LE MONDE
DE L'ENERGIE
REJOIGNEZ LA COMMUNAUTÉ

LE MAG
Mars 2022

L'hydrogène, du mirage à la réalité

ISSN 2646-4152

Édito

Hydrogène : du mirage à la réalité

Près de 9 milliards d'euros. C'est l'enveloppe conséquente que la France a posé sur la table pour miser sur l'hydrogène, à travers le récent plan d'investissement France 2030, une de ces *« technologies d'avenir »*.

Ce soutien de l'État français en faveur de l'hydrogène est une bouffée d'oxygène pour une filière qui attendait un signal fort. En débloquant cette enveloppe, le chef de l'État a annoncé vouloir mettre en œuvre le *« continent nouveau »* de l'hydrogène. *« Si nous savons être les leaders de la production d'hydrogène de demain, alors nous construirons aussi la souveraineté énergétique de la France »*, a déclaré en novembre Emmanuel Macron. *« C'est une bataille pour l'écologie, pour l'emploi, pour la souveraineté de notre pays que nous allons mener »*. Remplaçant le pétrole ou le charbon, l'hydrogène, en permettant à l'industrie lourde de réduire ses émissions de CO2, va, selon le président de la République, *« réconcilier l'aventure industrielle, la croissance, avec la décarbonation de nos économies »*.

Emmanuel Macron est donc convaincu que l'hydrogène permettra la croissance verte du XXIe siècle et que la France a un avantage important par rapport à d'autres pays de par sa filière *«nucléaire solide et installée qui lui permet de produire de l'hydrogène beaucoup plus massivement»*.

Les acteurs de l'hydrogène se frottent les mains car l'appui de l'Etat devrait permettre le décollage d'une filière qui prenait timidement son envol. La course est donc lancée. D'une source d'énergie aux procédés en phase de tests, on est passé à la mise en pratique, aussi bien dans le domaine des renouvelables que de l'automobile, voire de l'aviation. La recherche sur ce vecteur énergétique, grâce ces investissements, va pouvoir innover et avancer concrètement…

Olivier DURIN
Directeur de publication

Sommaire

« L'hydrogène est l'avenir de la France, l'avenir du monde » 6

L'hydrogène est-il une solution d'avenir ? 9

Hydrogène, propriétés physico-chimiques & défis technologiques 13

De l'hydrogène renouvelable offshore bientôt une réalité ? 16

L'horizon de l'autosuffisance en hydrogène vert se précise en Allemagne 18

And the winner is : l'hydrogène ! 20

Hydrogène : l'IA, une opportunité majeure pour faire face aux défis de demain 24

La filière hydrogène se construira par l'émergence d'écosystèmes territoriaux.. 30

Transition écologique : l'hydrogène cherche sa voie dans les territoires.....33

Onze projets retenus pour développer une filière hydrogène aéroportuaire en Ile-de-France 36

Hydrogène : *« la France dispose de fantastiques cartes en main »*.....37

Hydrogène vert : Engie accélère le rythme.....40

TotalEnergies, Vinci et Air Liquide lancent un fonds dédié à l'hydrogène.....41

Un site de production industrielle d'hydrogène vert inauguré en Vendée..... 42

Gaz : 96% de canalisation en Europe aptes à acheminer l'hydrogène, selon les distributeurs..... 43

L'hydrogène vert bientôt compétitif 44

Entre illusions et scepticisme, quel rôle pour l'hydrogène dans la mobilité décarbonée ?.....48

Quels sont les facteurs d'influences clés associés au développement de la mobilité hydrogène ?..... 52

À Paris, une première station à hydrogène bas-carbone pour les véhicules 56

Transition aux Émirats : l'hydrogène vert, un nouvel or noir ? ... 57

Hydrogène bas carbone : quels enjeux pour les réseaux et la transition énergétique ? 60

« Un mix électrique décarboné est essentiel pour le développement de la filière hydrogène ».....64

L'hydrogène, solution miracle pour lutter contre le réchauffement climatique ?.....66

Hydrogène : promesse d'un futur décarboné ?.....71

Hydrogène décarboné: il faut aller plus vite pour baisser les coûts, dit l'AIE 74

HyDeal Ambition : et si l'hydrogène vert devenait le pétrole du XXI^{ème} siècle ?..... 75

L'hydrogène, « poids lourd » de la décarbonation des transports.....78

1

L'HYDROGÈNE, LE VECTEUR ÉNERGÉTIQUE DU FUTUR ?

« L'hydrogène est l'avenir de la France, l'avenir du monde »

Interview de Michel Delpon - publiée le 04.06.2021

Michel DELPON
Député de la Dordogne
Commissaire du Développement Durable et de l'Aménagement des Territoires - Fondateur et Président du Groupes d'Etudes parlementaire sur l'Hydrogène

Consulter le profil

Le député de Dordogne Michel Delpon, qui vient de publier *« Hydrogène renouvelable, l'énergie verte du monde d'après »* (Nombre7 Éditions), le martèle haut et fort : la révolution énergétique passera nécessairement par l'hydrogène. Interview.

Page 21 du livre, vous écrivez : *« Il est question de passer de l'économie hydrogène à la société hydrogène ? »* C'est à dire ? Comment passe-t-on d'une économie à une société de l'hydrogène ?

L'énergie est un sujet économique, basé sur des prix. L'enjeu est sociétal. Nous devons aller vers une transition écologique basée sur de l'énergie renouvelable. Dans un premier temps, l'énergie sera peut-être plus chère, mais à terme sera au même prix.

Quand le prix de l'hydrogène sera au même niveau que le carburant fossile, à savoir 2 euros le kilo, nous serons alors entrés dans la société de l'hydrogène.

Tout le monde sera à parité et cela fonctionnera sur chaque niveau. D'abord sur la fabrication de l'hydrogène, avec les électrolyseurs, les réservoirs et les piles à combustible : cela représente 150 000 emplois d'ici 2030 dans 23 domaines d'activités et une centaine de métiers au total.

Car en amont, cela va tirer vers le haut le secteur du renouvelable : le photovoltaïque, l'éolien, la méthanisation, la géothermie et l'hydroélectricité.

Du côté des usages, au delà de la mobilité qui touchera les voitures, le transport maritime et l'aérien, le marché est gigantesque dans l'industrie où l'on va vendre de l'acier ou du béton propre. Cela sera une vraie révolution. Sans oublier dans les logements avec par exemple le développement des chaudières à hydrogène. L'objectif, in fine, est de passer d'un hydrogène gris à un hydrogène vert.

Comment passer concrètement alors d'un hydrogène gris à un hydrogène vert ?

Quand l'Europe va légiférer sur la taxe carbone pour verdir le tissu industriel. Le béton, le ciment, l'acier ou encore le plastique, conçus avec de l'hydrogène gris, vont être faits avec de l'hydrogène vert.

Aujourd'hui, l'hydrogène gris est bon marché provient de carburants et de gaz fossiles carbonés. Ça ne peut plus durer, il faut se mettre en ordre de marche. Et les renouvelables sont la clé pour développer la filière…

Développer une filière hydrogène est-elle du coup compatible avec un mix énergétique dominé par le nucléaire ?

Le nucléaire doit être un trait d'union. Nous pourrons nous servir de cette source d'énergie le temps de devenir compétitifs avec les renouvelables. On peut très bien faire de l'hydrogène avec le nucléaire. L'idée est de le stocker pour l'hiver comme avec les barrages hydroélectriques.

« Le développement de l'hydrogène sera une vraie révolution »

La grande vertu de l'hydrogène réside dans le stockage…

En effet. C'est le seul vecteur énergétique qui se stocke réellement, la batterie étant limitée et posant des problèmes écologiques. En Europe, il y a 40 000 kilomètres de gazoducs dont la moitié pourrait être utilisée pour le transport de l'hydrogène.

Je pense également à un gazoduc qui relie le Maroc au continent. Je rappelle que nous pouvons prendre exemple sur le réseau sous marin qui relie déjà l'Australie au Japon.

En quoi l'hydrogène est-il un secteur prometteur pour les investisseurs ?

Les banquiers, qui ne sont pas des enfants de chœur, ne veulent pas perdre d'argent et abandonnent, petit à petit, les pétroliers et leurs investissements dans les énergies fossiles.

Et ce n'est pas par hasard si le géant français TotalEnergies, comme d'ailleurs la plupart des grands pétroliers, tourne casaque depuis six mois en investissant 4 milliards d'euros dans l'hydrogène. La révolution énergétique mondiale est par conséquent d'ores et déjà engagée.

La voiture hydrogène a-t-elle un avenir dans la compétition qui s'annonce avec les véhicules électriques… ?

Oui, elle a un avenir. Mais pour l'heure, nos constructeurs français sont en retard de dix ans. Il faut qu'ils se mettent à la page comme Toyota, Hyundai ou les Américains.

Pour massifier l'usage des voitures à hydrogène, il faut nécessairement développer un maillage cohérent de stations sur notre territoire, en commençant par le réseau autoroutier.

L'État mise-t-il suffisamment sur l'hydrogène pour assoir cette révolution que vous appelez de vos vœux ?

Oui, le budget est là. J'ai vendu le concept à Emmanuel Macron le 11 février 2020 à l'Élysée, juste avant la Covid.

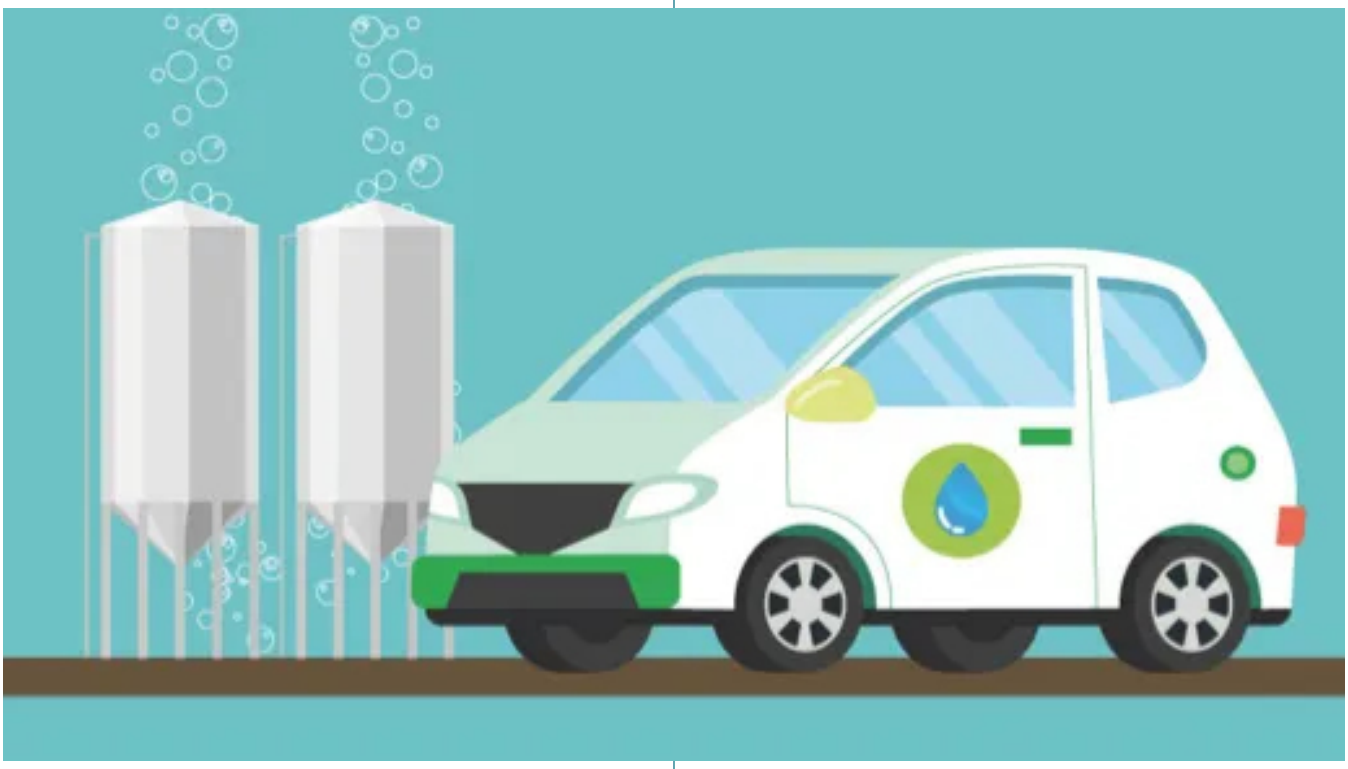
Après ma tribune dans le JDD en juillet dernier, appuyée par 150 députés, appelant à une gouvernance de l'hydrogène, a été créé le conseil national de l'hydrogène. Depuis, le président de la République et Bruno Le Maire ont décidé de mettre 10 milliards d'euros sur le tapis.

On est passé de 100 millions d'euros du temps du ministre Nicolas Hulot à 100 fois plus ! Par conséquent, l'hydrogène est l'avenir de la France, c'est l'avenir de l'Europe et c'est l'avenir du monde ! Nous sommes en route pour accéder à cette très convoitée et essentielle neutralité carbone !

Consulter l'article en ligne

L’hydrogène est-il une solution d’avenir ?

Article de Alexis Berhault et Charly Gay - publié le 02.12.2020



Alexis BERHAULT et Charles GARY
Consultants chez Spinpart

L'Union Européenne (UE), engagée dans une transition énergétique visant à décarboner l'économie, réanime l'espoir d'une société hydrogène. Les plans de relance de la France et de l'Allemagne prévoient des investissements de plusieurs milliards pour la construction d'une filière hydrogène verte complète, de la production à l'usage, destinée en priorité à la mobilité. Les années 70 ont déjà vu une telle démarche s'enclencher à la suite des chocs pétroliers… mais en vain.

Des technologies existantes insuffisantes pour garantir l'indépendance énergétique et décarbonée de l'UE

L'UE vise à être neutre en carbone en 2050, incluant un jalon à -40% d'émissions en 2030 (voire -55%). Afin de respecter ses engagements internationaux, il est indispensable de modifier en profondeur le secteur de la mobilité qui représente 25% des émissions.

Le développement des transports en commun, du fret ferroviaire et des mobilités douces (vélo, marche à pied) répond à une partie de la problématique.

Il est cependant nécessaire d'avoir des véhicules non carbonés pour les usages indispensables (déplacements quotidiens en zones rurales, véhicules d'urgence, transport de marchandises au dernier km, etc.).

Pour répondre à ce besoin, deux formes de mobilités coexistent à grande échelle aujourd'hui. Chacune avec ses forces et faiblesses :

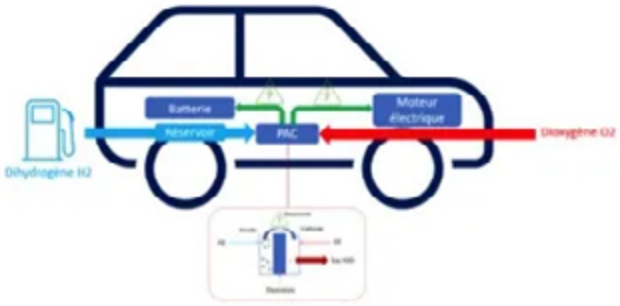
Objectif (Forces et faiblesses)	Mobilité au Pétrole	Mobilité électrique à batterie
Neutralité carbone	⊖ Produits pétroliers émetteurs de CO2	⊕ Usage conditionné à une source d'électricité verte / non carbonée ⊖ Production actuelle de la batterie à base d'électricité carbonée
Environnement	⊖ Pollution aux particules fines (NOx), risque de marées noires et forage en eaux profondes	⊕ Pollution en ville inexistante (sonore et particules fines) ⊖ Extraction des matières premières et recyclage des batteries
Indépendance stratégique Européenne	⊕ Industrie automobile leader ⊖ Dépendance aux pays producteurs de pétrole	⊕ Production électrique européenne indépendante ⊖ Dépendance aux producteurs de matières premières (Congo, Bolivie, Chine) ⊖ Retard technologique sur les producteurs de batteries (Chine, US)
Compétitivité économique et technologique	⊕ Pétrole abondant et bon marché ⊕ Réseau de distribution déployé ⊕ Prix du véhicule accessible	⊕ Prix d'usage compétitif ⊖ Prix du véhicule élevé ⊖ Réseau de recharge en cours de déploiement

Aucune de ces deux formes ne répond véritablement aux enjeux de l'Union Européen sur le long terme.

L'hydrogène est régulièrement cité comme la réponse idéale. Qu'en est-il vraiment ?

L'espoir de la mobilité hydrogène : un véhicule propre à un prix abordable avec un réseau de recharge adapté

La terminologie courante de *« véhicule à hydrogène »* [1] décrit un véhicule fonctionnant avec une pile à combustible. Il se compose d'un moteur électrique et d'un générateur chimique à pile à combustible. La pile à combustible permet de générer de l'électricité alimentant le moteur du véhicule tout en rechargeant la batterie.



La principale technologie utilisée dans l'automobile est la PEMFC[2] qui utilise aussi bien du dihydrogène que du bioéthanol et qui comporte de nombreux avantages : compacte, adaptée à tous types de véhicules, et fonctionne à basse température (70-80°C).

Enfin, elle fonctionne aussi bien au dihydrogène qu'au bioéthanol. La principale limite de ce type de pile réside dans l'utilisation de platine comme catalyseur qui augmente son coût de fabrication et son impact écologique.

D'autres technologies n'utilisant pas de platine existent, comme par exemple les SOFC [3], qui fonctionnent à très haute température (entre 500 et 1000 °C) : l'apport important de chaleur se substitue au platine comme catalyseur. Cette technologie est pour l'instant uniquement utilisable pour des mobilités lourdes (Maritime, Fret routier, etc.)

Quelle que soit la pile à combustible, un second élément s'ajoute à l'équation économique d'un véhicule, le coût élevé du réservoir de stockage de l'hydrogène. En effet, un réservoir résistant à la haute pression (700 bars) est primordial pour obtenir une autonomie de 500 km sur un véhicule particulier.

Le réservoir constitue surtout une problématique de sécurité pour l'ensemble des constructeurs.

Le dihydrogène étant compressé à haute pression, il en devient très explosif en cas d'impact important s'il reste confiné.

En revanche, à l'inverse des autres gaz de type GNV ou GPL, la légèreté du dihydrogène le rend moins dangereux en cas de fuite du réservoir car le moindre interstice peut lui permettre de s'échapper dans l'environnement extérieur avec peu de risques d'asphyxie. À noter également que le dihydrogène contient 3,5 fois moins d'énergie explosive que le GNV.

Un comparatif rapide permet de déterminer le type de véhicule adapté en fonction de l'usage :

	Véhicule thermique	Véhicule électrique	Véhicule hydrogène (PAC)
Rendement	~ 30 %	~ 80 %	~ 40 - 60 %
Autonomie	800 - 1000 km	250 - 500 km	350 - 600 km
Prix de recharge	~ 0,05 € / km	~ 0,04 € / km	~ 0,10 € / km
Temps de recharge	Quelques minutes	30 min - 1h	Quelques minutes

Le coût global du véhicule à hydrogène est plus élevé (coût initial et prix de recharge). Son autonomie et son temps de recharge en font une meilleure alternative vis-à-vis du véhicule électrique pour la mobilité longue distance et la mobilité lourde (fret routier et maritime, etc.).

Chercher à développer ce type de mobilité implique un investissement dans l'aménagement du réseau de stockage et de distribution de dihydrogène. A ce jour, une quarantaine de stations de recharge seulement sont implantées et ouvertes au public en France. Se focaliser dans un premier temps sur l'usage longue distance nécessitera un réseau moins dense de stations, et donc un investissement plus progressif.

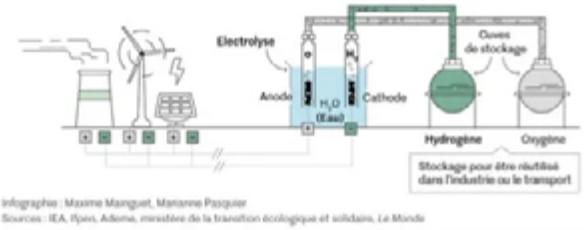
D'autre part, des évolutions technologiques et un développement à grande échelle sont nécessaires pour rendre le coût unitaire du véhicule plus abordable, notamment en s'appuyant sur les constructeurs européens. Intégrer ces derniers leur permettra demain d'être leaders du marché.
Enfin, le facteur clé favorisant la technologie hydrogène est le fait que son usage n'émette aucune pollution. Mais qu'en est-il de la production d'hydrogène ?

Les enjeux autour de sa production : verdir et augmenter les capacités productives

Le dihydrogène n'est pas à proprement parlé une source d'énergie mais un vecteur. La production actuelle de dihydrogène, compte tenu de son coût, est effectuée à 95% via l'utilisation de combustible fossile contre 5% via de l'électricité. En effet, le prix fossile est de 1,5 à 2,5€/kg contre 6 à 12€/kg de dihydrogène pour l'électricité selon France Stratégie [A].

La technique la plus utilisée est le vaporeformage[4] à base de méthane (CH4). Le mécanisme consiste en une double réaction chimique initiée à haute température (entre 840 et 950°C) fortement émettrice de CO_2. Elle est utilisée par l'industrie (fertilisants, aérospatial) et représente aujourd'hui 3% des émissions de CO_2 de la France.

La production électrique du dihydrogène se fait par électrolyse. Cette solution répond aux enjeux climatiques si la production électrique est décarbonée (renouvelable ou nucléaire) selon le principe suivant :



Infographie Le Monde

Afin de réduire son coût, de forts investissements doivent être consentis en R&D et en industrialisation pour développer de nouvelles capacités productives. Il est possible que les facteurs d'échelles et les avancées techniques permettent de réduire les coûts, à l'image de ce qui a été fait avec les ENR depuis 15 ans.

De plus, l'Europe peut s'appuyer sur un ensemble d'acteurs privés pour constituer une filière indépendante [5] (Air Liquide, Engie, GRDF, etc.).

Dans le cadre d'un usage généralisé pour la mobilité, les capacités productives en hydrogène et en électricité devront être augmentées : l'énergie finale pétrolière utilisée pour la mobilité en France représente 68 Mtep (Tep : Tonnes équivalent pétrole).

Produire l'équivalent d'électricité nette implique une augmentation d'environ 560TWh/an[6], soit un doublement de la production actuelle (550 TWh net en 2018).

Un avenir qui reste à confirmer

Le développement d'une filière hydrogène verte répond à la fois aux enjeux climatiques et environnementaux, à une indépendance stratégique avec des acteurs européens et à une mobilité économiquement viable.

Si l'Europe confirme sa détermination à sortir progressivement d'une mobilité carbonée dans le cadre de son plan climat, l'hydrogène pourrait remplacer le pétrole pour une partie des usages liés à la mobilité (transports lourds, longue distance). De nombreux freins restent à lever

tels que le coût du véhicule, les infrastructures de distribution et la production verte de l'hydrogène à grande échelle.

