

# Une stratégie ambitieuse de développement de l'hydrogène en France : enjeux et défis

Par Philippe BOUCLY  
Président de France Hydrogène

La stratégie française de l'hydrogène repose sur trois piliers : 1) décarboner l'industrie et s'appuyer sur les grandes quantités d'hydrogène nécessaires pour développer une filière française de l'électrolyse compétitive ; 2) décarboner la mobilité professionnelle (lourde ou intensive) ; et 3) maintenir un haut niveau d'excellence pour la recherche française et l'innovation et développer les compétences ainsi que la formation.

Pour atteindre les objectifs fixés, la filière française de l'hydrogène doit changer d'échelle et mutualiser les usages de façon à réduire les coûts. Il faut également promouvoir la neutralité technologique et, à côté de l'électrolyse, développer d'autres modes de production (vaporeformage du gaz naturel et CCS, thermolyse de la biomasse, plasmalyse du méthane, etc.). En outre, les politiques de soutien de l'Europe doivent pouvoir s'élargir à l'hydrogène bas-carbone, notamment pour atteindre les cibles ambitieuses affichées par le plan « REPower EU ».

Le déploiement des technologies de l'hydrogène doit être un levier de réindustrialisation. Enfin, accéder à moyen terme à une électricité peu chère et à un marché organisé de l'hydrogène grâce à une infrastructure de transport et de stockage adaptée est un enjeu clé pour les producteurs et les consommateurs.

La répétition de plus en plus fréquente d'épisodes climatiques violents fait de plus en plus prendre conscience de la réalité du changement climatique et augmente la nécessité de trouver des solutions. Parmi les moyens de lutte, l'hydrogène apparaît à l'heure actuelle comme l'une des solutions, et ce essentiellement pour trois raisons : tout d'abord, le coût des énergies renouvelables a baissé de façon considérable au cours de la décennie passée : par exemple, le coût de l'énergie solaire a été divisé par 10 en dix ans. Par ailleurs, le coût des technologies de l'hydrogène a lui aussi considérablement baissé : ces technologies qui étaient, il y a quelques dizaines d'années, réservées à la conquête de l'espace ou à la Défense sont aujourd'hui d'un accès facile pour d'autres secteurs de l'économie. Enfin, l'hydrogène apparaît comme le moyen de stocker des quantités massives d'énergie en inter-saisonnier. En effet, l'électricité, qui, actuellement, constitue une part correspondant à 20-25 % de la consommation finale d'énergie, va à l'avenir prendre une part plus importante : la plupart des modèles de prospective lui accordent une place représentant de 50 à 60 % de la consommation finale à l'horizon 2050. Cette électricité sera produite par le biais des énergies décarbonées, en particulier renouvelables (solaire et éolienne) ; par conséquent, des quantités importantes d'énergie devront être stockées entre l'été et l'hiver pour assurer les besoins tout au long de l'année. L'hydrogène apparaît à l'heure actuelle comme le seul moyen de stockage de ces grandes quantités d'énergie.

Dans le monde, plus de quarante pays ont désormais une stratégie ou une feuille de route Hydrogène. La France se situe dans le peloton de tête aux côtés de l'Allemagne, du Japon, de la Corée du Sud et de la Chine.

## La stratégie française de développement de l'hydrogène

Le 8 septembre 2020, le ministre chargé de l'Économie et des Finances, Bruno Le Maire, et la ministre de la Transition écologique, Barbara Pompili, ont présenté la stratégie française de l'hydrogène. Cette stratégie repose sur trois piliers :

- décarboner l'industrie et s'appuyer sur les grandes quantités d'hydrogène nécessaires pour développer une filière française de l'électrolyse compétitive et atteindre une puissance d'électrolyse de 6 500 mégawatts à l'horizon 2030 ;
- décarboner la mobilité professionnelle, c'est-à-dire la mobilité lourde (bus, autocars, camions, bennes à ordures, trains, bateaux, avions) ou intensive (logistique du dernier kilomètre, taxis) ;
- et, enfin, maintenir un haut niveau d'excellence pour la recherche française et l'innovation en matière d'hydrogène et développer en la matière les compétences ainsi que la formation.

