Les promesses de L'HYDROGÈNE

Marine Benoit, Loïc Chauveau, Fabrice Nicot, Sylvie Rouat



L'Airbus ZEROe Blended Wing Body (à fuselage intégré) est un des trois projets d'avion commercial à hydrogène du constructeur européen. D'une autonomie de 3500 à 4000 km, il pourrait embarquer jusqu'à 200 passagers à partir de 2025 - AIRBUS 2020 TOUS DROITS RÉSERVÉS

La France investit des milliards d'euros pour développer la filière hydrogène qui permettra de disposer d'une source d'énergie non polluante pour les transports et l'industrie. Mais les freins demeurent nombreux : contraintes de stockage et de distribution, sécurité, défis de production d'un hydrogène « vert »...

Sept milliards d'euros sur dix ans : c'est le chèque que le gouvernement français a signé en septembre 2020 pour son Plan hydrogène. L'Allemagne, le Portugal, l'Espagne, l'Italie, l'Autriche et les Pays-Bas mettent également des milliards sur la table pour développer la filière. Des investissements qui seront complétés par ceux de la Commission européenne, qui pourraient atteindre 470 milliards d'euros au cours des trente prochaines années. Cette « ruée vers l'hydrogène » doit permettre d'atteindre l'objectif européen de neutralité carbone à l'horizon 2050, c'est-à-dire un équilibre entre les émissions de carbone anthropiques et leur absorption naturelle. Or l'utilisation de l'hydrogène pour produire de l'énergie ne libère pas de dioxyde de carbone (CO2), seulement de la vapeur d'eau. Un puissant gaz à effet de serre certes, mais dont la persistance dans l'atmosphère se compte en jours, contre environ un siècle pour le CO .

« J'entends parler de cette solution depuis plus de trente ans, mais elle est enfin en train de devenir une réalité dans notre vie quotidienne », s'enthousiasme François Tapin, directeur général adjoint d'Energy Observer, un navire à hydrogène qui sillonne les mers depuis 2017 pour tester de nouvelles technologies énergétiques propres. De fait, alors que l'hydrogène

compte aujourd'hui pour moins de 2 % de la consommation énergétique européenne, il atteindra 13 à 14 % en 2050.



Le site d'Air Liquide à Bécancour (Canada) vient d'entamer une production industrielle d'hydrogène vert à partir de l'électrolyse de l'eau, alimentée par de l'énergie renouvelable. - JEAN-ERIC PASQUIER/GAMMA-RAPHO

Mais pour que la promesse environnementale soit tenue, encore faut-il que la production d'hydrogène soit « propre ». Car le dihydrogène (H2, communément et abusivement appelé hydrogène) n'est pas une énergie en soi mais un vecteur énergétique, à l'instar de l'électricité. Le produire nécessite donc une source. Or aujourd'hui, 96 % des 74 millions de tonnes d'hydrogène obtenues annuellement sont issues de la transformation d'énergies carbonées et notamment du gaz naturel (essentiellement du méthane). C'est « l'hydrogène gris ». « L'hydrogène vert », obtenu à partir d'énergies renouvelables telles que l'éolien ou le solaire, ne représente encore que 4 %. Il permet de stocker les excédents de production de ces sources d'électricité. Transformés en hydrogène, ils peuvent être stockés et réinjectés en temps voulu pour pourvoir à nos besoins énergétiques. Problème : « Le rendement de la transformation n'est que de 28 % » souligne Samuele Furfari, chimiste belge, président de la Société européenne des ingénieurs et des industriels (SEII). Un constat que tempère Bruno Debray, spécialiste de l'hydrogène à l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) : « Cela permet au moins de réutiliser cette énergie qui, sinon, est perdue! »

Faire mieux que l'éolien et les panneaux solaires

Vert, gris : le débat autour de la solution hydrogène est donc complexe. « Vu depuis la France, l'hydrogène "vert" semble vertueux, concède Alain Prinzhofer, chercheur au Laboratoire

interdisciplinaire des énergies de demain (Lied). Mais à l'échelle mondiale, éoliennes et panneaux solaires sont peu respectueux de l'environnement et du travail humain. » La fabrication d'une éolienne nécessite, par exemple, 400 kg de néodyme, une terre rare extraite en Chine en utilisant des solvants toxiques, cancérogènes, provoquant des ravages sur la faune, la flore et les eaux.