« Le développement d'une filière hydrogène verte répond à la fois aux enjeux climatiques et environnementaux, à une indépendance stratégique avec des acteurs européens et à une mobilité économiquement viable»

Deux éléments permettront d'accélérer le déploiement de la filière :

- Accompagner la transition pour rendre l'hydrogène progressivement compétitif et accessible face aux solutions fossiles dont le prix de production reste marginal et les infrastructures déjà existantes
- Repenser nos usages et nos besoins énergétiques en vue de les rationaliser afin d'accélérer et réduire le coût global de la transition

Consulter l'article en ligne

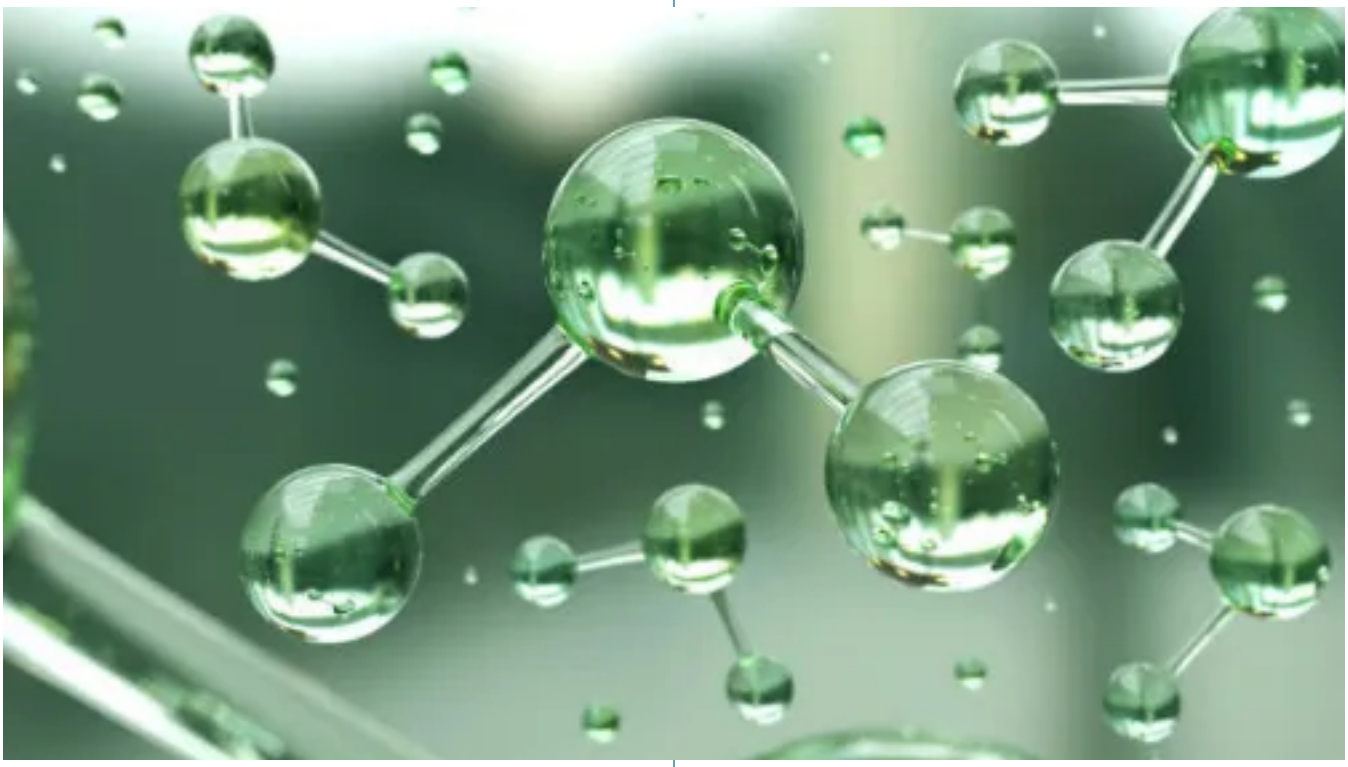
Notes et sources :

1. *Le véhicule à hydrogène au sens propre du terme est un véhicule disposant d'un moteur « classique » à combustion interne fonctionnant sur le principe du moteur à explosion. Aujourd'hui, cette technologie est progressivement abandonnée en raison des quantités importantes de dihydrogène nécessaires et des contraintes de compression.*
2. *PEMFC : Pile à Membrane échangeuse de protons ou Proton Exchange Membrane Fuel Cell*
3. *Solid Oxyd Fuel Cell*
4. *On produit également du dihydrogène via d'autres énergies fossiles à partir de la combustion partielle d'une matière organique (charbon, biomasse, etc.) en présence d'air ou d'oxygène (nommée gazéification)*
5.

6. *Hypothèse : ~60% de rendement pour la pile à combustible, ~70% de rendement pour l'électrolyse contre un rendement de ~30% dans un moteur thermique soit un facteur d'équivalence de 1,4 en faveur de l'hydrogène vis-à-vis de la production d'électricité nette. [A] Y a-t-il une place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ? », Note d'analyse de France Stratégie, août 2014. [B] https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/09/27/l-hydrogene-nouvel-eldorado_6053802_3234.html*
[A] Y a-t-il une place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ? », Note d'analyse de France Stratégie, août 2014.
[B] https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/09/27/l-hydrogene-nouvel-eldorado_6053802_3234.html

Hydrogène, propriétés physico-chimiques & défis technologiques

Article d'Alexandre Fleurentin - publié le 18.05.2021



Alexandre FLEURENTIN
Expert judiciaire, responsable du collectif Metallo Corner
Expert judiciaire auprès de la cour d'appel de Paris, responsable du collectif «Metallo Corner» (metallocorner.fr)

Consulter le profil

Constitué d'un proton et d'un électron, l'atome d'hydrogène est l'élément le plus petit du tableau de classification des éléments chimiques (Mendeleïev). Deux atomes d'hydrogène forment la molécule dihydrogène (H_2).

Ce gaz n'existe quasiment pas à l'état naturel, il peut être produit par vaporeformage du méthane, par l'oxydation partielle du pétrole, par gazéification du charbon et dans une moindre mesure par l'électrolyse de l'eau.

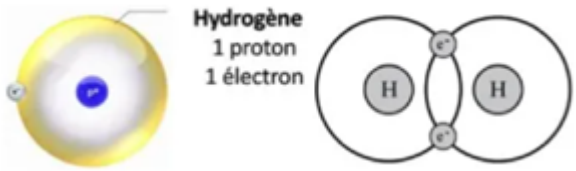


Figure 1 : Représentation de l'atome d'hydrogène et de la molécule de dihydrogène

De leurs propriétés physico-chimiques découlent les avantages et les inconvénients de leurs utilisations, principal enjeu de demain en vue de favoriser le développement d'énergies renouvelables dans la production d'électricité et limiter de ce fait les émissions de gaz à effet de serre.

Comprendre les propriétés de ce gaz permet d'identifier les défis technologiques d'aujourd'hui et de demain.

Densité et mobilité

Le dihydrogène est le plus léger des gaz, il se trouve à l'état gazeux à la température ambiante et se liquéfie à -253°C (cryogénie). Le fort pouvoir diffusif du dihydrogène nécessite par contre une mise en pression de ce gaz ou une liquéfaction de celui-ci si l'on souhaite le transporter. Ces deux solutions occasionnent une dépense énergétique supplémentaire.

Aussi bien à l'état liquide que gazeux, le dihydrogène est particulièrement sensible aux fuites à cause de la faible viscosité et de sa faible masse molaire. Par conséquent, un système qui serait étanche à l'air ou à tout autre gaz peut s'avérer inefficace face au dihydrogène.

Il est intéressant de rappeler que les éléments des installations industrielles travaillant sous H_2, à l'image des joints d'étanchéités, des vannes, des soupapes, des valves, des flexibles, des clapets anti-retour, des robinets, des compresseurs devront être conçus en intégrant cette forte mobilité tout en disposant d'un système de détection adapté face à d'éventuelles fuites.
Cette mobilité importante peut être perçue comme positif au niveau de la sécurité des installations dans la mesure où cela tendra à limiter le confinement de l'H_2 et d'éviter de se retrouver dans les plages du domaine d'inflammabilité (Cf. figure 2) en présence d'un comburant.

De l'inflammabilité à la détonation

Dans l'inconscient collectif, travailler sous dihydrogène reste angoissant probablement suite à l'incendie du zeppelin Hindenburg (Cf. figure 2) après sa 10ème traversée de l'Atlantique dans le New Jersey (1937), à l'utilisation de la « bombe H » utilisée pendant la 2ème guerre mondiale sur les villes d'Hiroshima et de Nagasaki (1945) ou à l'explosion des réservoirs de la navette spatiale américaine Challenger (1986).

Figure 2 : Incendie du zeppelin Hindenburg à Lakehurst à l'approche de son mât d'amarrage. (Source : Wikipédia)

Cette perception est loin d'être usurpée compte tenu des vastes domaines d'inflammabilité, de détonation et de sa très faible énergie d'activation ou d'auto-inflammation (Cf. Figure 3 et tableau 1). En effet, un échauffement thermique localisé, une étincelle d'ordre mécanique, l'électricité statique, suffisent pour activer la combustion du gaz H_2. On peut également ajouter que ce gaz est inodore ce qui le rend difficilement détectable sans la mise en place de technologies adaptées.

En revanche, sa flamme incolore est un avantage en cas d'incendie pour les objets environnant, puisque le phénomène de transfert thermique par rayonnement est quasi inexistant.

Tableau 1 : Risque d'inflammation et d'explosion

	Dihydrogène (H_2)	Gaz naturel (CH_4)
Limites d'inflammabilité dans l'air (Li et Ls en % vol)	4 – 75	5,3 – 15
Limites de détonation dans l'air (% vol)	18,3 - 59	6,3 – 13,5
Energie minimale d'inflammation (mJ)	0,02	0,29
Température d'auto-inflammation (T_{ai} en °C)	585	540
Vitesse de combustion dans l'air (cm/s)	265 - 325	37 – 45

La gestion de la sécurité en milieu dihydrogène repose sur le fait de travailler autant que possible en milieu aéré (non confiné) ou d'utiliser des quantités réduites de dihydrogène tout en s'assurant du respect des règles dictées par la directive ATEX et autres normes européennes :

- NF EN M58-003 : Installation des systèmes mettant en œuvre l'hydrogène,
- ISO / TR 15916 : Considérations fondamentales pour la sécurité des systèmes hydrogénés.

La réflexion associée à la sécurité d'un système évoluant sous dihydrogène doit également concerner l'atelier ou les locaux qui abritent les installations (système de ventilation approprié, mise en place de détecteurs,..) et le personnel qui aura la charge de ces installations (maintenance préventive, formation adaptée à ce nouvel environnement de travail).

« Le défis d'aujourd'hui et de demain en termes de sécurité face aux installations travaillant sous hydrogène est la mise en place de mesures préventives et protectrices afin de réduire l'occurrence des incidents »

Le défis d'aujourd'hui et de demain en termes de sécurité face aux installations travaillant sous hydrogène est la mise en place de mesures préventives et protectrices afin de réduire l'occurrence des incidents. Le risque zéro n'existant pas, il faudra également limiter les conséquences dommageables face aux accidents.

L'hydrogène et les matériaux métalliques

Comme nous avons pu le constater dans les précédents chapitres, il est donc primordial d'anticiper et de maitriser le régime de combustion de l'hydrogène ainsi que les risques de fuite. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une approche industrielle à la fois sur les systèmes mécaniques travaillant sous dihydrogène (limitation des volumes explosibles, cloisonnement avec d'éventuels comburants, calcul des taux de fuite maximal admissible, ...) mais sur la compatibilité et la durabilité des matériaux utilisés avec l'hydrogène.

En ce qui concerne les matériaux métalliques, les problèmes sont d'ordre métallurgique :

- L'attaque par hydrogène avec la formation de méthane in situ dans les appareils d'équipement sous pression (bien connue dans le monde des énergies carbonées),
- De fragilisation par l'hydrogène pour les alliages à hautes caractéristiques mécaniques,
- Le clocage sous hydrogène avec la recombinaison in situ du gaz H_2.

Ces phénomènes métallurgiques ont pour conséquence une impossibilité d'utiliser certains alliages en présence d'hydrogène ou d'induire une réduction drastique de la durée de vie des produits en milieu hydrogéné en accélérant les endommagements par fatigue et/ou fluage.

On peut également ajouter la grande affinité du dihydrogène avec le dichlore pour former de l'acide chlorhydrique gazeux (HCl). Cette réaction, qui peut être explosive, est catalysée par la lumière et la température. À cela, il est important d'ajouter que les matériaux métalliques à une température au-delà de 100°C dans un milieu HCl sont sujets à des problèmes de corrosion catastrophiques entrainant une durée de vie très limitée.

Pour limiter ces difficultés majeures, il existe une multitude de solutions en travaillant sur le choix des matériaux métalliques, les caractéristiques mécaniques visées, la mise en place de revêtements en effet barrière ou stockage ou en travaillant sur des systèmes de dégazage ou piégeage de l'hydrogène.

L'ensemble de ces astuces sera abordé dans de prochains articles afin de pouvoir ensemble repousser les limites de l'utilisation verte du dihydrogène.

Des solutions éprouvées existent déjà sur le marché...

Quel que soit les questions du moment concernant la mobilité / l'étanchéité ; l'inflammation / la détonation et la compatibilité métallurgique en présence d'hydrogène, il est important de se rapprocher des bonnes pratiques mises en place dans des secteurs utilisant déjà massivement le dihydrogène comme les sociétés de traitements thermiques avec leurs systèmes de régulation des traitements de nitruration, les fabricants de four industriel de recuit brillant, le secteur de la pétrochimie avec entre autre les unités de désulfuration), l'industrie nucléaire, ...

Consulter l'article en ligne

De l'hydrogène renouvelable *offshore* bientôt une réalité ?

Article de Brigitte Bornemann - publié le 20.07.2021

Brigitte BORNEMANN
Directrice des « *Énergies de la mer* »
Avant de diriger le portail des « *Énergies de la mer* », Brigitte Bornemann a été conseillère technique chargée de la presse, de la communication et de l'audiovisuel scientifique au ministère de la Recherche et de l'Espace en 1992. Elle s'occupait précédemment de la presse internationale au sein du service de presse d'Edith Cresson.

Consulter le profil

L'électrolyseur offshore sera installé sur la plateforme flottante de GEPS Techno, Lhyfe, producteur et fournisseur d'hydrogène vert et renouvelable pour le transport et l'industrie, et Centrale Nantes, école d'ingénieurs et centre de recherche français, gèrent le site d'essai offshore SEM-REV (THeoREM).

L'objectif de Lhyfe et Centrale Nantes est de faire de l'hydrogène renouvelable offshore une réalité, en démontrant la fiabilité d'un électrolyseur offshore. Il s'agit d'une première mondiale à l'heure où des initiatives de production d'hydrogène vert en mer émergent dans toute l'Europe.

À l'étude

DNV (registraire international accrédité et une société de classification norvégienne) va étudier les implications en matière de sécurité de la première installation offshore de production d'hydrogène vert au monde.

DNV dirigera l'étude sur la sécurité des procédés afin d'identifier les principaux risques environnementaux, sécuritaires et opérationnels des premières installations offshore de production d'hydrogène au monde.

Situé au large des côtes du Croisic, en France, le système de production d'hydrogène vert est destiné à être alimenté par l'électricité d'une éolienne flottante, avec une date de démarrage prévue en 2022.

Dans le cadre de la conception de la nouvelle installation, les experts de DNV entreprendront des ateliers et des sessions techniques pour identifier et analyser les principaux risques environnementaux, sécuritaires et opérationnels associés au projet.

« Le système de production d'hydrogène vert est destiné à être alimenté par l'électricité d'une éolienne flottante, avec une date de démarrage prévue en 2022 »

Pour Santiago Blanco, Vice-Président Exécutif et Directeur Régional Europe du Sud, MEA et LATAM, Systèmes d'Energie, chez DNV, *« il s'agit potentiellement d'un projet décisif, que nous sommes heureux de soutenir au cours de la phase FEED. Prouver la sécurité de telles activités, en particulier avec de nouvelles technologies, pour les faire accepter et les rapprocher de l'adoption, est vital pour l'industrie et les parties prenantes ».*

« Travailler avec Lhyfe et Centrale Nantes pour faire avancer leurs ambitions est quelque chose que nous sommes heureux d'annoncer, car nous pensons que l'hydrogène vert à l'échelle est la destination ultime pour l'avenir du stockage d'énergie ».

Les risques qui seront étudiés par DNV comprennent la barge flottante, les piles à combustible et la production d'hydrogène. Un examen des réglementations et des normes fera également partie de l'étude.

Procédé unique

L'électrolyseur offshore sera installé sur la plateforme flottante de GEPS Techno et connecté aux différentes sources d'énergie marine renouvelable (EMR) disponibles sur le site d'essai offshore, notamment l'éolienne flottante Floatgen.

Ce procédé unique de production n'émet que de l'oxygène, pas de CO_2 pendant l'opération. Centrale Nantes met également à disposition ses moyens de recherche et apporte son soutien aux différentes phases réglementaires, expérimentales et logistiques pour assurer le succès du projet.

L'hydrogène est un vecteur énergétique unique, sans émission de carbone, qui peut être utilisé pour des applications de stockage à long terme et de chauffage.

En utilisant l'électricité produite à partir de sources renouvelables telles que le vent, le vecteur énergétique résultant est l'hydrogène *« vert »* sans carbone. L'utilisation économiquement viable de l'hydrogène vert est rendue possible par la pénétration croissante de l'énergie éolienne et solaire dans les années à venir.

Consulter l'article en ligne

L’horizon de l’autosuffisance en hydrogène vert se précise en Allemagne

Article de The Agility Effect - publié le 25.01.2022

The Agility Effect
Site partenaire
www.theagilityeffect.com se concentre sur ce qui peut accélérer, faciliter, concrétiser les promesses de la transformation numérique et de la transition énergétique.

Consulter le profil

Une installation photovoltaïque flottante sur un lac de Rhénanie-du-Nord-Westphalie va produire de l'électricité et de l'hydrogène verts. Le défi ? Faire communiquer entre eux tous les composants du système en temps réel, et maximiser l'autoconsommation de l'énergie produite sur le site.

D'ici 2023, le lac de la gravière de Hüdderath en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (Allemagne) accueillera sur une superficie de 9 hectares un système photovoltaïque flottant. Ce projet, qui a l'avantage de ne pas occuper de précieuses terres agricoles, est basé sur un système fermé allant de la production d'électricité à la commercialisation régionale d'hydrogène vert.

Une partie de l'électricité produite sur place sera utilisée pour faire fonctionner l'usine de gravier qui vise la neutralité carbone, tandis qu'une autre partie sera convertie en hydrogène vert par électrolyse.

L'énergie ainsi produite et stockée sera disponible pour d'autres entreprises locales, telles que le grossiste alimentaire Chefs Culinar qui a manifesté son intérêt pour ce projet afin d'alimenter à terme sa flotte de camions en hydrogène

« Si la technologie utilisée est déjà éprouvée, à savoir l'interconnexion des systèmes photovoltaïques, des électrolyseurs et des capacités de stockage, le défi porte sur un objectif d'autoconsommation maximale de l'électricité produite sur le site ».

De la conception à la mise en œuvre

Baptisé « *Hydrogen Impulse Niederrhein – WIN* », ce programme ambitieux est porté par trois sociétés du Bas-Rhin : le groupe Teunesen, spécialiste de l'extraction de sable et de gravier ; Omexom Smart Technologies, entreprise de VINCI Energies experte dans les processus de production et de contrôle complexes des énergies alternatives, de l'eau, de l'industrie alimentaire et des produits en vrac ; et Wystrach, fournisseur de systèmes pour toute la chaîne d'approvisionnement en hydrogène à partir de l'électrolyse.

Sur ce projet dont l'investissement total s'élève à environ 11 millions d'euros, Omexom opère en tant qu'intégrateur technique du système. « *Nous intervenons dans les domaines de la communication, de la technologie du réseau, du contrôle du système… Mais nous avons également un rôle d'accompagnement de la conception en amont du projet à sa mise en œuvre (conseil sur les composants du système, choix des fournisseurs, définition des interfaces avec le site industriel…)* », explique Thomas Willems, manager chez Omexom Smart Technologies à Uedem.

Décliner le concept

Si la technologie utilisée est déjà éprouvée, à savoir l'interconnexion des systèmes photovoltaïques, des électrolyseurs et des capacités de stockage, le défi que doit relever Omexom et ses partenaires porte sur un objectif d'autoconsommation maximale de l'électricité produite sur le site et de maximisation du degré d'autosuffisance.

« *Pour cela, tous les composants du système doivent toujours communiquer entre eux en temps réel et pouvoir réagir en conséquence aux changements, en l'occurrence ceux de l'énergie générée par le système photovoltaïque. Le défi sera donc d'obtenir le meilleur fonctionnement de chaque système individuel en fonction du concept global* », souligne Timon Mund, chef de projet IoT & Smart Grid chez Omexom Smart Technologies.

Cette démarche innovante implique un volet recherche auquel participent des partenaires scientifiques comme le Centre de technologie des piles à combustible (Zentrum für BrennstoffzellenTechnik) de Duisburg et l'Université des sciences appliquées d'Osnabrück.

L'idée à terme est de décliner le concept sur d'autres sites. « *Ce projet doit servir de référence pour toute la région et toute l'industrie mais avec quelques ajustements, le système peut être appliqué plus largement, souligne Thomas Willems. La source d'énergie renouvelable ne doit pas nécessairement provenir d'un système photovoltaïque flottant.* »

« *Les centrales éoliennes et solaires, par exemple, qui ne bénéficieront plus à terme de subventions dans le cadre de l'EEG (loi allemande sur les énergies renouvelables), devront trouver des solutions pour éviter d'être démantelées* », ajoute le manager d'Omexom Smart Technologies. La production d'hydrogène vert pourrait être pour elles une solution salutaire.

Consulter l'article en ligne

And the winner is : l'hydrogène !

Tribune de Gérard Petit - publiée le 01.10.2020

Gérard PETIT
Ancien membre de l'Inspection Générale
Ingénieur diplômé dans l'énergie, avec des activités de R&D, d'ingénierie, d'exploitation, de formation et, in fine, d'inspection, Gérard Petit est un ancien cadre supérieur d'EDF et membre de l'Inspection Générale en charge de la Sûreté Nucléaire.

Consulter le profil

Dans une belle *« ola »*, on se lève tous pour l'hydrogène ! Mais pourquoi, diable, n'y avoir pas pensé plus tôt, tant la mariée est belle ?

Mais ressaisissons-nous, l'engouement récent, massif, unanime, transfrontière pour l'hydrogène doit interroger, sinon interpeller, comme toute pensée unique.

Redondance verte

Jusque là, seule l'électricité décarbonée (hydraulique, nucléaire, EnR) était un outil crédible de substitution aux sources traditionnelles d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz).

Arrive (survient ?) alors l'hydrogène, qui de plus, permet indirectement le stockage de l'électricité verte (un avantage jugé insigne, on s'en doute), vite présenté comme un second axe de décarbonation, multi usages, un passeport universel, en somme.

On pourra l'injecter directement dans les réseaux de gaz naturel, fabriquer du méthane renouvelable à partir du CO_2 (power to gas), l'utiliser comme carburant d'une pile à combustible (gas to power) et dans nombre de process industriels (aciéries, cimenteries, raffinage,...), voire même le brûler directement dans un moteur ou ailleurs...et nul doute que bien d'autres usages, réels ou potentiels, complètent déjà cette liste.

Atouts et atours se conjuguant, comment ne pas se lancer plus avant ?

Avantage collatéral

Mais c'est, aussi (surtout ?) une martingale gagnante pour justifier qu'il n'y a plus de limite au déploiement des EnR intermittentes, puisqu'on prétendra toujours pouvoir valoriser cette production, via l'électrolyse de l'eau, pour fabriquer de l'hydrogène vert, le vecteur énergétique universel, comme en outillage, la pince du même nom.

Restera l'intermittence de ces moyens, d'autant plus contraignante pour la stabilité d'un réseau, qu'ils seront massifs. Mais les CCgaz (Cycles Combinés Gaz, réactifs perforants, mais chers à construire et chers à l'emploi,...) qu'il faudra, de toute manière, déployer pour pallier le retrait des centrales pilotables (charbon, nucléaire) assureront cette compensation, on en construira juste davantage !

