

L'hydrogène : vecteur de la transition énergétique ?

Synthèse du rapport réalisé, au nom de l'OPECST, par
M. Laurent Kalinowski, député, et M. Jean-Marc Pastor, sénateur.

L'OPECT a été saisi par la commission des Affaires économiques du Sénat d'une demande d'étude sur « les nombreuses questions posées par le développement d'une filière hydrogène allant de la production de ce gaz à son utilisation, en passant par son stockage et son transport ». Au terme d'une investigation qui les a conduits à rencontrer près de deux cents spécialistes directement impliqués dans les usages énergétiques de l'hydrogène ou, plus largement, les questions énergétiques, M. Laurent Kalinowski et M. Jean-Marc Pastor se sont attachés à répondre à cette question dans leur rapport, adopté à l'unanimité des votants le 18 décembre 2013, tout en replaçant leurs travaux dans le contexte plus général des réflexions en cours sur la transition énergétique.

Mieux intégrer les énergies renouvelables

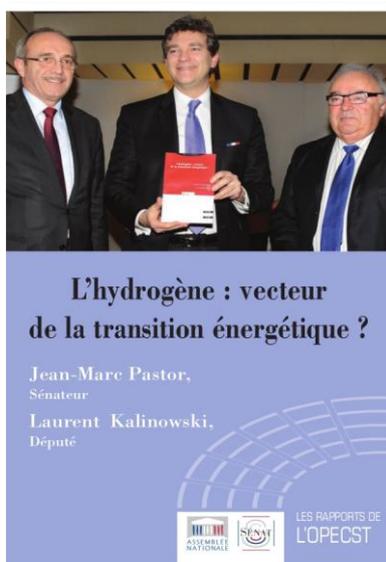
Comme l'ont montré de précédents rapports de l'Office parlementaire, le développement à grande échelle des énergies variables que sont l'éolien et le solaire impose de mettre en œuvre, en complément d'autres solutions, telles les « réseaux intelligents » et l'effacement, des dispositifs permettant un stockage massif de l'énergie. En effet, seuls ces derniers sont en mesure de compenser dans la durée des fluctuations importantes de la production des énergies renouvelables.

Associer énergies renouvelables variables et dispositifs de stockage de l'énergie permet de réduire de façon très sensible les à-coups de sollicitation du réseau électrique, donc les besoins de mise à jour de ses infrastructures. Ces dispositifs de stockage ont bien entendu un coût, mais celui-ci présente l'avantage d'être quantifiable à l'avance. Force est de constater que, à l'inverse, le déploiement d'énergies variables sans stockage associé conduit à en découvrir *a posteriori* les effets sur le réseau ainsi que l'étendue des besoins de mise à niveau correspondants. En la matière, l'hydrogène pourrait jouer un rôle complémentaire à celui de solutions existantes, telles que les batteries électrochimiques ou les stations de pompes (STEP).

Remplacer les énergies fossiles

Par rapport à d'autres technologies de stockage de l'énergie, l'intérêt de l'hydrogène est double. **D'une part, il n'impose aucune contrainte en termes de localisation géographique ou de dimensionnement.** D'autre part, l'hydrogène n'est pas qu'un moyen de stocker l'électricité pour la restituer un peu plus tard. **Il permet un usage direct de l'énergie emmagasinée** pour des applications diversifiées : comme combustible pour véhicules ou pour la micro-génération dans les bâtiments, pour l'injection directe dans le réseau gazier, dans des proportions de l'ordre de 5 % – voire de 20 % en adaptant les infrastructures existantes – pour enrichir des carburants de synthèse ou encore comme composant pour la chimie. Or, ces usages directs de l'hydrogène correspondent à des besoins en énergie qui dépassent ceux satisfaits par la production électrique.

Pour ces raisons, les rapporteurs considèrent que l'hydrogène produit sans émissions de CO₂ pourrait jouer un rôle important dans la transition énergétique à venir, en contribuant à contourner les deux écueils que sont la variabilité des nouvelles énergies et la nécessité de trouver des substituts aux hydrocarbures.