D'où l'espoir du développement d'une troisième voie, celle de « l'hydrogène blanc », c'est-àdire naturel (lire p. 34). Il s'agit de poches de gaz découvertes dans la croûte de continents anciens mais dont l'exploration est encore balbutiante. Renouvelable à l'échelle humaine, cette ressource peut être soit utilisée in situ pour produire de l'électricité, soit exportée. Las, « le Plan hydrogène français n'accorde pas une ligne à cette solution », s'alarme Alain Prinzhofer. La solution hydrogène est réelle, mais le choix de sa « couleur » réclame plus de recherches scientifiques. S. R.@srouat1

Le coût d'un kilo d'hydrogène

Gris (issus de la transformation d'énergies carbonées) : 1 à 1,50 euro. Vert (source d'énergie renouvelable) : 5 à 10 euros. Blanc (d'origine naturelle) : moins de 1 euro.

APPROVISIONNEMENTS Une distribution encore à inventer

Très peu dense, l'hydrogène est difficile à transporter sous forme de gaz et demande beaucoup d'énergie pour être liquéfié. Aussi, plutôt que de l'acheminer pur par camion, conditionné à 250 bars dans des bouteilles, il peut être injecté dans les réseaux existants de gaz naturel, soit sous sa forme pure (jusqu'à 6 %), soit par méthanation. Celle-ci consiste à marier le dihydrogène (H2) au dioxyde carbone (CO2) pour produire du méthane (CH4), qui n'est rien d'autre que le gaz de ville. De tels projets existent déjà à Fos-sur-Mer, dans les Bouches-du-Rhône (projet Jupiter 1000) ou à Dunkerque, dans le Nord (Grhyd). Par ailleurs, un pipeline pour l'hydrogène est projeté entre les grands parcs éoliens d'Espagne et l'Allemagne afin d'alimenter son industrie. Et quid de l'alimentation des stations-service ? Difficile d'imaginer qu'on puisse les approvisionner par des camions de 40 tonnes transportant à peine 300 kg d'hydrogène. Les ingénieurs cherchent à optimiser le remplissage des bombonnes mais la véritable solution serait de construire à proximité de petites unités d'électrolyse pour une production locale d'hydrogène. Ce qui est techniquement faisable à condition de disposer du terrain pour les implanter. L. C.

Comment le carburant du futur compte s'imposer



Le Coradia iLint, premier train à hydrogène au monde, développé par Alstom, est en service en Allemagne depuis 2018. Il est équipé de piles à combustible qui transforment de l'hydrogène stocké sur le toit et l'oxygène ambiant en électricité.
- ORDON WELTERS/THE NEW YORK TIMES-REDUX-REA

Voiture, camion, train... et demain avion. La pile à combustible peut permettre de s'affranchir des encombrantes batteries des véhicules électriques. À condition de développer un réseau complet de stations de recharge.

«Taxi!» Voilà comment, à Paris, on peut faire l'expérience de la « mobilité hydrogène ». Il suffit de héler l'un des véhicules bleus de la flotte Hype -- unique en France -- appartenant à la Société des taxis électriques parisiens (Step) lancée en 2015 (une centaine aujourd'hui, près de 600 fin 2021).