À propos, est-il utile de rappeler que quand on produit de l'électricité en brulant du gaz naturel, on libère aussi force CO_2,. et que le grand branle-bas de la *« Transition »*, visait d'abord à diminuer les émissions au maximum.

Mais on peut aussi imaginer des appairages *« électrolyseur-EnRis »* non reliés au réseau ; il faudrait alors, en principe au moins, que la seule production de l'hydrogène assure la viabilité économique du montage. Mais nul doute qu'en cas de difficultés, si les cours de l'hydrogène n'étaient pas suffisants, des subventions dédiées balaieraient vite cet inconvénient.

Par exemple ...

Pour la pénétration de l'hydrogène, l'exemple le plus mature est incontestablement celui du ferroviaire, car le train se prête bien à l'emport des lourds réservoirs où le gaz est comprimé à 700 bars, et des batteries nécessaires à un fonctionnement plus continu des piles à combustible (et qui permettent, outre la récupération d'énergie électrique au freinage, le nécessaire coup de fouet au démarrage).

Clairement, les deux éléments automoteurs d'Alstom qui fonctionnent déjà en service commercial en Allemagne (Basse Saxe), donnent satisfaction, au point que plusieurs autres Länders ont déjà passé commande (41 rames) et toute l'Europe s'y met.

La SNCF aussi, qui fait développer à Alstom un concept mixte hydrogène-électrique, outil encore plus universel, mais plus complexe. Il est prévu, dans un premier temps, de commander 15 engins.

Faire-valoir (selon le Robert : *« acteur dont le rôle essentiel est de mettre la vedette en valeur »*).

Améliorer le bilan GES du ferroviaire en Europe, et singulièrement en Allemagne, ne répondait pas à une nécessité environnementale de premier ordre. En effet, une très grosse part du trafic y est assurée avec des locomotives ou des automoteurs électriques, le reste étant à la charge d'engins diesels, souvent modernes et de plus en plus performants en matière de réduction des émissions de GES, de polluants et de particules fines.

La clé se trouve donc, plutôt, dans la couleur du courant d'alimentation des locomotives et des automoteurs électriques, toujours bien grise en Allemagne, malgré l'emblématique l'Energiewende.

La substitution de l'hydrogène vert au diesel n'était pas le meilleur angle d'attaque pour diminuer les émissions GES du ferroviaire Outre-Rhin, déjà faibles dans l'absolu, et même marginales, en regard des autres modes de transport.

En France, où hydraulique, nucléaire et EnRs, confèrent au ferroviaire électrique, très largement dominant, une belle performance écologique, ce même substitut hydrogène-diesel, qui ne concernerait, en l'état, que peu d'engins, restera totalement négligeable dans les bilans. Il n'y a donc là, aucun impératif.

De fait, même sans besoin spécifique, le ferroviaire a servi, à dessein, de pénétrante judicieuse pour montrer qu'on sait apprivoiser hydrogène et l'utiliser efficacement dans un domaine courant, comme la mobilité. On attend de cet acquis qu'il parle clair aux opinions, même si transposer le schéma à d'autres secteurs, même nonobstant les questions de sécurité, sera sans doute une autre paire de manches.

Pertes en ligne

Cette réussite technique, puisqu'on arrive à rendre de manière fiable le service attendu, ne doit cependant pas faire oublier tous les maillons amont de la chaîne et la nécessaire conjugaison de leurs rendements, pour avoir une idée de l'efficacité globale du processus et donc de son coût.

Et là, la sanction est sans appel, seul 1/3, voire 1/4 de l'électricité verte injectée dans le processus, est récupérée -in fine- sous forme d'électricité utile !

Quand on connaît le coût de l'électricité décarbonée, d'origine EnR ou d'origine nucléaire et les possibilités multiples et extensibles de s'en servir directement, le passage par une voie parallèle si inefficace, apparaît comme un pur gaspillage et interroge.

Certes, à cet argument, sera opposé l'avantage premier du stockage, bien qu'il grève encore davantage le rendement global (compression, refroidissement, conditionnement,...).

Covoiturage : un passager encombrant

La dimension sécurité et les problèmes d'installation sont évidement les facteurs premiers à considérer, l'hydrogène n'étant pas un gaz docile, les risques d'explosion doivent être pratiquement éliminés pour un usage banalisé (mais ne va-t-on pas, défier ainsi, le principe de précaution ?), ce qui passe par l'emploi d'équipements robustes, souvent lourds et encombrants.

Face à ces contraintes d'adaptation à l'hydrogène, le ferroviaire possède des avantages comparatifs : robustesse, fiabilité, fonctionnement sans à-coups et volumes qu'on peut adapter, sans trop de contraintes, pour y loger les réservoirs et les batteries indispensables, l'alourdissement restant marginal par rapport à la masse des engins.

Il n'en sera pas de même pour les camions et les bus, les voitures, voire les avions, si on veut leur conférer suffisamment de capacités et d'autonomie, en toute sécurité.

Airbus se fixe l'échéance de 2035 pour faire voler un moyen-courrier de 200 places, mu à l'hydrogène et, pour les plus classiques, les premières esquissent montrent un fuselage allongé avec compartiment arrière dédié...mais quid de la puissance nécessaire au décollage d'un tel engin ?

S'ajoute à cet ensemble d'exigences, celles propres à la logistique d'approvisionnement en hydrogène des différents usagers, chacun avec ses difficultés spécifiques.

Un substitut peut en cacher un autre

À l'unisson de cet engouement mondial, en appui sur des subventions qu'ils octroient généreusement, les pays d'Europe cherchent à se mettre en situation de produire massivement de l'hydrogène vert, puisque les possibilités aval, dont ils encouragent également l'essor, apparaissent prometteuses.

Envisagé par certains, pour la fourniture de courant aux futurs hypothétiques électrolyseurs géants, le nucléaire sera contesté frontalement par les écologistes, dont le but premier, ne l'oublions jamais, reste son éradication. De l'hydrogène vert, *« souillé »* par le nucléaire, ne serait plus vert ! Impensable dans leur référentiel *« exclusif »*, qui pourrait cependant, sans vergogne, faire une fleur au gaz naturel !

Comme la production stockable d'un électrolyseur sert d'intégrateur à son alimentation aléatoire par des renouvelables électriques, gommant ainsi les inconvénients de leur intermittence (un des atouts mis en avant pas les tenants d'une telle chaine), il serait franchement irrationnel d'utiliser le courant nucléaire pour un même usage, surtout dans l'hypothèse où on dédierait certains réacteurs à l'alimentation de ces méga électrolyseurs.

Le nucléaire qui stocke de facto son énergie dans le combustible, sait produire à la demande un atout de plus en plus précieux pour assurer l'équilibre d'un réseau, qu'on enrichit, immodérément, en moyens intermittents.

Sunrise Boulevard

Comme les hypothèses précédentes ne font guère sens, c'est donc un boulevard qui s'ouvre pour un développement ad libitum des éoliennes et des panneaux PV, l'hydrogène devenant, en langage de chimiste, le catalyseur de leur multiplication, et qu'on présente désormais comme le moyen le plus apte à dénucléariser et de décarboner !

L'Allemagne, une fois de plus, montre la voie et bien qu'en échec pour réduire de manière tangible les émissions de GES, le colossal surdimensionnement des parcs EnR, va ainsi chercher, dans la production d'hydrogène vert, une nouvelle légitimité.

Le développement de la filière hydrogène, avec d'importantes aides publiques (plus de 9 Mds€) versés aux organismes de recherche et aux industriels, crédibilise grandement ce schéma aux yeux de l'opinion allemande, à laquelle on présente *« le chemin cohérent longtemps promis »*, pour toucher au Graal de la décarbonation. On n'annonce évidemment pas que la route sera hasardeuse et que le schéma, tel que posé, n'est en rien la solution, puisqu'il faudra toujours compenser l'intermittence des EnRi par des moyens carbonés, le gaz naturel en l'occurrence.

« Mais ressaisissons-nous, l'engouement récent, massif, unanime, transfrontière pour l'hydrogène doit interroger, sinon interpeller, comme toute pensée unique »

Original et copie

La France, dont on rappelle qu'elle produit un courant très largement « carbon free », met, quant à elle, 7 Mds€ sur le même tapis vert, une belle recapitalisation (attendue…) du plan Hulot.

Mais ce n'est pas une surprise, nous suivons fidèlement notre modèle allemand, même s'il nous engage, comme pour le développement massif des EnRi, à des choix destructeurs pour les outils français existants, le nucléaire en particulier, sans vraie compensation industrielle et sans les créations massives d'emplois, annonces qu'on réitère hélas, régulièrement, car, comme Sœur Anne, on ne voit rien venir à l'échelle des promesses.

En trouvant une justification artificielle à des investissements inutiles dans les EnRi, en les couplant avec la production d'hydrogène vert, dont la France n'a guère plus besoin, on s'enferre plus avant dans l'irrationnel et notre pays, devrait vraiment s'éviter de tels errements.

Qu'importe, que les processus de fabrication-utilisation de l'hydrogène vert soient intrinsèquement dispendieux et énergétiquement très inefficaces et que la réification de ce schéma idéal risque de prendre un peu de temps (si elle advient jamais…), dans l'intervalle, comme en Allemagne (cf le dossier Nord stream 2), le recours massif au gaz naturel permettra de franchir le gap, tout en émettant massivement des GES, mais gageons qu'on saura les qualifier d'utiles et donc les distinguer des autres, comme on déclare déjà le faire pour les électrons dits verts !

Consulter l'article en ligne

Hydrogène : l'IA, une opportunité majeure pour faire face aux défis de demain

Article de Pierre Nougué - publié le 10.11.2020

Pierre NOUGUÉ
CEO fondateur d'ECOSYS Group (ingénierie de la donnée, de la modélisation d'écosystèmes et de l'intelligence artificielle).

Consulter le profil

L'hydrogène représente une opportunité stratégique pour la France et l'Europe mais la complexité de la filière nécessite de prendre en compte tous les écosystèmes qui interviennent sur toute la chaîne de valeurs.

Pour en savoir plus, nous avons interrogé Pierre Nougué, CEO fondateur d'ECOSYS Group (ingénierie de la donnée, de la modélisation d'écosystèmes et de l'intelligence artificielle).

En quoi l'intelligence artificielle et la modélisation d'écosystèmes peuvent-elles aider l'Europe et la France à gagner le pari industriel consacré à l'hydrogène ?

Au sein d'ECOSYS Group, entreprise spécialisée en data management, nous avons pour mission centrale d'aider nos clients à maîtriser leurs données et leurs écosystèmes pour gagner en performance durable.

Nous sommes convaincus que l'intelligence artificielle (IA) constitue une opportunité majeure pour faire face aux enjeux et défis de demain.

Après plusieurs années de « *test et d'apprentissage* » et de pratiques opérationnelles, nous avons développé des méthodes uniques de modélisation d'écosystèmes, qui permettent d'agréger des informations et de visualiser des chaînes de valeur en caractérisant les acteurs qui les composent et ce qui les lie, avec plusieurs possibilités de lecture.

Ces méthodes et outils ont notamment été utilisées par le Pôle Véhicule du Futur et la région Grand Est pour structurer une filière industrielle dédiée à l'hydrogène.

Pour réussir la transition écologique et énergétique et soutenir le développement de solutions telles que l'hydrogène, il faut être en mesure de faire des choix d'investissement complexes.

Il faut penser les mix énergétiques de demain encore incertains, valider et structurer des projets de tailles, de géographies, d'enjeux technologiques différents dans l'espoir qu'ils généreront les bénéfices environnementaux, sociaux et économiques escomptés.

Ces choix ne sont pas aisés et nécessitent d'être pensés avec le maximum de cohérence au niveau local, régional, national et européen pour tenter d'atteindre au mieux les objectifs de neutralité carbone, d'indépendance énergétique, de souveraineté industrielle mais aussi d'emploi.

L'IA, avec toutes les technologies qu'on y associe, de la robotique à l'apprentissage automatique en passant par l'analyse prédictive, offre notamment la possibilité de simuler et de mesurer l'impact des décisions prises par les acteurs économiques.

L'effort de prototypage pour les technologies hydrogène est coûteux, et les capacités de simulation nouvelles offertes par l'IA et les technologies numériques doivent permettre de converger vers des démonstrateurs adaptés et ciblés qui rendront possible le passage à l'échelle.

Pour réussir le pari industriel de l'hydrogène, il faut aussi pouvoir combiner les investissements publics annoncés dans le cadre de *France Relance* ou du *Green Deal* européen et les capacités d'investissements privés, de toute nature.

Il faut identifier les projets, les territoires, les acteurs qui susciteront de l'emploi industriel, permettront de préserver notre souveraineté et garantiront une qualité de fourniture d'énergie pour tous à moindre coût avec un bilan énergétique positif pour l'environnement.

La structuration d'une filière industrielle dédiée à l'hydrogène « *vert* » ne sera possible qu'avec une vision écosystémique. La multiplicité des acteurs qui la compose doit être envisagée comme une clé pour réussir demain son développement, comme cela l'a été pour la structuration de la filière aéronautique avec Airbus, qui a réuni un écosystème de PME, start-ups et ETI avec le soutien des acteurs publics et de financeurs privés.

Vers quelles industries doit-elle se tourner pour assurer le développement annoncé ?

Le déploiement de la filière hydrogène s'appuie sur un grand nombre d'entreprises tout au long de sa chaîne de valeur, qui doivent se coordonner entre elles et avec les acteurs publics pour assurer un développement efficace.

Le grand enjeu du premier maillon de la chaîne, la production, est de donner une réalité économique à l'hydrogène vert. En France, deux acteurs majeurs produisent des électrolyseurs : Areva H2Gen, racheté très récemment par GTT, et McPhy, start-up qui compte plusieurs grands partenaires stratégiques tels que Technip Energies et EDF.

Le déploiement et l'installation des usines de production doit ensuite passer par l'action d'entreprises ou de collectivités prêtes à investir dans la production d'hydrogène vert, celle-ci représentant aujourd'hui moins de 5% de la production d'hydrogène totale.

Des entreprises spécialisées telles que Lhyfe ou H2V Industry travaillent au déploiement de cette solution énergétique, et les grands énergéticiens nationaux développent également des offres pour se positionner sur ce marché.

D'un point de vue technologique, l'hydrogène présente encore d'importantes barrières quant à son transport et son stockage. L'objectif est de rendre possible le transport d'hydrogène en quantité industrielle sans induire un coût trop important, pour assurer la compétitivité de ce vecteur énergétique.

Il faut aussi rendre possible son stockage et son acheminement vers les lieux de distribution en toute sécurité et avec un rendement énergétique accru.

Pour cela, des industriels tels que GRTgaz ont lancé différents projets en Europe afin de transformer les infrastructures gazières existantes et permettre le transport d'hydrogène.

Des solutions alternatives sont aussi développées par des acteurs spécialisés tels qu'Hysilabs, start-up aixoise ayant conçu la technologie HydroSil®, un vecteur liquide pour transporter sans danger et sur de longue distance de l'hydrogène.

Enfin, la dernière partie de la chaîne de valeur, l'utilisation, est une des plus complexes au vu de sa multiplicité. On retrouve ici la nécessité d'une vision systémique pour l'enjeu d'intégration de la technologie hydrogène dans les usages, car les investissements devront se faire sur différentes filières, majoritairement la mobilité (bus, poids lourds, aéronautique, transport maritime…), l'industrie et, dans une moindre mesure, le bâtiment.

« Les synergies entre ces filières, par exemple sur les questions de production et de transport, doivent nécessairement être privilégiées, pour améliorer la faisabilité du déploiement global de l'hydrogène »

Les synergies entre ces filières, par exemple sur les questions de production et de transport, doivent nécessairement être privilégiées, pour améliorer la faisabilité du déploiement global de l'hydrogène.

Ensemble, les représentants de ces différents écosystèmes pourront accélérer le passage à l'échelle de piles à combustible de plus grande capacité (du kW au MW) et contribuer à la baisse du prix des technologies.

Comment doit s'organiser la filière hydrogène ?

L'attention autour de la filière hydrogène est forte aujourd'hui. La France a prévu d'investir 7 milliards d'euros sur la filière dans le cadre du Plan de Relance.

Ces investissements sont nécessaires et doivent permettre de sauvegarder et idéalement de recréer de l'emploi industriel en France.

La prise en compte les des plans de reconversion de bassins industriels historiques est une manière d'orienter ces investissements pour créer de nouvelles opportunités.

Le projet *Emil'hy* intégré au programme France Relance en atteste : GazelEnergie et Storengy (filiale du groupe ENGIE) se sont engagés à reconvertir une des dernières centrales à charbon à Saint-Avold (Moselle) en unité de production d'hydrogène par électrolyse.

Il sera essentiel de piloter très précisément ces investissements publics régionaux, nationaux et européens. L'Etat, l'ADEME, les régions et des fédérations comme l'AFHYPAC vont devoir coordonner leurs choix et tracer leurs impacts.

Pour que la filière se structure, il faut de grands projets stratégiques qui intègrent dès leur conception une réflexion sur la pérennité et la compétitivité de l'ensemble du système.

En effet, l'hydrogène se trouve aujourd'hui dans de nombreux projets au stade de démonstration, mais c'est le déploiement à grande échelle qu'il faut désormais viser.

Pour faire face aux défis de demain, nous construisons des feuilles de route partenariales ciblées sur des acteurs influents de l'hydrogène en France/Allemagne et Canada/Etats-Unis.

Le projet *WESTKÜSTE100*, consortium allemand de 10 partenaires publics et privés pour la production d'hydrogène vert destinée aux usages industriels, de la mobilité et de la chaleur, est un exemple à étudier.

À l'échelle française, on pourra utiliser comme cas d'usage le projet *Zero Emission Valley* (ZEV) de la région Auvergne-Rhône-Alpes ou le projet *HyGreen* d'ENGIE, de l'agglomération DLVA (Durance Luberon Verdon Agglomération) et d'Air Liquide.

Leur évolution sera primordiale pour organiser la filière. Ces grands projets naissent de réflexions multi-acteurs et multi-usages. Les collectivités, les énergéticiens, les gestionnaires d'infrastructures, les acteurs de mobilité (constructeurs, équipementiers…) et tous les fournisseurs de services associés (centres de recherche, banques…) devront faire converger leurs feuilles de route et leurs actions.

Et du coup penser à des procédés moins énergivores…

En effet, il faut trouver des solutions pour recycler la matière utilisée et développer le capital humain en proposant des formations adéquates.

Depuis 10 ans, nous observons les marchés mondiaux et européens propices au développement d'activités en lien avec l'hydrogène.

Certains pays, conscients des enjeux et du potentiel de l'hydrogène dit *« vert »*, ont décidé d'investir, parfois dans des proportions plus importantes encore que la France et plus tôt.

Depuis plus d'une décennie, l'Allemagne a choisi de soutenir cette filière, nécessaire au déploiement de ses nouvelles capacités de production d'énergie renouvelable notamment.

De nombreux projets ont déjà été déployés, notamment au sein de la filière automobile. Cela a motivé par exemple la création en 2015 de l'entreprise *H2 Mobility*, consortium allemand entre partenaires industriels et gouvernementaux.

L'Union Européenne soutient activement le développement de la filière hydrogène et a financé de nombreux projets jusqu'ici.

L'Europe a par exemple financé le projet ZEV en région Rhône-Alpes-Auvergne, un des projets les plus ambitieux de mobilité zéro-émission en Europe.

Dans cette course mondiale à l'innovation, nous sommes convaincus qu'il faut absolument réussir à créer d'autres alliances et des projets à dimension européenne, tout en tenant compte des enjeux de souveraineté propres à certains secteurs économiques.

L'objectif est de faire émerger progressivement des *« giga-factories »* comme pour les batteries électriques et de soutenir l'émergence de champions européens, forts à l'export. Dans le même temps, il est essentiel de structurer un réseau de transport et de distribution homogène (projet *EU Hydrogen BackBone*) et créer des standards à l'échelle du continent pour faciliter l'adoption de véhicules à hydrogène.

Consulter l'article en ligne

2

UNE ÉCONOMIE EN ORDRE DE BATAILLE

La filière hydrogène se construira par l'émergence d'écosystèmes territoriaux

Tribune de Thierry Raevel - publiée le 06.05.2021

Thierry RAEVEL
Directeur Régional Engie
Ingénieur de formation et diplômé de Sciences Po, Thierry Raevel a œuvré tout au long de sa carrière professionnelle dans les domaines de l'environnement et de l'énergie. Depuis plus de 20 ans, il travaille à développer et à concilier performance économique et impact positif sur les personnes et la planète.

Consulter le profil

Le déploiement de technologies et d'infrastructures innovantes parmi lesquelles les réseaux de distribution d'hydrogène et le stockage de l'énergie seront favorisés dans les années à venir. Ce sont les Régions, collectivités territoriales ayant la compétence de développement économique et également d'innovation, qui joueront un rôle pivot.

Les stratégies mondiales ambitieuses pour la filière hydrogène

L'hydrogène est un gaz traditionnellement utilisé dans l'industrie pétrolière, la chimie industrielle ou encore l'électronique. Il offre des solutions multiples et efficaces pour la fabrication de composants, pour le stockage d'énergie ou encore pour le transport des gaz actifs. Dans l'industrie du verre, par exemple, il permet la fabrication d'écrans plats moins polluants et plus éco-responsables.

Dans le cadre des efforts déployés au niveau mondial pour mettre en œuvre l'accord de Paris, 18 multinationales, parmi lesquelles Air Liquide, Alstom, Anglo American, Audi, Ballard, BMW Group, Daimler, ENGIE, General Motors, Honda, Hyundai Motor, Iwatani, Kawasaki, Plastic Omnium, Royal Dutch Shell, Statoil, The Linde Group, Total, et Toyota, se sont réunis pour lancer l'Hydrogen Council à l'occasion du Forum économique mondial de Davos de 2017. L'intention est de réfléchir à de nouvelles solutions pour encourager et accélérer la recherche sur l'hydrogène et ses usages.

Alors que l'Europe affiche l'ambition de parvenir à la neutralité climatique à l'horizon 2050, fin 2019 la communication de la Commission Européenne sur le Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal) précise le cadre qui favorisera dans les années à venir le déploiement de technologies et d'infrastructures innovantes parmi lesquelles les réseaux de distribution d'hydrogène et le stockage de l'énergie.

En complément, le programme Horizon Europe pour la période 2021-2027 prévoit de soutenir les efforts de recherche et d'innovation nécessaires dans le domaine de l'hydrogène en privilégiant les partenariats avec l'industrie et les Etats membres. La France est également au rendez-vous.

À l'occasion de la présentation de France Relance en septembre 2020, l'État français a précisé sa stratégie ambitieuse pour la filière hydrogène avec un montant d'investissement de 7 milliards d'Euros et dont la première des priorités est de décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française de l'électrolyse.

Selon l'étude conjointe menée par l'ADEME et Ernst & Young en octobre 2020 entre 58 000 et 107 000 emplois pourraient être générés en France à horizon 2030.

Cette étude est basée sur des hypothèses de marché optimistes mais réalistes.

Une filière hydrogène qui se construira en lien avec les écosystèmes territoriaux

Si l'Europe et la France ont défini le cadre et l'ambition, la filière hydrogène française et européenne se construira surtout par l'émergence d'écosystèmes territoriaux cohérents regroupant les différents usages.

« Si l'Europe et la France ont défini le cadre et l'ambition, la filière hydrogène française et européenne se construira surtout par l'émergence d'écosystèmes territoriaux cohérents regroupant les différents usages »

Les acteurs des filières de la pétrochimie, de la chimie industrielle, de l'électronique mais aussi ceux de la filière mobilité doivent saisir dans un même territoire, à un même instant l'opportunité qui s'offre à eux.

La Région, collectivité territoriale ayant la compétence de développement économique et également d'innovation, joue alors un rôle pivot.