Crédit photographique : Trifyl (2014).

Transformer l'hydrogène en un vecteur d'énergie durable

Élément le plus léger et le plus petit de la nature, l'hydrogène est aussi le plus énergétique par unité de poids. Sur notre planète, il se trouve presque toujours combiné à d'autres atomes.

Obtenir, à partir de ces composés, l'hydrogène sous sa forme la plus utile aux applications énergétiques, le dihydrogène (H₂, lui-même communément appelé hydrogène), nécessite un apport d'énergie. Contrairement aux combustibles fossiles présents à l'état naturel dans le sous-sol, **l'hydrogène n'est pas une source d'énergie mais un vecteur d'énergie qui permet de stocker ou de transporter l'énergie issue d'autres processus.**

Tout comme pour le vecteur électricité, toutes les sources d'énergie connues à ce jour, fossiles, nucléaire ou renouvelables, permettent de produire de l'hydrogène. Une économie exclusivement fondée sur ces deux vecteurs pourrait donc s'affranchir de toute dépendance exclusive vis-à-vis d'une source d'énergie.

Malgré la diversité des sources possibles, l'essentiel de l'hydrogène produit aujourd'hui – soit environ un million de tonnes en France destiné en priorité à la chimie et à la pétrochimie – l'est à partir de gaz naturel ou d'autres hydrocarbures. Les technologies correspondantes, vaporeformage, vapocrackage, *etc.*, sont bien maîtrisées et sans cesse optimisées. En sortie d'usine, le prix moyen de l'hydrogène obtenu, de l'ordre de deux euros le kilo, est tout à fait compétitif. Pour autant, utiliser cet hydrogène comme substitut aux hydrocarbures n'aurait que peu d'intérêt puisque sa production est émettrice de CO₂. Il en serait bien entendu tout autrement si l'on remplaçait le gaz naturel par du biogaz ou le charbon par des matériaux ligneux.

Mais c'est l'électrolyse de l'eau qui est aujourd'hui le mode de production de l'hydrogène le plus prometteur pour les applications énergétiques. Elle consiste à dissocier chimiquement la molécule d'eau en oxygène et hydrogène, sous l'influence d'un courant électrique continu circulant entre deux électrodes. Il existe à ce jour trois technologies principales : les électrolyseurs alcalins, à membrane à échange de protons (PEM) et à électrolyte céramique solide. Malheureusement, chacune de ces trois technologies présente des inconvénients. Compte tenu de ces limites, le

domaine de l'électrolyse reste un champ d'investigation scientifique et de développement industriel assez largement ouvert qu'il convient de soutenir, par exemple en détachant l'électricité destinée à l'électrolyse de l'eau.

Les recherches sur l'exploitation de l'hydrogène naturel

L'IFP Énergies nouvelles a engagé des recherches sur la possibilité d'exploiter des sources terrestres d'hydrogène naturel, réparties sur l'ensemble des continents. Ces investigations ont notamment permis de préciser la localisation des sources possibles en Europe : au nord de l'Italie, à Chypre, en Grèce, en Russie, ainsi qu'en faible quantité dans le bassin du sud-est de la France. Si les travaux menés conduisent à conclure à la possibilité d'exploiter ces sources dans des conditions économiques et écologiques acceptables, l'hydrogène deviendrait alors non plus seulement un vecteur mais aussi une source d'énergie durable.

Du fait de sa très faible densité, le stockage, le transport et la distribution de l'hydrogène s'avèrent plus difficiles que pour les carburants liquides. Les progrès réalisés dans le domaine du stockage, sous pression – à 350 ou 700 bars –, ou sous forme solide, notamment dans les hydrures, font que, même dans le cas d'applications exigeantes, comme les transports automobiles, la palette de solutions disponibles devrait permettre de répondre aux besoins, à des coûts acceptables, après industrialisation. Il en va tout autrement dans le cas du transport de l'hydrogène, qui demeurera coûteux. Pour cette raison, **les solutions décentralisées permettant de produire l'hydrogène au plus près des lieux de consommation doivent être privilégiées.**

Mesurer l'étendue des applications de l'hydrogène-énergie

La quasi-totalité des utilisations énergétiques de l'hydrogène passe par un dispositif permettant de produire directement de l'électricité : la pile à combustible. Celle-ci fait appel à un principe inverse à celui de l'électrolyse. Comme pour les électrolyseurs, il existe plusieurs catégories de piles à combustibles, dont deux principales : les piles à basse température à membrane d'échange de protons – bien adaptées aux applications de mobilité – et les piles à oxydes solides

fonctionnant à très haute température, plus appropriées pour les applications stationnaires.

