

Construire une filière européenne de l'électrolyse : le passage au stade de l'industrialisation

Par Roland HÉQUET

Vice-président Stratégie, partenariats et mobilité, John Cockerill Hydrogen

L'hydrogène est en passe de s'imposer comme le vecteur énergétique majeur du XXI^e siècle : dans un premier temps en complément, puis en remplacement des filières actuelles basées sur les énergies fossiles. L'hydrogène produit à partir de sources d'énergies renouvelables représentera 20 % de la consommation électrique de l'Europe en 2050 et révolutionnera l'industrie, la mobilité et, plus globalement, la gestion de l'énergie.

La production de cet hydrogène décarboné est une formidable opportunité pour l'Europe, et cela à maints égards : bien évidemment, en termes de lutte contre la pollution et le réchauffement climatique, mais aussi en termes économiques, voire de *leadership* technologique.

Les électrolyseurs sont un élément clé de la chaîne de production de l'hydrogène décarboné. Construire une filière européenne autour de ce produit est un enjeu majeur nécessitant des efforts de recherche et développement importants, de faire des choix technologiques judicieux, d'élaborer un cadre normatif et d'assurer un accompagnement de la filière.

Introduction

La production d'hydrogène décarboné connaît aujourd'hui à travers le monde un élan sans précédent. 120 millions de tonnes d'hydrogène sont consommées à travers le monde et, selon les projections, cette consommation sera de 200 millions de tonnes en 2030. Dans son rapport « 2021 World Energy Transitions Outlook », l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) estime que l'hydrogène et ses dérivés représenteront 12 % de la consommation finale d'énergie d'ici à 2050, les deux tiers concernant de l'hydrogène vert.

Ce vecteur énergétique constitue donc un enjeu majeur pour la décarbonation de nos sociétés. L'Europe a bien intégré cette transition, annonçant très tôt des mesures pour l'accompagner. Forte de l'expérience tirée des panneaux photovoltaïques et des batteries électriques pour lesquels il a fallu faire des efforts considérables pour redévelopper les filières sur son territoire, l'Europe a affiché très tôt une vision et une politique ambitieuses.

Des enjeux de taille et de nombreux défis

L'enjeu est de taille puisqu'il s'agit d'assurer à l'Europe son indépendance énergétique et, au-delà, assurer une maîtrise de l'ensemble de la filière *via* la constitution

d'un écosystème autour de l'hydrogène décarboné. Le plan « RePowerEU » adopté cette année affiche une volonté de produire 10 millions de tonnes d'hydrogène décarboné et d'en importer la même quantité, cela à horizon 2030.

Pour cela, les défis à relever sont nombreux, mais trois sont de taille et s'avèrent prioritaires pour la filière : disposer 1) d'une quantité d'énergie décarbonée suffisante et compétitive pour produire l'hydrogène nécessaire pour concrétiser nos ambitions, 2) des technologies performantes permettant de produire à bas coût ledit gaz et 3) d'une infrastructure adéquate pour le transport et la distribution de celui-ci.

Parmi les technologies performantes nécessaires à la réalisation des objectifs, les électrolyseurs en sont un élément prépondérant. Ils représentent une part importante de la compétitivité de la filière de production et constituent également une opportunité de réindustrialisation avec à la clé la création d'emplois, un *leadership* technologique et la génération de revenus à travers le développement de l'usage de ce gaz au sein de l'Europe et *via* les exportations.

Mise en place d'une stratégie

Dès 2020, la Commission européenne a publié une « stratégie pour l'hydrogène en vue d'une Europe neutre climatiquement ». Cette stratégie repose sur une feuille de route allant jusqu'à 2050, une échéance

visée pour voir émerger une économie décarbonée et développer un écosystème basé sur un hydrogène propre. L'Europe fait partie des premiers espaces géographiques dans le monde à avoir mis en place une stratégie claire, qui se veut être la clé du développement de la filière hydrogène (voir la Figure 1 ci-après).

Dans le but d'identifier et de promouvoir les meilleures voies d'investissement, de renforcer l'industrie européenne de l'hydrogène et de permettre le déploiement de l'hydrogène décarboné, l'Alliance européenne pour l'hydrogène propre (European Clean Hydrogen Alliance – ECH2A) a été créée par la Commission européenne en juillet 2020. Elle rassemble plus de 1 500 parties prenantes (industrie, société civile, organismes de recherche, investisseurs et autorités publiques) et englobe toutes les composantes de la chaîne de valeur de l'hydrogène, dont, bien sûr, les fournisseurs d'électrolyseurs. Au travers de six tables rondes, dont une dédiée à la production d'hydrogène, l'ECH2A a fait des recommandations. Une mobilisation qui a abouti, entre autres, à un engagement de la Commission européenne à modifier la réglementation régissant la production d'hydrogène renouvelable dans le but de favoriser la disponibilité de l'électricité renouvelable. Elle s'est engagée également à soutenir une montée en puissance rapide et à un coût abordable du marché de l'hydrogène renouvelable et de la production dudit gaz en Europe.