Cette stratégie a été dotée d'un budget de 7,2 milliards d'euros et d'une gouvernance assurée par le Conseil

national de l'hydrogène que président les ministres chargés de l'Économie et de l'Écologie et que coprésident les présidents d'Air Liquide, Benoît Potier, et de Faurecia, Patrick Koller.

Aux 7,2 milliards d'euros alloués initialement par le gouvernement se sont ajoutés 1,9 milliard d'euros dans le cadre de la mise en œuvre du plan France 2030 présenté par le président Emmanuel Macron, le 12 octobre 2021. Si l'on tient compte des divers budgets mobilisés par ailleurs (par exemple, les programmes de recherche Coram et Corac en matière de décarbonation de l'industrie), c'est environ 10 milliards d'euros qui devraient être consacrés par le gouvernement au développement de la filière française de l'hydrogène jusqu'en 2030.

Pour préciser cette vision stratégique, France Hydrogène a mené au cours du premier semestre 2021 une étude du déploiement de l'hydrogène renouvelable ou bas-carbone dans les territoires à l'horizon 2030. Sur la base des consommations actuelles et potentielles d'hydrogène ainsi que sur la base des projets annoncés, il apparaît très clairement que l'hydrogène se développera en France dans le cadre de sept grands bassins : trois des principaux ports français (Dunkerque, Nantes Saint-Nazaire et Fos-Marseille), deux grands axes économiques (l'axe Seine allant du Havre jusqu'à l'aéroport Charles-de-Gaulle, et la vallée du Rhône et le bassin rhônalpin), ainsi que les zones frontalières avec l'Espagne (bassin de Lacq) et l'Allemagne. Ces grands pôles de consommation et leur zone d'influence logistique concentreront près de 85 % de la demande d'hydrogène à l'horizon 2030. Le reste du territoire sera essentiellement concerné par des projets de mobilité le long des grands axes autoroutiers et dans les agglomérations. Le scénario de référence retenu pour cette étude du déploiement de l'hydrogène à l'horizon 2030 confirme l'objectif de disposer de 6 500 mégawatts d'électrolyse pour assurer la production de 680 000 tonnes d'hydrogène. Cependant, compte tenu des exigences renforcées émanant de l'Union européenne (paquet « Fit for 55 ») ou résultant de la législation française (loi Climat résilience, par exemple), France Hydrogène a également étudié un scénario plus ambitieux (le scénario Ambition +) qui porte les quantités d'hydrogène à produire à 1 090 kilotonnes et nécessite pour cela de disposer d'une puissance d'électrolyse de 10 gigawatts.

Dès à présent, les acteurs et les industriels se mobilisent : des projets se mettent déjà en place dans les territoires.

D'ici à la fin 2022, le groupe Stellantis ainsi que la société Hyvia (filiale à parts égales de Renault et de la société américaine Plug Power) produiront des véhicules utilitaires légers à hydrogène : Jumpy, Expert et Vivaro chez Stellantis et Master chez Hyvia.

De son côté, le constructeur de bus SAFRA, basé à Albi, accroît ses capacités de production de bus à hydrogène et va commercialiser une nouvelle gamme dénommée HyCity.

Par ailleurs, Gaussin, constructeur de camions et d'engins de manutention portuaire, dispose désormais

de modèles à hydrogène et développe lui aussi ses capacités de production.

S'agissant de parcs d'autocars, des projets de retrofit apparaissent afin de convertir à l'hydrogène des modèles diesel récemment achetés.

Quatre régions (Grand Est, Bourgogne Franche-Comté, Auvergne Rhône-Alpes et Occitanie) se sont engagées à acheter chacune 3 à 4 rames du train Régiolis hydrogène en cours de développement chez Alstom.

Le maritime et le fluvial à hydrogène se développent également : EODev et son navire alimenté à l'hydrogène liquide Energy Observer 2, les sociétés Neptec et Hynova, etc.

Le milieu aérien est lui aussi très actif au travers de solutions pour les activités au sol (ADP) ou dans les airs (Airbus).