Ce sont les progrès réalisés dans ces deux catégories de piles à combustible, sur le plan du prix, de la fiabilité et de la durée de vie, qui expliquent que **les applications énergétiques de l'hydrogène se multiplient**, même si elles se limitent pour l'instant à des marchés de niche. En 2012, 46 000 piles à combustible ont ainsi été commercialisées dans le monde, soit une croissance de 86 % en un an. Comme l'a montré l'audition publique du 30 octobre 2013, ces marchés de niche concernent des usages pour lesquels les atouts de la pile à combustible et de l'hydrogène leur permettent de s'imposer face aux technologies existantes, par exemple pour l'autonomie énergétique des sites isolés ou les chariots élévateurs. Ces usages devraient précéder des applications à destination du grand public, dans des domaines tels que l'aide au nomadisme, pour le rechargement des téléphones et ordinateurs, l'automobile ou la micro-cogénération, c'est-à-dire la production d'électricité et de chaleur dans les bâtiments.

En ce qui concerne l'automobile, le choix exclusif des deux grands constructeurs nationaux en faveur du véhicule 100 % électrique conduit à identifier des applications de mobilité pour lesquelles le véhicule à hydrogène pourrait devenir concurrentiel face aux autres solutions présentes sur le marché. L'une d'entre elles concerne les véhicules utilitaires, représentant 15 % des véhicules légers. C'est pourquoi il conviendrait de favoriser le développement de telles solutions en étendant le bénéfice du bonus écologique aux véhicules utilitaires dont le seuil d'émission de CO₂ est inférieur à 20 g/km. Afin de ne pas alourdir la fiscalité des entreprises, ce bonus serait uniquement financé par un aménagement du malus écologique sur les véhicules de tourisme. Il conviendrait par ailleurs de favoriser l'ouverture au public des stations à hydrogène desservant ces parcs de véhicules.

Relier réseau électrique et gazier grâce au « Power-to-Gas »

À côté de ces applications qui font appel à la pile à combustible s'en développe une autre, qui concerne la réutilisation directe de l'hydrogène dans le réseau gazier, que les Allemands ou les Anglo-saxons nomment le « *Power to gas* ». L'intérêt de cette technologie est de **permettre des échanges dans les deux directions entre réseau électrique et gazier**. Jusqu'à présent,

seule la production d'électricité à partir du gaz était possible. L'électrolyse combinée à l'injection d'hydrogène permet de déverser dans le réseau de gaz naturel les surplus de production électrique, notamment à partir d'énergies renouvelables intermittentes. D'après une étude présentée par GRT-Gaz, à l'horizon 2030, ce sont vingt-cinq térawatts-heure de production annuelle excédentaire qui pourraient ainsi être convertis pour réduire les importations de gaz, pour un coût final équivalent à celui de ce dernier.

Créer les conditions d'émergence d'une nouvelle filière industrielle innovante

Au terme de leur étude, les rapporteurs constatent que les efforts simultanés de recherche et développement engagés ces dernières années par plusieurs pays sur les technologies de l'hydrogène-énergie ont permis de débloquer les derniers verrous qui en limitaient les usages, même si ceux-ci concernent, dans un premier temps, des marchés spécifiques.

La France dispose d'un potentiel scientifique et industriel significatif dans ce domaine, ainsi que les rapporteurs ont eu l'occasion de le vérifier tout au long de leur étude au travers d'entretiens et de visites. C'est vrai en France, au niveau national et local, mais aussi à l'étranger, cette filière étant, d'ores et déjà, en bonne partie exportatrice.

