

DE LA VIGNE AU VERRE



À partir des sarmants de vigne, on peut produire du biométhane exploitable par l'industrie verrière.

© Gabard

Si le verre peut être facilement recyclé après usage (50 % du verre d'emballage est constitué de verre recyclé), sa fabrication à très haute température requiert beaucoup d'énergie. Comment réduire cette

empreinte écologique notable ? Trois options sont envisageables. Augmenter l'électrification des procédés de production de verre et utiliser de l'électricité renouvelable. Convertir les

fours, notamment de fusion de verre, à des combustibles renouvelables. Repenser et intensifier énergétiquement les procédés de production. ENGIE et un consortium d'industriels, notamment le verrier Verallia et la société

Xilowatt, se sont engagés dans la deuxième voie avec le projet *BioVive*. L'objectif, en trois ans, jusqu'en 2015, était de parvenir à alimenter un four de fusion de verre creux par un gaz de synthèse renouvelable (CO , H_2 , CH_4 ...) issu de la gazéification de la biomasse. Un pilote industriel a démontré la faisabilité de cette solution décarbonée. ENGIE poursuit par ailleurs ces travaux avec la mise en œuvre d'un procédé de production décentralisée de biométhane (le projet *Gaya*), vrai gaz naturel renouvelable, à partir de déchets ligneux issus de la taille de la vigne. D'autres solutions à base d'hydrogène vert produit de façon décentralisée sont à l'étude.

les IEI est évidente, tant ils seront des acteurs importants, de par leur capacité à jouer un rôle actif dans l'équilibrage des réseaux.

L'électrification peut être directe ou non. Dans le premier cas, on imagine en fonction des matériaux un chauffage par rayonnement effet Joule, par infrarouge, par induction... ENGIE est ainsi impliqué dans le projet de recherche européen *Destiny* pour les applications en céramique, ciment et acier, et dont l'objectif est de développer un nouveau concept de chauffage par microondes de matériaux granulaires.

HYDROGÈNE, BIOMASSE...

L'électrification indirecte regroupe les solutions où l'électron est transformé en un vecteur intermédiaire, comme l'hydrogène dans le « Power to Hydrogen », pour l'usage final, tel un chauffage à haute température. ENGIE a participé à la validation du concept pour les procédés industriels dans le cadre du Plan d'action national sur l'hydrogène. D'autres initiatives, tel le projet européen *Hybrit*, visent à remplacer le coke par de l'hydrogène dans les aciéries.

Les combustibles issus de la biomasse ont aussi un rôle à jouer dans la transition énergétique, et de fait, certains hauts-fourneaux sidérurgiques fonctionnent déjà avec de l'eucalyptus transformé en un équivalent de coke. Ce principe, encore difficilement transposable

partout, est un champ de recherche actif. Le projet *BioVive* mené par ENGIE est à ce titre emblématique (voir l'encadré ci-dessus).

La symbiose industrielle peut aussi aider à atteindre la neutralité carbone. Elle consiste à convertir les flux sortants (matière ou énergie) d'un acteur en ressources pour un autre. L'idée rencontre des difficultés à se déployer largement, même si de grands succès existent. ENGIE, via son outil Be-Circle, contribue à identifier et optimiser le potentiel des circularités sur un territoire géographique donné en modélisant les flux des industries d'une zone industrielle.

Dernière thématique, les IEI se prêtent bien à la capture du CO_2 , car par exemple les sources sont souvent concentrées sur un émetteur principal. Les travaux de recherche et les pilotes de démonstration se multiplient. L'objectif est à la fois de déterminer les procédés de captation les plus efficaces, et d'identifier les voies de réutilisation du CO_2 pour éviter son rejet dans l'atmosphère.

Ce panorama, loin d'être exhaustif, montre la diversité des approches et l'ambition allant au-delà de l'efficacité énergétique pour se tourner résolument vers la neutralité carbone. L'effort global à fournir reste immense, mais de nombreuses pistes sont prometteuses, pour qu'un jour, nous portions un nouveau regard sur les matériaux qui nous entourent. ■

L'avenir des pompes à chaleur

Pour fournir de la chaleur à basse et moyenne températures dans l'industrie, des pompes à chaleur innovantes aideront à tenir les objectifs imposés par la transition énergétique.