Au plan industriel, des projets d'envergure se mettent en place à l'initiative de grands groupes français. Dans le domaine de la cimenterie, le cimentier VICAT associé à Hynamics, filiale Hydrogène d'EDF, développe le projet HYNNOVI sur le site de la cimenterie de Montalieu (en Isère) afin de combiner le carbone rejeté par le *process* cimentier avec l'hydrogène produit par un électrolyseur de 330 mégawatts pour produire 200 000 tonnes de méthanol par an. Dans le domaine des engrais, Boréal envisage de décarboner la fabrication de ses engrais dans le cadre d'un projet d'électrolyse de 30 mégawatts développé avec Hynamics sur la plateforme de Chalampé-Ottmarsheim (dans le département du Haut-Rhin). En Normandie, Air Liquide développe un projet de 200 MW dans le but de décarboner les industries situées entre Rouen et Le Havre. Enfin, dans le Sud, à la raffinerie de La Mède, TotalEnergies et Engie développent un projet de 40 MW d'électrolyse alimenté par un champ solaire de 100 MW.

Dans le domaine de la mobilité, les projets d'importance se multiplient : projet EasHymob en Normandie, projet ZEV (Zero Emission Valley) en Auvergne Rhône-Alpes, flotte de bus à hydrogène à Dijon, corridor H<sub>2</sub> en Occitanie...

Des projets d'infrastructures de transport de l'hydrogène émergent également. Par exemple, des projets portés par GRTgaz tel que le projet MosaHYc qui consistera à alimenter l'acierie de Saarstahl dans la Sarre à partir d'hydrogène produit à Saint-Avold en Lorraine, ou le projet Rhyne entre l'Alsace, la Suisse et le Bade Wurtemberg, ou encore le projet reliant Valenciennes et Mons (Belgique) conduit avec l'opérateur belge Fluxys.

Nombre des différents projets précités reçoivent un soutien financier des régions dans lesquelles ils se développent. Ainsi, toutes les régions françaises ont adopté une stratégie ou une feuille de route Hydrogène, certaines ayant même décidé d'y allouer dès à présent des budgets importants, comme l'Occitanie avec un budget de 150 millions d'euros jusqu'en 2030 ou la région Bourgogne Franche-Comté avec un budget de 90 millions d'euros.

Cette dynamique observée en France se développe dans le cadre européen. La Commission européenne a en effet adopté, en juillet 2020, une stratégie Hydrogène visant à produire 10 millions de tonnes d'hydrogène par an grâce à une capacité d'électrolyse de 2 x 40 gigawatts développée sur le territoire de l'Union et également aux marges de l'Europe (en Afrique du Nord et en Ukraine).

Reconnaissant le caractère stratégique du développement des technologies de l'hydrogène et donc la nécessité de le soutenir financièrement, les États membres ont convenu que ce développement devait s'inscrire dans le cadre d'un IPCEI dédié (Important Project of Common European Interest – Projet important d'intérêt européen commun (PIIEC)). Cela permet en particulier d'assouplir les règles en matière d'aides d'État et autorise ainsi les États membres à financer les projets notifiés par la Commission européenne.

Le 18 mai dernier, conséquence directe de l'invasion de l'Ukraine par la Russie, la Commission européenne a publié un plan intitulé « RE Power EU » visant à s'affranchir le plus rapidement possible des énergies fossiles russes. À travers ce plan, la Commission relève considérablement les objectifs pour 2030 qu'elle avait affichés dans sa stratégie de juillet 2020 et dans le paquet « Fit for 55 » publié le 14 juillet 2021.

Le maître mot désormais est « accélération » au travers de plusieurs ambitions :

- doubler d'ici à 2030 les quantités d'hydrogène décarboné (passer ainsi de 10 à 20 millions de tonnes par an) ;
- relever les objectifs affichés pour les RFNBO (Renewable Fuels of Non-Biological Origin – Combustibles renouvelables d'origine non biologique) en faisant passer leur utilisation de 50 à 75 % dans l'industrie et de 2,6 à 5 % dans les transports ;
- doubler d'ici à 2025 le nombre des « vallées Hydrogène » (23 actuellement) ;
- apporter un soutien à trois corridors d'importation : la Mer du Nord (la Grande-Bretagne et la Norvège), l'Afrique du Nord (le Maroc et l'Égypte) et l'Ukraine (« dès que possible ») ;
- développer les infrastructures de transport par canalisation et de stockage massif et augmenter la capacité des terminaux de réception d'ammoniac.

