# L'ENERGIE CONTENUE DANS LES PLAQUETTES DE BOIS

Le bois est une ressource appréciée pour la production d'eau de chauffage et d'eau chaude. Malgré cela, les fournisseurs de plaquettes de bois ne connaissent généralement pas leur teneur énergétique précise, tout comme les exploitants de centrales de chauffage. Une équipe de chercheurs de la Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) à Yverdon souhaite y remédier: les scientifiques ont construit une installation permettant de déterminer la teneur énergétique des plaquettes de bois lors de leur livraison à la centrale de chauffage à bois. Cette méthode pourrait permettre de rendre la production de chaleur à partir du bois plus efficace et écologique.

Thierry Stäger, chercheur à la HEIG-VD se sert de la nouvelle installation de mesure. Le boitier gris argenté au-dessus du convoyeur est l'instrument infrarouge pour la mesure de l'humidité. La plaque jaune posée directement sur les plaquettes de bois sert à déterminer l'humidité avec des micro-ondes (en partie cachée par l'instrument IR sur la photo). Photo: B. Vogel

Article spécialisé concernant les connaissances acquises lors d'un projet de recherche dans le domaine de la bioénergie soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé Schweizer Landtechnik (édition avril 2018).

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Office fédéral de l'énergie OFEN**

Quel est le bois le mieux adapté pour la cheminée ou le poêle en faïence ? Les bûches de chêne génèrent une braise durable, le hêtre est connu pour ses belles flammes et le bouleau pour son odeur agréable. Les résineux comme le sapin et le pin brûlent plus rapidement car ils ont une moindre densité. Une chose s'applique malgré toutes ces différences : la quantité de chaleur produite par la combustion d'un kilogramme de bois est pratiquement identique avec tous les types de bois. Le pouvoir calorifique du bois est essentiellement déterminé par deux facteurs d'influence : la masse et l'humidité. Quiconque souhaite déterminer le contenu énergétique des plaquettes de bois doit les peser et déterminer leur teneur en humidité.

## Rémunération en fonction du contenu énergétique au lieu de la chaleur produite

C'est exactement ce que Roger Röthlisberger, Julien Ropp et Thierry Stäger n'ont cessé de faire au cours des deux dernières années. M. Röthlisberger est professeur à la Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) à Yverdon, M. Ropp est chef de projet et M. Stäger est ingénieur de projet dans la même institution. Avec leurs partenaires, les trois scientifiques ont construit une installation permettant de déterminer le contenu énergétique des plaquettes de bois avant la combustion. Roger Röthlisberger explique la motivation du projet de recherche : « Aujourd'hui, les fournisseurs de bois sont rémunérés en fonction de la chaleur générée avec leurs plaquettes de bois et non pas en fonction de la quantité d'énergie qu'elles contiennent effectivement. »

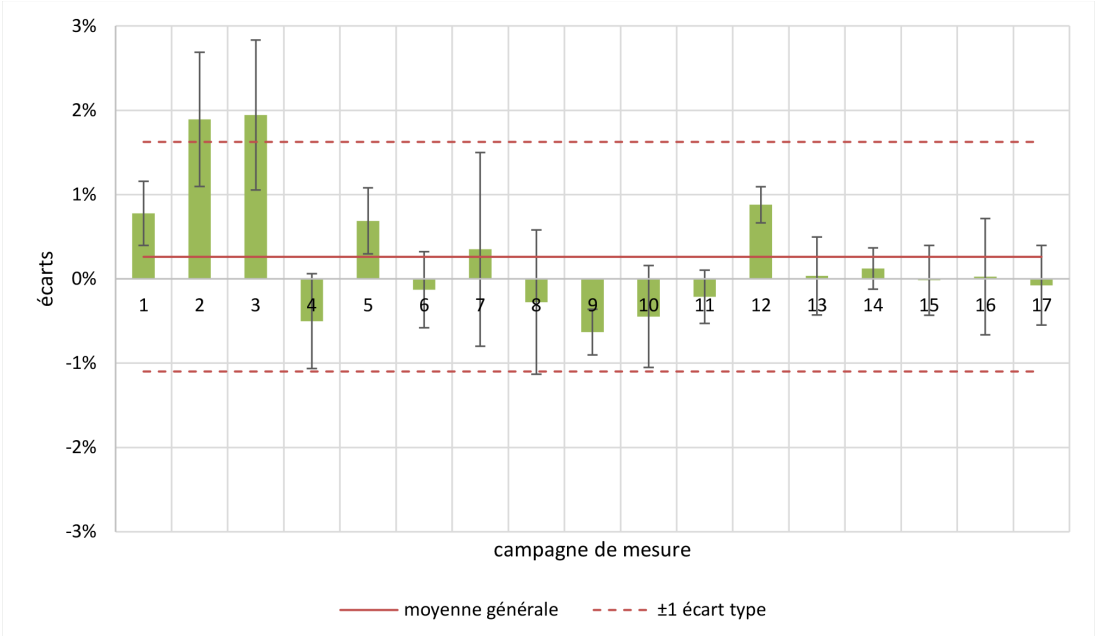
Installation de mesure utilisée pour l'essai de terrain chez le fournisseur de plaquettes de bois Germaplaket à Yverdon : dans le cadre de la démonstration, un tracteur déverse les plaquettes de bois dans la trémie qui arrivent ensuite sur la bande de convoyage. Photo : B. Vogel