Ces mesures constituent le terreau nécessaire à l'émergence d'un écosystème intégré réunissant le monde de la recherche, les équipementiers, les industriels et les grands acteurs du secteur de l'énergie.

Choix technologiques

La maîtrise de la technologie est un élément clé, puisqu'elle garantit des coûts de production d'hydrogène les plus bas possible et de disposer des outils nécessaires pour assurer le développement d'une filière européenne.

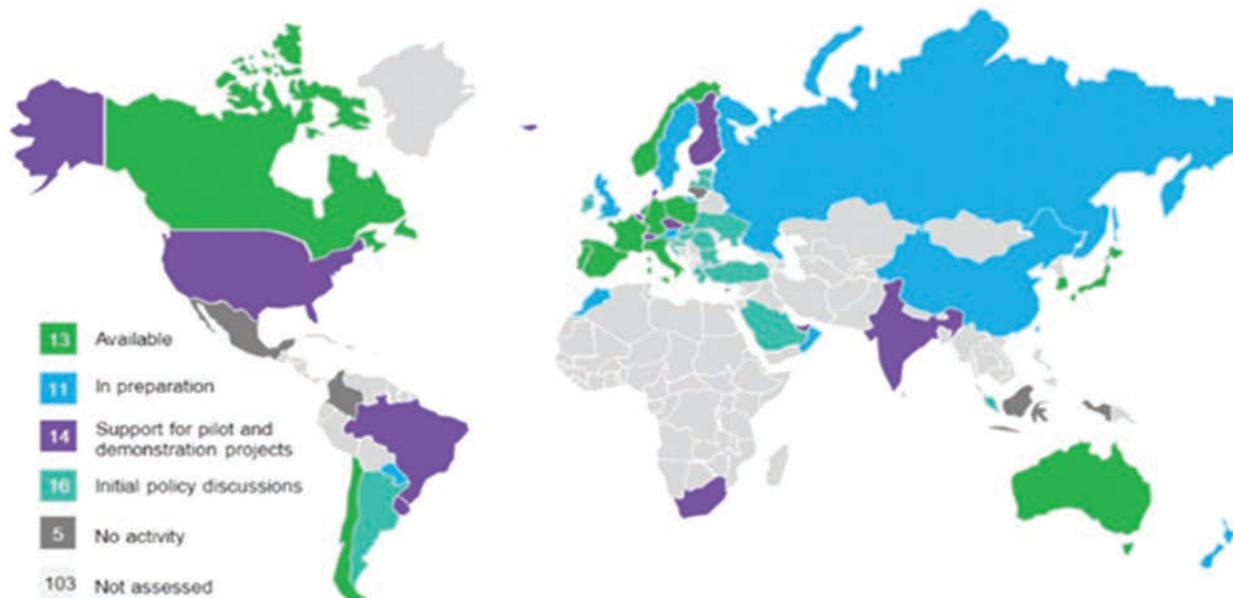
Il est difficile de recenser exhaustivement le nombre des fabricants d'électrolyseurs dans le monde. Mais notre analyse montre qu'environ la moitié des acteurs se trouvent en Europe et qu'à travers eux, sont couvertes l'ensemble des technologies d'électrolyse de l'eau : alcaline, PEM (Proton Exchange Membrane), SOEC (Solid Oxide Electrolyzer Cell) et AEM (Anion Exchange Membrane). Toutes ces technologies présentent des avantages qui leur sont propres ; elles sont souvent complémentaires et permettent de répondre aux spécificités des différents projets, tant au niveau des sources d'électricité, qu'elles soient intermittentes ou non, que des applications.

Signe de dynamisme, les acteurs européens sont aussi bien de grands groupes champions du secteur, comme Siemens, NEL, John Cockerill ou ThyssenKrupp Nucera, que des *start-ups* ou des PME, comme Enapter, Elogen ou Genvia, qui développent les technologies de demain.

Un enjeu important du développement de ces technologies tient à leur capacité à garantir la plus grande autonomie possible au niveau des matériaux, en privilégiant des métaux abondants pour la fabrication des composants, en particulier des électrodes et des plaques bipolaires. C'est une des raisons pour laquelle la technologie alcaline, impliquant des revêtements à base de nickel, s'impose globalement pour les projets de production en grande quantité de l'hydrogène.