Pour accompagner et faciliter cette accélération, la Commission européenne :

- propose de doubler le Fonds de l'innovation pour le porter à 3 milliards d'euros ;
- propose la mise en place d'une plateforme d'achats conjoints d'hydrogène sur la base du volontariat. Cette démarche intitulée « Global European Hydrogen Facility » est calquée sur le modèle du programme « H2Global » allemand consistant à favoriser la production et l'importation d'hydrogène par un système de double enchère, acheteurs et fournisseurs s'engageant respectivement sur un an et dix ans ;
- recommande de mettre en place des normes et des certifications afin de garantir le caractère renouvelable de l'hydrogène importé.

Dans ce cadre bien établi et favorable à son développement, la filière française de l'hydrogène doit faire face aux quatre défis suivants :

#### • Réduire les coûts

Les technologies de l'hydrogène sont matures ; les nombreux démonstrateurs développés jusqu'à présent l'ont largement montré. Cependant, leur coût reste très élevé en raison de leur faible déploiement. La filière doit donc désormais changer d'échelle, notamment mutualiser les usages de façon à réduire les coûts. Ce but peut être atteint en développant des écosystèmes territoriaux d'envergure qui regrouperont des usagers de l'industrie, de la mobilité, voire de l'énergie. Ce changement d'échelle peut être illustré par un chiffre : le facteur 1 000. En France, actuellement, à peine 400 véhicules fonctionnent à l'hydrogène, le scénario « Ambition + » de France Hydrogène vise 450 000 véhicules à l'horizon 2030. En matière d'électrolyse, c'est à peine 5 mégawatts qui produisent actuellement de l'hydrogène vert en France, l'objectif est de porter cette puissance entre 6,5 et 10 GW à l'horizon 2030.

#### • Promouvoir la neutralité technologique

La stratégie française de l'hydrogène promeut l'électrolyse comme moyen privilégié de production de l'hydrogène renouvelable ou bas-carbone. Tout en reconnaissant que cette technologie est la plus mature et permet d'atteindre rapidement les quantités souhaitées, d'autres technologies permettent également de produire de l'hydrogène renouvelable ou bas-carbone, notamment la production d'hydrogène par vaporeformage du gaz naturel sous réserve que soit associée à ce procédé une unité de captage et d'utilisation ou de séquestration du gaz carbonique. La production d'hydrogène est également possible par thermolyse à partir de la biomasse (à noter, en particulier, le procédé Hynoca de la société Haffner qui produit de l'hydrogène à partir de résidus de bois). De même, des procédés de plasmalyse (par micro-onde ou par torche à plasma) sont à développer.

Cette neutralité technologique doit également être promue auprès des instances de la Commission européenne afin que soit reconnu le fait que la production d'hydrogène à base d'une électricité d'origine nucléaire permet une production bas-carbone de ce gaz sans rejet de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. C'est tout l'enjeu de la taxonomie verte, des actes délégués de la directive sur les énergies renouvelables (RED II) et de l'établissement d'un seuil (3,38 kgCO<sub>2</sub>/kgH<sub>2</sub>) en dessous duquel l'hydrogène sera reconnu renouvelable ou bas-carbone. Les politiques de soutien de l'Europe doivent pouvoir s'élargir à l'hydrogène bas-carbone, notamment pour atteindre à horizon 2030 les cibles réhaussées d'hydrogène décarboné dans l'industrie (75 %) et les transports (5 %), telles que fixées dans le plan « REPower EU ».

#### • Contribuer à la réindustrialisation de l'économie française

Sur ce point, les directives du ministre chargé de l'Économie et des Finances, Bruno Le Maire, sont très claires : il s'agit de faire du déploiement des technologies de l'hydrogène un levier de la réindustrialisation



de notre territoire. C'est tout le sens des projets de *gigafactories* qui ont été annoncés par la Commission européenne le 15 juillet dernier dans le cadre de la première vague de l'IPCEI dédié : *gigafactories* d'électrolyseurs de McPhy, John Cockerill, Elogen et Genvia, piles à combustible de Symbio, productions de Faurecia, Plastic Omnium, Hyvia, Alstom et Arkema.