C'est d'autant plus vrai lorsqu'elle sait s'appuyer sur l'expertise et le réseau de pôles de compétitivité. C'est très exactement ce qu'il se passe sur le territoire de la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Fort de ses 370 adhérents, le pôle de compétitivité AXELERA crée au quotidien de la valeur en faisant émerger des solutions innovantes et compétitives pour l'industrie à la confluence de la chimie, de l'environnement et de l'énergie.

C'est donc tout naturellement que le pôle accompagne depuis 2017 la Région dans son projet de structuration de filière d'excellence hydrogène « Zero Emission Valley » initié en partenariat avec trois de ses adhérents : ENGIE, Michelin et Hympulsion.

En complément des enjeux d'usage mobilité, Axelera apporte son expertise sur des projets d'écosystèmes territoriaux en fédérant les usages industriels de l'hydrogène. Deux projets récents emblématiques accompagnés par AXELERA montrent la voie : tout d'abord, le projet CASHEMIR (Conversion d'AdiSseo à l'HydrogèneE pour la Méthionine IndustRielle) qui s'inscrit dans le cadre de la démarche responsable et durable d'ADISSEO en partenariat avec ENGIE.

Ce projet soutenu par l'ADEME vise à réduire l'empreinte carbone de la production de méthionine, acide aminé indispensable à la nutrition animale par la construction d'une unité de production d'hydrogène vert alimentant les lignes de production sans renoncer à ses besoins de productivité. Autre projet d'ampleur soutenu par l'Europe, HYPSTER porté par STORENGY, vise à installer le premier démonstrateur de stockage d'hydrogène vert en cavité saline.

Il s'agit là d'un maillon essentiel du développement de la filière hydrogène : le stockage de l'hydrogène à grande échelle. C'est ici et maintenant, en assemblant l'ensemble des usages de l'hydrogène décarboné tant industriel que mobilité que se dessine la filière hydrogène européenne.

Consulter l'article en ligne

Transition écologique : l'hydrogène cherche sa voie dans les territoires

Tribune de Christophe Clergeau - publiée le 14.04.2021

Christophe CLERGEAU et Arthur MOINET
Consultants du cabinet C2Stratégies

En décembre 2015, lors du dernier renouvellement des assemblées régionales, le développement de l'hydrogène vert était encore encore loin de figurer parmi les priorités des nouveaux élus. Cinq ans plus tard, à quelques mois des élections régionales prévues en juin, cette technologie apparaît désormais comme un enjeu essentiel pour l'ensemble des régions de France, afin de contribuer à la transition écologique, et de faciliter l'atteinte de leurs objectifs énergétiques et environnementaux.

La plupart des Conseils régionaux ont ainsi publié des feuilles de route pour le développement l'hydrogène vert ces derniers mois. En France métropolitaine, 11 régions sur 13 disposent désormais d'un document d'orientation.

Néanmoins, malgré leur parution relativement synchrone, plusieurs différences d'approche peuvent être relevées au sein de ces derniers.

Des approches différentes

Certaines régions orientent prioritairement leurs dispositifs d'intervention vers l'appui aux porteurs de projets privés cherchant à structurer des écosystèmes combinant usages et production.

La région Bretagne, par exemple, concentre son soutien sur les initiatives qu'elle sélectionnera dans le cadre d'appels à projets, qu'elle pourra co-financer jusqu'à hauteur de 60%, et accompagne le dépôt des demandes de subventions européennes.

La région Hauts-de-France vise quant-à-elle un soutien direct aux acteurs économiques, notamment à travers la mobilisation de son fonds régional d'amplification de la 3ème Révolution industrielle ainsi que des prises de participations et subventions.

D'autres mettent en avant leur soutien à des projets collectifs innovants et structurants. C'est le cas du Conseil régional des Pays de la Loire, qui réaffirme, dans sa feuille de route adoptée en juillet 2020, son engagement particulièrement fort en faveur des deux grands projets H2 Loire Vallée et H2Ouest (notamment porté par la start-up Lhyfe). Sa SEM *« Croissance verte »* est par ailleurs disposée prendre des participations au capital des sociétés de projets industriels.

La région Bourgogne-Franche-Comté, qui a publié dès 2019 sa stratégie, se distingue également par son fort engagement pour la recherche et l'innovation. Ainsi, le Conseil régional soutient déjà de nombreux laboratoires et souhaite encourager la création de cursus innovants.

La région Nouvelle-Aquitaine se distingue également par sa volonté d'associer les différents acteurs à la gouvernance de sa stratégie, notamment au sein d'un comité de pilotage et d'un comité technique. En créant une marque H2 régionale, en menant des actions d'animation de la filière et en mobilisant ses sociétés *« Nouvelle Aquitaine Co-Investissement »* et *« Nouvelle Aquitaine Capital investissement »*, la stratégie adoptée démontre clairement une volonté forte pour soutenir les projets innovants.

Plusieurs régions affichent comme priorité le développement de la mobilité hydrogène

C'est notamment le cas de la région Occitanie, pionnière dans le domaine, qui ambitionne d'ici 2024 d'acquérir 3 rames à hydrogène, de mettre en place 20 stations de production/distribution, de soutenir l'achat de 600 véhicules lourds ou légers et enfin de soutenir fortement la recherche, notamment en faveur de l'usage aérien de l'hydrogène vert.

La région Normandie étudie quant à elle le développement à l'horizon 2030 d'un TER hydrogène-électrique, fonctionnant sur la ligne Caen-Le Mans-Tours, en lien avec les régions concernées. Par ailleurs, son réseau régional « EAS-HyMob » propose aujourd'hui un maillage territorial efficace avec 9 stations de recharge déjà en service.

« La région Auvergne-Rhône-Alpes concentre son soutien sur l'émergence de la « Zero Emission Valley » et l'acquisition de véhicules hydrogène »

Enfin, la région Auvergne-Rhône-Alpes concentre son soutien sur l'émergence de la *« Zero Emission Valley »* et l'acquisition de véhicules hydrogène autour des stations installées dans ce cadre.

Bien sûr, ces trois dominantes de l'action régionale se combinent souvent au sein des politiques régionales et classer une région dans l'une de ces trois catégories comporte une part d'arbitraire. Il existe néanmoins des histoires, des réalités territoriales, et des choix politiques qui induisent des dominantes différentes dans l'action publique.

Prudence de mise

En outre, il convient de rester prudent dans l'analyse car dans la plupart des régions ces politiques de soutien à l'hydrogène sont récentes et en phase de déploiement.

Les chaînes de valeur sont donc encore fragiles et de nombreuses régions s'attachent d'ailleurs à positionner leurs PME sur cette technologie et son sourcing industriel.

Le développement de la mobilité H2 reste émergent et freiné par les contraintes financières des collectivités. La réflexion sur la production d'H2 vert est encore balbutiante, l'approvisionnement en électricité verte restant le plus souvent basée sur une électricité issue du réseau et bénéficiant de certificats d'origine.

Néanmoins, toutes les régions sont désormais engagées dans le développement de cette filière qui suscite un très grand intérêt auprès des élus.

Entre « *effet de mode* » et montée en puissance effective, l'hydrogène comme vecteur de la transition écologique cherche encore sa voie dans les territoires.

Consulter l'article en ligne

Onze projets retenus pour développer une filière hydrogène aéroportuaire en Ile-de-France

Article de l'AFP - publié le 27.05.2021

> ***« Les projets retenus s'articulent autour de trois thématiques: le stockage, le transport et la distribution de l'hydrogène en milieu aéroportuaire jusque dans les réservoirs des avions ; la diversification des usages de l'hydrogène et l'économie circulaire autour de l'hydrogène »***

Onze projets visant à développer une filière hydrogène aéroportuaire en Île-de-France, allant de son stockage à l'avitaillement de futurs avions *« zéro émission »*, ont été retenus à l'issue d'un appel à manifestation d'intérêt, avec pour objectif de *« premières expérimentations sur site dès 2023 »*.

Lancé le 11 février, cet appel, qui a reçu 124 candidatures, vise à se préparer au développement d'ici 2035 d'un avion propulsé par l'hydrogène. Pour cela, *« l'écosystème aéroportuaire hydrogène est l'une des briques opérationnelles essentielles »*, expliquent dans un communiqué commun la région Ile-de-France, Choose Paris Region, le Groupe ADP, Air France-KLM et Airbus, à l'origine de cet appel.

« Certains projets sont en phase de R&D (recherche-développement) alors que d'autres, plus avancés, pourraient faire l'objet de démonstrations ou de mises en service à moyen terme », expliquent les cinq acteurs.

Les projets retenus s'articulent autour de trois thématiques: le stockage, le transport et la distribution de l'hydrogène en milieu aéroportuaire jusque dans les réservoirs des avions; la diversification des usages de l'hydrogène (véhicules et engins de piste, alimentation de bâtiments ou d'avions au sol), et l'économie circulaire autour de l'hydrogène, avec par exemple la récupération de l'hydrogène dissipé lors d'un avitaillement en hydrogène liquide.

Ainsi, une filiale d'Air Liquide a été retenue pour développer un camion avitailleur en hydrogène liquide, qui doit être cryogénisée à -253 degrés, tandis que le groupe d'ingénierie Geostock travaillera sur le stockage de l'hydrogène dans des réservoirs souterrains.

Un consortium réunissant six acteurs français et allemands a également été retenu pour concevoir des engins de piste fonctionnant à l'hydrogène ou encore une start-up américaine, Ways2H, qui propose de produire localement de l'hydrogène à partir du retraitement des déchets.

L'État français a annoncé en juin dernier qu'il allait consacrer 1,5 milliard d'euros d'ici à 2022 pour *« parvenir à un avion neutre en carbone en 2035 »*.
mra/kd/spi

Consulter l'article en ligne

Hydrogène : « *la France dispose de fantastiques cartes en main* »

Interview de Thomas Branche - publiée le 18.10.2020

Thomas BRANCHE
Vice-président Senior Transition Énergétique & Infrastructures chez Assystem, deuxième groupe d'ingénierie mondial.

Consulter le profil

Après les annonces du plan de relance concernant la filière hydrogène, quel est réellement la place du développement de l'hydrogène vert en France ? On en parle avec Thomas Branche, senior vice-président Transition Énergétique & Infrastructures chez Assystem, deuxième groupe d'ingénierie mondial.

Le plan de relance doit consacrer un peu plus de 7 milliards d'euros à la filière hydrogène. Est-ce suffisant selon vous pour faire décoller réellement l'hydrogène en France ?

Il faut saluer l'effort très important annoncé par le gouvernement français pour soutenir le développement de la filière hydrogène. Celui-ci a annoncé un plan doté de 7 milliards d'euros d'ici à 2030, dont 2 sur la période 2021-2022.

Cet effort financier est historique puisqu'il est près de 7 fois supérieur au dernier plan hydrogène. Il revient désormais aux différents acteurs de la filière d'être à la hauteur.

En effet, au-delà du sujet des financements, l'autre sujet clé est celui des usages et de la capacité des écosystèmes industriels à s'organiser, en particulier au service des transports collectifs (ferroviaire comme bus).

« Nous avons la chance de disposer de grandes entreprises spécialistes de la chimie, de l'énergie ou des transports qui se sont emparées du sujet hydrogène depuis quelques années déjà »

Pourquoi l'énergie hydrogène suscite-t-elle beaucoup d'espoir pour le rôle qu'elle pourrait jouer dans la réduction de nos émissions de CO_2 ?

L'hydrogène représente aujourd'hui un grand espoir pour décarboner l'industrie et la mobilité lourde (transports collectifs et camions).

Concernant l'industrie lourde (chimie, raffinage, métallurgie, cimenterie), leur consommation d'hydrogène génère de l'ordre de 2% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

L'enjeu concernant ce segment est de remplacer l'hydrogène « *gris* », issu du vaporéformage de produits pétroliers, par de l'hydrogène dont la production serait décarbonée, notamment en utilisant une autre technologie, l'électrolyse de l'eau.

Le principe de ce procédé est d'utiliser l'électricité décarbonée pour séparer la molécule d'eau en dihydrogène et dioxygène via un électrolyseur.

Du côté des transports collectifs, l'enjeu est de remplacer l'usage du diesel par une énergie décarbonée.

La SNCF travaille par exemple au remplacement de ses trains fonctionnant au diesel par des trains hydrogène. De nombreuses collectivités se sont engagées dans la bascule de leur flotte de bus vers des bus à hydrogène. La bascule débute également du côté des bateaux.

Pour ces applications de mobilité lourde, la technologie sous-jacente est celle des piles à combustible, alimentées en hydrogène décarboné.

Pour ces deux grandes familles d'usages, la question n'est plus de savoir si la bascule vers l'hydrogène décarboné se fera, mais plutôt de savoir à quelle vitesse elle se fera, sachant qu'elle est engagée.

D'autres usages de l'hydrogène viendront probablement par la suite, mais c'est trop tôt pour le dire.

Pourquoi parle-t-on d'hydrogène vert ?

On parle d'hydrogène vert au sens d'hydrogène décarboné, par opposition à l'hydrogène industriel, qualifié d'hydrogène gris, qui représente l'immense majorité de la production mondiale d'hydrogène.

L'hydrogène gris est produit à partir de produits pétroliers, ce qui génère d'importantes émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, aujourd'hui en France, lorsqu'on produit 1 tonne d'hydrogène, près de 10 tonnes de CO_2 sont produits.

L'hydrogène vert est produit par une technologie tout à fait différente, l'électrolyse, à partir de deux « *composants* » : de l'eau et de l'électricité décarbonée. Elle ne génère donc pas d'émissions de gaz à effet de serre, à partir du moment où l'électricité est décarbonée.

À cet égard, la France dispose d'atouts indéniables, grâce au nucléaire, à l'hydraulique et aux autres énergies renouvelables.

À qui profitera l'hydrogène décarboné ?

Il profitera tout d'abord à la planète et à l'humanité en général, en contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique. Si on se place sur le plan économique, et géopolitique, la France dispose de fantastiques cartes en main. Au niveau des « *matières premières* » de l'hydrogène, nous ne manquons ni d'eau ni d'électricité décarbonée, dont nous sommes l'un des champions mondiaux.

Au niveau industriel, l'ensemble des acteurs de la filière se coordonnent au sein de « *France Hydrogène* », anciennement l'AFHYPAC[1].

Nous avons la chance de disposer de grandes entreprises spécialistes de la chimie, de l'énergie ou des transports qui se sont emparées du sujet hydrogène depuis quelques années déjà. Nous comptons également dans nos rangs des PME spécialistes de la production d'équipements nécessaires à la production d'hydrogène, qui tous les jours font progresser la compétitivité de la filière. Enfin, nous disposons de sociétés d'ingénierie comme Assystem capables d'intégrer et assembler les problématiques et enjeux de la chaîne industrielle de l'hydrogène.

La France a ainsi beaucoup à gagner dans le développement de l'hydrogène, en France et à l'export, en s'appuyant dans la durée sur une électricité décarbonée, combinant nucléaire et renouvelables.

Consulter l'article en ligne

Notes et sources :

1. *Le véhicule à hydrogène au sens propre du terme est un véhicule disposant d'un moteur « classique » à combustion interne fonctionnant sur le principe du moteur à explosion. Aujourd'hui, cette technologie est progressivement abandonnée en raison des quantités importantes de dihydrogène nécessaires et des contraintes de compression.*

Hydrogène vert : Engie accélère le rythme

Article de AFP – publié le 16.11.2021

Le géant français Engie accélère le rythme dans l'hydrogène *« vert »*, où il compte se positionner comme un acteur majeur de la décarbonation de l'industrie et des transports lourds, avant de se lancer plus tard dans les réseaux d'infrastructures européens.

Après la vente de sa filiale de services industriels Equans pour 7 milliards d'euros à Bouygues, Engie a présenté mardi à la presse ses objectifs de développement en matière d'hydrogène renouvelable ou décarboné, *« le chaînon manquant »* de la transition énergétique de l'industrie et des transports.

Au total, le groupe français a démarré 70 projets dans le monde, a indiqué le nouveau responsable de la stratégie hydrogène du groupe, Sebastien Arbola, sans donner de montant d'investissement.

« Tous ces projets sont à la recherche de subventions », une cinquantaine de pays dans le monde ayant lancé des *« stratégies hydrogène »*, à l'image de la France qui y consacre 7 milliards d'euros, ou de l'Allemagne (9 mds EUR), a précisé M. Arbola.

« Tous ces projets sont à la recherche de subventions », une cinquantaine de pays dans le monde ayant lancé des « stratégies hydrogène », à l'image de la France »

Dans le monde, Engie prévoit de parvenir à 0,6 GW de capacité de production électrique d'ici 2025 via l'hydrogène et 4 GW en 2030.

Engie participe notamment à un énorme projet lancé à Gand, en Belgique, pour décarboner un complexe industriel, via la récupération du CO_2 émis, et à sa transformation en méthanol via de l'électricité renouvelable venue des parcs éoliens du nord.

Dans le secteur de la mobilité lourde, son projet le plus avancé est situé en Afrique du Sud, dans les mines d'Anglo American pour lequel Engie a conçu un démonstrateur mêlant panneaux solaires, électrolyseur, et production de 3,5 MW d'électricité permettant d'électrifier un camion de la mine.

« L'idée d'Anglo American est de développer ce système dans toutes ses mines dans le monde, c'est le seul moyen de décarboner le secteur minier » a fait valoir M. Arbola.

En France, le groupe investit surtout le secteur de la mobilité dans sa feuille de route. Engie qui a déjà une vingtaine de stations de recharge, prévoit de parvenir à 50 d'ici 2025 et à une centaine en 2030, soit « 10% du marché français environ » a dit M. Arbola.

Enfin côté infrastructures et transports de l'hydrogène, Engie prévoit la construction de 170 km de réseaux d'ici 2025 et 700 km d'ici 2030, et de capacité de stockage de 270 GWh d'ici 2025 et 1 TWh en 2030.
im/jmi/ico/LyS

Consulter l'article en ligne

TotalEnergies, Vinci et Air Liquide lancent un fonds dédié à l'hydrogène

Article de AFP - publié le 01.10.2021

Le groupe de gaz industriels Air Liquide, le géant de l'énergie TotalEnergies et le spécialiste de la construction et des transports Vinci ont annoncé vendredi la création d'un fonds d'investissement dédié au développement des infrastructures d'hydrogène renouvelable et bas carbone.

Pour créer ce fonds, ces groupes français se sont associés à des acteurs industriels internationaux, comme le pionnier américain de l'hydrogène Plug Power, le spécialiste américain de la liquéfaction Chart Industries et le groupe de services pétroliers Baker Hughes.

Les entreprises qui participent à la création de ce fonds se sont déjà engagées à investir 800 millions d'euros, *« sur un objectif total de 1,5 milliard »*, indiquent Air Liquide, TotalEnergies et Vinci dans un communiqué commun.

« Cette initiative vise à accélérer la croissance de l'écosystème hydrogène en investissant dans de grands projets stratégiques », précisent-ils.

Le fonds, qui devrait être opérationnel d'ici la fin de l'année, *« investira dans l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène renouvelable et bas carbone, dans les régions les plus prometteuses d'Amérique, d'Asie et d'Europe »*.

Au total, il devrait être en mesure de participer au développement de projets pour *« un montant total d'environ 15 milliards d'euros »*, en ayant recours à des emprunts et en s'appuyant sur l'aide de politiques publiques.

Le fonds sera géré par Hy24, une nouvelle co-entreprise détenue à parts égales par le fonds Ardian et la plateforme de gestion spécialisées dans les projets d'hydrogène décarboné, FiveT Hydrogen.

AirLiquide, TotalEnergies et Vinci se sont engagés à investir chacun 100 millions d'euros dans le projet.

Le fonds compte aussi attirer d'autres investissements de la part de grands acteurs financiers, comme l'assureur Axa.
vac/ico/eb

« AirLiquide, TotalEnergies et Vinci se sont engagés à investir chacun 100 millions d'euros dans le projet »

Consulter l'article en ligne

Un site de production industrielle d'hydrogène vert inauguré en Vendée

Article de AFP - publié le 01.10.2021

« Sur le site 4.000 m2, relié à des éoliennes par un câble de trois kilomètres, seront produits 300 kg d'hydrogène par jour dès le mois d'octobre, pour monter progressivement jusqu'à une tonne »

Un site où va être produit de l'hydrogène à partir d'énergie éolienne en quantité industrielle a été inauguré jeudi à Bouin (Vendée), a-t-on appris auprès de l'entreprise nantaise Lhyfe, qui indique par ailleurs avoir levé 50 millions d'euros pour son développement.

Sur le site 4.000 m2, relié à des éoliennes par un câble de trois kilomètres, seront produits « *300 kg d'hydrogène par jour dès le mois d'octobre, pour monter progressivement jusqu'à une tonne l'année prochaine* », a expliqué à l'AFP le président fondateur de Lhyfe Matthieu Guesné. Selon lui, le site de Bouin est « *une première mondiale* » à « *une échelle industrielle* ».

« *Pour vous donner un ordre de grandeur de ce que ça représente, le plein d'une voiture, c'est à peu près 5 kilos d'hydrogène* », a illustré M. Guesné, dont l'entreprise assure que Bouin est « *le premier site de production industrielle d'hydrogène renouvelable au monde à partir d'éoliennes* ».

L'hydrogène est un combustible qui pourrait contribuer à décarboner des secteurs dans une impasse climatique, à condition d'être produit proprement, car pour l'heure, il est majoritairement issu d'un processus de transformation énergivore encore basé sur du charbon et du gaz.

« *Initialement, il n'y avait pas d'hydrogène écologique disponible. Il n'y avait que de l'hydrogène fossile* », a souligné Matthieu Guesné, selon lequel le marché se trouve à « *un moment où tout s'emballe, où tout bascule* ».

Le site de Bouin « *démontre que le couplage entre les énergies renouvelables et la production d'hydrogène est possible, donc c'est vraiment intéressant* », a pour sa part indiqué Franck Dumaitre, directeur régional de l'Ademe, l'agence de la transition écologique, dans les Pays de la Loire.

L'hydrogène produit à Bouin va permettre à « *une cinquantaine de véhicules lourds, bus, bennes à ordures ménagères* » de « *rouler à l'hydrogène renouvelable dans les départements de la Loire-Atlantique, de la Sarthe, de la Vendée d'abord, puis dans d'autres départements français* », a détaillé Lhyfe dans un communiqué.

Lhyfe a par ailleurs annoncé jeudi une « *levée de fonds, de 50 millions d'euros, auprès de SWEN Capital Partners, de la Banque des Territoires et de ses partenaires historiques* », qui doit permettre de « *renforcer* » ses équipes et de « *financer* » ses projets.

Consulter l'article en ligne

Gaz : 96% de canalisation en Europe aptes à acheminer l'hydrogène, selon les distributeurs

Article de AFP - publié le 22.12.2021

Quelque 96% des canalisations de distribution de gaz européennes peuvent être converties pour le transport d'hydrogène, indique un rapport produit par une alliance de 90 distributeurs gaziers de 16 pays européens.

Le projet Ready4H2 regroupe 90 opérateurs d'infrastructures de gaz – comme le français GRDF – qui soutiennent la mise en place d'un marché intégré de l'hydrogène dans l'UE (Union européenne), et travaillent à créer « une vision commune de la transformation » de leur métier vers la neutralité climatique.

Selon ce rapport, l'essentiel des canalisations existantes seraient à même d'être converties pour transporter de l'hydrogène, dont l'UE compte favoriser le développement. Les réseaux étudiés alimentent aujourd'hui en gaz 67 millions de foyers, entreprises et sites industriels.

« Le fait que 96% des canalisations existantes exploitées par certains des plus grands distributeurs européens de gaz en Europe soient prêtes à être converties à l'hydrogène constitue un avantage considérable pour la transition écologique », estime Peter Kristensen, président de Ready4H2.