Plus les plaquettes de bois sont humides, plus leur valeur calorifique est basse car une partie de l'énergie stockée dans le bois doit être utilisée pour l'évaporation de l'eau. Cette énergie est alors indisponible pour la production de chaleur. Sur l'image: Prof. Dr. Roger Röthlisberger de la HEIG-VD à Yverdon. Photo: B. Vogel

Pour M. Röthlisberger, il s'agit d'une différence subtile mais de taille. L'expérience montre en effet que la chaleur générée par une certaine quantité de plaquettes peut être jusqu'à deux fois moins élevée dans une centrale de chauffage d'efficacité médiocre que dans une centrale de chauffage de grande efficacité. Le plus dérangeant : si les plaquettes de bois ne génèrent que peu de chaleur, le préjudice financier n'incombe pas à l'exploitant de la centrale de chauffage mais au fournisseur de bois. M. Röthlisberger compare la situation à « un propriétaire d'une station-service qui ne serait pas payé pour l'essence mais pour les kilomètres parcourus par le conducteur. »

## Quelques secondes pour déterminer le contenu énergétique

L'installation conçue par les chercheurs vaudois pour déterminer le contenu énergétique a une structure relativement simple : lors de la livraison à la centrale de chauffage, les plaquettes de bois sont déversées dans une trémie d'alimentation puis arrivent sur une bande de convoyage. Celle-ci est équipée d'une balance et d'un instrument de mesure de l'humidité. Les dispositifs de mesure déterminent continuellement la masse et la teneur en eau des plaquettes de bois qui circulent. Lors d'une démonstration sur le terrain du fournisseur de plaquettes de bois Germaplaket à Yverdon, les choses se passent rapidement : un tracteur déverse deux godets de plaquettes de bois dans la trémie. La masse et l'humidité des plaquettes sont déterminées lors de leur passage sur la bande de convoyage. Après une demi-minute, toutes les plaquettes de bois sont passées par l'installation de mesure.



