnement optimal en ajoutant plus ou moins d'air dans la chambre de combustion (voir p 5.).

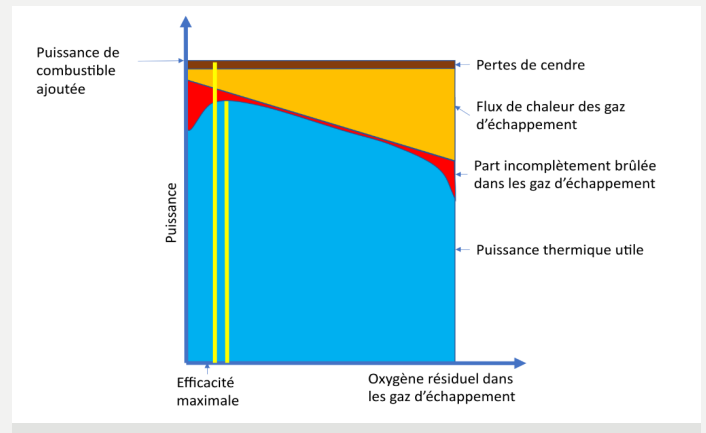
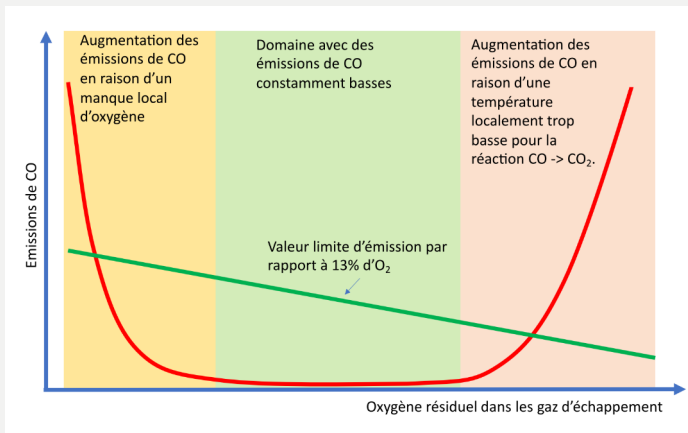
Les chercheurs de la FHNW ont testé avec succès la stratégie de régulation nouvellement développée sur deux prototypes du poêle. Des essais ont permis d'atteindre un rendement de 93% à charge nominale et jusqu'à 97% à charge partielle. « Il s'agit de très bonnes valeurs, supérieures de plusieurs pourcents à celles obtenues par les poêles à pellets précédents », explique Tom Strebel. Durant l'optimisation du rendement, les chercheurs devaient veiller à ce que la température des gaz d'échappement ne baisse pas trop afin d'éviter une condensation indésirable (formation de liquide) dans les gaz d'échappement. Pour cela, des mesures constructives spéciales ont été nécessaires lors de la construction du poêle (abandon des ailettes de l'échangeur de chaleur, isolation supplémentaire).

Le jumeau numérique du poêle à pellets

Le micro-poêle à pellets existe sous forme de prototype. Avec 66 mg par mètre cube normalisé (m^3N) de CO, la valeur limite annuelle de la directive européenne sur l'écoconception (300 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$) est largement respectée. Avec 3,1 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$, les valeurs limites de l'UE pour les poussières fines (20 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ par rapport à une teneur résiduelle en oxygène de 13%) sont également clairement respectées. Un processus d'industrialisation de plusieurs années est encore nécessaire avant d'aboutir à un produit commercial. Si la stratégie de régulation de la FHNW venait à être utilisée dans un nouveau poêle, le capteur de CO devrait être perfectionné. Il doit notamment pouvoir être construit plus petit et à moindres coûts.