Leurs Toyota Mirai fonctionnent à l'hydrogène. La pile à combustible embarquée transforme le gaz en électricité afin d'alimenter le moteur (voir l'infographie pp. 32-33). Pour faire le plein, il ne faut au chauffeur que 3 minutes. Pour 50 euros environ, la voiture parcourt alors un peu plus de 500 km sans rejeter un gramme de CO2, rien que de l'eau. Si souvent annoncés depuis le prototype mis au point par Chrysler en 1994, les véhicules à hydrogène sontils enfin sur le point de passer la vitesse supérieure ? « Oui, cette fois, on y va, affirme Valérie Bouillon-Delporte, vice-présidente de l'association France Hydrogène chargée de coordonner les différents acteurs de la filière. Et je pense qu'il n'y aura pas de retour en arrière car la pression sociétale est forte. Au niveau européen, de plus en plus de grandes villes [dont Paris] annoncent une interdiction des moteurs thermiques pour 2030. Et pour y parvenir, nous aurons besoin de l'hydrogène car les véhicules électriques à batterie ne sont pas adaptés à tous les usages, en raison du temps de recharge. » Si l'urgence environnementale semble offrir enfin un débouché aux véhicules à hydrogène, leur arrivée devrait se faire progressivement. D'abord avec les

flottes professionnelles : réseaux de bus et taxis, mais aussi bennes à ordures, poids lourds, petits utilitaires. Le circuit plus ou moins contraint de ces véhicules permet en effet de limiter le « problème du plein », talon d'Achille de la filière : difficile d'improviser une escapade en voiture à hydrogène avec seulement 40 stations sur tout le territoire (dont 4 en Île-de-France). Pour resserrer le maillage, le ministère de la Transition écologique prévoit la construction de 400 à 1000 stations accessibles à tous d'ici à 2028. Ce sera encore dix fois moins que les stations essence, mais cela devrait rassurer les automobilistes, condition nécessaire pour que la voiture individuelle se convertisse massivement.

Valérie Bouillon-Delporte, vice-présidente de l'association France Hydrogène - AFHIPAC

« Nous aurons besoin de l'hydrogène pour parvenir à l'interdiction des moteurs thermiques prévu pour 2030 dans de grandes villes européennes »

Une offre limitée pour les voitures particulières C'est qu'en 2020, seulement 400 véhicules légers à hydrogène circulaient en France. Il faut dire que l'offre est limitée. Les constructeurs français se concentrent sur les utilitaires, par exemple le Kangoo Z.E. ou le Master Z.E. de chez Renault, vendus autour de 30000 et 50000 euros. Selon le constructeur français, 300 Kangoo Z.E. auraient été écoulés fin janvier 2021. Pour les particuliers, il faut se tourner vers le coréen Hyundai ou les japonais Honda et Toyota, ce dernier faisant figure de pionnier avec sa Mirai sortie dès 2014. Quitte à essuyer les plâtres ? « Nous avions un objectif modeste : vendre 3000 unités par an, explique Frank Marotte, P-DG de Toyota France. Il a été atteint. Nous venons de lancer la version 2, avec l'ambition d'en écouler 30 000 par an, entre le Japon, la Californie et l'Europe. » Reste à savoir à quel prix... Il fallait débourser environ 80 000 euros pour acquérir une Mirai première génération, et il n'est pas dit que pour cette somme, le constructeur (qui ne communique pas sur ce sujet) rentrait dans ses frais... Pour baisser les coûts, Toyota espère qu'un élargissement du marché permettra de réaliser des économies d'échelle. « Notre objectif est de proposer une Mirai à 30 000 euros dans moins de dix ans », reprend Frank Marotte. La rentabilité reste cependant une perspective encore lointaine, ce qui peut en décourager certains, comme Mercedes-Benz qui a jeté l'éponge en 2020.



3000 Toyota Mirai ont été vendues en moyenne par an dans le monde depuis la commercialisation de ce modèle en 2014. Le constructeur vient de lancer une deuxième version avec pour objectif de multiplier les ventes par dix. TOSHIKAZU SATO/AP/SIPA