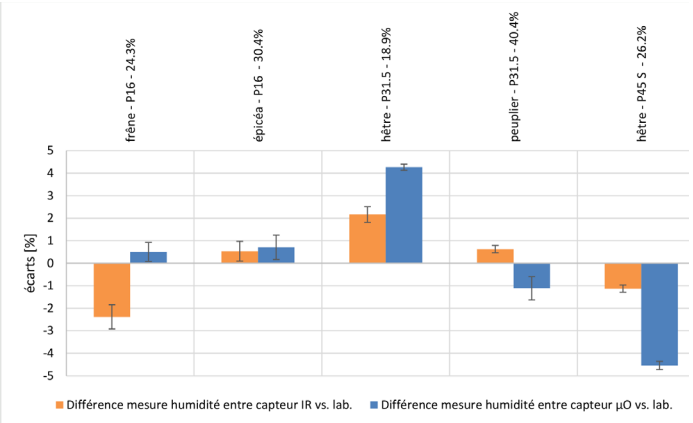

Le graphique montre avec quelle précision l'installation du laboratoire de la Haute École d'Yverdon a pu déterminer la masse des plaquettes de bois lors de 17 mesures. Les premières mesures étaient relativement imprécises mais l'amélioration de l'étalonnage a permis de réduire les erreurs de mesure pour obtenir une incertitude nettement inférieure à 1%. Les écarts mesurés correspondent à la différence entre la valeur indiquée par l'installation et celles de référence, données par les pesons sur lesquels repose la trémie d'alimentation. Graphique : HEIG-VD

L'écran affiche le résultat : 401 kg de plaquettes de bois avec une humidité de 29.8%. Il en résulte un contenu énergétique de 1'120 kWh.

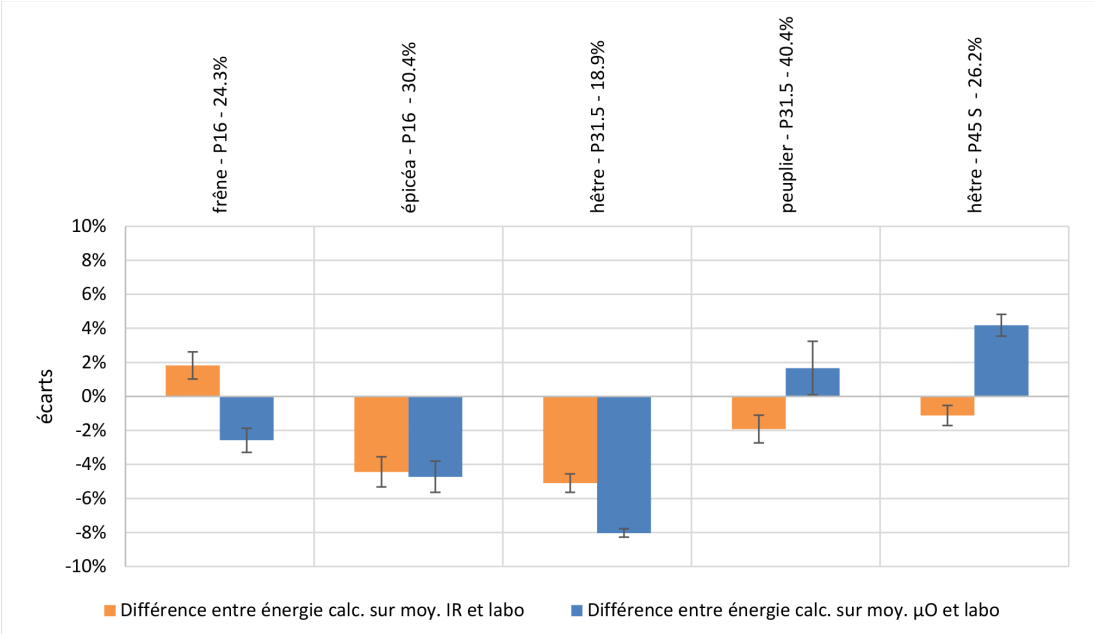
Dans une première étape, les scientifiques ont construit une installation de laboratoire dans les locaux de la HEIG-VD à Yverdon. Elle avait une capacité de 4 mètres cubes/minute. Les chercheurs ont ensuite utilisé cette installation sur le terrain du fournisseur de plaquettes de bois Germaplaket pour des mesures en conditions réelles. Les essais réalisés jusqu'à présent en laboratoire et sur le terrain ont confirmé l'aptitude de fonctionnelle de l'installation de mesure : « Nous avons pu mesurer la masse avec une précision de 1% et l'humidité avec une précision de 3%. Nous sommes ainsi en mesure de déterminer le contenu énergétique avec une erreur inférieure à 5% », affirme Roger Röthlisberger pour résumer le résultat principal du projet de recherche de deux ans (cf. graphiques au-dessus pour la masse, à droite pour l'humidité et p.4 au-dessus pour le contenu énergétique). Pour comparer : « dans les centrales de chauffage, les compteurs de chaleur déterminent aujourd'hui l'énergie produite par les chaudières avec une précision comprise entre 2 et 7% », affirme Röthlisberger, « à cela s'ajoute la plus grande imprécision qui résulte du rendement global estimé de l'installation. »

