

Développer l'hydrogène : pourquoi et comment ?

Depuis quelques mois, les annonces de plans stratégiques de développement de la filière hydrogène se multiplient à travers le monde. Certains voient dans ce gaz une solution miracle pour la décarbonation du système énergétique.

Si le recours à l'hydrogène paraît incontournable dans cet objectif, ce vecteur énergétique n'est pas plus capable que les autres d'apporter une réponse unique et définitive à toutes les problématiques de la transition énergétique. Son développement doit s'inscrire dans une vision d'ensemble de l'évolution du système énergétique et des usages associés, afin d'identifier les complémentarités à mobiliser dans ce cadre.

Avant d'engager les dizaines de milliards d'euros nécessaires à son développement, il est essentiel d'avoir une vision aussi claire que possible du rôle que l'hydrogène pourra jouer, au vu de ses atouts et de ses limites, dans le système énergétique de demain. Il est tout aussi important de bien comprendre les enjeux auxquels il est confronté à court terme, de façon à bien dimensionner l'effort et à ne pas se retrouver en décalage avec les réalités technico-économiques.

L'hydrogène aujourd'hui : usage matière et fortes émissions de GES

La production actuelle d'hydrogène pour l'industrie française est d'environ 920 000 tonnes par an, utilisées principalement pour le raffinage du pétrole (60 %), la production d'ammoniac (25 %) et d'engrais chimique (10 %). Elle est assurée à 94 % par des techniques fortement émettrices de gaz à effet de serre, et est responsable de 3 % des émissions françaises de CO₂. En Europe, la production s'élève à près de 10 millions de tonnes et représente 4 % des émissions de CO₂.

L'hydrogène demain : quelle place dans le système énergétique ?

Aujourd'hui très marginaux, les usages énergétiques de l'hydrogène, par exemple pour la valorisation des excédents d'électricité ou la mobilité, sont souvent présentés comme vertueux du fait de sa relative bonne capacité à être stocké et de l'absence d'émissions de gaz à effet de serre lors de son utilisation.

Néanmoins, la réalité de son intérêt environnemental ne peut être appréciée qu'au regard :

- **d'une part, des services qu'il peut rendre au système énergétique** en prenant en compte l'ensemble des impacts et contraintes qui en découlent,
- **d'autre part, de la totalité de la chaîne production-transport-distribution-utilisation** et des évolutions prévisibles ou envisageables de cette dernière.

Un apport bienvenu de flexibilité

En période de production excédentaire d'électricité, l'électrolyse permet de convertir les surplus en molécules stockables sous forme d'hydrogène (H₂) qui peut lui-même être transformé en méthane (CH₄). Hydrogène et méthane peuvent ensuite alimenter différents usages finaux ou être reconvertis si besoin en électricité *via* une pile à combustible (H₂) ou un moteur thermique (CH₄).

En connectant ainsi les réseaux gaziers et électriques, l'hydrogène ajoute de la flexibilité au système énergétique et permet, en misant sur la complémentarité plutôt que sur la concurrence entre réseaux, d'optimiser les investissements dans le développement des infrastructures nécessaires à l'accueil massif des énergies renouvelables.

Toutefois, le déploiement à grande échelle d'électrolyseurs et le cas échéant de réacteurs de méthanation n'est pas aujourd'hui nécessaire : la part encore très minoritaire des énergies renouvelables non pilotables (éolien et photovoltaïque) dans le mix électrique français et les capacités importantes de transit en haute et très haute tension sont loin d'imposer dans un futur proche un recours significatif à ces solutions, même si elles sont déjà opérationnelles sur le plan technique. Cela ne doit cependant pas empêcher d'anticiper dès maintenant les évolutions à venir et de les prendre en compte dans les exercices de prospective, en s'appuyant sur le retour d'expérience des projets de démonstrateurs. Ces derniers pourraient d'ailleurs dès aujourd'hui répondre localement à certaines situations particulières, par exemple pour régler des problèmes de congestion sur le réseau de distribution sur lequel sont raccordées la grande majorité des capacités de production éoliennes et photovoltaïques.

Une question en suspens : production centralisée ou décentralisée ?

