

# Introduction

## Quelle stratégie pour la filière de l'hydrogène décarboné ?

Par Claude TRINK et Mathieu MONVILLE

Pôle de plasturgie de l'Est (PPE), Saint-Avold (Moselle)

L'hydrogène, noté  $H_2$  et communément appelé « hydrogène », est une molécule intervenant dans de nombreux procédés essentiels. C'est un vecteur énergétique dont la combustion ne génère que de l'eau. Sa production est aujourd'hui issue à 95 % de la transformation de sources fossiles (charbon, pétrole ou gaz), avec le gaz naturel comme précurseur pour près de la moitié, et concourt à l'émission de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone,  $CO_2$ ). Sa génération est en ce sens fortement « carbonée ».

La production d'un hydrogène faiblement carboné, voire « décarboné », se fait essentiellement par quatre voies : extraire de l'hydrogène directement de gisements en sous-sol ; associer aux procédés carbonés actuels le stockage dans des couches géologiques du  $CO_2$  émis ; avoir recours à la pyrolyse du méthane qui génère hydrogène et carbone solide ; ou produire l'hydrogène *via* l'électrolyse de l'eau à partir d'une électricité peu carbonée de type nucléaire, éolien, solaire ou hydroélectrique.

L'enjeu de la décarbonation est d'éviter à la fois de recourir aux ressources fossiles et de générer des émissions de gaz à effet de serre. L'hydrogène décarboné suscite l'enthousiasme, car il peut concourir à la décarbonation de nombreux usages : production de la molécule pour l'industrie sans recourir à des ressources fossiles ; décarbonation de procédés industriels en sidérurgie, dans les cimenteries, pour la production d'engrais ; utilisation pour la mobilité lourde (navires, trains, poids-lourds, bus, avions).

Le mode de production le plus vertueux *a priori*, l'électrolyse de l'eau, est lui-même très consommateur d'électricité ; l'origine même de cette électricité suscite le débat sur l'octroi à celle-ci de la qualification de « décarbonée ». La récente taxonomie européenne définit aujourd'hui l'hydrogène produit grâce à l'électricité nucléaire comme un hydrogène « bas-carbone » et le qualifie de « renouvelable » si l'électricité utilisée est d'origine renouvelable.

Les enjeux énergétiques récents amplifiés par le conflit russo-ukrainien ont précipité l'Europe dans la valorisation de cet hydrogène produit par électrolyse. Il devient également crucial de ne pas créer un contexte de développement de la filière qui contredise une ambition vertueuse. Il est à cet égard étonnant qu'un amendement déposé par un député allemand siégeant au Parlement européen ait été récemment adopté dans le cadre de la Renewable Energy Directive, alors que, par essence, il porte la possibilité de qualifier de « renouvelable » un hydrogène produit grâce à une électricité provenant du gaz ou du charbon, même soi-disant « compensé » par l'achat dans les trois mois qui suivent la production de certificats auprès de producteurs d'électricité d'origine renouvelable. Ce au moment où l'Allemagne s'oppose à ce que le nucléaire soit reconnu comme une source d'énergie « durable ».

Tout indique aujourd'hui l'apparition d'une filière construite autour de l'hydrogène décarboné : besoins en équipements nouveaux nécessaires à la production par électrolyse ; nécessité d'infrastructures nouvelles pour le transport, le stockage et la distribution de l'hydrogène ; optimisation des technologies de piles à combustible et de stockage de l'électricité ; aménagement des moyens de transport de mobilité lourde ; transformation des unités industrielles appelées à utiliser l'hydrogène ; mesures de sécurité ; certifications ; ajustement des compétences professionnelles et des parcours de formation ; nécessité d'efforts de recherche, développement et innovation conséquents pour abaisser les coûts.

Au contraire de ce qui s'est passé pour la filière photovoltaïque où le marché s'est avéré bien présent en France, mais où l'absence de véritable politique industrielle<sup>(1)</sup> s'est traduite par une disparition des capacités de production en France au profit d'importations massives en provenance de Chine, ici la mobilisation des acteurs industriels, politiques, administratifs et universitaires a eu lieu et une réflexion stratégique en faveur de l'émergence d'une véritable filière a été engagée.