Et *« en termes économiques, transporter de l'hydrogène par canalisation coûte quatre fois moins cher que par camion. Les infrastructures de gaz locales sont donc de bons investissements pour l'hydrogène »*, plaide-t-il.

L'hydrogène bas carbone bénéficie d'un engouement inédit, car il pourrait permettre de verdir l'industrie et les transports lourds, sujet clé si le monde veut atteindre la neutralité carbone en 2050. Mais ses coûts de production restent très élevés.

« L'hydrogène pourrait ainsi trouver un espace économique pour devenir le vecteur énergétique permettant de décarboner nos usages qui sont aujourd'hui fortement consommateurs d'énergies fossiles »

Du côté de la distribution, les partenaires de Ready4H2 déplorent pour leur part plusieurs obstacles, notamment l'absence de cadre réglementaire européen favorisant l'injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz.

La législation de l'UE doit leur permettre d'exploiter des réseaux d'hydrogène dédiés, pour ne pas les limiter à injecter une part d'hydrogène dans les réseaux gaziers existants, appellent-ils.

Les États membres devraient aussi, selon eux, mandater les distributeurs de gaz sur des projets de distribution 100% hydrogène ou de mix gaz naturel/hydrogène, que celui-ci soit produit localement ou acheminé par le futur réseau de transport européen d'hydrogène.

Consulter l'article en ligne

L’hydrogène vert bientôt compétitif

Article de The Agility effect - publié le 03.02.2021

The Agility Effect
Site partenaire
www.theagilityeffect.com se concentre sur ce qui peut accélérer, faciliter, concrétiser les promesses de la transformation numérique et de la transition énergétique.

Consulter le profil

Pour devenir un vecteur de la transition énergétique et concourir efficacement à la décarbonation de l'économie, l'hydrogène doit encore lever quelques freins.
Cela devrait être réalisé d'ici peu.
Et produire de l'hydrogène vert à un prix compétitif sera alors bel et bien possible.

Les planètes sont-elles en passe de s'aligner pour faire de l'hydrogène un vecteur central de la transition énergétique ? À échéance de cinq ou dix ans, tout semble le confirmer : la mobilisation des industriels, des investisseurs et des pouvoirs publics annonce une décennie résolument orientée vers des solutions à base d'hydrogène pour une mobilité, une industrie et un stockage d'énergie plus propres.

L'hydrogène – ou plus précisément le dihydrogène – est un gaz utilisé depuis de nombreuses années, notamment dans les industries chimique, pour la production d'ammoniac, et pétrolière, pour le raffinage.

S'il n'émet pas de CO_2 lors de son utilisation, l'hydrogène peut être en revanche beaucoup moins vertueux en amont lors de sa production. *« Aujourd'hui, 96 % de l'hydrogène utilisé dans le monde est dit « gris ». C'est-à-dire qu'il est obtenu par vaporeformage de méthane, un processus qui consiste à dissocier une molécule de méthane (CH_4) en molécules de dihydrogène (H_2) et de dioxyde de carbone (CO_2), un gaz qui favorise l'effet de serre et participe au réchauffement climatique »*, explique Antoine de Broves, responsable Technique et Innovation chez Omexom (VINCI Energies).

La production d'hydrogène par vaporeformage est donc aujourd'hui loin d'être satisfaisante sur le plan environnemental.

Le premier enjeu pour que ce gaz devienne une alternative réellement intéressante, à commencer pour le secteur des transports, est de produire de l'hydrogène *« vert »*. *« L'hydrogène « vert » est produit par électrolyse en dissociant l'hydrogène et l'oxygène de la molécule d'eau. Quand l'électricité, nécessaire à l'électrolyse, provient de sources décarbonées comme le solaire ou l'éolien, l'hydrogène est dit « vert » car produit sans émission de CO_2 »*, détaille Antoine de Broves.

Compétitivité prix

Sauf qu'aujourd'hui, produire 1 kg d'hydrogène vert par production industrielle coûte environ 5 €, contre 1,5 € seulement pour 1 kg d'hydrogène gris. Ce coût est pour l'heure un sérieux handicap. Mais plus pour longtemps selon Vito-Edoardo Di Virgilio, Eco-Efficiency & Innovation Advisor chez Actemium, marque de VINCI Energies dédiée au process industriel.

« Les technologies d'électrolyseurs ne cessent de s'améliorer, rendant ainsi ces derniers de plus en plus efficaces, explique l'expert. Par ailleurs, le rendement d'un électrolyseur augmente sensiblement avec sa taille, l'effet de volume a donc aussi un impact en termes de compétitivité. Enfin, le prix des énergies renouvelables est en baisse constante, ce qui permet également de faire baisser le coût de l'hydrogène vert produit. »

Le dernier rapport de l'Hydrogen Council intitulé *Path to Hydrogen Competitiveness : A Cost Perspective*, publié en janvier 2020, montre qu'en augmentant massivement les investissements dans la filière, le coût des solutions de production, stockage, distribution et donc d'usage de l'hydrogène dans un large éventail d'applications devrait diminuer de 50 % d'ici 2030.

L'hydrogène pourrait ainsi trouver un espace économique pour devenir le vecteur énergétique permettant de décarboner nos usages qui sont aujourd'hui fortement consommateurs d'énergies fossiles.

« L'hydrogène pourrait ainsi trouver un espace économique pour devenir le vecteur énergétique permettant de décarboner nos usages qui sont aujourd'hui fortement consommateurs d'énergies fossiles »

Mobilisation des acteurs publics et privés

Cette tendance positive se traduit ces dernières années par un engagement de plus en plus volontaire des investisseurs, à commencer par les pouvoirs publics européens, nationaux et locaux. La Commission européenne a ainsi lancé en mars 2020 la European Clean Hydrogen Alliance appelée à rassembler, dans le cadre d'un partenariat public-privé, des investisseurs et des partenaires gouvernementaux, institutionnels et industriels. *« En France, la région Normandie a, pour sa part, lancé en 2016 le programme EAS-HyMob, qui vise à déployer un réseau de quinze stations de recharge hydrogène cofinancé à 50 % par l'UE »*, souligne Vito-Edoardo Di Virgilio, qui précise qu'Actemium a pris part à ce projet.

« Cet effort public et privé devrait permettre de lever un des freins à l'essor de l'hydrogène, notamment en matière de mobilité : la faiblesse des infrastructures disponibles, autrement dit des stations de recharge. Nous nous retrouvons finalement dans la situation que nous connaissions voilà dix ans pour les véhicules électriques », relève Antoine de Broves.

En outre, l'urgence climatique devrait amener une augmentation des taxations sur le CO_2 qui renforceront encore l'intérêt des solutions décarbonées comme celles utilisant l'hydrogène.

Production locale

Reste deux derniers obstacles à surmonter : le stockage et le transport de l'hydrogène. La très faible densité volumique d'énergie de ce gaz impose de le comprimer à très haute pression (350 à 700 bars). Cette compression en elle-même est consommatrice d'énergie et le transport nécessite ensuite l'utilisation de contenants aux parois épaisses, donc lourds à transporter et de ce fait au coût énergétique élevé.

« La solution peut être de produire tout simplement l'hydrogène là où il est utilisé, c'est ce que nous ferons par exemple à Rouen dans le cadre d'un projet intitulé « Station-service du futur », avance Antoine de Broves.

Les progrès technologiques et les premiers projets dotés de moyens significatifs ne cessent donc de réduire le coût de nombreuses applications de l'hydrogène. Selon l'Hydrogen Council, au cours des cinq prochaines années, ce gaz pourrait devenir compétitif dans les transports, en particulier pour les trains, camions, autocars, taxis et navires, ainsi que pour le chauffage. D'ici 2030, des applications sont envisageables pour le transport léger et le chauffage industriel.

« Potentiellement, l'hydrogène a vocation à décarboner tous les usages, renchérit Vito-Edoardo di Virgilio. *Une solution, aujourd'hui utilisée, est d'injecter de l'hydrogène vert dans un réseau de gaz naturel, ce que l'on appelle le Power to Gas1, afin de décarboner en partie l'utilisation du méthane lors de sa combustion. C'est l'objet du démonstrateur Jupiter 1000 développé depuis quatre ans par GRTgaz et auquel Actemium participe. »*

Consulter l'article en ligne

3

L'HYDROGÈNE AU SERVICE DE LA DÉCARBONATION

Entre illusions et scepticisme, quel rôle pour l'hydrogène dans la mobilité décarbonée ?

Article de Stéphane Amant - publié le 23.12.2020

Stéphane AMANT
Senior manager chez Carbone 4
Avant de rejoindre Carbone 4, Stéphane a passé 9 ans chez Airbus où il a exercé des fonctions d'ingénieur en méthodes de calculs et de manager en R&D avant-projets. Enfin, Stéphane est également membre d'ASPO France, association qui s'intéresse aux pics de production des énergies fossiles.

Consulter le profil

Cet article a initialement été publié dans la newsletter Décryptage Mobilité du site Carbone 4.

L'engouement pour l'hydrogène ne se dément pas ces derniers mois, c'est un euphémisme. Alors que déjà depuis 2 ans, l'intérêt pour cette molécule versatile grandissait fortement, les annonces récentes des gouvernements et autres acteurs industriels se sont multipliées comme jamais. La crise sanitaire liée au Covid-19 semble avoir agi comme un catalyseur, les acteurs voyant dans l'hydrogène le candidat idéal pour concilier relance de l'activité économique et transition énergétique bas-carbone, en particulier dans la mobilité des biens et personnes.

État des lieux des annonces

Avant d'approfondir cette relation avec la décarbonation de l'économie, en particulier de la mobilité, rappelons quelques faits récents concernant l'enthousiasme croissant autour de l'hydrogène.
D'abord par les gouvernements, car c'est le plus spectaculaire :

- 9 Md€ d'investissement pour l'Allemagne au sein du stimulus package présenté en juin, dans le but de devenir le fournisseur n°1 mondial d'hydrogène [1][2] ,
- 7 Md€ d'investissement pour la France (entre 2020 et 2030) dans le cadre du plan « France Relance », dont 3,4 Md€ alloués sur la période 2020-2023 [3][4][5] (nous y revenons plus bas)
- le Portugal qui souhaite accueillir un site de production d'hydrogène vert par électrolyse à partir d'énergie solaire, pour un investissement de près de 3 Md€ [6]
- l'Espagne aussi qui prévoit le déploiement de 5000 à 7500 véhicules à pile à combustible d'ici 2030, avec une feuille de route à) plus long terme (2050) pour un montant d'investissement de 9 Md€ [7]
- 40 GW d'électrolyseurs pour la production d'hydrogène renouvelable et une production allant jusqu'à 10 Mt d'hydrogène renouvelable dans l'UE, en 2030, pour la Commission Européenne [8]

Ceci sans compter sur les stratégies déjà en cours au Japon, Corée du Sud, États-Unis ou Chine, pour ne citer que les plus importantes.Remarquons que les montants annoncés sont significativement supérieurs à ce qui a pu être observé lors des 10 dernières années, où les investissements oscillaient entre 500 et 800 M€ tous pays confondus [9] . Cela démontre assez nettement le changement d'échelle dans l'ambition qui reste cependant d'un ordre de grandeur inférieur aux investissements dans la production de batteries pour véhicules électriques, estimée à environ 100 Md€ dans le monde, d'ici 2025 [10].

Enthousiasme partagé par les acteurs industriels ensuite (pour diverses raisons que nous ne pouvons détailler ici), et en particulier dans la mobilité :

- Bosch qui, par la voix de son PDG, appelle fin avril à entrer dans l'économie de l'hydrogène [11]
- Airbus dont le PDG Guillaume Faury affirme en juin que l'avion « zéro émission » est faisable d'ici 2035, grâce à la technologie hydrogène, en combustion directe [12]
- BMW qui annonce la mise en production du modèle SUV X5 à hydrogène dès 2022 [13]
- Hyundai qui exporte ses premiers camions à hydrogène vers l'Europe, en livrant 10 porteurs de 37 tonnes à la Suisse, cet été [14]
- Samsung qui, à travers sa filiale SHI, conclut en juin un partenariat avec Bloom Energy pour développer et concevoir des navires équipés de piles à combustible [15]
- SNCF dont le PDG, Jean-Pierre Farandou, déclare en juin vouloir que la SNCF soit pionnière des trains à hydrogène [16]
- etc.

La liste est loin d'être exhaustive. En d'autres termes, l'avenir de l'hydrogène semble intrinsèquement lié à la transition énergétique et réciproquement. Par ailleurs, si l'on regarde de plus près la retranscription par les médias de cet engouement autour de l'hydrogène, on constate rapidement que l'essentiel des déclarations se concentre sur une application dans les transports (camions, trains, avions, bateaux). Que faut-il en penser ?L'hydrogène: une molécule très utile à l'industrie.

En premier lieu, pour paraphraser le grand spécialiste de l'énergie, Cédric Philibert (ancien analyste à l'Agence Internationale de l'Énergie) : « *avant de devenir – peut-être – l'énergie propre du futur (enfin… le vecteur énergétique propre du futur), l'hydrogène est une énergie sale du présent.* » [17].

Bien qu'il existe à l'état natif à divers endroits sur la planète [18] , l'hydrogène est en effet aujourd'hui très majoritairement produit par vaporeformage de méthane fossile, ce qui conduit en ordre de grandeur à environ 1 milliard de tonnes de CO_2 émises chaque année dans l'atmosphère, soit 2,5% des émissions totales de CO_2. C'est comparable à l'ensemble du trafic maritime ou du trafic aérien. Pas une paille donc !

Et à quoi peut bien servir cet hydrogène (environ 60 Mt/an), puisqu'il n'est quasiment pas utilisé dans le transport aujourd'hui ?

L'hydrogène est avant tout utilisé comme matière première (et pas comme vecteur énergétique) pour désulfurer les carburants pétroliers produire les engrais de synthèse (par réaction avec l'azote de l'air), ainsi qu'en métallurgie (réduction du minerai de fer). Ainsi, avant de songer à utiliser l'hydrogène dans les transports, les premiers débouchés naturels d'un hydrogène décarboné devraient logiquement être industriels.

Le plan allemand de soutien massif à la filière hydrogène en fait d'ailleurs mention de manière explicite [19] : nos voisins d'Outre-Rhin disposent d'une industrie lourde de premier rang, et cet aspect ne leur a évidemment pas échappé.

De même, la stratégie hydrogène de la Commission Européenne, communiquée en juillet [20] , précise une chronologie où les applications industrielles ont la part belle, avant le transport :

- la construction d'électrolyseurs pour produire de l'hydrogène vert destiné aux industries (acier, chimie, raffineries) jusqu'en 2024,
- puis la création de sites de production d'hydrogène locaux, qui seront reliés aux utilisateurs industriels et aux bâtiments (« Hydrogen Valley », comme la région AURA) d'ici 2030.
- avec l'augmentation de la demande, ces sites seront réunis pour créer la colonne vertébrale d'une grande infrastructure européenne de l'hydrogène.

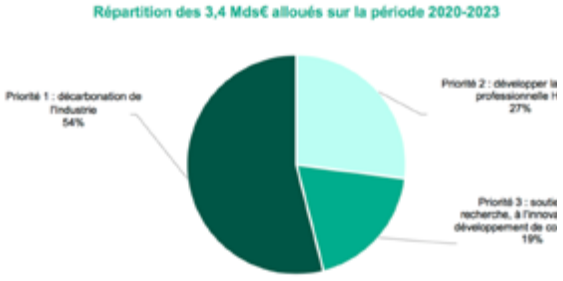
« Les acteurs voient dans l'hydrogène le candidat idéal pour concilier relance de l'activité économique et transition énergétique bas-carbone »

La Stratégie Hydrogène de la France

En France, les détails de la stratégie hydrogène ont été dévoilés le 8 septembre dernier [5] . Les priorités sont au nombre de 3 :

- Décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française de l'électrolyse
- Développer une mobilité lourde à l'hydrogène décarboné ;
- Soutenir la recherche, l'innovation et le développement de compétences afin de favoriser les usages de demain.

De surcroît, d'ici 2023, la moitié des 7 Md€ du plan sera dépensée majoritairement sur le 1er pilier (voir figure ci-dessous), à savoir décarboner l'industrie grâce à de l'hydrogène obtenu par électrolyse, la France bénéficiant en effet d'une électricité bas-carbone. Les réductions d'émissions obtenues par rapport au vaporeformage traditionnel de méthane seront substantielles.



Un quart du budget 2020-2023 sera quant à lui destiné à développer la filière hydrogène pour la mobilité lourde (PL, autobus, bennes à ordures, certains VUL, trains). Cela signifie que le gouvernement français aussi, comme l'Allemagne ou la Commission Européenne, a bien identifié l'intérêt du vecteur hydrogène pour décarboner prioritairement l'industrie : il lui sera consacrée deux fois plus d'argent qu'à la mobilité.

Il n'y a là rien de surprenant compte-tenu de ce que l'on vient d'expliquer. En outre, nos dernières évaluations de l'empreinte carbone des véhicules routiers en cycle de vie (qui paraîtront bientôt, patience !) apportent un éclairage supplémentaire pour préciser le rôle que l'hydrogène peut jouer dans la décarbonation de la mobilité.

Ainsi, concernant les véhicules particuliers ou les utilitaires légers, il faut que l'électrolyse soit faite avec un mix électrique très bas-carbone (de l'ordre de 20 gCO_2e/kWh, typiquement 100% renouvelable) pour que le véhicule à hydrogène se place au même niveau que le véhicule au bioGNV ou à batteries. Avec le mix électrique moyen français de 50 gCO_2/kWh (ce qui est très faible), le véhicule hydrogène est déjà 40% plus émissif que les alternatives précitées.

Quid des véhicules lourds, clairement évoqués par le gouvernement comme axe stratégique ? Nos calculs montrent que sur autobus et poids lourds (type tracteurs routiers), l'hydrogène produit à partir d'un mix 100% renouvelable permet d'obtenir des performances carbone meilleures que le bioGNV, et très proches de la technologie batteries.

Par ailleurs, sur ces types de véhicules, non seulement les batteries seront régulièrement confrontées à leurs limites (perte de chargement utile, contraintes opérationnelles), mais en plus le bioGNV ne sera sans doute pas produit en quantité suffisante pour l'ensemble de ces besoins de transport lourd. Les usages hydrogène pour le ferroviaire pourront aussi se révéler pertinents pour certains usages où l'électrification, même frugale (à l'aide de batteries), est disqualifiée économiquement ou techniquement.

Quant à l'aviation, c'est le gros point d'interrogation, le directeur de la DGAC ayant annoncé récemment qu'il faudra attendre 2025 pour affirmer ou non si les technologies seront suffisamment matures pour lancer un tel avion [21].

En conclusion, il nous semble que le gouvernement a raison de mettre l'accent sur la catégorie du transport terrestre lourd dans sa stratégie hydrogène, tout en priorisant les usages industriels. En effet, tant que l'offre d'hydrogène « *vert* » n'existe pas sur le marché (ou reste embryonnaire), il est contreproductif de pousser à tout crin aujourd'hui les applications de l'hydrogène dans les transports (surtout la mobilité légère), puisqu'il existe déjà des alternatives matures, disponibles et au moins autant décarbonées, comme le bioGNV ou les batteries.

Par contre, toute molécule d'hydrogène « *vert* » peut dès aujourd'hui réduire les émissions des secteurs industriels cités précédemment. Les acteurs publics et industriels ont cependant raison d'investir dans la mobilité à hydrogène pour l'avenir.

Il sera en effet important pour l'économie française de disposer de technologies performantes et compétitives dans ce domaine, afin de servir les marchés internationaux lorsque l'offre d'hydrogène « *vert* » sera suffisamment importante pour couvrir une partie de la mobilité lourde, en plus des besoins industriels.

Consulter l'article en ligne

Notes et sources :

1. *German Federal Government*
2. *Clean Energy Wire*
3. *Connaissance des Energies*
4. *Le Figaro*
5. *Gouvernement français*
6. *Hydrogentoday*
7. *AFHYPAC*
8. *Hydrogentoday*
9. *IEA*
10. *McKinsey*
11. *Hydrogentoday*
12. *Sudouest*
13. *Fuelcellsworks*
14. *h2-mobile*
15. *Bloomberg*
16. *Le JDD*
17. *Cédric Philibert*
18. *Connaissance des Energies*
19. *Clean Energy Wire*
20. *Clean Energy Wire*
21. *La Tribune*

Quels sont les facteurs d'influences clés associés au développement de la mobilité hydrogène ?

Article d'Antoine Trochon et Romain Dominique - publié le 20.10.2021

Antoine TROCHON et Romain DOMINIQUE
Consultants énergie chez Wavestone et contributeurs du blog EnergyStream

L'hydrogène est un levier en regard des enjeux de décarbonation du secteur industriel. Cependant, l'Industrie n'est pas le seul secteur à être fortement émetteur de carbone. Les transports représentaient par exemple, en 2019, 31% des émissions de GES (Gaz à effet de serre, +9% par rapport à 1990) en France.

Plus globalement, le verdissement des solutions de mobilités (en particulier urbaines & routières) est aujourd'hui un axe prioritaire des stratégies européennes de décarbonation.

Quels sont les facteurs d'influences clés associés au développement de la mobilité hydrogène ?

Dans ce contexte, l'hydrogène apparait une nouvelle fois comme un vecteur énergétique en mesure de réduire les émissions carbone liées à la mobilité, à travers divers cas d'usages : urbains (bus, flottes captives), routiers (camions, autocars longue distance), ferroviaires (trains régionaux) et maritimes (transports fluviaux, etc.).

De nombreuses initiatives et écosystèmes se créent autour de l'hydrogène en France pour accélérer le passage à l'échelle des projets associés à la mobilité.

Néanmoins, de nombreux facteurs d'influence subsistent et jouent un rôle clé dans le développement de la filière. En s'appuyant sur le PESTEL ci-dessous, nous vous proposons une revue de ces facteurs d'influence :émises chaque année dans l'atmosphère, soit 2,5% des émissions totales de CO_2. C'est comparable à l'ensemble du trafic maritime ou du trafic aérien. Pas une paille donc !

Les facteurs d'influences présentés dans le PESTEL peuvent être répartis en deux catégories : les facteurs clés qui permettront l'émergence de la filière et les facteurs transverses qui seront considérés comme des facilitateurs.

Politique

En 2020, l'État français a présenté sa stratégie pour « *le développement de l'hydrogène décarboné* » (détaillée dans l'un de nos précédents articles) dans le but d'étendre les initiatives à un niveau national et accélérer la création d'une filière française. Comme de nombreux pays européens, la France donne désormais un cadre à la filière hydrogène avec des axes stratégiques ambitieux, notamment celui d'accélérer le déploiement de la mobilité hydrogène (en particulier la mobilité dite « *lourde* »).

Ainsi, 27% des 3,4 milliards d'euros prévus d'ici 2023, seront dédiés au développement technologique et économique de la mobilité hydrogène.

Ces dernières années, les régions ont amorcé leurs stratégies en matière de développement de la filière hydrogène, à travers notamment la mise en place d'écosystèmes territoriaux.

La Région Auvergne-Rhône-Alpes a par exemple lancé son projet Zero Emission Valley en 2017 avec pour objectif de promouvoir le potentiel de décarbonation de l'hydrogène pour la mobilité (objectif d'implémenter 20 stations de recharge et de déployer une flotte de 1000 véhicules).

Ce projet matérialise parfaitement la notion de création d'écosystèmes car il mobilise diverses sources de financements d'acteurs positionnés sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène.

La mise en place d'une politique commune française autour de l'hydrogène est donc primordiale pour garantir une cohérence dans les initiatives mais également pour assurer la déclinaison opérationnelle de la stratégie au sein des différentes régions.