## Les infrarouges plus précis que les micro-ondes

Le projet intitulé «XyloChips» a été subventionné par l'Office fédéral de l'énergie et le Canton de Vaud. Au cours des prochains mois, les scientifiques veulent confirmer les résultats obtenus jusqu'à présent avec d'autres mesures de terrain. La mesure de l'humidité présente un résultat intermédiaire intéressant. Pour la déterminer, les chercheurs utilisent parallèlement deux méthodes de mesure différentes : l'une fonctionne avec des micro-ondes, l'autre avec un rayonnement infrarouge (IR). Contrairement à la mesure IR, la mesure à




Erreurs de mesure de l›installation de laboratoire lors de la mesure d'humidité par infrarouge (orange) et par micro-ondes (bleu) pour différents types de bois, différentes tailles de plaquettes (P16, P31, P45 S) et différents taux d'humidité (entre 18.9 et 40.4%). Les écarts sont déterminés par rapport à une mesure réalisée sur des échantillons selon la norme en vigueur : l'humidité est déterminée par une mesure de la masse à l'état brut et par une autre mesure de la masse après le séchage absolu du bois à 105 °C. Elle se détermine par le rapport entre la masse d'eau et la masse brute. La différence entre la masse brute et la masse après le séchage absolu représente la masse d'eau. Graphique: HEIG-VD




Erreurs de l'installation de laboratoire lors de la mesure du contenu énergétique de plaquettes de différents types de bois, de différentes tailles (P16, P31, P45 S) et de différents taux d'humidité (entre 18.9 et 40.4%). Les écarts mesurés se basent sur une mesure comparative réalisée indépendamment de l'installation test. Graphique: HEIG-VD

micro-ondes implique un contact direct de la sonde avec le bois, ce qui rend la mesure sujette aux erreurs. En revanche, l'avantage est que la mesure n'est pas réalisée uniquement à la surface des plaquettes, contrairement à la mesure IR, mais également en profondeur et par conséquent, elle est moins sujette aux différences de couleur et d'humidité de surface des plaquettes.

« Nos essais n'ont pas confirmé ces supposés inconvénients de la mesure IR », affirme Thierry Stäger. Elle s'est finalement révélée beaucoup moins sensible à l'humidité de surface des plaquettes que le celle réalisée par le micro-ondes lors d'un essai qui a consisté à arroser les plaquettes avec de l'eau lors de leur passage sur l'installation. Les différences de granulométrie des plaquettes de bois ont également provoqué de plus forte divergences sur le micro-ondes. La conclusion de Thierry Stäger est claire : « La méthode à infrarouge est actuellement la meilleure. » Pour combiner les avantages des deux technologies de capteur utilisées, les chercheurs souhaitent intégrer un autre type de capteurs à micro-ondes sans

## PLUS LE BOIS EST SEC, PLUS IL PRODUIT DE CHALEUR

Le bois doit être parfaitement sec pour produire le maximum de chaleur lors de sa combustion. L'eau stockée dans le bois réduit le rendement thermique car une partie de l'énergie de combustion se perd sous forme de chaleur de vaporisation.

Le fait est que le bois parfaitement sec n'existe pas dans la réalité. Le bois fraichement abattu a une humidité relative d'environ 50%, il se compose donc jusqu'à la moitié d'eau. C'est pourquoi les troncs et les branches sont généralement stockés pendant un certain temps dans la forêt, puis plus longuement une fois transformé en plaquettes. Les plaquettes séchées naturellement à l'air libre contiennent encore une humidité de 18 à 25%. Une alternative consiste à couper directement le bois en plaquettes et le laisser fermenter afin de réduire l'humidité à env. 25 à 30%. Toutefois, la fermentation réduit le contenu énergétique du bois. Certaines installations comme Enerbois à Rueyres/FR - la plus grande installation biomasse de Suisse Romande, sont conçues de telle sorte que les plaquettes de bois puissent être brûlées même à très grande humidité.