<sup>(1)</sup> En dépit d'un sursaut tardif qui s'est traduit par un moratoire, puis par un changement significatif par l'État de la méthode de fixation des prix de rachat de l'électricité photovoltaïque produite (décembre 2010-mars 2011), voir rapport Charpin-Trink ([https://www.cythelia.fr/images/file/2011-02-17%20rapport\\_final\\_charpin\\_trink.pdf](https://www.cythelia.fr/images/file/2011-02-17%20rapport_final_charpin_trink.pdf)).

Ce numéro des *Annales des Mines* vise à apporter des éclairages concrets – des articles écrits par des acteurs totalement impliqués dans ce domaine – sur différents aspects de la mise en place de cette filière hydrogène.

La réflexion et la définition d'une stratégie nationale font l'objet d'articles de la part du Coordinateur national pour l'hydrogène au Secrétariat général pour l'investissement placé auprès du Premier ministre, du Coordinateur interministériel de la stratégie nationale sur les batteries au ministère chargé de l'Économie, du président de France Hydrogène, l'association française pour l'hydrogène qui fédère des industriels, des acteurs de la recherche et des collectivités, de membres de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) et de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris).

Mais c'est aussi localement qu'une politique de l'hydrogène se met en place. Les enjeux de la transition d'un territoire vers l'hydrogène sont illustrés à travers l'exemple de la problématique du bassin houiller lorrain, où l'hydrogène offre la possibilité d'une réindustrialisation et d'une coopération transfrontière entre la France (Moselle), l'Allemagne (Sarre), la Belgique (Wallonie) et le Luxembourg pour initier une « vallée Hydrogène ». La volonté de structurer et d'accompagner les acteurs industriels de la filière se retrouve également dans l'exemple du projet de centre de tests de l'Institut du stockage de l'hydrogène (ISTHY) en Bourgogne Franche-Comté. Une filière ne saurait exister sans pouvoir s'appuyer sur des compétences adéquates : c'est dans ce but que des schémas innovants de formations professionnalisantes de techniciens ou d'ingénieurs ont été développés. Deux exemples dans les deux régions précitées sont décrits.

Des professionnels décrivent ensuite les nouveaux usages dans différentes filières industrielles : la sidérurgie, les cimenteries, le transport maritime, le transport par autobus ou par camions, le train à hydrogène...

D'autres industriels présentent les nouvelles infrastructures nécessaires à la production, au transport, au stockage et à la distribution de l'hydrogène, avec les impératifs de baisse des coûts sous-jacents. La technique de l'électrolyse de l'eau fait l'objet d'innovations remarquables, tandis que d'autres technologies de production de l'hydrogène sont évoquées comme la pyrolyse du méthane. La question de l'exploration des gisements d'hydrogène, dont il est encore difficile d'évaluer le potentiel, est traitée dans un article, exposant par son opérateur, la découverte et l'exploitation au Mali d'un des plus grands gisements naturels connus à ce jour.

Les expérimentations locales qui naissent aujourd'hui dans les territoires sont les prémices d'une révolution plus globale. Une géopolitique de l'hydrogène se dessine peu à peu, avec de nouveaux entrants dans le jeu mondial, comme le montre l'article exposant les perspectives pour le Maroc. Le défi de la création d'une filière de l'« hydrogène décarboné » oblige la France à repenser toute la chaîne d'activité : approvisionnement, procédés industriels, modes de mobilité. Il intègre fondamentalement les enjeux de reconquête de notre indépendance énergétique et de notre souveraineté industrielle. Ce défi ouvre aussi pour la France des perspectives de coopérations transfrontalières, européennes et internationales. Enfin, il est une opportunité d'innovations non seulement techniques, mais aussi dans les services pour répondre aux besoins en matière de réglementation, de certification et de compétences. Une révolution qui est actuellement anticipée et appréhendée dans toute son ampleur, même si les réalisations progressent à un rythme qui peut paraître encore trop lent.