L'hydrogène vert, un combustible d'avenir

L'hydrogène permet de stocker l'électricité verte et de décarboner de nombreuses industries. Jusqu'ici la production est restée confidentielle, pénalisée par son coût de fabrication. Elle pourrait à l'avenir se développer rapidement, sous l'effet conjugué des efforts de décarbonisation de nos sociétés et des gains engrangés par la recherche de pointe, comme celle menée à l'UCLouvain.

D.R.

Les voitures à hydrogène tournent grâce à un moteur électrique alimenté par une pile à combustion qui produit du courant en combinant hydrogène et oxygène. Le fabricant japonais Toyota qui produisait jusqu'ici 3 000 véhicules à hydrogène par an va porter en 2020 sa production à 20 000.

Des trains verts propulsés à l'hydrogène sillonneront dans deux ans la région de Francfort en Allemagne. Ces vingt-sept rames alimentées par piles à hydrogène s'ajouteront aux quatorze trains du même type déjà en service en Basse-Saxe.

Ailleurs en Europe, plusieurs villes utilisent déjà des bus alimentés par ce type d'énergie : Londres, Paris, Hambourg, et plus près de chez nous, Anvers, où De Lijn, l'entreprise flamande de transport public, fait tourner cinq véhicules à titre expérimental. Les développements attendus de ce nouveau combustible ont poussé le constructeur Van Hool à mettre en place, à Lier (province d'Anvers), une ligne de production de bus à hydrogène. *« Beaucoup de transporteurs et de constructeurs cherchent à se positionner sur cette technologie*, constate Benjamin Wilkin, directeur de l'APERe (Association pour la promotion des énergies renouvelables), *parce qu'elle est totalement propre. La combustion de l'hydrogène n'émet ni gaz à effet de serre ni produits*

nocifs, juste de l'eau pure. Un hydrogène produit avec des énergies vertes offre donc un cycle de vie totalement neutre en carbone. En Suisse, le secteur des grandes surfaces vient de commander au constructeur coréen Hyundai mille camions à hydrogène pour se conformer à la nouvelle législation qui les contraint à drastiquement réduire leurs émissions de CO_2. »

Surcoût rédhibitoire

L'usage par les industriels de l'hydrogène, élément le plus léger, le plus simple et le plus répandu de l'univers n'est pas nouveau. Les sidérurgistes s'en servent dans le traitement de l'acier, les producteurs d'engrais l'utilisent dans la synthèse de l'ammoniac, les raffineries le transforment en bitume et différents types de plastiques. Soixante millions de tonnes d'hydrogène gazeux (ou dihydrogène) sont ainsi produites chaque année pour une valeur de 100 milliards de dollars environ.

Avec un bémol, de taille : l'hydrogène (H_2) des industriels est loin d'être un gaz propre. Celui-ci est fabriqué à partir d'hydrocarbure, composé de chaînes d'hydrogène (H) et de carbone (C), dont les éléments sont séparés par un vigoureux traitement à la vapeur, appelé vapo-réformage. Le gaz H_2 est alors isolé et récupéré, tandis que le carbone est rejeté dans l'atmosphère sous forme de CO_2 où il va rejoindre les autres gaz à effet de serre.

La production de l'hydrogène mobilise pas moins de 6 % du gaz naturel et 2 % du charbon produit dans le monde et libère 30 millions de tonnes de CO_2, l'équivalent des émissions conjuguées de l'Indonésie et du Royaume-Uni.

Néanmoins, il est possible de produire de l'hydrogène beaucoup plus proprement par électrolyse. Le passage dans de l'eau (H_2O) d'un courant électrique libère le gaz d'hydrogène ainsi que le gaz d'oxygène. Le procédé est vertueux, mais coûteux. Il porte le prix du kilo d'hydrogène autour des 6 euros, trois fois plus que le gaz d'hydrocarbures, un surcoût rédhibitoire pour les industriels. Résultat, l'hydrogène issu d'hydrocarbure, essentiellement du méthane (CH_4), reste ultra-dominant, 96 % de la production, pour seulement 4 % de gaz d'électrolyse.