LES AUTEURS

AKIM RIDA ET
JEAN-YVES DRUILLENNEC,
ENGIE

En 2019, le gouvernement a promu le dispositif « Coup de Pouce Chauffage ». Il s'agissait d'aider financièrement les ménages à remplacer leur ancien équipement de chauffage par un matériel plus performant, et notamment des pompes à chaleur. Qu'en est-il des entreprises ?

Elles ont aussi pris la mesure des problématiques environnementales, et cherchent à réduire leur empreinte carbone. Cela passe entre autres par la décarbonation de la chaleur industrielle. L'enjeu est significatif, car à l'échelle mondiale, 32 % de l'énergie finale (celle consommée concrètement par les utilisateurs) est captée par l'industrie, les trois quarts répondant à des besoins de chaleur. Et la moitié de ces derniers correspond à des basses (moins de 100 °C) et moyennes températures (moins de 400 °C). Il y a donc là un levier important sur lequel jouer pour décarboner le monde industriel.

Deux des pistes essentielles sont l'amélioration de l'efficacité énergétique et la biomasse solide (bois, déchets verts, résidus agricoles...) avec notamment le verdissement des réseaux de gaz naturel. D'autres sont attentivement étudiées, liées notamment aux symbioses industrielles (les déchets ou les sous-produits d'un processus industriel deviennent les matières premières d'un autre) ou à des procédés innovants.

Au-delà, beaucoup de scénarios envisagent le déploiement de chaudières électriques ou hybrides et surtout, avec un meilleur rendement espéré, des pompes à chaleur (PAC) à l'instar de ce qui se passe chez les particuliers. Cependant, de tels dispositifs restent à développer pour des températures comprises entre 120 et 200 °C. Les travaux sont en cours !

LES PAC AUJOURD'HUI

Rappelons que la pompe à chaleur est un dispositif qui permet d'effectuer un transfert de chaleur d'une source telle que l'air, le sol, l'eau souterraine ou, très souvent dans l'industrie, un rejet de chaleur qui aurait été autrement perdu (chaleur fatale), vers un utilisateur, par exemple pour alimenter un procédé industriel.

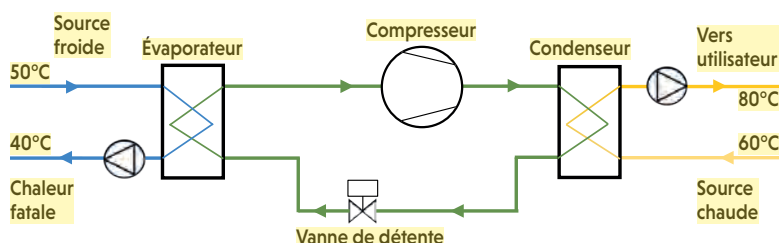
Ce dispositif fait subir un cycle de transformations à un fluide de travail ou réfrigérant : il absorbe de la chaleur dans un évaporateur, chauffe dans un compresseur et libère de la chaleur dans un condenseur. Le tout est complété par un appareil de détente.

Le coefficient de performance (COP) rend compte de l'efficacité du pompage. Il correspond au rapport de la chaleur fournie par la PAC sur l'énergie consommée, souvent l'électricité, par le compresseur.

Dans les PAC commercialement disponibles, les cycles contiennent en général soit un compresseur mécanique de vapeur soit un système à absorption. Dans ce dernier, une vapeur est dissoute dans une solution, celle-ci étant ensuite pompée à une pression plus élevée où un corps volatil est séparé par évaporation (désorption). L'énergie consommée par la pompe est beaucoup plus faible qu'avec un compresseur, mais il faut fournir une chaleur de bonne qualité au désorbeur. Des PAC dites « hybrides » combinent la compression de vapeur et l'absorption.

Dans la famille des PAC à compression mécanique ou hybride, plusieurs solutions technologiques émergent et sont désormais capables de fournir de la chaleur à plus de 110 °C. En particulier, la PAC Thermeco2 de Engie fonctionne avec une source de chaleur comprise entre 8 et 40 °C pour élever la température d'un fluide jusqu'à 110 °C. Elle utilise le CO₂ comme fluide de travail qui a l'avantage d'être non toxique, non inflammable, pas cher, sans impact sur la couche d'ozone et avec un potentiel de réchauffement climatique

ANATOMIE D'UNE POMPE À CHALEUR



Une pompe à chaleur (PAC) transfère de l'énergie thermique d'un milieu à basse température (en bleu) vers un milieu à haute température (en jaune).