Technologique

Maillon essentiel de la chaîne de valeur, la technologie de l'électrolyse est aujourd'hui clé pour confirmer le potentiel de l'hydrogène renouvelable.

D'un point de vue usage, la pile à combustible permet de créer de l'électricité grâce à l'hydrogène stocké, elle peut être utilisée sur la plupart des moyens de transports.

De nombreux projets travaillent actuellement à améliorer les composants nécessaires aux multiples cas d'usages de la mobilité hydrogène.

À titre d'exemple, Energy Observer, ce bateau de course reconverti en laboratoire flottant, traverse les océans pour tester et démontrer les possibilités offertes par un usage de l'hydrogène en autonomie.

D'autre part, la région Bourgogne-Franche-Comté a annoncé le lancement de son écosystème hydrogène marqué par une commande de trains hydrogène pour son réseau TER.

Le ferroviaire représente aujourd'hui une part importante des moyens de transports utilisés par les Français, notamment pour les trajets interrégionaux.
Avec le Coradia iLint, train déjà en circulation en Allemagne et ayant récemment fait ses premiers essais en France, l'hydrogène se fait une place dans le monde du transport ferroviaire. De la même manière, le projet Mission H24 vise à introduire des voitures hydrogène aux 24h du Mans pour pousser les constructeurs à développer des technologies utilisant l'hydrogène.

Afin d'accompagner les acteurs dans le développement des technologies hydrogène (production et usages, en particulier pour la mobilité) et de faciliter l'expérimentation, la stratégie 2020 s'appuie sur un Appel à Projets *« Briques technologiques et démonstrateurs hydrogène »*, bénéficiant d'une dotation de 350 millions d'euros jusqu'à 2030.

Le développement de composants performants et fiables à grande échelle est essentiel pour permettre de faciliter les usages de l'hydrogène pour tous les moyens de transports. C'est en garantissant une fabrication industrielle et une exploitation des véhicules hydrogène compétitive que les constructeurs pourront être attractifs auprès de futurs utilisateurs.

Économique

La pérennisation de la filière et de ses usages exige que les acteurs qui la composent trouvent un modèle économique performant.

Les investissements lourds à réaliser peuvent être soutenus par des mécanismes de financement comme les grands programmes européens (LIFE, Innovation Fund, Connecting Europe Facilities, etc.), les Appels à Projets (AAP) territoriaux et nationaux ou encore via le biais de fonds d'investissements et autres structures publiques/privées. Mais dès cette phase de développement des outils industriels, chacun doit trouver sa place et s'adapter aux besoins de sa chaine de valeur.

Le projet HyAMMED est construit sur cette conviction. Le projet a pour but de créer une station de rechargement de camions. Il est conduit par Air Liquide ainsi que le constructeur Iveco, le transporteur Jacky Perrenot, et les sociétés Carrefour et Coca-Cola.

Comme tout marché qui se crée, le développement de la filière hydrogène est intimement lié au potentiel d'investissement et au cadre économique qui lui sont associés.

Il est donc essentiel de bénéficier des bons mécanismes de financement pour mener les projets à l'industrialisation mais également pour optimiser les technologies et infrastructures afin d'assurer une rentabilité à long terme.

Autres facteurs transverses ayant un impact sur la création d'écosystèmes de mobilité hydrogène

Sociologique – Écologique – Légal

Le déploiement de solutions de mobilité hydrogène nécessite un contexte porteur. Les exigences des utilisateurs finaux, la mise en avant du potentiel de décarbonation de l'hydrogène ou encore la création d'un cadre légal sont autant de facteurs transverses qui peuvent favoriser le développement de l'hydrogène dans la mobilité.

L'acceptation sociale reste une nécessité pour entériner le développement des usages associés à l'hydrogène. Il faut donc mettre en place les bons mécanismes pour rassurer les utilisateurs finaux sur le potentiel de l'hydrogène et la fiabilité des technologies associées.

D'autre part, afin de créer des écosystèmes autour de l'hydrogène, en mobilisant diverses typologies d'acteurs, il est important de convaincre sur le potentiel de décarbonation de l'hydrogène renouvelable.

La majeure partie de la production actuelle d'hydrogène appartient à une filière historique marquée par une forte empreinte carbone liée aux procédés de production et de consommation de l'hydrogène carboné (dit « *gris* »).

Il est donc important d'acculturer et promouvoir le développement de l'hydrogène renouvelable (dit « *vert* ») ou bas-carbone (dit « *bleu* ») pour les applications finales, en particulier la mobilité. La stratégie 2020 de la France prévoit notamment la mise en place de parcours de formation et de montée en compétences dédiés à l'hydrogène (au sein des lycées, universités, etc.).

Enfin, comme c'est aussi le cas pour de nombreux usages dans la mobilité, la filière hydrogène doit bénéficier d'un cadre légal complet et partagé pour assurer son développement.

Tant sur la fabrication que sur l'exploitation de systèmes de mobilité à hydrogène, il est primordial pour les acteurs de partager des normes et une législation commune, en France comme en Europe, qui donnent un cadre et une existence juridique au développement technologique et à la constitution d'un marché sur le plan économique.

La mobilité hydrogène sera l'un des sujets phares du congrès Horizons Hydrogène

Tout comme les sujets liés à la décarbonation de l'Industrie, le prochain Congrès Horizons Hydrogène (29 et 30 novembre 2021 au Pullman Paris Centre Bercy), dont WAVESTONE est Business Partner (et Le Monde de l'énergie partenaire média), traitera les thématiques autour de la mobilité hydrogène.

Cette session d'échange permettra d'aborder les questions clés concernant le potentiel de décarbonation de l'hydrogène pour la mobilité, face à d'autres alternatives énergétiques, ainsi que la création d'écosystèmes territoriaux permettant d'accélérer le déploiement des technologies.

De plus, l'objectif du Congrès Horizons Hydrogène sera également de mettre en lumière de nombreux projets français, européens et internationaux (notamment des projets de mobilités hydrogène) à travers des sessions dédiées. D'autres espaces du salon seront consacrés à des ateliers de formations (financement, etc.) ou encore à des démonstrations de technologies hydrogène.

« L'hydrogène apparait une nouvelle fois comme un vecteur énergétique en mesure de réduire les émissions carbone liées à la mobilité »

Consulter l'article en ligne

À Paris, une première station à hydrogène bas-carbone pour les véhicules

Article de l'AFP - publié le 21.01.2022

Une première station de production et distribution d'hydrogène bas-carbone, encore en construction, ouvrira bientôt à Paris pour approvisionner les véhicules roulant par ce moyen dans la capitale, a constaté vendredi une journaliste de l'AFP.

Actuellement, près de 170 taxis et quelques véhicules de sociétés circulent avec ce type d'énergie à Paris.

La station, d'une capacité quotidienne d'une tonne d'hydrogène (environ 400 pleins de voiture par jour), est en construction porte de Saint-Cloud (ouest de Paris) et devrait ouvrir d'ici à fin mars.

L'hydrogène y est produit par électrolyse de l'eau, via un électrolyseur installé sur place et alimenté par l'électricité du réseau, d'où son caractère bas-carbone, étant donné que le courant en France vient aux deux tiers du nucléaire.

Mais la quasi-totalité de l'hydrogène produit aujourd'hui, en France et dans le monde, est encore d'origine fossile (gaz notamment), et très nocive pour le climat.

La future station parisienne bas-carbone, présentée par ses initiateurs comme la plus grande d'Europe en capacité, s'ajoutera à trois postes de recharge déjà en fonctionnement en région parisienne, à Roissy, Orly et porte de la Chapelle à Paris, alimentés par Air Liquide, formant ainsi le premier réseau français de distribution ouvert au public.

HysetCo, la société derrière ces projets et par ailleurs opérateurs des taxis parisiens à hydrogène Hype, compte ouvrir six autres stations bas-carbone en Ile-de-France d'ici à 2024. Elle assure étudier la possibilité de passer des contrats directs avec des producteurs d'électricité renouvelable, afin de se fournir en électricité verte.

Le projet parisien, comme les six franciliens, ont reçu le soutien de l'Ademe (Agence de la transition énergétique).

« *La France parie sur l'hydrogène* », a dit vendredi Jean-Baptiste Djebbari, ministre délégué chargé des Transports, en visitant le chantier. « *Pour l'instant, la mobilité hydrogène s'inscrit plutôt dans le développement des véhicules les plus lourds, les véhicules utilitaire légers, et les flottes captives comme les taxis* », a-t-il ajouté.

Les véhicules lourds n'ont pas d'alternative pour se décarboner, alors que les véhicules légers peuvent être électrifiés via des batteries.

Pour un usage professionnel, l'avantage de l'hydrogène est la rapidité de recharge et une autonomie moyenne de 500-600 km, avance Camille-Léa Passerin, directrice du développement chez HysetCo.

Coût pour l'automobiliste qui viendra à la porte de Saint-Cloud: 12 euros au kilo (5 kilos faisant un plein), bien en-deçà du coût réel d'un gaz qui a encore besoin d'être soutenu.

La start-up HysetCo vise un « *passage à l'échelle de la mobilité hydrogène dans la perspective des Jeux Olympiques à Paris en 2024* ».

« Pour un usage professionnel, l'avantage de l'hydrogène est la rapidité de recharge et une autonomie moyenne de 500-600 km »

Consulter l'article en ligne

Transition aux Émirats : l'hydrogène vert, un nouvel or noir ?

Article de la Rédaction - publié le 18.05.2021

Pour diminuer leur dépendance aux hydrocarbures, les Émirats arabes unis cherchent à diversifier leur mix énergétique. Parmi plusieurs solutions, l'hydrogène fait l'objet de nombreuses expérimentations. Et si le pays réussit à produire un hydrogène *« vert »*, cette technologie pourrait bien devenir la pierre angulaire de la transition émiratie.

Les Émirats arabes unis sur la route de l'après pétrole

Comment imaginer l'après pétrole ? C'est la question que se posent les Émirats arabes unis, aux côtés d'autres pays du Golfe. L'enjeu est de taille pour ces Etats producteurs et exportateurs d'une ressource qui a fait leur richesse, et dont leurs économies demeurent dépendantes. Pour Abou Dhabi, sixième producteur mondial de pétrole, la question est d'autant plus importante que les besoins en énergie du pays ne cessent de croître, portés notamment par l'essor de la climatisation. Mais les Émirats n'ont pas attendu ces dernières années pour imaginer leur futur énergétique, faisant même figure de pionniers dans la région.

« L'idée d'une diversification énergétique est présente dès 2006, les EAU sont un des premiers pays à avoir réfléchi à la problématique de la transition énergétique avec l'élaboration de l'Abou Dhabi Economic Vision 2030 », souligne David Rigoulet-Roze, chercheur à l'Ifas (Institut français d'analyse stratégique) et à l'Iris (Institut de recherches internationales et stratégiques).

Présentée en 2017, la stratégie énergétique 2050 des EAU prévoit de porter à 50% la part d'énergies propres dans le mix énergétique national. Une stratégie qui semble atteignable, à en croire les chiffres de la croissance du secteur non pétrolier en 2019 (3,9%), dépassant celle du secteur pétrolier la même année (3,1%) selon Hugo Le Picard, chercheur au centre Énergie et Climat de l'Ifri.

Le pari de l'hydrogène vert

Pour atteindre ces objectifs de décarbonation, les Emirats n'hésitent pas à se lancer dans des expérimentations à grande échelle, comme à Masdar City. Cette ville nouvelle, projet de la société Masdar, est en construction depuis 2008. Dans ce véritable laboratoire énergétique et urbain du futur, le recours à l'hydrogène y est envisagé pour remplacer les carburants fossiles.

En janvier 2021, Masdar a d'ailleurs annoncé la signature d'une initiative visant à établir une usine de démonstration, grâce à un partenariat entre la Compagnie d'Investissement Mubadala, unique actionnaire de Masdar, et Siemens Energy.

Pour Mohamed ben Jarche Al Falassi, sous-secrétaire du département de l'Energie d'Abou Dhabi, *« Il est important de noter que l'ajout d'hydrogène à notre mix énergétique à Abou Dhabi soutiendra nos stratégies de diversification économique et de développement durable »*. Un pari auquel souscrit Mohamed Gamil Al Ramahi, PDG de Masdar, qui estime que *« l'hydrogène vert a le potentiel pour devenir le carburant de base d'une future économie propre, et changera la donne pour les stratégies de décarbonation »*.

En 2019, Air Liquide, Al Futtaim Toyota et Khalifa University publiaient une étude portant sur *« le développement à moyen et long terme de la mobilité de l'hydrogène dans les Emirats arabes unis »*. Les trois acteurs évoquaient le potentiel de l'hydrogène pour réaliser les objectifs du pays en matière d'énergie propre, y voyant un vecteur de décarbonation prometteur des secteurs du transport public et privé.

Une transition énergétique efficace, à condition de développer un hydrogène réellement vert, c'est-à-dire produit par électrolyse en utilisant des énergies renouvelables. La nuance est importante, à l'heure où 95% de la production mondiale d'hydrogène est dite grise, car provenant du vaporeformage de combustibles fossiles, largement émetteur de CO_2.

Un enjeu bien perçu par les Emirats, qui accompagnent le développement de l'hydrogène d'un vaste développement des énergies renouvelables. A commencer par le solaire : fin décembre 2020, le financement de la future centrale solaire d'Abou Dhabi a été bouclé, autorisant la construction de ce qui sera bientôt la plus puissante centrale solaire du monde. A terme, elle devrait éviter le rejet de plus de 2,4 millions de tonnes de CO_2 chaque année, et satisfaire les besoins en électricité d'environ 160 000 foyers.

« Pour atteindre ces objectifs de décarbonation, les Emirats n'hésitent pas à se lancer dans des expérimentations à grande échelle, comme à Masdar City »

Vers un hydrogène bleu ?

En attendant un développement des énergies renouvelables permettant d'augmenter le potentiel de production d'hydrogène vert, les Emirats ne négligent aucune piste. Souvent gris, parfois vert, l'hydrogène peut aussi être bleu, rappelait un rapport publié fin 2019 par l'Irena (International Renewable Energy Agency). Il s'agit alors d'hydrogène produit à partir de combustibles fossiles, associés à un dispositif de capture et de stockage du CO_2. Une solution qui pourrait être « *la moins coûteuse pour stocker de grandes quantités d'électricité durant des jours, des semaines ou même des mois* », et vers laquelle les Émirats semblent aussi se tourner.

Ce que confirme le Sultan al Jaber, ministre émirati de l'Industrie et des Technologies avancées : « *Avec notre infrastructure et nos grandes capacités de capture, de stockage et d'utilisation du carbone (CCUS), nous pensons que nous pouvons être l'un des producteurs d'hydrogène bleu les moins chers et les plus importants au monde* ». Selon l'Irena, l'hydrogène devrait compter pour 8% de la consommation mondiale d'énergie finale à l'horizon 2050.

Consulter l'article en ligne

Hydrogène bas carbone : quels enjeux pour les réseaux et la transition énergétique ?

Article de Think smartgrids - publié le 29.12.2020

Think smartgrids
Site partenaire

Consulter le profil

Le développement de l'hydrogène bas carbone prend une place croissante dans les débats sur la transition énergétique. Alors qu'actuellement, 96% de sa production mondiale est réalisée à partir d'énergies fossiles, l'hydrogène peut-il jouer un rôle pour décarboner l'économie ?

Les mix électriques européens accordent en outre une place croissante aux énergies renouvelables intermittentes, et l'hydrogène est étudié comme levier potentiel de flexibilité pour assurer la sécurité de l'approvisionnement en électricité.

Think Smartgrids a organisé une webconférence pour faire le point sur cette nouvelle technologie et ses potentialités, à travers différents cas d'usage, ainsi que sur les enjeux du développement de l'hydrogène bas carbone pour les réseaux et la transition énergétique.

Guillaume Dussaux, Business developer projets hydrogène chez ABB, et Etienne Brière, Directeur de Programme de R&D sur les EnR (énergies renouvelables), l'Hydrogène, le stockage et l'Environnement chez EDF R&D, ont rappelé les principaux objectifs chiffrés concernant la baisse des émissions et la production d'hydrogène décarboné.

Ainsi, la Stratégie Nationale Bas Carbone fixe l'objectif d'une réduction de 40% des gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030 par rapport à 1990, or les 920 000 tonnes d'hydrogène « *gris* » utilisés chaque année par la France représentent environ 3% des émissions de CO2 du pays. Les enjeux sont importants pour décarboner des activités comme le raffinage du pétrole, la production d'engrais ou encore la chimie, mais aussi pour la mobilité lourde, et notamment les navires.

Si l'on suit les objectifs fixés par la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), à l'horizon 2035, 630 000 tonnes d'hydrogène décarbonné devraient ainsi être produites annuellement, ce qui nécessiterait d'y consacrer un peu moins de 5% de l'électricité nucléaire et renouvelable produite sur le territoire français. Dix démonstrateurs Power-to-Gas doivent ainsi voir le jour d'ici 2023 avant un déploiement à large échelle.

Il faudrait en outre installer 6,5 GW d'électrolyseur à horizon 2030 pour décarboner l'industrie. A cela s'ajoutent les projets de développement de l'hydrogène pour les transports (routiers, ferrés, fluviaux), dont les objectifs ont été fixés par le Plan Hydrogène adopté en 2018 par le gouvernement français.

En 10 ans, il est ainsi prévu de déployer au minimum 20 000 véhicules utilitaires légers, 800 véhicules lourds (bus, camions, TER, bateaux) et 400 stations d'hydrogène.

ABB a ainsi déjà travaillé sur différents cas d'usage, notamment pour décarboner l'industrie et les navires. Le projet Hybrit en Suède vise par exemple à produire de l'acier sans émissions de CO_2, en remplaçant le charbon par de l'hydrogène et en électrifiant les procédés, tandis que FLAGSHIPS vérifie la viabilité économique du transport maritime basé sur une production d'hydrogène électrolytique à quai et des piles à combustible.

Le projet Delfzijl, aux Pays-Bas, a quant à lui permis de lancer un électrolyseur de 20 MW produisant 3000 tonnes d'hydrogène par an pour produire du méthanol vert, pour partie destiné aux avions. L'objectif est d'économiser 27 000 t de CO_2 par an, avec une montée en puissance à 60 MW à terme.

Pour les réseaux, l'hydrogène est également étudié pour sa contribution possible à l'équilibre offre/demande et à la flexibilité, face à la forte augmentation de la part des énergies renouvelables intermittentes dans le mix électrique et à l'essor de nouveaux usages comme le véhicule électrique.

Vers de l'hydrogène pilotable

Selon Guillaume Dussaux, il s'agit alors non seulement d'électrifier, mais aussi d'automatiser et de digitaliser la production d'hydrogène par électrolyse pour la rendre pilotable et l'intégrer au système électrique global, avec en ligne de mire la question importante du coût de cette énergie.

Comme le rappelle Etienne Brière, outre la question du coût, se pose aussi la question du rendement énergétique de la production de cet hydrogène « *vert* », ainsi que celle du transport et du stockage du gaz « le plus léger de tout l'Univers ».

EDF R&D a ainsi axé ses priorités sur la décarbonation de l'industrie et la mobilité lourde, le rendement global de la chaîne « *power to* H_2 » n'étant que de 30 à 35%, avec un coût de l'électricité produite au moins 10 à 20 fois plus élevé que l'électricité du réseau français, et le stockage présentant de fortes contraintes techniques.

EDF travaille depuis les années 70 sur le développement d'électrolyseurs. Il y a 2 ans, l'électricien a lancé sa filiale Hynamics pour investir, développer et exploiter des systèmes électrolytiques afin de commercialiser de l'hydrogène décarboné. Etienne Brière précise en effet que l'enjeu principal, alors que la filière se développe rapidement, est maintenant de passer de projets de quelques mégawatts (MW) à des échelles de plusieurs dizaines, voire centaines de MW de capacité de production, avec la recherche de business models performants.

En Allemagne, Hynamics travaille ainsi sur un projet d'électrolyseur de 30 MW pour décarboner le raffinage du pétrole, qui ambitionne de passer à 700 MW d'ici 2030, en espérant réaliser par ce biais d'importantes économies d'échelle.

En effet, Etienne Brière rappelle que produire et commercialiser de l'hydrogène requiert bien plus que des électrolyseurs. Beaucoup d'électronique de puissance est nécessaire pour l'alimentation, mais aussi des systèmes de purification de l'hydrogène et des compresseurs.

Les coûts fixes sont donc importants, et l'hydrogène bas carbone ne trouvera pas son modèle économique avant de développer des capacités de production plus importantes. EDF n'envisage ainsi pas pour l'instant de développer l'électrolyse comme moyen de stocker les surplus d'énergie renouvelable, alors que le coût de l'hydrogène est aujourd'hui bien supérieur à celui du méthane.

Le groupe EDF travaille en revanche sur différents projets pour décarboner l'industrie sidérurgique, développer l'hydrogène pour les autobus et camions, ou encore pour les microgrids. Son centre international de R&D EIFER, basé en Allemagne, ainsi que l'EDF Lab Les Renardières, en Seine-et-Marne, mènent en outre de nombreuses expérimentations sur l'hydrogène bas carbone.

Mais l'hydrogène ouvre aussi de nouvelles perspectives pour la transition énergétique de certains territoires

Ainsi, Jonathan Morice, Directeur du Climat, de l'Environnement, de l'Eau et de la Biodiversité Conseil régional de Bretagne, a rappelé que le territoire breton, péninsulaire et dépourvu de centrale nucléaire, avait adopté il y a 10 ans un « *Pacte électrique* » pour renforcer le réseau, réduire les consommations d'énergie, et intégrer massivement les EnR au réseau, en tirant partie de la maritimité du territoire, et donc de son haut potentiel pour le développement des énergies marines.

Autant de raisons qui ont poussé la région à adopter en juillet dernier une feuille de route ambitieuse pour le développement de l'hydrogène, après consultation de quelques 200 acteurs locaux et avec l'éclairage de Bretagne Développement Innovation, acteur incontournable de la transition énergétique bretonne.

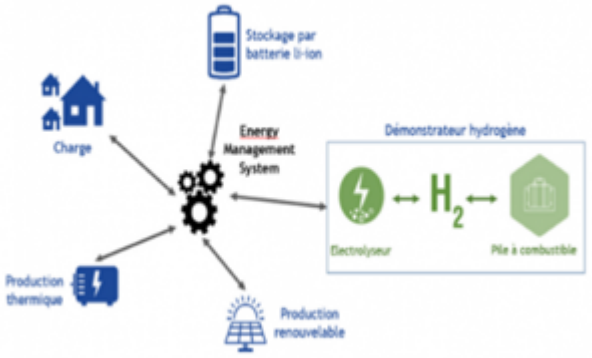
La Bretagne a axé ses priorités sur le transport terrestre, et notamment les transports lourds dont la conversion à l'électrique est difficilement envisageable en raison de l'autonomie et de la puissance élevées qu'ils nécessitent. Les ports pourraient aussi avoir un impact important sur le développement du marché de l'hydrogène, car les volumes commandés pour faire fonctionner des navires de grande taille à l'hydrogène seraient importants.

L'éolien offshore est vu comme un des leviers majeurs pour produire cet hydrogène électrolytique, mais la Bretagne envisage aussi une production à partir du biogaz, en s'appuyant notamment sur sa filière agricole.