« Le coût de l'électrolyse est lié aux prix de l'électricité, reprend Benjamin Wilkin. *Or plusieurs pays parviennent désormais à produire une électricité renouvelable abondante et bon marché. C'est la raison pour laquelle les projets de fabrication par électrolyse fleurissent en Australie, en Arabie saoudite et au Portugal. On peut s'attendre à voir des résultats concrets très prochainement. »*

Stocker les énergies renouvelables

L'Agence Internationale pour l'Energie (IEA) croit également en l'avenir de l'hydrogène vert. En juin dernier, l'Agence soulignait, dans un rapport présenté au G20 (les 20 pays les plus riches du monde) réuni à Tokyo, que l'hydrogène *« offre des moyens de décarboner une série de secteurs - y compris les transports longue distance, les produits chimiques, le fer et l'acier* (...). *Il peut également contribuer à améliorer la qualité de l'air et à renforcer la sécurité énergétique. »*

« Depuis les accords de Paris (2015), relève Joris Proost, professeur en génie chimique à l'Ecole Polytechnique de l'UCLouvain à Louvain-la-Neuve et contributeur belge au rapport de l'IEA, *la communauté internationale a pris conscience de la nécessité de lutter contre les désordres climatiques. En ce sens, la maîtrise des émissions de carbone lors de la production d'hydrogène est un enjeu important. »*

L'avenir de l'hydrogène est lié au développement de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables, essentiellement le solaire et l'éolien. *« L'électricité verte devrait être dix fois plus abondante d'ici à 2050,* reprend le scientifique. *Or sa production est irrégulière, le solaire ne fonctionne qu'en journée et l'éolien par grand vent. L'intermittence des énergies renouvelables pose de grands problèmes de stockage que l'hydrogène peut solutionner. L'électricité résiduelle, plutôt que d'être stockée dans de coûteuses batteries, est utilisée en électrolyse pour produire du gaz facile à conserver et à transporter. »*

Si l'électricité verte est l'avenir de l'hydrogène, les technologies de conversion doivent encore être peaufinées, car pour l'instant, cette opération reste très coûteuse, même pour valoriser des surplus d'électricité. *« Les électrolyseurs*, poursuit le professeur de l'UCLouvain, *sont des appareils complexes et coûteux, difficiles à rentabiliser, surtout lorsqu'ils sont alimentés par des éoliennes de plusieurs MW. »*

Un électrolyseur se compose d'un bassin, où sont plongées des centaines d'électrodes, et d'un système de récupération et de compression de l'hydrogène. Le bassin et ses électrodes sont assez bon marché à réaliser, le système de récupération des gaz, par contre, est très onéreux et pèse d'un poids déterminant sur le prix de l'appareil. Il est donc tentant de multiplier par milliers les électrodes sous un même système de récupération, ce qui n'est pas encore possible actuellement, faute de place. *« Il faut donc améliorer la capacité de travail des électrodes*, reprend l'expert qui se penche sur la question depuis dix ans avec son équipe. *Nous avons d'abord cherché à augmenter la surface de contact avec l'eau en utilisant des électrodes percées. Nous avons effectivement obtenu un gain d'électrolyse. Nous avons ensuite construit des électrodes poreuses avec des imprimantes 3D qui présentent une surface de contact 40 à 50 fois plus élevée que des électrodes classiques. »* Le gain d'électrolyse obtenu permet de produire déjà à ce stade de l'hydrogène à 3 euros du kilo. *« On se rapproche du prix du marché qui est de 2 euros*, souligne le professeur. *Le surcoût est cependant compensé par la qualité de cet hydrogène vert qui est nettement plus pur que l'hydrogène noir obtenu par vaporéformage, un point déterminant pour certaines industries comme celles du verre. »*

Les électrodes 3D développées à l'UCLouvain vont être commercialisées dans les deux à trois ans par une spin off en cours de création. *« Les industries pourront alors installer sur leur site une éolienne et un électrolyseur qui produiront à coût raisonnable l'hydrogène vert dont ils ont besoin. La possibilité de décentraliser ainsi la production contribuera à verdir un peu plus la filière. »*

L'Agence internationale de l'Energie calcule que la demande annuelle d'hydrogène équivaut aujourd'hui à 330 millions de tonnes de pétrole, soit l'approvisionnement énergétique de l'Allemagne, quatrième puissance industrielle du monde. A l'avenir, la demande sera revue à la hausse par l'explosion du nombre de voitures fonctionnant à l'hydrogène qui devrait passer de 11 200 aujourd'hui à 2,5 millions en 2030. La production d'hydrogène vert a de beaux jours devant elle. **— Jean-François Pollet**