

Le code couleur de l'hydrogène en voie d'abandon

L'hydrogène est un vecteur de la neutralité carbone qui retient aujourd'hui l'intérêt des pouvoirs publics français et de l'Europe. Mais pas n'importe quel hydrogène : entre le gris, le bleu, le vert, il faut savoir s'y retrouver... Cette taxonomie semble aujourd'hui remise en cause.

L'hydrogène est une technologie cyclique : depuis que Jules Verne en a fait l'apologie dans *L'Île mystérieuse*, l'hydrogène connaît des hauts et des bas. L'hydrogène est actuellement dans un pic de son évolution pseudopériodique mais les technologies de l'hydrogène ne sont pas aujourd'hui suffisamment matures pour en permettre à court terme un décollage à la verticale. Le soufflet retombera mais des progrès auront été accomplis qui permettront de se rapprocher du moment où l'hydrogène, aux côtés de l'utilisation directe de l'électricité, permettra de construire une société neutre en carbone.

Ce souci de la décarbonation a conduit à distinguer plusieurs formes d'hydrogène et à leur donner des couleurs. C'est un moyen, en apparence séduisant, de caractériser les différents modes de production de l'hydrogène et de qualifier, en quelque sorte, le niveau de verdissement qu'il permet. Mais ce code couleur n'est pas dénué d'arrière-pensées : c'est une façon de valoriser certains modes de production plutôt que d'autres et de préparer l'arrivée d'un marché de certificats d'origine, comme il en existe déjà pour le biométhane ou pour l'électricité d'origine renouvelable.

Trois couleurs principales sont aujourd'hui citées dans la littérature, le gris, le bleu et le vert. Cette codification n'a pas de statut officiel mais on commençait à la voir apparaître dans les documents de la Commission européenne jusqu'à ce que celle-ci se ravise.

L'HYDROGÈNE GRIS

L'hydrogène gris est produit à partir d'hydrocarbures, essentiellement le gaz naturel. Ce procédé est aujourd'hui, et de loin, le plus économique et, en France comme ailleurs, 95 % de l'hydrogène

consommé sont produits par cette filière. Sur la base du prix actuel du gaz naturel, le prix de revient de l'hydrogène, en quantités industrielles, est de l'ordre de 1,5 à 2,0 par kg (HT). Rendu consommateur, pour des applications diffuses telles que les usages dans les transports. Il faut y ajouter les coûts relatifs au transport et au stockage et, le cas échéant, les surcoûts d'utilisation additionnels. On parvient alors à des prix de revient (HT) qui atteignent 10 €/kg et plus.

Le problème de l'hydrogène gris est son impact sur les émissions de CO₂. La transformation en hydrogène du méthane dégage plus de CO₂ que la combustion directe du méthane. Une tonne d'hydrogène produit par reformage entraîne l'émission de 12 tonnes de CO₂¹, ce qui condamne à terme la filière de l'hydrogène gris.

L'HYDROGÈNE BLEU

L'hydrogène bleu est dérivé des processus de fabrication de l'hydrogène gris auxquels est adjoint une unité de captage du CO₂ suivie soit de sa réutilisation, soit de son transport vers un site de réinjection en couche géologique profonde (CCS : *Carbon Capture and Storage*).

Une difficulté réside dans les conditions de réinjection, dont la permanence doit être établie afin notamment de rassurer les populations résidant au voisinage des sites retenus, une autre dans le prix de revient des procédés qui reste élevé. Aujourd'hui, les solutions les plus réalistes sont celles du reformage du gaz naturel en provenance d'un gisement off-shore et la réinjection du CO₂ dans des poches géologiques ayant contenu également du gaz naturel.

Les experts bruxellois évaluent le surcoût induit par le CCS à 1,5 ou 2 €/kg mais il est prudent de considérer cette filière comme encore exploratoire.

Total a annoncé le 15 mai 2020 son intention d'investir avec le groupe pétrolier Equinor (ex Statoil) dans le projet Northern Lights pour le stockage de CO₂ sur le plateau continental norvégien.

L'HYDROGÈNE VERT

L'hydrogène vert consiste à produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau en utilisant de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables (solaire et

¹. Ainsi en France, la production de 900 000 tonnes d'hydrogène industriel entraîne l'émission de 11,5 Mt de CO₂ (Source : MTEES - 2020).



La Commission européenne semble finalement avoir renoncé à cet arc-en-ciel de couleurs, dans son projet de stratégie hydrogène, elle retient l'expression « hydrogène bas carbone »

éolienne), notamment pendant les périodes où l'électricité est excédentaire et a une valeur économique faible, voire négative.

Sur le plan technologique, des développements restent à mener sur les électrolyseurs afin de leur donner une durée de vie suffisante et de permettre leur fonctionnement en mode intermittent. Deux filières principales se côtoient aujourd'hui : les électrolyseurs alcalins (la filière la plus mature) et les électrolyseurs à membrane de type PEM (*Proton Exchange Membrane*). En filière alcaline, des réalisations de 100 MW et plus sont aujourd'hui possibles.

Sur le plan économique, le prix de revient de l'hydrogène produit dépend du coût de l'électrolyseur, de sa durée de vie et de sa durée d'exploitation dans l'année. Les électrolyseurs pourraient ainsi devenir, comme les batteries, un enjeu industriel de premier plan.

Le second facteur influençant le prix de revient est le prix de l'électricité. Avec un rendement d'électrolyse de 70 % et un prix de l'électricité de 40 €/MWh, l'électricité pèse à hauteur de 1,9 €/kg dans le prix de revient ce qui, en y ajoutant le coût de l'électrolyse, ne permet pas d'atteindre aujourd'hui la compétitivité par rapport à l'hydrogène gris.

Mais certains considèrent que l'électricité d'origine renouvelable doit être considérée comme fatale et

donc gratuite et la perspective de hausse, à terme, du prix des énergies fossiles, couplée à l'institution d'une taxe carbone, peut offrir à l'hydrogène vert des perspectives intéressantes. Les pouvoirs publics français et la Commission européenne semblent déterminés à en favoriser le développement par des subventions ou des mécanismes de rachat de l'hydrogène à prix garanti du type « contrats pour différence ».

VERS LA FIN DES COULEURS

À ces trois couleurs de base, il faudrait ajouter le brun, le noir, le turquoise et même le jaune. Cette dernière couleur a été introduite par certains pour désigner l'hydrogène produit en totalité ou en partie grâce à l'électricité d'origine nucléaire. Cette filière n'est généralement évoquée dans les milieux bruxellois qu'avec circonspection et pourtant il y a un intérêt économique évident à faire fonctionner les électrolyseurs en base et lorsque l'électricité produite vient à être excédentaire, la production d'hydrogène peut être une bonne solution – sans que l'on ait à se poser la question byzantine de savoir si l'électricité provient de sources renouvelables ou nucléaires – plutôt que de brider délibérément la production d'électricité, voire de déclasser prématurément des moyens de production.

La Commission européenne semble finalement avoir renoncé à cet arc-en-ciel de couleurs, dans son projet de stratégie hydrogène, elle retient l'expression « hydrogène bas carbone », pour désigner l'hydrogène produit à partir d'énergies fossiles + CCS ou à partir d'électricité, et l'expression « hydrogène renouvelable » pour l'hydrogène produit à partir des énergies éolienne ou solaire. Seul cet hydrogène aurait le droit d'être reconnu comme « hydrogène propre ». ●

Jean-Pierre Hauet