La maîtrise de la technologie couvre également les aspects sécurité qui sont eux aussi des éléments clés pour le développement et le rayonnement d'une industrie européenne.

La production et l'utilisation de l'hydrogène peuvent s'avérer aussi sûres que celles basées sur des vecteurs d'énergie conventionnels, à condition que les propriétés spécifiques de l'hydrogène soient correctement prises en compte.



Source: World Energy Council, BloombergNEF. Note: Italy, Poland, Portugal and Spain's strategies are currently in draft form.

Figure 1 : Mise en place de plans stratégiques hydrogène décarboné – Source : World Energy Council, BloombergNEF.

C'est une des raisons pour lesquelles le Panel européen sur la sécurité de l'hydrogène (EHSP) a été créé dès 2017, avec pour mission de promouvoir et de diffuser les connaissances en matière de sécurité de l'hydrogène, dans l'optique de sécuriser la production, le transport, le stockage, l'exploitation, la manutention et l'utilisation la plus large possible de l'hydrogène.

Accompagnement de la filière

Dans son rapport « Hydrogen forecast to 2050 », DNV, un expert indépendant en assurance et de la gestion des risques, recense les aides apportées au développement d'une filière d'hydrogène vert à travers le monde (voir la Figure 2 ci-après).

On peut constater que l'Europe a bien perçu tout l'enjeu que revêt la transformation énergétique en cours : elle a, à ce titre, mis en place tout un dispositif d'aide aux entreprises et collectivités. Ce dernier est essentiel pour soutenir l'investissement nécessaire à la mise en place des filières *ad hoc*, que ce soit pour assurer la production d'hydrogène ou pour développer les technologies nécessaires à sa mise en œuvre.

L'Europe ne s'est pas trompée dans le choix de ses priorités, puisqu'elle a placé le développement technologique et la capacité manufacturière en première place de ses préoccupations, de manière à voir la mise en place d'une filière de production s'appuyant sur des électrolyseurs conçus et fabriqués sur son sol.

C'est ainsi que 5,4 milliards d'euros ont été débloqués dans le cadre du mécanisme européen de soutien PIIEC (projets importants d'intérêt européen commun) pour constituer une première vague de financements, appelée IPCEI Hy2Tech. Au travers de ce programme, ce sont pas moins de vingt projets liés à la production d'hydrogène décarboné qui verront le jour. La première réalisation concrète devrait être l'usine de fabrication d'électrolyseurs de grande taille de John Cockerill à Aspach, en Alsace.

Cadre réglementaire et normes

Pour assurer une croissance pérenne de la filière, disposer d'un cadre normatif et législatif adapté à la nouvelle dynamique liée à l'hydrogène décarboné est primordial. Un des axes de la feuille de route stratégique établie par l'Europe est celui du renforcement de son *leadership* dans le monde au travers de l'adoption à son niveau de normes techniques, de réglementations et de définitions spécifiques à l'hydrogène.

À l'heure actuelle, il n'existe toujours pas de législation visant spécifiquement à encadrer la production, le transport ou l'utilisation de l'hydrogène.

La Commission européenne a lancé deux consultations portant sur deux actes délégués clarifiant les règles de l'UE applicables à l'hydrogène renouvelable en vertu de la directive de 2018 sur les énergies renouvelables. Une fois adoptés, ces documents compléteront la proposition globale de la Commission visant à l'instauration d'un cadre réglementaire spécifique à l'hydrogène renouvelable.

L'objectif est de s'assurer qu'une production accrue d'hydrogène renouvelable ira de pair avec, en amont, une augmentation à due concurrence de la production d'énergie renouvelable.

L'essor de l'hydrogène, une opportunité pour aider à la réindustrialisation

La part de la production manufacturière dans le PIB européen n'a cessé de baisser au cours des dernières décennies, même si un léger rebond a pu être observé récemment.