À moyen/long terme, pour être soutenable et économiquement accessible, l'hydrogène devra être intégralement d'origine renouvelable. Sa production pourra être centralisée ou décentralisée, les conséquences n'étant pas les mêmes :

- **Une production centralisée** nécessite d'être proche à la fois des grandes installations de production d'électricité renouvelable (éolien maritime ou terrestre, centrales photovoltaïques au sol, etc.) et d'infrastructures de transport, aujourd'hui inexistantes, capables d'acheminer l'hydrogène sur plusieurs centaines de kilomètres jusqu'aux lieux de consommation. En complément des réseaux de transport de méthane et d'électricité, qui resteront toujours nécessaires pour l'optimisation du mix énergétique, la construction d'un réseau spécifique de transport d'hydrogène ou la conversion d'une partie du réseau gazier actuel sont des options coûteuses mais envisageables à moyen terme. Par contre, **la présence future d'un réseau étendu de distribution d'hydrogène par canalisation semble peu probable au regard des coûts et des enjeux de sécurité.**
- **Une production décentralisée** « en pied d'usage » permettrait de faire l'économie d'un réseau de transport, mais nécessite d'une part d'avoir une assez bonne adéquation entre production et consommation, d'autre part de disposer d'installations de stockage disséminées sur le territoire, qui n'offriront au mieux qu'une flexibilité de quelques heures, insuffisante pour avoir une synergie forte avec un système électrique 100 % renouvelable. Une autre option consiste à convertir la majorité de l'hydrogène produit en méthane *via* des unités de méthanation ce qui permettrait d'accéder au maillage fin du réseau existant de distribution de gaz naturel – un avantage considérable qui pourrait justifier les coûts et les pertes énergétiques supplémentaires de cette solution. Cette option est d'ailleurs l'une des solutions retenues dans le Scénario négaWatt 2017-2050.

La place de l'hydrogène dans la mobilité : la prudence est de mise

L'usage mobilité de l'hydrogène n'est aujourd'hui envisagé que *via* une pile à combustible embarquée qui joue le rôle de groupe électrogène afin d'alimenter les moteurs électriques situés sur les axes des

roues¹. Avec une densité énergétique avantageuse, l'hydrogène se positionne alors en concurrence avec les batteries, éventuellement en complémentarité avec elles (prolongation d'autonomie).

Les caractéristiques de l'hydrogène en font un bon candidat pour remplacer les carburants fossiles **pour certains types de mobilité lourde** qui nécessitent une puissance élevée et une capacité importante d'emport d'énergie **comme les trains circulant sur des lignes non électrifiables ou les navires**. Pour ces derniers, sur du transport longue distance, l'utilisation d'ammoniac vert présente également d'indéniables atouts (commodité d'usage, plus faibles coûts de transport et de stockage, etc.).

En revanche, **l'utilisation de l'hydrogène dans la mobilité routière doit être envisagée avec beaucoup de précaution**. Les véhicules de toutes catégories (VL - véhicule léger ; VUL - véhicule utilitaire léger ; PL - poids-lourd) qui en sont équipés présentent aujourd'hui des coûts prohibitifs par rapport aux autres solutions décarbonées. Si une certaine baisse peut éventuellement être attendue par effet d'échelle, **atteindre la compétitivité économique semble hors de portée** face à la maturité industrielle du bio-GNV et aux progrès spectaculaires des batteries. De plus, l'absence d'un réseau de distribution desservant un maillage territorial dense de stations-services représente un handicap potentiellement rédhibitoire pour envisager une massification.

Une production décentralisée d'hydrogène pour l'alimentation de flottes captives de VL ou VUL ou le raccordement de quelques stations sur autoroutes ou à des nœuds logistiques situées à proximité d'un futur réseau de transport de l'hydrogène pour l'avitaillement de poids-lourds sur longues distances est possible mais ces solutions resteront dans tous les cas limitées, cantonnant l'hydrogène à un marché restreint rendant encore moins probable une baisse significative du coût des véhicules.

Si elle veut se faire une place dans la mobilité, la solution hydrogène devra dans tous les cas franchir encore de nombreux obstacles techniques et économiques qui doivent inciter pour l'heure à la plus grande prudence.

Passer à l'action : oui, mais « sans regret »

Compte tenu des nombreuses incertitudes relevées, aussi bien sur la production, le transport et la distribution que sur l'usage de l'hydrogène, il n'est pas possible d'affirmer aujourd'hui que tel ou tel modèle l'emportera à coup sûr.

Cela doit inciter à préparer dès aujourd'hui l'avenir en prenant des décisions structurantes. Celles-ci devront **laisser ouvert le champ des possibles et ne pas engager prématurément notre système énergétique dans des voies qui pourraient s'avérer être des impasses.**

Au-delà de la quasi-certitude que l'hydrogène aura un rôle important à jouer sous une forme ou sous une autre, les décisions à prendre dans le futur proche peuvent s'appuyer sur quelques idées fortes.