Même si le nouveau micro-poêle à pellets est encore de la musique d'avenir, les chercheurs de la FHNW considèrent ce projet de recherche comme un succès. Ils ont pu développer la nouvelle stratégie de régulation sur une période relativement courte car ils ont conçu sur ordinateur un « jumeau numérique » du poêle à pellets. Il s'agit d'un modèle qui reproduit fidèlement le processus de combustion du poêle réel. Grâce à ce modèle, il est possible de tester différentes straté-

EFFICACITÉ GRÂCE À DES CAPTEURS DE CO ET DE TEMPÉRATURE



Les chercheurs de la FHNW ont poursuivi l'objectif de faire fonctionner un micro-poêle à pellets développé par BIOS et RIKA avec un rendement élevé et de faibles émissions de CO. Les émissions de CO (monoxyde de carbone) dépendent de la quantité d'air disponible pour le processus de combustion (voir graphique à gauche) : si l'apport d'air est insuffisant (ce qui correspond à peu d'oxygène résiduel dans les gaz d'échappement), il y a un manque d'oxygène dans la chambre de combustion, ce qui entraîne des émissions élevées de CO. En revanche, les émissions de CO sont également élevées en cas d'apport d'air excessif (correspondant à une grande quantité d'oxygène résiduel dans les gaz d'échappement) dans la mesure où il règne alors une température trop basse dans la chambre de combustion, ce qui empêche la transformation complète (oxydation) du CO en CO₂. Si l'apport d'air est correctement dosé, les émissions de CO sont faibles.

On parle de rendement élevé lorsqu'une part maximale de l'énergie contenue dans les pellets est transformée en chaleur de chauffage. Pour y parvenir, il faut minimiser les pertes (voir graphique à droite). La perte la plus importante est le flux de chaleur des gaz de combustion, c'est-à-dire la chaleur qui s'échappe dans l'environnement avec les gaz de combustion à travers le poêle. Pour réduire au maximum ces pertes, l'excédent d'air (oxygène résiduel) dans les gaz d'échappement doit être maintenu aussi bas que possible.

La nouvelle régulation développée à la FHNW vise à maintenir le rendement maximal pendant le fonctionnement continu (sans dépasser la valeur limite pour les émissions de CO) du micro-poêle. Pour atteindre cet objectif, la régulation réduit l'apport d'air (et ainsi d'oxygène résiduel) jusqu'au point où les émissions de CO commencent à augmenter en raison d'un manque d'oxygène. Pour y parvenir, la teneur en CO des gaz d'échappement est déterminée en permanence par un capteur. « La mesure directe des émissions de CO dans les gaz de combustion permet de s'assurer que le poêle à pellets fonctionne toujours au point de fonctionnement optimal », écrivent les chercheurs dans le rapport final de l'OFEN. Contrairement aux régulations précédentes, basées sur une valeur de température fixe, la nouvelle régulation fonctionne sans définir de point de fonctionnement fixe.

Il est impossible de réguler l'apport d'air uniquement sur la base des émissions de CO mesurées, car les émissions de CO ne varient pas sur une plage relativement large de la teneur en oxygène résiduel (voir graphique à gauche). Afin d'obtenir un rendement optimisé via l'apport d'air, un capteur de température est utilisé en plus du capteur de CO. Des capteurs de température sont aujourd'hui déjà utilisés de manière standard dans les poêles à pellets. BV.

gies de contrôle, et ce beaucoup plus rapidement que lors d'essais réels. Le responsable de la création du modèle est Daniel Lustenberger, qui a étudié le génie mécanique à l'Éco-

le polytechnique fédérale de Zurich. Entre-temps, il travaille comme assistant scientifique à la Haute école spécialisée à Windisch.

Faire avancer la bioénergie

« Le modèle renforce les compétences de notre institut dans le domaine du chauffage au bois et peut être adapté à d'autres systèmes de combustion », explique Daniel Lustenberger. Les chercheuses et chercheurs de la FHNW souhaitent apporter leur savoir-faire à d'autres projets de développement de la bioénergie. Pour pouvoir le faire, un projet de suivi est déjà envisagé, auquel les fabricants suisses de chaudières à bois devraient également participer.

- Vous trouverez d'**avantage de détails** concernant le projet sur <https://www.bio-micro-stove.eu/>.
- Le **rapport final** du projet de recherche 'LowEMI Micro-stove - Développement d'un nouveau micro-poêle à pellets avec une régulation avancée, des coûts réduits et de faibles émissions' est disponible sur: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44257>
- Dr Sandra Hermle (Sandra.Hermle@bfe.admin.ch), directrice du programme de recherche de l'OFEN sur la bioénergie communique des **informations** sur ce projet.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine de la bioénergie sur www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie.



Vue de l'accumulateur qui alimente le poêle en pellets. Photo : FHNW