Le CORDIS (Community Research and Development Information Service), qui est la principale source d'information de la Commission européenne sur les résultats des projets financés par les programmes

Available public funding and production target for hydrogen by region

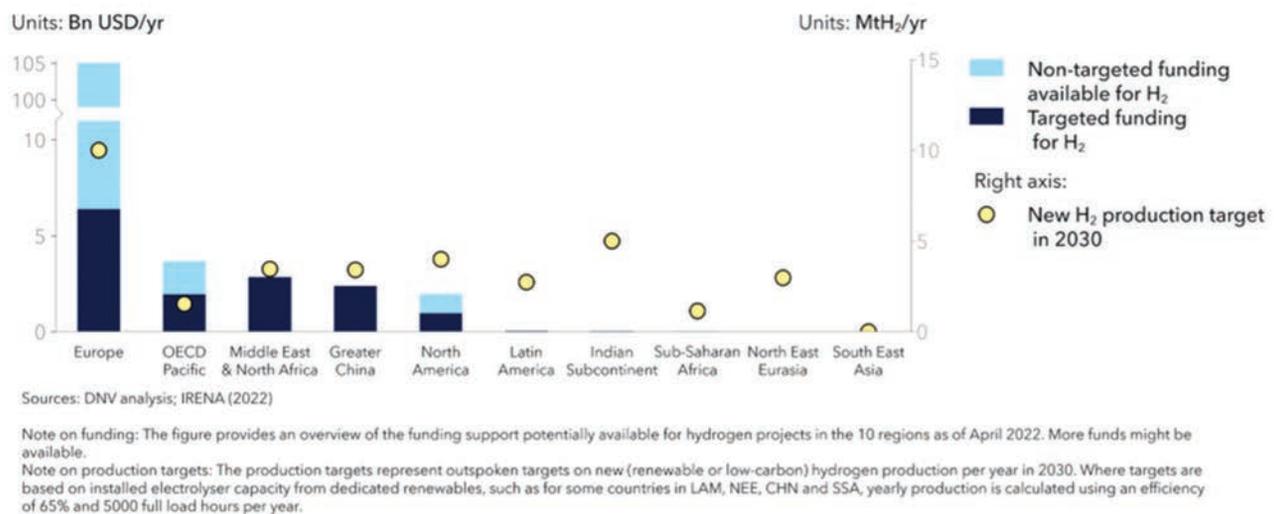


Figure 2 : Les aides au développement d'une filière d'hydrogène vert à travers le monde – Source : DNV analysis, Irena 2022.

cadre de l'UE pour la recherche et l'innovation, observe : « La base technologique en Europe, qui repose sur une recherche fondamentale de haute qualité, reste forte, mais l'insuffisance des investissements empêche de supprimer les écarts, en particulier par rapport au Japon. Toutefois, les difficultés auxquelles l'Europe est confrontée ne peuvent pas être toutes surmontées par un accroissement des investissements en R&D. Les faiblesses de l'industrie manufacturière européenne résident en grande partie dans son incapacité à adopter de nouvelles techniques et technologies, en prêtant une attention aux détails au stade de la mise en œuvre, ce qui impliquerait la nécessité d'adapter les nouveaux principes et concepts aux conditions précises qui règnent. »

Face à ce constat, l'Europe a réagi en apportant un appui financier d'importance aux projets de fabrication d'équipements et de production d'hydrogène décarboné (c'est, par exemple, plus de 25 milliards d'euros qui ont ainsi été budgétés par huit pays de l'Union pour soutenir la filière) et en travaillant à la mise en place des réglementations évoquées précédemment.

La capacité de fabrication d'électrolyseurs nécessaire pour assurer la production d'hydrogène à partir de l'électrolyse de l'eau est estimée à un peu moins de 2 gigawatts. En mai dernier, lors du Sommet européen de l'électrolyse, vingt acteurs européens majeurs de l'hydrogène se sont engagés aux côtés du Commissaire européen au marché intérieur, Thierry Breton, à porter ce chiffre à 17,5 gigawatts dès 2025, puis à continuer à augmenter cette production au fur et à mesure de l'accroissement de la demande en hydrogène décarboné.

La fabrication des électrolyseurs fait appel à des opérations classiques de tournage, de perçage et de soudage, mais aussi à des opérations beaucoup plus complexes, comme le revêtement de surfaces métalliques ou des opérations particulièrement délicates de soudure de certains alliages, en particulier pour les électrodes et les plaques bipolaires. Ces *process*, qui sont des facteurs clés pour l'atteinte de hautes performances, sont une opportunité de localiser sur le territoire européen des unités de fabrication à très haute valeur ajoutée.

Une autre opportunité réside dans le développement et l'industrialisation des membranes séparant les anodes des cathodes. Elles représentent un élément essentiel en termes de conductivité ionique, synonyme d'une moindre consommation d'électricité pour produire de l'hydrogène. Elles sont aussi d'une bonne tenue dans le temps, offrent une excellente imperméabilité aux gaz et permettent l'utilisation de matériaux bon marché. L'Europe au travers de gros acteurs comme Agfa-Gevaert ou Solvay mais aussi *via* son réseau de *start-ups*, a développé dans ce secteur des technologies de pointe, et cela sur toutes les technologies d'électrolyse de l'eau. La croissance rapide du secteur en nombre de cellules d'électrolyse à produire, mais aussi en taille de cellule (diamètre des *stacks*), impose un changement d'échelle et de nouvelles unités de production.