Aussi l'hydrogène pourrait-il s'imposer plus vite dans les transports en commun, le train ou les camions. Des bus à hydrogène ont en effet commencé à circuler dès 2010. Mais à l'époque, ils ne coûtaient pas moins de 1,5 million d'euros, soit environ cinq fois plus qu'un modèle Diesel. Dix ans plus tard, grâce à une diminution des coûts de fabrication, mais aussi à une subvention de l'Union européenne d'environ 200 000 euros par véhicule, le prix n'est plus « que » de 400 000 euros. Début 2021, 21 véhicules ont été déployés à titre expérimental à Lyon, Le Mans, Toulon... Dijon envisage de convertir toute sa flotte, soit 200 bus. La RATP teste depuis fin octobre 2020 entre Choisy-le-Roi et Paris un véhicule du constructeur polonais Solaris. Elle devrait rejoindre plus largement le mouvement dans le cadre du projet « 1000 bus hydrogène en France » à l'horizon 2024. Côté ferroviaire, la SNCF compte profiter de l'hydrogène pour transformer en rames électriques ses TER Diesel, soit 50 % des motrices. Objectif : faire circuler jusqu'à 14 rames hydrogène Alstom d'ici à 2025. Soit le même nombre que sur deux lignes régionales de Basse-Saxe, en Allemagne, où l'expérimentation commencée en 2018 s'est révélée concluante.

Les constructeurs de poids lourds suivent le mouvement

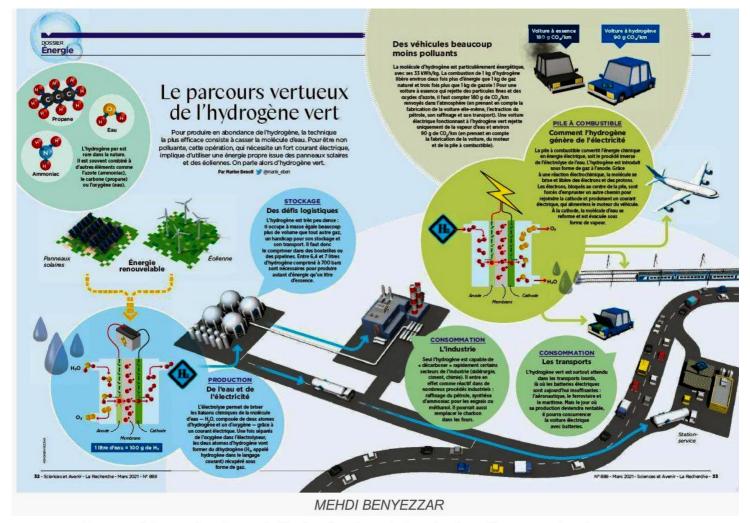
La transition pourrait être également rapide pour le transport routier, car, dans le cadre du Clean Mobility Package, la Commission européenne impose de réduire les émissions de gaz à effet de serre des poids lourds de 15 % dès 2025. « Le constructeur l'veco estime ainsi que 6 à 10 % de ses véhicules de plus de 16 tonnes devront être électriques pour répondre à ces exigences », selon Valérie Bouillon-Delporte. Et pour y arriver, la pile à hydrogène semble plus pertinente que les batteries, dont l'encombrement et le poids augmentent rapidement avec la taille du véhicule et sa capacité d'emport.

Les pionniers sont déjà sur les routes : depuis octobre 2020, sept camions à hydrogène Xcient, construits par le coréen Hyundai, circulent ainsi en Suisse. Ils sont capables d'emporter 37 tonnes sur 400 km. De leur côté, Daimler, Iveco, OMV, Shell et Volvo viennent de s'associer afin de développer les camions à hydrogène en Europe, avec comme objectif d'atteindre les 10 000 véhicules sur la période 2025-2030. Reste à gagner le pari environnemental, en assurant une alimentation exclusive avec de l'hydrogène « vert ». F. N.@fnicot07

AÉRONAUTIQUE Les défis de l'avion à hydrogène

Mi-septembre 2020, Airbus a annoncé le lancement de trois projets d'avions à hydrogène fonctionnant tous sur le même principe : une propulsion hybride. Les avions utilisent la combustion de l'hydrogène avec l'air comme un carburant classique mais en ne rejetant que de l'eau, complétée par un apport électrique grâce à une pile à combustible afin de faire tourner leurs hélices. Le plus performant de ces trois modèles n'embarquera toutefois pas plus de 200 passagers au-delà de 3700 km, faute de pouvoir emporter suffisamment d'hydrogène. Et encore, pour parvenir à ces performances, les avions devront transporter l'hydrogène sous forme liquide à -253 °C! Un défi technique, mais pas insurmontable selon Airbus, qui compte commercialiser ces avions « zéro émission » d'ici à 2035. F. N.