À court terme : priorité à la décarbonation de l'hydrogène dans l'industrie

Tant qu'une solution adéquate n'aura pas été trouvée à l'échelle européenne pour taxer les émissions de gaz à effet de serre à la hauteur des dégâts qu'elles infligent au climat, la production d'hydrogène restera fortement carbonée. Dans ce contexte, **il est indispensable de privilégier la substitution de l'hydrogène d'origine fossile utilisé par le secteur industriel par de l'hydrogène décarboné, de préférence renouvelable, avant d'envisager son utilisation dans d'autres secteurs et pour d'autres usages.** L'hydrogène pourrait aussi être une solution pour la conversion de certains procédés industriels parmi les plus difficiles à décarboner, en particulier la production d'acier primaire *via* la réduction du minerai de fer par l'hydrogène.

¹ son usage possible en substitution de l'essence dans un moteur thermique, testée dans les années 80 puis remise au goût du jour au début des années 2000 par certains constructeurs automobiles allemands, a été finalement abandonnée car peu performante et délicate à généraliser

Cette priorité à donner au secteur industriel est d'autant plus pertinente que la production d'hydrogène renouvelable va dans tous les cas rester limitée à court et probablement moyen terme.

À moyen terme : priorité à l'hydrogène renouvelable

Quels qu'en soient les usages, les différentes solutions de production d'hydrogène ne se valent pas et ne doivent pas être traitées de la même manière dans le cadre des politiques publiques.

L'objectif de décarbonation devant être prioritaire, l'hydrogène « gris » produit à partir de sources fossiles et de ce fait fortement émetteur de GES, doit disparaître et doit à ce titre ne recevoir aucune forme de soutien public.

Pour le reste, la distinction entre les différentes filières, souvent décrite à travers une large palette de couleurs (vert, bleu, jaune, turquoise et même fluo), se résume dans la réglementation européenne et internationale à deux catégories :

- L'hydrogène **renouvelable**, pouvant être produit par électrolyse à partir d'électricité renouvelable, par gazéification de biomasse ou de déchets, ou encore par reformage (ou pyrolyse) de biogaz : dans une perspective de développement soutenable, il doit de toute évidence être privilégié. Il ne sera cependant pas disponible en quantités significatives avant 2035.
- L'hydrogène **bas-carbone** pouvant être produit par électrolyse à partir d'électricité nucléaire ou par pyrolyse ou encore par reformage de gaz naturel fossile associé à un dispositif de captage et stockage de carbone : ces filières représentent des pis-aller qui peuvent, **de manière transitoire et limitée**, présenter un certain intérêt, par exemple pour la décarbonation à court terme de l'hydrogène industriel, mais en prenant garde à ne pas générer des coûts échoués ou engendrer un phénomène de *lock-in* à moyen terme en investissant trop lourdement dans des infrastructures spécifiques nécessaires à sa production.

Synthèse

Le vecteur hydrogène présente le grand avantage de n'émettre aucun gaz à effet de serre lors de son utilisation. Sa production est en revanche aujourd'hui fortement émettrice de gaz à effet de serre et le restera encore de nombreuses années.

À court terme, la priorité doit être donnée à la décarbonation de l'hydrogène-matière dans l'industrie, le cas échéant en ayant recours de manière transitoire et limitée à des filières bas-carbone tout en accélérant le développement des filières renouvelables appelées à les remplacer à moyen et long terme. Le développement d'autres usages de l'hydrogène se doit de rester très mesuré sous peine de voir augmenter les émissions de CO₂ associées.

À moyen/long terme, l'hydrogène pourrait être déployé dans d'autres secteurs. Son usage doit cependant être questionné ; dans la mobilité par exemple, sa pertinence est aujourd'hui avérée uniquement sur des marchés relativement restreints (ferroviaire sur lignes non électrifiées, navires, etc.).

Son principal intérêt réside dans sa capacité à apporter de la flexibilité au système énergétique en complément des autres vecteurs de réseau (électricité, méthane et chaleur) : à cet égard, le développement des infrastructures de transport et de stockage de l'hydrogène doit être coordonné avec celui des moyens de production dans une logique d'optimisation technico-économique s'inscrivant dans une vision de long terme de son rôle.