Un objectif pour l'Europe : s'imposer comme un acteur mondial

Le nombre des acteurs de l'électrolyse de l'eau augmente très rapidement, mais l'action de ceux-ci, pour leur très grande majorité, ne revêt qu'une dimension nationale. Pour développer une industrie de l'électrolyse performante techniquement et économiquement, il est essentiel que celle-ci rayonne à travers le monde, par ses exportations, bien sûr, mais aussi par des implantations au plan local. En effet, le développement de l'hydrogène se fera aussi, en grande partie, dans des zones géographiques propices à la production d'électricité renouvelable. DNV estime que les investissements nécessaires correspondaient à 12 milliards de dollars en 2021, ils devront être portés à 129 milliards en 2030 et atteindre 440 milliards en 2050. Pour assurer le développement de son industrie, il est essentiel que l'Europe soit présente au niveau mondial (voir la Figure 3 ci-après).

Synthèse et perspectives

La mise en place d'un écosystème européen autour de la production d'hydrogène décarboné et travaillant en lien avec les industries, les collectivités, les acteurs de l'énergie et de la mobilité, les universités et les

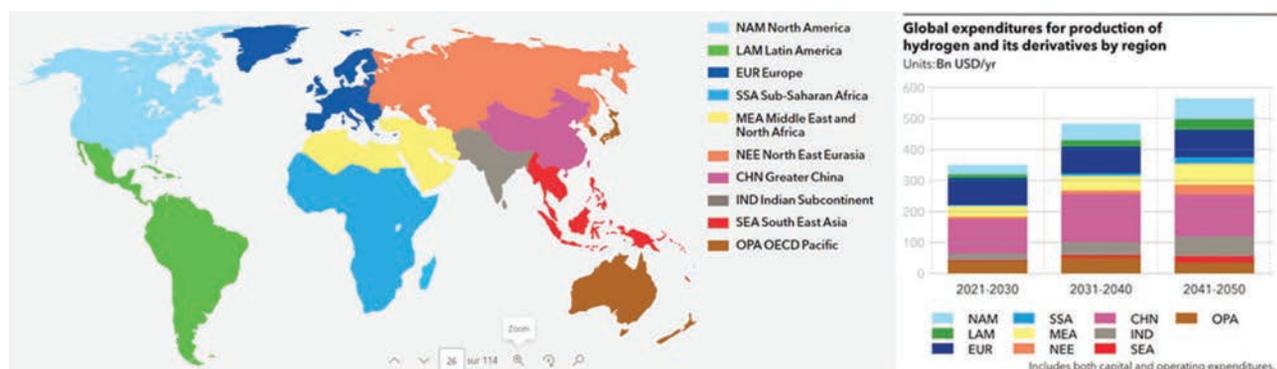


Figure 3 : Dépenses globales pour la production d'hydrogène et de ses dérivés par grandes régions du monde – Source : DNV, Hydrogen forecast to 2050.

laboratoires de recherche, est une véritable opportunité pour l'Europe. C'est au travers de toutes les mesures évoquées précédemment que l'Europe s'affirmera durablement en tant que leader de l'électrolyse.

Selon Fortune Business Insights, le marché mondial des électrolyseurs devrait passer de 416,8 millions de dollars en 2022 à 619,6 millions de dollars d'ici à 2029, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC – Compound annual growth rate (CAGR), en anglais) de 5,8 % au cours de cette même période.

Ces chiffres devraient rapidement progresser d'ici à 2050 pour pouvoir accompagner les prévisions d'augmentation de la production d'hydrogène dans le monde. Au-delà de cette opportunité, qui représente quelques milliers d'emplois directs pour l'Europe, on pourra assister à l'avènement de toute une filière de fabrication d'équipements et d'infrastructures associés à l'hydrogène, avec son réseau de fournisseurs et de sous-traitance.

Références bibliographiques

BLOOMBERG NEF (2021), "Hydrogen market outlook".

DNV (2022), "Hydrogen forecast to 2050", Energy transition outlook 2022.

CORDIS, « Analyse SWOT de l'industrie manufacturière en Europe ».

KRENZ A., PRETTNER K. & STRULIK H. (2021), "Robots, reshoring, and the lot of low-skilled workers", *European Economic Review*, vol. 136, issue C.

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS (2022), "Market research report", June.