Le parcours vertueux de l'hydrogène vert



Pour produire en abondance de l'hydrogène, la technique la plus efficace consiste à casser la molécule d'eau. Pour être non polluante, cette opération, qui nécessite un fort courant électrique, implique d'utiliser une énergie propre issue des panneaux solaires et des éoliennes. On parle alors d'hydrogène vert.

STOCKAGE Des défis logistiques

L'hydrogène est très peu dense : il occupe à masse égale beaucoup plus de volume que tout autre gaz, un handicap pour son stockage et son transport. Il faut donc le comprimer dans des bouteilles ou des pipelines. Entre 6,4 et 7 litres d'hydrogène comprimé à 700 bars sont nécessaires pour produire autant d'énergie qu'un litre d'essence.

PRODUCTION De l'eau et de l'électricité

L'électrolyse permet de briser les liaisons chimiques de la molécule d'eau -- H2O, composée de deux atomes d'hydrogène et un d'oxygène -- grâce à un courant électrique. Une fois séparés de l'oxygène dans l'électrolyseur, les deux atomes d'hydrogène vont former du dihydrogène (H2, appelé hydrogène dans le langage courant) récupéré sous forme de gaz.

Des véhicules beaucoup moins polluants

La molécule d'hydrogène est particulièrement énergétique, avec ses 33 kWh/kg. La combustion de 1 kg d'hydrogène libère environ deux fois plus d'énergie que 1 kg de gaz naturel et trois fois plus que 1 kg de gazole! Pour une voiture à essence qui rejette des particules fines et des oxydes d'azote, il faut compter 180 g de CO2/km renvoyés dans l'atmosphère (en prenant en compte la fabrication de la voiture elle-même, l'extraction du pétrole, son raffinage et son transport). Une voiture électrique fonctionnant à l'hydrogène vert rejette uniquement de la vapeur d'eau et environ 90 g de CO2/km (en prenant en compte la fabrication de la voiture, du moteur et de la pile à combustible).

PILE À COMBUSTIBLE Comment l'hydrogène génère de l'électricité

La pile à combustible convertit l'énergie chimique en énergie électrique, soit le procédé inverse de l'électrolyse de l'eau. L'hydrogène est introduit sous forme de gaz à l'anode. Grâce à une réaction électrochimique, la molécule se brise et libère des électrons et des protons. Les électrons, bloqués au centre de la pile, sont forcés d'emprunter un autre chemin pour rejoindre la cathode et produisent un courant électrique, qui alimentera le moteur du véhicule. À la cathode, la molécule d'eau se reforme et est évacuée sous forme de vapeur. O2

CONSOMMATION L'industrie

Seul l'hydrogène est capable de « décarboner » rapidement certains secteurs de l'industrie (sidérurgie, ciment, chimie). Il entre en effet comme réactif dans de nombreux procédés industriels : raffinage du pétrole, synthèse d'ammoniac pour les engrais ou méthanol. Il pourrait aussi remplacer le charbon dans les fours.

CONSOMMATION Les transports

L'hydrogène vert est surtout attendu dans les transports lourds, là où les batteries électriques sont aujourd'hui insuffisantes : l'aéronautique, le ferroviaire et le maritime. Mais le jour où sa production deviendra rentable, il pourra concurrencer la voiture électrique avec batteries.

« Les ressources naturelles d'hydrogène deviendront un véritable complément »



Ce gaz, que l'on savait présent sous les océans, l'est également à terre. Ses sources renouvelables exploitables naissent dans des contextes géologiques particuliers qui sont de mieux en mieux identifiés.