« Malgré des freins importants en termes de coûts de production, de logistique et de stockage, l'hydrogène bas carbone offre donc des pistes très intéressantes pour décarboner notamment l'industrie et la mobilité lourde »

La Feuille de route hydrogène 2030 vise ainsi à développer 3 axes :

- Le développement, en parallèle, des usages et des infrastructures, via des appels à projets pour des partenariats public-privé
- Un soutien fort à la R&D
- Donner de la visibilité aux acteurs, avec un grand plan structurant d'investissements collectifs



Parmi les 8 premiers projets déjà déployés en Bretagne, Jonathan Morice cite notamment l'exemple de l'île de Molène, une Zone Non Interconnecté (ZNI) où l'intégralité de l'électricité est aujourd'hui produite par une centrale thermique, alors que la PPE vise 70% d'EnR dans le mix électrique d'ici 2028 pour ces zones isolées du réseau continental.

Outre les mesures d'efficacité énergétique et le déploiement d'EnR, des dispositifs de stockage et de pilotage seront essentiels pour atteindre cet objectif. En plus des batteries Lithium-ion, l'hydrogène sera utilisé pour pallier la contrainte du stockage intersaisonnier. Plusieurs projets de bateaux à l'hydrogène sont également en route.

La région a lancé le mois dernier l'appel à projets (AAP) « *Boucles territoriales hydrogène renouvelable* » qui doit se clôturer le 20 novembre. D'autres suivront, en 2021 et 2022.

Vers une industrie décarbonée

Malgré des freins importants en termes de coûts de production, de logistique et de stockage, l'hydrogène bas carbone offre donc des pistes très intéressantes pour décarboner notamment l'industrie et la mobilité lourde. Des efforts importants sont déployés par la filière française, tant au niveau de la R&D que pour trouver des business models viables.

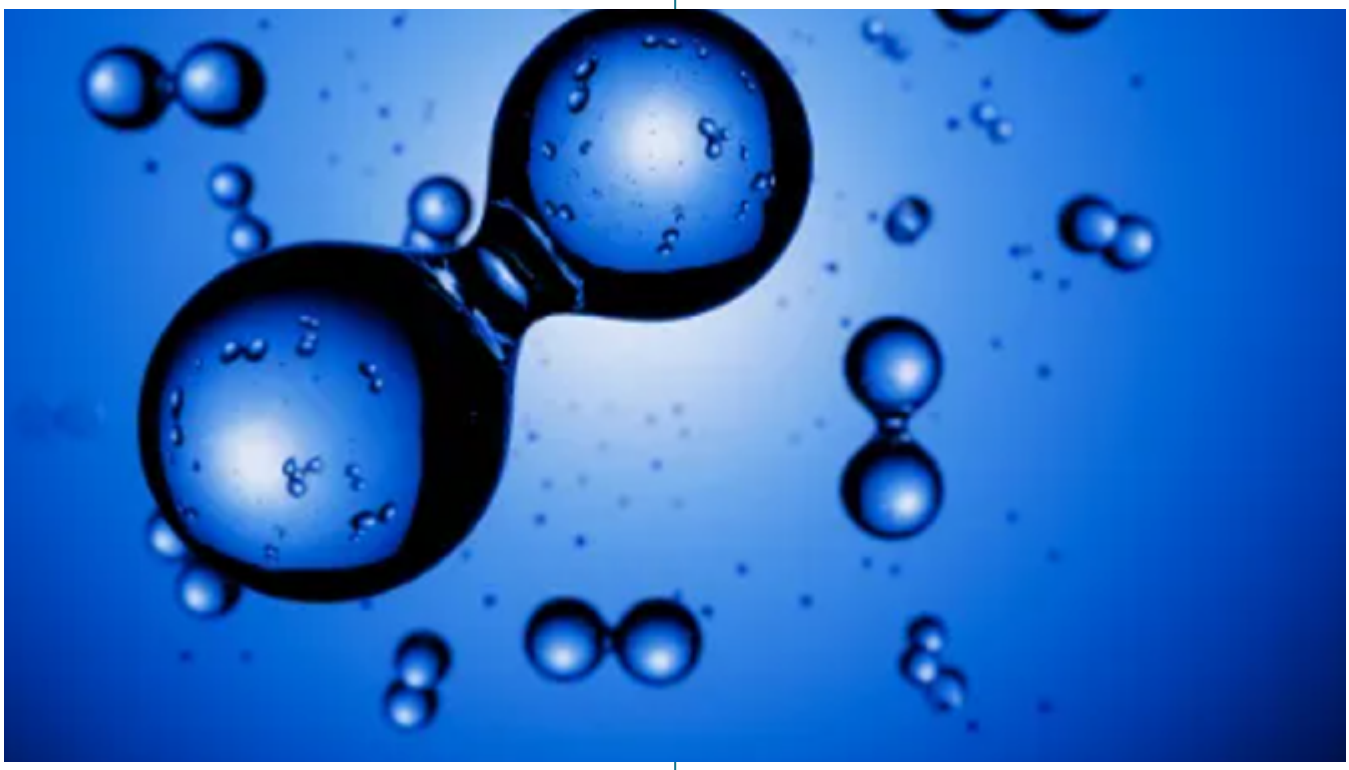
Ces derniers nécessiteront avant tout un passage à l'échelle pour rentabiliser des coûts d'investissement élevés et une optimisation des coûts opérationnels, qui passera notamment par la digitalisation des opérations.

Le marché de l'hydrogène semble cependant en bonne voie pour créer des filières industrielles en Europe, étant parvenu à se tailler une place de choix dans les plans de relance français, allemand et européen. L'avenir nous dira si les résultats sont à la hauteur des ambitions.

Consulter l'article en ligne

« Un mix électrique décarboné est essentiel pour le développement de la filière hydrogène »

Interview de Thomas Branche - publiée le 29.03.2021



Thomas BRANCHE
Vice-président Senior Transition Énergétique & Infrastructures chez Assystem, deuxième groupe d'ingénierie mondial.

Consulter le profil

Le gouvernement a réaffirmé ses engagements pris en faveur de la transition énergétique lors du plan de relance, notamment avec l'enveloppe de plus de 7 milliards d'euros d'ici à 2030 allouée à l'hydrogène, dont 2 milliards entre 2021 et 2022. Pour Thomas Branche, Senior Vice President Energy Transition & Infrastructures chez Assystem, il est essentiel que les mix électriques des pays européens soient décarbonés pour développer la filière. Interview.

Quels sont les défis majeurs pour que décolle une filière hydrogène en Europe en général, et en France en particulier ?

L'hydrogène se développera en Europe et en France aux conditions suivantes : qu'il soit décarboné, qu'il soit compétitif et qu'il puisse être produit massivement.

Le défi principal est la réduction des prix pour la filière hydrogène décarboné et cela pour l'ensemble des pays européens. Ce défi est identifié et le taureau est pris par les cornes.

Il y a deux facteurs clés pour diviser les coûts d'un peu plus de moitié, ce qui est l'objectif : améliorer l'efficacité et les coûts de la chaîne hydrogène (électrolyse, piles à combustible, stockages…) ; disposer d'une électricité décarbonée plus compétitive (renouvelables et nucléaire).

Pour ces raisons, l'Europe a décidé l'été dernier d'injecter 450 milliards d'euros pour faire émerger une filière européenne de l'hydrogène.

Il y a également un défi majeur d'industrialisation. La technologie est là, mais il y a un passage à échelle qui est important. Enfin, il y a un fort enjeu sur le transport de l'hydrogène et sur le réseau de distribution pour un usage B to C.

Pour finir, il existe également un enjeu important sur la source d'électricité utilisée pour l'électrolyse.

Cette électricité doit être décarbonée, et compétitive, et cela implique donc pour l'ensemble des pays européens d'avoir en amont un mix électrique décarboné, comme c'est le cas en France.

Outre la réduction des coûts de production, quel est l'autre point clé ?

Le deuxième point-clé sera celui de la capacité à produire en masse, couplée des infrastructures d'acheminement et de stockage.

L'Allemagne, qui mise sur l'hydrogène pour verdir son mix énergétique, ne va-t-elle pas faire de l'ombre à l'ambition française appuyée par Bruno Le Maire ?

Nous avons un challenge collectif qui est de faire émerger massivement la filière de l'hydrogène décarboné. C'est un sujet de mobilisation mondiale. La France seule n'y parviendra pas. Nous devons donc nous réjouir de l'engagement de l'Allemagne, comme d'autres pays.

Concernant l'Allemagne, son plan est comparable au plan français en termes d'investissement public. Il faut le voir comme l'opportunité de projets conjoints plutôt que comme une menace pour les ambitions françaises.

Une coopération Berlin-Paris, comme pour le développement d'un Airbus de la batterie, est-elle envisageable ?

Bien sûr, une coopération Berlin-Paris est envisageable mais il faudra trouver des usages qui fédèrent des deux côtés. De plus, une vision Paris-Berlin est restrictive. L'hydrogène doit se développer partout où l'électricité est abondante et à bas prix.

Ainsi le solaire du sud de l'Europe (Italie, Espagne) et l'éolien offshore dans le nord de l'Europe peuvent permettre des coopérations multinationales. L'un des avantages que nous avons en Europe est notre réseau de gazoducs interconnecté pour le transport de l'hydrogène.

Mais ce réseau ne suffira pas, il faudra le développer.

« Cette électricité doit être décarbonée, et compétitive, et cela implique donc pour l'ensemble des pays européens d'avoir en amont un mix électrique décarboné »

Consulter l'article en ligne

L’hydrogène, solution miracle pour lutter contre le réchauffement climatique ?

Article de Clément Limare - publié le 01.03.2021

Clément LIMARE
Analyste en stratégie dans l’énergie

Consulter le profil

L'hydrogène est devenu depuis quelques années l'objet de tous les fantasmes. En effet, l'hydrogène, atome pourtant connu depuis des siècles, semble soudain être devenu la solution miracle pour lutter contre le réchauffement climatique.

Afin que tout le monde puisse avoir un avis éclairé sur la question, il nous semblait important de revenir sur les éléments principaux de ce débat et de donner les clés de lecture nécessaires à la compréhension des enjeux. Cet article a vocation à présenter les bases du débat et revient notamment sur la production, l'utilisation et l'usage de l'hydrogène.

Hydrogène, de quoi parle-t-on ?

L'hydrogène (H_2) est un gaz composé de 2 atomes d'hydrogène. Si l'on veut être précis, on devrait donc parler de dihydrogène et non d'hydrogène, mais le terme hydrogène est largement utilisé pour cette source d'énergie et c'est celui qui sera employé dans cet article.

L'hydrogène est présent partout dans l'univers, c'est d'ailleurs la molécule qui y est la plus commune et qui constitue plus de 90% des atomes. Pour autant, l'hydrogène est très peu présent sous la forme H_2 à la fois dans la croûte terrestre et dans l'atmosphère. On trouve l'hydrogène sous d'autres formes comme dans l'eau (H_2O), le méthane (CH_4) et de manière générale dans la plupart des molécules d'hydrocarbures (sous la forme C_xH_y).

L'hydrogène n'est pas une énergie mais un vecteur d'énergie, comme l'électricité. Cette nuance est importante puisqu'elle induit qu'il faut le produire pour l'utiliser. Autrement dit, on ne le trouve pas à l'état naturel, même si des recherches à ce sujet sont en cours.

En effet, par opposition aux énergies fossiles comme le charbon, le gaz ou le pétrole, l'hydrogène n'est pas considéré comme une énergie primaire dans la mesure où il doit être produit en l'extrayant de ses composés. En d'autres termes, il faut séparer l'hydrogène des autres molécules qui le constituent et cette séparation crée une réaction qui libère une forte quantité d'énergie. Ce sont d'ailleurs les caractéristiques physiques particulières de l'hydrogène qui rendent cette source d'énergie exceptionnelle sur le plan énergétique.

En particulier :

- 1 kilo d'hydrogène contient autant d'énergie que 3 kilos d'essence;
- La combustion d'hydrogène n'émet pas de CO_2;
- L'hydrogène peut être stocké et pourrait donc constituer une source potentielle de stockage qui permettrait de compenser l'intermittence des énergies renouvelables ·

Comment est-il produit et pour quels usages ?

La France produit près de 1 million de tonnes d'hydrogène chaque année, ce qui représente environ 1,5% de la production mondiale. Le problème de cette production est qu'elle est réalisée à 95% à partir d'énergies fossiles. La technique de production la plus utilisée est celle du vaporeformage du méthane. Elle consiste à créer de l'hydrogène à partir de méthane et de vapeur d'eau. Avec cette technique, 10 kg de CO_2 sont émis pour 1 kg d'hydrogène produit.

La production d'hydrogène à partir d'énergies fossiles engendre donc des émissions considérables de gaz à effet de serre. Rien qu'en France, la production d'hydrogène est responsable de l'émission de 9 Mt de CO_2, soit environ 2 % des émissions nationales ! Les usages de cet hydrogène ne sont pas moins émetteurs puisqu'il sert en priorité au raffinage pétrolier (60%), à la production d'ammoniac et d'engrais (25%) et à la chimie (10%).

« Rien qu'en France, la production d'hydrogène est responsable de l'émission de 9 Mt de CO2, soit environ 2 % des émissions nationales ! »

Si 95% de l'hydrogène est produit à partir d'énergies fossiles, c'est principalement en raison du faible coût de cette technique. En effet, le vaporeformage est le procédé le plus économique avec un coût d'environ 1,5€/kg d'hydrogène produit contre près de 4 à 6€/kg pour l'hydrogène bas-carbone.

Il est également intéressant de noter que le prix de l'hydrogène produit à partir d'énergie fossile reste près de 3 fois plus cher que le prix du gaz naturel.

Ainsi, si les techniques alternatives de production d'hydrogène sont restées à un niveau marginal jusqu'à maintenant ce sont davantage pour des raisons de coût que de contraintes techniques.

« Si l'hydrogène fait tant parler de lui, c'est parce que les industriels semblent prêts à industrialiser la production d'hydrogène bas-carbone et les pouvoirs publics à fournir les financements nécessaires »

Pourquoi un tel engouement maintenant pour l'hydrogène ?

Si l'hydrogène fait tant parler de lui ces derniers temps, c'est parce que les industriels semblent prêts à industrialiser la production d'hydrogène bas-carbone et les pouvoirs publics à fournir les financements nécessaires.

La production d'hydrogène bas-carbone se ferait grâce à une technique particulière : l'électrolyse alcaline de l'eau, souvent abrégée en électrolyse de l'eau, qui consiste à casser des molécules d'eau pour séparer et extraire de l'hydrogène.

Pourquoi cette méthode de production est-elle intéressante ? Principalement, car elle ne fait appel qu'à de l'eau et de l'électricité. Si l'électricité est elle-même produite à partir de source décarbonée, comme les énergies renouvelables ou le nucléaire, cela permettrait de produire de l'hydrogène sans émettre directement de CO_2. Il est cependant primordial d'utiliser de l'électricité bas-carbone pour produire cet hydrogène, sous peine de voir un gain nul en termes d'émissions de CO_2 par rapport aux méthodes de production d'hydrogène ayant recours aux énergies fossiles.

Sur ce sujet, Maxence Cordiez, ingénieur dans le secteur de l'énergie, met en avant les limites des certificats garantissant l'origine de l'électricité qui pourraient servir à produire de l'hydrogène à bas coût à partir de moyens de production d'origine fossile et fausser de manière artificielle la compétitivité réelle du marché de l'hydrogène bas-carbone.

Pour rappel, voici les émissions totales de CO_2 par kWh pour les différentes sources d'énergie utilisées lors de la production d'électricité selon le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) :

Source d'énergie utilisée pour produire de l'électricité	Valeur médiane retenue pour les émissions de CO_2 (gCO_2eq/kWh) par le GIEC
Charbon	820
Pétrole	650
Gaz	490
Biomasse seule (non combinée au charbon)	230
Panneau solaire	45
Hydroélectricité	24
Eolien en mer	12
Nucléaire	12
Eolien terrestre	11

Le recours à cet hydrogène décarboné permettrait de diminuer les émissions de CO_2 dans l'atmosphère. Cela contribuerait également à atteindre l'objectif qui a été fixé dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) pour l'industrie : 53 millions de tonnes émises par an en 2030 contre 80 millions de tonnes émises par an aujourd'hui.

Cependant, en raison du coût plus élevé de cette technique de production, son décollage ne sera permis qu'en raison d'un soutien fort de l'État. C'est dans ce cadre qu'intervient la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France.

Quelles sont les conditions pour faire décoller la filière hydrogène ?

Pour que l'hydrogène bas-carbone ait un avenir significatif, il faudra que son prix soit compétitif. Pour cela il faut s'intéresser au coût des électrolyseurs qui sont les « *machines* » permettant de produire de l'hydrogène à partir d'électricité. Les électrolyseurs ont des coûts fixes élevés (investissements liés à la construction et l'installation des électrolyseurs) mais des coûts variables (dépenses liées à l'utilisation des électrolyseurs) relativement faibles. Autrement dit, plus la quantité d'hydrogène produite est grande, moins le prix unitaire (par kilo d'hydrogène produit) sera important.

L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) a réalisé des simulations de coût d'hydrogène en fonction du degré d'utilisation des électrolyseurs. Si les électrolyseurs fonctionnent moins de 2 000 heures par an, le coût de l'hydrogène varie entre 3$/kg et 8$/kg. En revanche, lorsque les électrolyseurs fonctionnent davantage et produisent pendant 4 000 et 6 000 heures, le coût tend vers 2$/kg. Ce coût de 2$/kg d'hydrogène se rapproche du coût de l'hydrogène produit à partir d'énergies fossiles (1,5€/kg) et pourrait permettre à cette technologie de devenir compétitive d'un point de vue économique.

Ainsi, si l'on veut que l'hydrogène bas-carbone soit compétitif, il faudra que les électrolyseurs produisent avec un rendement maximum. Or, lorsque l'on parle d'hydrogène « *vert* », certains souhaiteraient que l'électricité utilisée dans le procédé ne provienne que des énergies renouvelables comme l'éolien ou le solaire. Ces énergies sont par nature intermittentes et connaissent des creux de production en l'absence de vent ou de soleil. En effet, ces deux sources d'énergie ne fonctionnent pas à pleine puissance plus de 4 000 heures par an (2 163 heures/an pour l'éolien en 2019 et 1 183 heures/an pour solaire en moyenne en France sur l'année 2019).

Produire de l'hydrogène uniquement à partir d'électricité issue d'énergies renouvelables irait donc à l'encontre du bon sens économique et augmenterait le coût de l'hydrogène, ce qui risquerait de compromettre son déploiement à grande échelle.

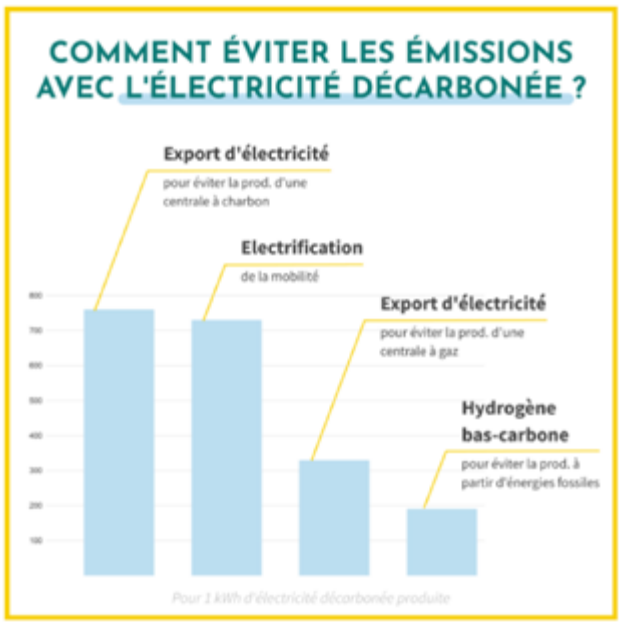
Il apparaît donc primordial d'inclure toutes les énergies bas-carbone, dont le nucléaire, pour la production d'électricité qui servira à produire l'hydrogène. Cela permettrait de maximiser la production, de faire baisser les coûts, et ainsi de décarboner massivement la production d'hydrogène.

La France a intégré le nucléaire dans sa stratégie d'hydrogène bas-carbone ce qui lui confère un avantage stratégique, charge à la Commission Européenne désormais d'en faire de même dans sa feuille de route sur l'hydrogène.

Produire de l'hydrogène uniquement à partir d'électricité issue d'énergies renouvelables irait donc à l'encontre du bon sens économique et augmenterait le coût de l'hydrogène, ce qui risquerait de compromettre son déploiement à grande échelle. Il apparaît donc primordial d'inclure toutes les énergies bas-carbone, dont le nucléaire, pour la production d'électricité qui servira à produire l'hydrogène.

Quels usages privilégier pour l'hydrogène bas-carbone ?

Utiliser le surplus d'électricité des énergies renouvelables pour produire de l'hydrogène est une manière d'utiliser cet excédent mais ne devrait pas être la seule retenue afin de maximiser le potentiel de l'hydrogène comme indiqué précédemment.



Graphique réalisé d'après des données RTE

Sur ce sujet, un autre point de vigilance est à relever. La France est exportatrice nette d'électricité, c'est-à-dire qu'elle produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme. Le surplus d'électricité produit est aujourd'hui exporté mais il sera possible à l'avenir de l'utiliser pour d'autres usages comme la production d'hydrogène ou bien la recharge des batteries des véhicules électriques.

RTE, le gestionnaire du réseau électrique français, a estimé que les usages qui permettent de réduire le plus les émissions de CO2 sont l'utilisation de l'électricité française en premier lieu pour l'export (car l'électricité de nos voisins directs est plus carbonée en raison d'un recours plus important que la France aux énergies fossiles), puis pour la mobilité (autrement dit la recharge des batteries des véhicules électriques qui remplacent des véhicules à diesel ou essence) et enfin pour la production d'hydrogène par électrolyse (qui remplace la production d'hydrogène à partir d'énergies fossiles).

Ainsi, il faut espérer que nos voisins ferment au plus vite leurs centrales à charbon et au gaz pour que l'utilisation de notre surplus d'électricité soit le plus profitable pour le climat si nous l'utilisons pour d'autres usages que l'export. Avec la situation actuelle, si l'électrolyse se substitue aux 2 usages mentionnés plus haut, le gain de CO_2 sera plus faible et donc l'impact sur la réduction des émissions de CO_2 sera amoindri.

Il est également important de noter que la nuit, lorsque la demande d'électricité est moins importante, il serait possible d'utiliser une partie des moyens de production non sollicités afin de produire de l'hydrogène sans pour autant réduire nos exportations.

Pour autant, si l'électricité bas-carbone française n'exploitera pas son plein potentiel de réduction des émissions de CO_2 en étant utilisée pour la production d'hydrogène bas-carbone, elle permettra quand même de réduire les émissions de CO_2 et participera surtout au développement de la filière hydrogène française.

Ainsi, l'hydrogène produit par électrolyse pourrait représenter une vraie solution supplémentaire pour lutter contre le réchauffement climatique. Si on le substitue à la production d'hydrogène à partir d'énergies fossiles, on pourrait réduire les 9 M de tonnes de CO_2 générées chaque année dans le cadre de sa production.

Sur le moyen et long terme, de nouveaux usages liés à l'hydrogène bas-carbone pourraient même permettre de réduire les émissions d'autres secteurs comme le transport (en particulier sur la mobilité lourde) ou encore le secteur de l'énergie avec la production d'électricité (à travers des solutions de stockage).

Consulter l'article en ligne

Hydrogène : promesse d'un futur décarboné ?

Article d'Anthony Frescal - publié le 01.09.2021

Anthony FRESCAL
Directeur du pôle Énergie chez mc2i

Diplômé de l'Université Paris 1 Sorbonne en Ingénierie des besoins, il débute sa carrière en 2007 au sein de mc2i où il occupe les fonctions de Consultant Manager en 2010, puis de Senior Manager en 2013. Nommé Directeur d'Unité en 2015, Anthony Frescal dirige de grands projets de transformation de systèmes d'information dans les secteurs des Utilities, notamment sur des problématiques métier liées au domaine de l'énergie et de l'industrie.