Ces projets de développement de l'hydrogène doivent s'accompagner de la création de valeur et d'emplois sur le territoire national. Cette démarche est en particulier facilitée par la mise en place de plateformes : solutions de l'industrie du futur, Boost French Fab ou la plateforme Quatrium du CETIM. À cet égard, on peut saluer la reconversion de certaines industries, telle celle de l'équipementier Bosch, dont l'usine de Rodez évolue, passant de la production de composants pour moteurs diesel à celle d'éléments pour les piles à combustible.

Enfin, cette réindustrialisation doit s'accompagner d'un vaste mouvement de formation afin de disposer de la main-d'œuvre nécessaire à la mise en œuvre des différentes technologies précitées. Au cours de l'année 2020, France Hydrogène a établi un référentiel des métiers de l'hydrogène : 84 métiers ont été recensés, dont 17 sont dès à présent en tension. Ce sont les métiers du travail des métaux (soudeurs, tuyauteurs, chaudronniers), mais également les métiers de la maintenance (techniciens) et les emplois de chef de projet. Ce travail se poursuit par un recensement des formations existantes en lien avec ces technologies et par un travail d'adaptation des formations ainsi identifiées afin de leur apporter un complément en matière d'hydrogène. Afin d'amplifier cette démarche, France Hydrogène a signé, en mai dernier, une convention avec l'AFPA, dont les compétences en matière d'ingénierie de formation sont largement reconnues, ainsi qu'avec CCI France, dont le réseau permettra de sensibiliser un maximum de PME-PMI à l'intérêt pour elles de l'hydrogène en termes de possibilités de développement.

#### • Accéder à une électricité peu chère

L'hydrogène est essentiellement de l'électricité faite gaz ! Il présente ainsi les qualités du gaz, c'est-à-dire la possibilité d'un stockage massif. Compte tenu des règles actuelles de marché, si les installations d'électrolyse sont alimentées directement *via* le réseau, il en résulte un coût très élevé pour l'hydrogène produit. Il faut donc rechercher des voies alternatives, telles que des PPA (Power Purchase Agreement), des contrats établis sur une durée de quinze à vingt ans avec un prix déterminé et prévisible, ou des modèles de type Exeltium qui ont permis dans le passé à des consommateurs électro-intensifs de maintenir leur activité en France.

### Vers l'instauration d'un marché européen de l'hydrogène

Sous l'égide de la Commission européenne, les pays européens s'organisent pour mettre en place un véritable marché commun de l'hydrogène. L'hydrogène qui est encore aujourd'hui considéré majoritairement

comme un produit chimique va, avec le développement des usages, devenir une marchandise (une « commodity ») nécessitant, à l'instar de ce qui est fait pour l'électricité ou le gaz naturel, une infrastructure sous-jacente permettant d'organiser les transactions entre producteurs et consommateurs d'hydrogène. L'organisation de ce marché fait actuellement l'objet de discussions autour du « Gas Package » publié par la Commission en décembre 2021. Dès à présent, 31 opérateurs européens de transport de gaz naturel ont évalué le réseau nécessaire, soit une dorsale européenne de l'hydrogène (European Hydrogen Backbone) qui s'étendrait sur 28 000 kilomètres en 2030 et sur 53 000 kilomètres en 2040 pour assurer les objectifs ambitieux affichés par la Commission européenne dans le cadre du REPower EU.

La possibilité pour les producteurs et les consommateurs d'accéder à un marché organisé grâce à une infrastructure de transport et de distribution interconnectée constitue un enjeu majeur d'optimisation et de transparence économique. Les consommateurs bénéficieront ainsi de possibilités de mise en concurrence des différentes sources d'approvisionnement leur permettant de bénéficier d'un prix optimisé de l'hydrogène. En outre, la possibilité d'accéder à des stockages souterrains massifs *via* l'infrastructure de transport garantira la capacité d'assurer à tout moment l'adéquation entre une offre d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone et la consommation de celui-ci dans les secteurs de l'industrie et de la mobilité.