ISABELLE MORETTI MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES TECHNOLOGIES CHERCHEUSE À L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR (E2S UPPA)

Il y a un siècle on fabriquait le gaz de ville en brûlant du charbon, puis de grandes réserves de gaz naturel ont été trouvées et on a presque partout cessé de fabriquer ce gaz industriel qui coûtait plus cher que le natif, dont la fabrication était énergivore et polluante et qui contenait du monoxyde de carbone hautement toxique. La même évolution peut-elle avoir lieu pour l'hydrogène ? Sans doute, mais évidemment, comme toujours avec les ressources naturelles, pas partout. De l'hydrogène est généré journellement sur la planète : les roches s'oxydent au contact avec l'eau (H2O), gardent l'oxygène et libèrent l'hydrogène (H2). Un phénomène connu

depuis une quarantaine d'années sur les dorsales océaniques -- ces chaînes de volcans sousmarins où se créent les océans -- mais on est en train de réaliser que cela se produit aussi à terre. Après des découvertes fortuites par des foreurs qui cherchaient de l'eau, comme au Mali, ou des hydrocarbures, aux États-Unis ou en Australie, scientifiques, ingénieurs, industriels s'organisent. Les données du Mali, où la production d'hydrogène naturel a démarré il y a sept ans pour produire l'électricité du village voisin, montrent que la pression dans le puits ne diminue pas, ce qui signifie que le réservoir se remplit en permanence. Les contextes géologiques propices à la découverte de sources d'hydrogène naturel se dessinent à mesure que la recherche progresse. Ce sont d'une part les régions où des roches issues du manteau terrestre se retrouvent au contact soit de l'eau de mer, comme au niveau des dorsales océaniques, soit de l'eau de pluie, comme dans le rift africain ou en Islande. Ensuite, dans des régions où d'anciennes croûtes océaniques subissent des phénomènes de compression (Oman, Nouvelle-Calédonie...). Enfin, à proximité de roches riches en ions métalliques comme le fer sur des portions très anciennes de la croûte continentale telles qu'on peut en trouver en Australie, en Russie, aux États-Unis ou au Brésil. Cet hydrogène renouvelable et peu cher viendra compléter celui issu des électrolyseurs. De quoi promette un bel avenir à l'hydrogène. »

Propos recueillis par L. C.

« Les conditions de sécurité de son utilisation restent à définir »

SOPHIE RODRIGUEZ/DIVERGENCE POUR SCIENCES ET AVENIR LA RECHERCHE

Avant de pouvoir déployer l'hydrogène comme carburant dans les avions, les trains, les voitures... ou comme moyen de chauffage individuel, il est fondamental d'en maîtriser tous les risques.

BRUNO DEBRAY INGÉNIEUR À L'INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES (INERIS)

``Comme pour tout vecteur d'énergie et tout carburant, la manipulation d'hydrogène comporte des risques. C'est un gaz inflammable, à l'instar du méthane et du propane. Il est très sensible : une simple étincelle d'électricité statique peut l'enflammer. La molécule d'hydrogène est petite et fuit facilement, mais cela fait aussi de l'hydrogène un gaz peu dense qui se dilue facilement dans l'air et ne crée pas de nappe. Cependant, en cas de fuite dans un espace confiné, ou à l'air libre si le débit est suffisant, il peut provoquer une explosion s'il est enflammé. Cela s'est produit en 2019 à Kjørbo, en Norvège, dans une station de distribution d'hydrogène, heureusement sans faire de victimes. La fuite était due à une erreur de montage de réservoir. Du fait de sa faible densité, l'utilisation de l'hydrogène comme carburant pour les véhicules nécessite de le stocker à une pression de 700 bars (contre 200 pour le méthane)! L'hydrogène est par ailleurs agressif, en particulier pour les métaux. La recherche en science des matériaux est donc importante pour concevoir les équipements destinés à être en contact avec l'hydrogène. Comprendre les phénomènes dangereux et les scénarios de défaillance l'est tout autant pour définir les mesures de maîtrise des risques. Nous travaillons depuis des années sur tous ces aspects. Par exemple, pour définir des normes, nous déclenchons et analysons des feux d'hydrogène, des explosions de réservoirs, etc. Reste que l'hydrogène est utilisé depuis des décennies dans l'industrie, ce qui a permis de développer une maîtrise des risques et une réglementation adaptée. Depuis 2009, un règlement européen fixe les normes de sécurité des voitures à hydrogène. Il définit les exigences de construction et les procédures de test. Le réservoir, protégé par la structure du véhicule, est doté de vannes qui se ferment en cas de choc, d'autres le protégeant en cas d'incendie. Il est ainsi quasi indestructible. Il reste à fixer les normes pour les nouvelles applications : bateaux, trains, avions, chauffage... »