L'humidité et la taille des plaquettes de bois varient considérablement tandis que ces deux paramètres sont normalisés avec précision pour les pellets. Cela rend la détermination du contenu énergétique des pellets avant la combustion superflue. BV

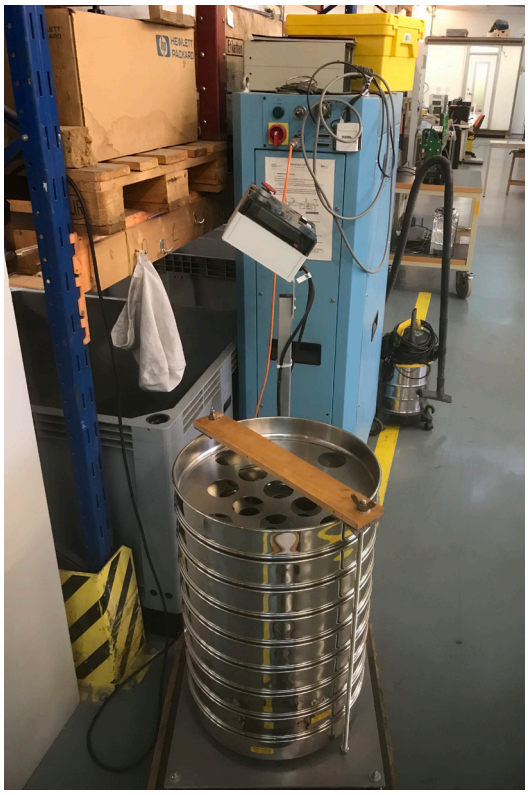
contact dans d'autres essais. Ce dernier est également disponible sur le marché mais plus cher que les instruments de mesure testés jusqu'à présent.

**Sur la voie de la commercialisation**

Dans le cadre d'un projet pilote, les chercheurs de la Haute École d'Yverdon souhaitent désormais tester leur installation de manière plus approfondie chez un utilisateur pendant une saison de chauffage. L'objectif est de simplifier considérablement l'installation afin de réduire les coûts de fabrication par installation à env. 50'000 Fr. afin d'augmenter les chances de commercialisation. La commercialisation de l'installation pourrait alors être réalisée par la société Aficor SA (Chanéaz/VD), un fabricant de machines forestières partenaire du projet, qui a déjà fabriqué le prototype. En Suisse, plusieurs centaines de producteurs de plaquettes de bois, mais également de grands consommateurs comme des centrales de chauffage, sont des clients potentiels pour des installations mobiles ou stationnaires. « Nous partons du principe que les producteurs de plaquettes de bois ont un intérêt économique pour de tels installations puisqu'ils peuvent perdre beaucoup d'argent dans la mesure où ils ne sont pas rémunérés de manière appropriée pour l'énergie qu'ils fournissent », affirme Roger Röthlisberger.

Röthlisberger et ses collègues sont confiants. De telles installations de mesure pourraient pousser les exploitants de centrales de chauffage à brûler le bois encore plus efficacement qu'aujourd'hui étant donné qu'ils y trouveraient un intérêt économique. Des installations modernes et correctement dimensionnées y contribuent ainsi que le type d'exploitation (à pleine charge : utilisation d'accumulateurs d'énergie ; réseaux basse température) et une bonne maintenance. Le bois en tant que source d'énergie pourrait ainsi être utilisé encore plus efficacement, ce qui permettrait également de réduire les émissions de polluants et ainsi d'améliorer la qualité de l'air : deux critères en accord avec la stratégie énergétique 2050 de la Confédération.

↗ Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), responsable du programme de recherche de l'OFEN sur la bioénergie, communiquent des **informations supplémentaires** sur le projet.



Cette pile de tamis dans le laboratoire de la HEIG-VD d'Yverdon sert à déterminer la taille (granulométrie) des plaquettes. Photo: B. Vogel

↗ Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et les démonstrations dans le domaine de la bioénergie sur www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.

Auteur: Dr. Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédérale de l'énergie (OFEN)
Version: Avril 2018