S'agissant de la France, sa position géographique particulière entre des pays richement dotés en énergies renouvelables et capables de produire massivement de l'hydrogène renouvelable pour un coût modéré (Espagne, Portugal, Afrique du Nord) et des pays du Nord très demandeurs d'hydrogène bas-carbone ou renouvelable (Allemagne, Pays-Bas), peut lui conférer un statut de pays de transit de l'hydrogène produit dans le sud de l'Europe à destination du Nord. Ces infrastructures de transit d'hydrogène *via* la France offriront également l'accès pour les consommateurs français à un coût avantageux à de l'hydrogène renouvelable. Ainsi que l'indiquait le président Macron lors de la présentation de son plan France 2030 en octobre dernier : « il y a deux grandes stratégies de production d'hydrogène vert : il y a une stratégie qui consiste à aller très loin pour utiliser les énergies renouvelables pour faire l'électrolyse et réimporter l'hydrogène ainsi produit, un peu comme on le fait avec le gaz liquéfié, et il y a une deuxième stratégie qui va être le cœur de la nôtre – mais l'on fera les deux –, qui va être d'essayer d'en produire beaucoup chez nous, parce que l'on a la possibilité de faire de l'électrolyse très décarbonée. »

Il est évidemment prématuré d'établir dès à présent un calendrier du développement de ces interconnexions entre les différents bassins français et les réseaux d'hydrogène des pays voisins (l'Espagne, l'Allemagne ou les Pays-Bas). Ce développement se fera sur la base de la demande des clients ; c'est dans ce sens que GRTgaz et TERECA ont réalisé une consultation du marché. Des démarches analogues ont déjà été conduites dans d'autres pays européens (en Allemagne, aux Pays-Bas ou encore en Belgique).

Enfin, il importe de souligner que les développements en matière d'infrastructures lourdes, telles que les infrastructures de transport ou de stockage de gaz, relèvent du temps long. Dans la mesure où il faut au moins cinq ans pour que soient mises en œuvre de telles décisions d'investissement, il importe de poursuivre les réflexions destinées à compléter rapidement la stratégie française de l'hydrogène afin que nous soyons prêts à répondre aux sollicitations du marché et offrir ainsi, dans la durée, au consommateur français une alimentation en hydrogène de qualité et à des conditions économiques acceptables. Il y va du développement pérenne ou à tout le moins du maintien de l'activité de certains industriels sur le sol national.

En conclusion, l'Europe se doit de relever un double défi : en premier lieu, climatique, en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre et, en second lieu, géopolitique, en se libérant sur le plan de son approvisionnement de sa dépendance aux énergies fossiles russes. S'agissant de la France, il s'agit également de faire des technologies de décarbonation, en particulier du développement de l'hydrogène, un levier de réindustrialisation de notre pays.

Avec l'émergence de l'hydrogène (et de ses dérivés : l'ammoniac, le méthanol...) en tant que vecteur énergétique, une nouvelle géopolitique de l'énergie se dessine : des pays jusqu'à présent exportateurs d'hydrocarbures (l'Australie, les Pays du Golfe...) vont progressivement développer ce nouveau vecteur. D'autres, qui sont importateurs d'énergie (le Maroc, le Chili, la Namibie, l'Islande...) vont devenir eux aussi des exportateurs d'hydrogène. Dans ce nouveau contexte, une sage diversification des sources permettra d'éviter de nouvelles dépendances.

Compte tenu des enjeux et de l'ampleur des défis à relever dans ce nouveau monde, le maître-mot sera « coopération » : coopération entre les États, les régions et les entreprises, entre ces dernières et les centres de recherche, entre les grands groupes industriels et les PME-PMI-*start-ups*. De même, en matière de géopolitique, une diplomatie énergétique concertée devra elle aussi voir le jour.

Ce n'est qu'à ce prix que les objectifs ambitieux affichés seront atteints, permettant ainsi une lutte efficace contre le changement climatique et une autonomie stratégique retrouvée pour la France.