Propos recueillis par S. R.

Une solution pour décarboner l'industrie

Dans l'industrie, l'hydrogène est une réalité depuis 1902 avec la création de L'Air liquide (devenu Air Liquide) par l'ingénieur français Georges Claude. Aujourd'hui, la France en consomme 900 000 tonnes par an (sur une consommation mondiale annuelle de 60 millions de tonnes), quasi exclusivement dans le raffinage, où il sert à désulfurer le pétrole, et dans la production d'ammoniac. Le leader mondial Air Liquide a construit plus de 9600 kilomètres de gazoducs pour alimenter ses principaux clients du nord de la France, mais aussi d'Allemagne, de Belgique, ainsi qu'aux États-Unis, dans le golfe du Mexique. Et ce n'est qu'un début. « Au cours de la décennie, les débouchés vont se multiplier, notamment vers les secteurs cimentiers et sidérurgiques, très polluants, qui vont devoir atteindre la neutralité carbone », prédit Philippe Boucly, président de France Hydrogène. De l'hydrogène, mais de l'hydrogène vert. Pas question de le produire à partir de gaz naturel. « On estime qu'en France, en 2030, au moins 420 000 tonnes d'hydrogène seront d'origine renouvelable », précise Philippe Boucly. Les industriels imaginent aussi des circuits de production non polluants. C'est ainsi que le 7 décembre 2020, le sidérurgiste ArcelorMittal a présenté son projet de remplacer le charbon dans ses fours de Dunkerque par de l'hydrogène. Produit à 95 % à partir des gaz de combustion de l'usine, il doit permettre la purification du minerai de fer. De son côté, le cimentier Vicat étudie la transformation de ses fours. « Nos cimenteries de Montalieu et Saint-Égrève (Isère) vont tester plusieurs technologies hydrogène qui toutes visent à atteindre la neutralité carbone en 2050 », annonce Marie Godard-Pithon, directrice Performance et investissements. Le groupe français veut en effet tenter d'instaurer une véritable économie circulaire.

Récupérer la chaleur des fours grâce à l'électrolyse

Le ciment est fabriqué à partir de calcaire et d'argile traités dans des fours à plus de 1400 °C. L'idée est de récupérer la chaleur issue de ce procédé pour alimenter une unité d'électrolyse de l'eau à haute température. « L'hydrogène produit peut servir pour nos poids lourds mais aussi être transformé en bio-méthane ou en biométhanol grâce au CO 2 capté à la sortie du four. Le bio-méthane peut être injecté dans le réseau de gaz et le bio-méthanol utilisé pour la production de biocarburant ou dans l'industrie chimique », détaille Marie Godard-Pithon. L'oxygène pur, coproduit de l'hydrogène, est brûlé dans les fours, améliorant ainsi leur rendement énergétique. Sur le point d'être créée, la société Genvia développera un pilote industriel de la technologie d'électrolyse à haute température qui accroît l'efficacité énergétique de la production d'hydrogène.

Si les professionnels de l'hydrogène parient sur un développement rapide dans l'industrie, c'est que celle-ci n'a pas vraiment le choix. Il lui reste trois décennies pour arriver à la neutralité carbone et répondre ainsi aux objectifs de la stratégie nationale bas-carbone. Dans l'industrie, l'hydrogène est autant une opportunité qu'une nécessité.