Consulter le profil

La production d'énergies renouvelables, par définition intermittente et non pilotable, est contraignante. Elle met en avant la problématique du stockage de l'électricité qui ne peut être adressée efficacement aujourd'hui par les technologies dont nous disposons.

C'est dans ce contexte que l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur d'énergie est une solution envisagée en réponse à l'augmentation croissante de la part du renouvelable dans le mix énergétique français.

Depuis la crise due à la pandémie, la France a mis en place une stratégie d'investissement de plus de 7 milliards d'euros avec un objectif annoncé : devenir un acteur incontournable à l'échelle mondiale du secteur via un plan de relance économique qui devrait générer entre 100 à 150.000 emplois directs et indirects d'ici à 2030.

L'hydrogène est une particule pleine de ressources ...

Découvert au milieu du XVIII^{ème} siècle, l'hydrogène est l'élément chimique le plus simple, son isotope le plus commun est constitué d'un proton et d'un électron : cela en fait l'atome le plus léger de notre univers. Le dihydrogène, par son vrai nom, possède un fort potentiel de stockage qui est en revanche difficilement exploitable dans les conditions normales de température et de pression.

... dont la synthèse, grâce à plusieurs techniques, en fait un vecteur pour le stockage de l'électricité...

L'hydrogène présente un intérêt comme « *vecteur* », c'est-à-dire comme passerelle entre sources primaires d'énergie et des usages finaux.

Plusieurs techniques existent pour produire de l'hydrogène :

- Le reformage du gaz naturel à la vapeur d'eau qui casse les molécules d'hydrocarbure sous l'action de la chaleur pour en libérer le dihydrogène;
- L'électrolyse de l'eau qui décompose l'eau en dioxygène et dihydrogène gazeux grâce à un courant électrique;
- La gazéification qui permet de décomposer du charbon ou de la biomasse pour obtenir un gaz de synthèse, le « *syngas* », composé de CO et H_2.

...et qui a un rôle important à jouer dans la transition énergétique

Afin d'atteindre ses objectifs fixés de réduction d'émission de CO_2, la France mise donc une partie de sa stratégie sur l'hydrogène bas carbone. À l'heure actuelle, l'hydrogène est issue à 95 % de la transformation d'énergies fossiles – car moins coûteuse – , il est donc indispensable de le fabriquer à partir d'énergies bas carbone.

Nous nous intéresserons essentiellement à l'hydrogène vert, fabriqué par électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant uniquement d'énergies renouvelables.

Le solaire et l'éolien produisent de l'électricité par intermittence et sont non pilotables, il est indispensable de pouvoir stocker le surplus d'électricité généré pour pouvoir l'utiliser lorsque l'ensoleillement et le vent sont insuffisants.

Par ailleurs, l'intégration de plus en plus importante de ces énergies renouvelables sur les réseaux électriques pourrait augmenter la fréquence des jours où la production sera supérieure à la consommation selon les usages de consommation et notamment des véhicules électriques.

C'est pourquoi le stockage de surplus d'électricité issu des énergies renouvelables via l'hydrogène semble être une alternative pertinente pour l'avenir. Cela s'appelle le Power-to-Power via la pile à combustible.

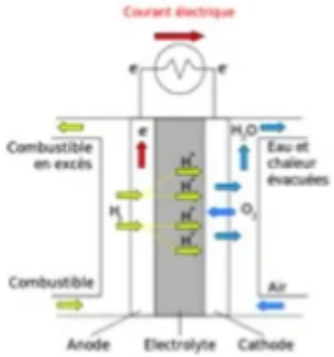


Figure 1: Schéma d'une pile à combustible à acide phosphorique

En plus du stockage de l'énergie, l'hydrogène a un avenir prometteur dans les bâtiments via les réseaux de gaz avec un marché important à saisir à court terme malgré les défis techniques et logistiques que cela implique.

Il a également un rôle important à jouer dans le secteur des transports via les véhicules lourds, où la question du poids des réservoirs se pose moins que pour l'aviation ou les véhicules légers.

C'est sur cette base que le gouvernement français souhaite axer sa stratégie nationale pour l'hydrogène sur 3 grands piliers :

- Installer 6,5 GW d'électrolyseurs (1/10e de la capacité totale des centrales nucléaires en France) pour décarboner l'industrie et l'économie ;
- Développer la mobilité propre des véhicules lourds ;
- Créer des emplois dans la filière hydrogène et assurer la pérennité de notre maîtrise technologique.

Malheureusement, l'hydrogène n'est pas exempt du greenwashing

Airbus, fleuron de l'aviation française et européenne a promis, suite au plan de relance économique d'après COVID-19, d'investir massivement dans la R&D pour concevoir un avion commercial tournant à l'hydrogène d'ici à 2035.

À titre d'exemple, la quantité nécessaire pour qu'un avion A320 puisse voler grâce à l'hydrogène nécessiterait une réduction de 40% du nombre de passagers. De plus, 16 centrales nucléaires seraient nécessaires à la production d'hydrogène bas carbone pour conserver le trafic aérien actuel de l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle.

Nous sommes donc dans un scénario très hypothétique avec de vrais défis technologiques face à nous.

Dans un tout autre registre, il y a quelques semaines, la tour Eiffel a été éclairée avec de l'hydrogène produit avec de l'électricité. Or le processus de transformation « *électricité vers hydrogène vers électricité* » aura fait perdre 75% de son rendement initial.

« Nous sommes donc dans un scénario très hypothétique avec de vrais défis technologiques face à nous »

D'un point de vue énergétique, cette initiative consiste à multiplier les émissions de CO_2 par 10 pour alimenter la Tour Eiffel. On peut se demander si cette action ne relève pas plus de la communication que d'un souhait de réduire nos émissions de GES (gaz à effet de serre).

Ces deux sujets nous démontrent que le progrès technologique n'est pas une fin en soi et qu'il est important de le mettre en perspective avec les défis qui nous attendent afin d'éviter une dérive vers le superflu.

Actuellement, l'hydrogène est généré à partir d'énergies fossiles qui émettent une grande quantité de CO_2 dans l'atmosphère. Pourtant, grâce à son fort potentiel énergétique, cette molécule est un véritable atout pour la transition énergétique si elle est produite à partir d'énergies bas carbone.

De plus, elle permettra de mieux exploiter le potentiel des énergies renouvelables voire d'augmenter leurs parts dans le mix énergétique français. Cependant, il sera nécessaire d'être attentif et démêler le vrai du faux quant à ses potentielles applications pour un futur décarboné.

Enfin, il faudra prendre en considération le coût des nouvelles infrastructures qui pourrait être répercuté sur le prix de l'électricité.

L'hydrogène deviendra donc attractif par la mise en place de subventions de l'État ou bien via des contrats de compléments de rémunération similaires à la production d'éolien ou de solaire.

Consulter l'article en ligne

Bibliographie:

1. *https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/production-de-lhydrogene*
2. *https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/tout-savoir-lhydrogene*
3. *Transitions & Energies – n°8 Energie et transport, la révolution qui vient*
4. *https://www.engie.com/activites/infrastructures/power-to-gaz*
5. *https://energies.airliquide.com/fr/mediatheque-planete-hydrogene/applications-lhydrogene*
6. *https://www.connaissancedesenergies.org/on-peut-parler-indifferemment-d-energie-renouvelable-ou-decarbonee-130313*
7. *https://www.planete-energies.com/sites/default/files/dossier_infographies/5G/tableaux-unites/PE-tableaux-unites-A3.pdf*
8. *https://www.radioclassique.fr/magazine/articles/paris-la-tour-eiffel-illuminee-pour-la-premiere-fois-grace-a-lhydrogene/*

https://www.economie.gouv.fr/presentation-strategie-nationale-developpement-hydrogene-decarbone-france#

Hydrogène décarboné : il faut aller plus vite pour baisser les coûts, dit l'AIE

Article de l'AFP - publié le 04.10.2021

L'hydrogène bas carbone bénéficie d'un élan inédit des États et des entreprises, mais il faut plus d'efforts, et plus vite, pour baisser ses coûts et permettre l'essor de cette énergie à même de verdir industrie et transports lourds, prévient lundi l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

« *Les gouvernements doivent agir plus vite et de manière plus déterminée* », résume ce rapport spécial.

En 2019, seuls la France, le Japon et la Corée du Sud avaient un plan hydrogène. Deux ans plus tard, 17 États ont publié une stratégie, plus de 20 y travaillent. Des projets pilotes sont en cours pour faire de l'acier ou de la chimie avec cette énergie (plutôt qu'avec du charbon).

« *Dans le passé, l'hydrogène bas carbone a donné lieu à des faux départs. Cette fois, nous voyons de réjouissants progrès* », souligne le directeur de l'AIE Fatih Birol. « *Les gouvernements doivent agir rapidement pour abaisser les barrières qui brident sa croissance, essentielle si le monde veut garder une chance d'atteindre la neutralité carbone en 2050* ».

L'hydrogène, utilisé depuis longtemps dans le raffinage ou la production d'engrais, est aujourd'hui produit quasi intégralement à base d'énergie fossile: il émet près de 900 millions de tonnes de CO2, autant que Royaume-Uni et Indonésie combinés.

Décarboné, il pourrait aussi servir à verdir des secteurs sans alternative (poids lourds, aviation, acier...).

« *Le principal obstacle* » reste son coût de production, note l'AIE, car il nécessite de grandes quantités d'électricité décarbonée.

En attendant les avancées technologiques et les économies d'échelle pour le rendre compétitif, il faudra des mesures et financements pour compenser l'écart de prix avec l'hydrogène d'origine fossile (qui, selon les cours du gaz, peut coûter deux à sept fois moins que celui produit avec des renouvelables).

Pour cela, prix du carbone, quotas, commandes publiques sont autant d'outils.

Des mesures manquent aussi pour soutenir la demande de cet hydrogène décarboné, pointe l'AIE. Sans cela, il sera difficile de développer les infrastructures de stockage et d'acheminement, note l'Agence, qui appelle à plus de coopération internationale.

Les pays dotés d'une stratégie ont prévu 37 milliards de dollars d'investissements et le secteur privé a annoncé 300 milliards de plus. Mais pour la neutralité climatique en milieu de siècle, il faudrait 1.200 milliards d'ici 2030, a calculé l'Agence.

Les capacités en électrolyseurs, qui permettent de tirer l'hydrogène de l'eau via l'électricité, ont doublé depuis 5 ans, avec près de 400 projets en développement. Cela permettrait de produire 8 millions tonnes d'hydrogène d'ici 2030, loin encore des 80 millions prévus par l'AIE dans son scénario de neutralité carbone.

« En attendant les avancées technologiques et les économies d'échelle pour le rendre compétitif, il faudra des mesures et financements pour compenser l'écart de prix avec l'hydrogène d'origine fossile »

Consulter l'article en ligne

HyDeal Ambition : et si l'hydrogène vert devenait le pétrole du XXIème siècle ?

Interview de Thierry LEPERCQ - publiée le 25.02.2022

Thierry LEPERCQ
Président de la joint-venture et porte-parole de HyDeal Ambition

Consulter le profil

Première réalisation industrielle de la plateforme HyDeal Ambition, HyDeal Espana a été constitué en joint-venture en novembre 2021 et débutera la production d'hydrogène vert en 2025.

Pour Thierry Lepercq, Président de la joint-venture et porte-parole de HyDeal Ambition, l'hydrogène vert coche toutes les cases pour devenir l'énergie du XXI^{ème} siècle. Interview.

En quoi HyDeal Ambition, récemment distinguée par l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) est le plus grand projet mondial d'hydrogène vert à grande échelle ?

L'IRENA a identifié les 20 plus grands projets d'hydrogène vert dans le monde et a consacré HyDeal Ambition, annoncé en février 2021, comme le plus important par la taille (67 GW d'électrolyseurs à horizon 2030).

HyDeal Ambition se distingue aussi par le nombre d'entreprises partenaires (NDLR : 30) et leur taille : de nombreux grands groupes en font partie comme Vinci, ArcelorMittal, Naturgy, BASF…

Ces entreprises couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur depuis l'upstream (énergies renouvelables, électrolyseurs, ingénierie), jusqu'au midstream (transport et stockage), au downstream (sidérurgie, chimie, énergie) et à la finance (banques et investisseurs).

Quelle sera l'utilisation de cet hydrogène vert ?

Nous venons d'annoncer une première mise en œuvre industrielle avec le hub HyDeal España. Il s'agit d'un projet intégré verticalement, structuré sur la forme d'une joint-venture réunissant un développeur solaire (DH2 Energy), un grand opérateur d'infrastructures de transport et de stockage de gaz (Enagas) et deux clients majeurs (ArcelorMittal et Grupo Fertiberia).

L'engagement de livraison porte sur 6,6 millions de tonnes sur 20 ans à compter de 2025, permettant la production d'acier vert (substitution des hauts fourneaux fonctionnant au charbon par des équipements de DRI – réduction directe du minerai de fer) et d'ammoniac et d'engrais verts (substitution du gaz naturel). Les sites sont localisés dans un complexe industriel des Asturies, dans le nord de l'Espagne.

Notre impact sera macroéconomique : l'équivalent de 4% des émissions de CO_2 espagnoles et de 5% des importations de gaz naturel du pays.

L'hydrogène vert sera-t-il, selon vous, le pétrole du XXI^{ème} siècle ?

Il est essentiel de regarder l'histoire et de comprendre pourquoi les hydrocarbures se sont imposés comme la source d'énergie dominante au siècle dernier.

Quatre facteurs-clés ont été réunis : une ressource abondante, des utilisations universelles (transport, bâtiment, industrie…), une chaîne industrielle intégrée (upstream, midstream, downstream) permettant de fournir de très grandes quantités aux consommateurs de manière fiable et des coûts compétitifs (au-delà des évolutions cycliques).

L'hydrogène vert coche toutes ces cases : 1% de la superficie de région méditerranéenne (nord et sud) suffira à remplacer 100% de la consommation européenne de combustibles fossiles, la molécule d'hydrogène peut se substituer aux combustibles fossiles dans tous les usages et HyDeal (et d'autres) apportent aujourd'hui la démonstration qu'une mise en œuvre industrielle et compétitive est possible rapidement.

« Notre impact sera macroéconomique : l'équivalent de 4% des émissions de CO2 espagnoles et de 5% des importations de gaz naturel du pays »

Le coût de production sera-t-il rapidement compétitif ?

C'est le sujet central. L'approche HyDeal pour produire de l'hydrogène vert compétitif repose sur deux puissants facteurs différenciants : (i) des parcs solaires captifs de très grande taille (avec colocalisation des électrolyseurs, non connectés au réseau électrique, très coûteux et limité, mais à un réseau de conduites hydrogène dédiées) et (ii) une industrialisation et une standardisation des systèmes d'électrolyse.

Notre force s'appuie sur le solaire photovoltaïque, qui est aujourd'hui la source d'énergie la plus compétitive au monde : moins de 15 €/MWh pour des appels d'offres attribués en Europe et au Moyen-Orient – soit -95% en deux décennies, une tendance qui va se poursuivre au-delà du modeste rebond constaté en 2021.

Ce qui s'est produit dans les chaînes industrielles du photovoltaïque et des batteries (explosion des volumes et implosion corrélative des coûts) est sur le point de se reproduire dans les électrolyseurs avec les annonces récentes de nombreuses gigafactories en Europe et en Asie.

Chez HyDeal, notre objectif est un coût de production de 1,5 €/kg (38 €/kg) dès 2025. L'explosion des prix du pétrole et du gaz consécutive au sous-investissement massif en exploration-production, accélère énormément le basculement.

Notre hydrogène vert est d'ores et déjà moins cher que le gaz naturel en Europe, sans même compter la valeur carbone…

Consulter l'article en ligne

L'hydrogène, *« poids lourd »* de la décarbonation des transports

Article de la Rédaction – publié le 16.09.2020

Sur le terrain de la transition énergétique, le gouvernement a décidé de miser sur l'hydrogène *« vert »* afin de réduire les émissions de CO_2 des secteurs de l'industrie et des transports lourds. Pour produire cet hydrogène décarboné, la France peut compter sur des champions déjà bien aguerris…

En cette période de relance économique post-Covid, lancer un plan d'envergure autour de l'hydrogène pourrait paraître tout sauf prioritaire. Mais parce que la transition énergétique répond aussi bien aux enjeux environnementaux qu'économiques et sociétaux, cette initiative rendue publique le 8 septembre par Barbara Pompili et de Bruno Le Maire prend tout son sens.

La ministre de la Transition écologique et le ministre de l'Économie ont en effet profité de la rentrée scolaire pour dévoiler les contours de la Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné. 7 milliards d'euros seront ainsi investis pour développer une production d'hydrogène *« vert »* et rentable à grande échelle en France, dont 2 milliards d'euros affectés dès 2021-2022 dans le cadre du plan de relance gouvernemental à 100 milliards.

Car si l'hydrogène est déjà utilisé dans de nombreux secteurs (raffinage, chimie, électronique, agroalimentaire, etc.), il est encore majoritairement d'origine fossile et émet donc d'importantes quantités de gaz à effet de serre. Or, il est possible de produire de l'hydrogène *« propre »*, via un procédé d'électrolyse de l'eau, à condition que l'électricité utilisée provienne de sources décarbonées.

C'est précisément le cas en France, où la production électrique repose essentiellement sur le nucléaire et les énergies renouvelables, deux filières n'émettant que très peu de CO_2.

Un marché évalué à 100 milliards d'euros par an

« L'hydrogène est une opportunité stratégique pour massifier et accélérer la décarbonation de secteurs et d'acteurs difficiles à décarboner, en particulier dans l'industrie et le transport », a justifié Barbara Pompili. Pour ce faire, l'exécutif prévoit dans un premier temps d'installer l'équivalent de 6,5 GW d'électrolyseurs d'ici 2030, soit près de quatre fois la puissance installée du futur réacteur nucléaire nouvelle génération de Flamanville (Manche). Le deuxième objectif vise à alimenter les modes de transport lourds, comme les camions à bennes et de fret, autocars, autobus, trains, voire même navires et avions.

« Il faut qu'en 2035, nous ayons réussi à avoir un avion […] neutre en carbone, et l'hydrogène est certainement l'option la plus prometteuse », a plaidé Bruno Le Maire. *« L'hydrogène répond aux besoins de fortes puissances motrices ou aux besoins de longue autonomie, notamment pour les flottes captives parcourant de longues distances à flux tendus »*, précise le gouvernement dans son dossier de presse.

L'intérêt de cibler la mobilité lourde est double. D'une part, ce secteur fait partie, avec celui de l'industrie, des deux pans économiques les plus émetteurs de CO_2 en France. L'économie d'émissions escomptée par l'État s'élève ainsi à 6 millions de tonnes de dioxyde de carbone.

D'autre part, ces engins disposent le plus souvent d'éléments communs ou similaires à ceux nécessaires pour exploiter l'hydrogène, comme des piles à combustibles, réservoirs, électronique, etc.

Cette caractéristique permet en outre aux constructeurs et équipementiers de ces moyens de transport lourds de développer plus facilement leur offre vers l'hydrogène. Avec, à la clé, un chiffre d'affaires annuel évalué à 100 milliards d'euros et 225 000 emplois maintenus ou créés, selon Bercy.

« L'hydrogène est une opportunité stratégique pour massifier et accélérer la décarbonation de secteurs et d'acteurs difficiles à décarboner, en particulier dans l'industrie et le transport »

Premier contrat en Allemagne pour le Français Hynamics (filiale d'EDF)

Grâce à son mix électrique très largement décarboné et à la présence de nombreux poids lourds de l'industrie des transports sur son territoire, la France semble avoir déjà une longueur d'avance sur les pays étrangers en matière de développement de la filière hydrogène. Parmi les entreprises sur lesquelles compte prioritairement l'État, EDF n'a d'ailleurs pas attendu le lancement du plan à 7 milliards d'euros pour s'intéresser à son potentiel.

En mars 2019, lors de la Foire internationale d'Hanovre dédiée aux technologies de l'industrie, l'énergéticien avait annoncé la création de sa filiale Hynamics, visant à proposer une offre hydrogène bas carbone performance pour les acteurs de la mobilité et de l'industrie. À cette occasion, il avait également confirmé sa prise de participation à 22 % dans l'entreprise française McPhy, considérée comme référence dans ce domaine.

C'est d'ailleurs grâce à son expertise qu'Hynamics vient de remporter son premier contrat dans une raffinerie du nord de l'Allemagne. Avec plusieurs autres partenaires européens, la jeune filiale d'EDF a pour mission d'installer et de produire du carburant à partir d'hydrogène renouvelable. Le budget total du projet, qui s'élève à 89 millions d'euros, sera en partie financé par le plan hydrogène allemand, d'un montant de 9 milliards d'euros.

L'hydrogène : pont entre plusieurs secteurs industriels

Dans le sillage d'EDF, plusieurs autres acteurs majeurs de l'industrie sont d'ores et déjà dans les starting-blocks pour grappiller leur part du marché naissant mais déjà très prometteur de l'hydrogène, à l'image de Safran, d'Alstom et de la SNCF, de Michelin et de Faurecia, d'Engie, de Total, de Renault, de PSA ou encore d'Air Liquide. « *Impossible de dire quel acteur se distinguera ou sera le leader de demain car le marché est encore balbutiant, commente Xavier Regnard, analyste à la banque d'investissement Bryan, Garnier & Co. Ce qui est certain, c'est que la taille [de l'entreprise] sera importante, car il faudra financer des investissements massifs et fournir un gros effort en R&D.* » On parle ainsi de 200 millions d'euros investis par le groupe français Plastic Omnium, leader mondial de la production plastique… Car contrairement à la technologie électrique sur batterie, celle à l'hydrogène intéresse également les acteurs de l'industrie pétrolière. « *Les batteries électriques excluent l'industrie pétrolière, pas l'hydrogène, assure Bertrand Piccard, président de Solar Impulse, sur BFMTV. Les industries pétrolières savent fabriquer du liquide, transporter du liquide, vendre du liquide. Elles peuvent très bien se diversifier dans l'hydrogène.* »

Batterie et hydrogène, même combat !

Les filières batterie et hydrogène seraient en outre complémentaires car au service de formes de mobilité différentes. « *Les batteries [sont] utilisées pour des véhicules légers et une distance de 300 à 400 km. C'est beaucoup plus efficient, car toute l'énergie que vous mettez dans la batterie est récupérée, illustre Bertrand Piccard.Sauf que, si vous voulez des camions, si vous voulez des distances beaucoup plus longues, ou alors pour des trains, des péniches, ou peut-être plus tard des avions, les batteries seront trop lourdes et trop polluantes à fabriquer. C'est là que la pile à combustible alimentée par l'hydrogène trouve tout son sens. Ce sont deux créneaux qui sont parfaits [l'un pour l'autre] !* »

Une harmonie déjà identifiée par la ville de Pau, qui a lancé début 2020 la première ligne de bus française à hydrogène (Febus).

Les 8 véhicules de 19 mètres de long peuvent accueillir chacun 125 passagers et parcourir 240 km d'une traite. Et pour en faire de véritables moyens de transport propres, la mairie prévoit prochainement d'installer un électrolyseur géant qui les alimentera grâce à l'énergie solaire…

Consulter l'article en ligne

LE MONDE
DE L'ENERGIE
REJOIGNEZ LA COMMUNAUTÉ

À bientôt pour notre prochain numéro du Mag !

Suivez toute l'actualité du Monde de L'Énergie :

lemondedelenergie.com

et sur les réseaux sociaux :

Facebook : https://www.facebook.com/lemondelenergie/

Twitter : https://twitter.com/lemondelenergie

LE MONDE
DE L'ENERGIE
REJOIGNEZ LA COMMUNAUTÉ