Dans le contexte de la transition énergétique, les rapporteurs considèrent qu'au côté d'autres technologies, le développement de ces nouvelles applications de l'hydrogène permettrait une meilleure intégration des énergies renouvelables variables, en facilitant le stockage de l'électricité, et contribuerait à la substitution des énergies fossiles, notamment dans les transports.

Ils soulignent l'importance d'un engagement fort du Gouvernement pour fédérer et coordonner les efforts de l'ensemble des acteurs de cette nouvelle filière. Ils estiment impératif de lever les obstacles d'ordre réglementaire à l'innovation, en complément d'autres mesures requises pour assurer l'émergence de nouveaux marchés de l'hydrogène. Enfin, ils insistent, tout à la fois sur le rôle essentiel des territoires dans l'essor de ce vecteur énergétique et sur la nécessité de prendre en compte la dimension européenne de celui-ci.

À cette fin, les rapporteurs proposent cinq orientations majeures destinées à créer les conditions du développement d'une filière hydrogène nationale.

Cinq orientations pour structurer une filière hydrogène-énergie nationale

Orientation n° 1 - Mettre en place le triptyque organisationnel nécessaire au développement d'une filière hydrogène nationale ainsi qu'un comité d'orientation

1- Le Gouvernement doit affirmer, au plus haut niveau et au plus tôt, l'importance stratégique pour la réussite de la transition énergétique, du vecteur énergétique hydrogène ainsi que du développement d'une filière industrielle nationale correspondante.

2- Fédérer, avant le 30 juin 2014, les acteurs de la filière hydrogène autour d'un projet et d'un programme cohérents de développement à moyen terme, permettant à notre pays de disposer, d'ici cinq à dix ans, de solutions compétitives sur les principaux points de la chaîne de valeur allant de la production à l'utilisation de l'hydrogène-énergie, en passant par le stockage énergétique.

- Mobiliser les ressources du secteur privé en faisant appel aux partenariats public-privé, aux niveaux national, régional et local.

- Compléter la mise en place de ce triptyque par l'ajout, compte tenu du caractère transverse de l'hydrogène-énergie, d'un 35^{ème} plan de reconquête dédié au développement de ses applications.

3- Créer, avant le 30 juin 2014, un Comité national d'orientation de la filière hydrogène, placé sous l'égide du ministère du Redressement productif, qui sera une instance de concertation, d'orientation et de suivi, intégrant notamment des représentants de l'État, de l'Ancre, de l'Office parlementaire, des territoires ainsi que des principaux acteurs industriels et PME du secteur, afin d'assurer le suivi du plan de développement défini pour la filière.

Orientation n° 2 - Lever les freins à l'innovation d'ordre réglementaire

- Avant le 31 mars 2014, préciser les conditions d'application aux usages énergétiques de l'hydrogène de la réglementation existante en matière de production industrielle d'hydrogène, notamment au regard d'utilisations individuelles en volumes limités ou à usage interne.

- Réévaluer, avant le 31 mars 2014, les seuils relatifs au stockage d'hydrogène, notamment au regard d'utilisations individuelles en volumes limités ou à usage interne.

- Missionner l'INERIS, avant le 31 mars 2014, en liaison avec l'initiative de la commission de normalisation AFNOR « technologies de l'hydrogène » relative à l'élaboration d'un référentiel technique des nouveaux usages de l'hydrogène, afin d'accélérer l'élaboration d'une réglementation adaptée à ces usages, en vue d'une réglementation commune à l'ensemble des gaz énergétiques.

- Créer, avant le 31 mars 2014, un groupe de travail pluraliste regroupant les experts de la direction générale de la Prévention des risques et de la direction générale de la Sécurité civile et gestion des crises, de l'INERIS, de l'AFNOR, des acteurs industriels et d'au moins une association de défense de l'environnement. Ce groupe de travail, chargé d'instruire les demandes d'autorisation transmises par les DREAL, se réunira au moins une fois par mois.

- Prendre, avant le 30 juin 2014, toute mesure nécessaire pour limiter à trois mois le délai de réponse initiale sur la faisabilité d'une nouvelle demande d'installation dans le domaine de l'hydrogène-énergie et à douze mois le délai d'instruction complète de ce type de dossier.

- Simplifier l'ensemble de ces réglementations en s'inspirant du modèle allemand de dispositions communes à l'ensemble des gaz énergétiques.

Orientation n° 3 – Créer les conditions du développement de nouveaux marchés de l'hydrogène-énergie

- Exonérer, durant une période transitoire, l'hydrogène de toute taxation, à l'exception de celui produit à partir d'hydrocarbures. Cette mesure serait gagée par l'introduction d'une taxation des hydrocarbures lorsqu'ils sont utilisés, en tant que matière première, pour produire de l'hydrogène, notamment à des fins de raffinage des produits pétroliers.

- Faire bénéficier les installations de production d'hydrogène par électrolyse d'un accès à une électricité détaxée, sur le modèle du régime accordé par l'article 265 bis du Code des douanes aux installations de production d'électricité pour leur approvisionnement en produits pétroliers. Cette mesure pourrait être gagée par une suppression de cette dernière exonération.

- Faciliter, en l'absence de projet des constructeurs nationaux en matière de véhicules à hydrogène, le développement des solutions de prolongation d'autonomie basées sur l'hydrogène, complémentaires aux véhicules électriques, en étendant, avant le 30 juin 2014, le bénéfice du bonus écologique aux véhicules utilitaires – notamment électriques ou à hydrogène – dont le seuil d'émission de CO₂ est inférieur à 20 g/km, afin de ne pas alourdir la fiscalité des entreprises, ce bonus serait uniquement gagé par un aménagement du malus écologique sur les véhicules de tourisme.

- Favoriser, comme cela a été fait pour les véhicules utilitaires électriques, le déploiement de flottes de véhicules utilitaires électriques dotés d'un prolongateur à hydrogène, mieux adaptés aux usages intensifs, dans les administrations et entreprises publiques, en veillant chaque fois que possible à prendre en compte, lors de l'installation des bornes de chargement, la possibilité d'une ouverture, à terme, au public (ergonomie, positionnement dans les locaux, adjonction d'un moyen de paiement...).

Orientation n° 4 – Une nouvelle place pour les territoires : donner toute leur place aux initiatives locales pour mieux les fédérer et tendre vers une nouvelle gouvernance territoriale de l'énergie, complémentaire de la démarche nationale

- Sur le modèle de création d'un pôle de l'hydrogène dans le cadre du PACTE Lorraine, assurer l'émergence de filières hydrogènes locales cohérentes par la mise en œuvre de « contrats particuliers État-Région » dans les autres territoires qui disposent d'un potentiel dans ce domaine.

- Encourager les collectivités territoriales à favoriser, dans les administrations et entreprises publiques, le déploiement de solutions innovantes basées sur l'hydrogène et/ou les piles à combustible pour des applications telles que la cogénération dans les bâtiments à haute efficacité énergétique, l'alimentation de sites isolés, etc.

- Favoriser le déploiement des énergies renouvelables intermittentes, comme l'éolien ou le solaire, en liaison avec le stockage de l'électricité sous forme d'hydrogène (production – stockage – utilisation).

Orientation n° 5 – Prendre en compte la dimension européenne du développement de l'hydrogène-énergie

- Développer la coopération internationale en matière de recherche, notamment avec nos voisins allemands, dans des domaines tels que les matériaux, l'électrolyse, la méthanation ou encore la sûreté de l'hydrogène.

- Encourager la mise en place d'un cadre européen adapté aux nouveaux usages énergétiques de l'hydrogène et à l'infrastructure associée, sur l'exemple de ce qui a déjà été fait en matière de réglementation pour l'immatriculation des véhicules à hydrogène.

Le rapport est consultable sur le site de l'OPECST :

<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opecest-index.asp>
<http://www.senat.fr/opecest/index.html>

Février 2014