

Feuille de route stratégique européenne sur l'hydrogène

Note d'analyse

Date : 30 septembre 2020

Principaux messages

1. **Le CEA salue l'ambition portée par la Commission dans cette feuille de route stratégique**, qui met bien en évidence le rôle que peut jouer l'hydrogène pour atteindre les objectifs du pacte vert, ainsi que les défis à relever. Le rôle de l'hydrogène dans la décarbonation des secteurs difficilement électrifiables est bien reconnu, de même que le fait que l'hydrogène est aujourd'hui produit quasi-exclusivement à partir de matières fossiles en émettant d'importantes quantités de gaz à effet de serre.

- Le CEA partage cette ambition et les propositions concernant la mobilisation des instruments à la fois financiers et réglementaires pour favoriser l'investissement, et l'existence d'une feuille de route précise en matière de capacités installées de production.

- Le CEA se **félicite également de l'importance reconnue au rôle de la R&D dans la stratégie européenne en matière d'hydrogène**, et soutient les initiatives annoncées : partenariat « *clean hydrogen* », pour lequel un budget à la hauteur des ambitions sera nécessaire, intégration des technologies hydrogène, en particulier l'électrolyse, dans le lancement d'un appel à projet « pacte vert » dans Horizon 2020 et soutien aux initiatives en vue de renforcer une chaîne de valeur industrielle dans ce secteur, telles que le lancement d'un IPCEI. Il conviendra cependant d'assurer un lien étroit entre effort de R&D et construction d'une chaîne de valeur industrielle européenne. Ainsi, le CEA considère que **les acteurs de la recherche devraient être pleinement associés à l'alliance européenne de l'hydrogène**.

2. **Le CEA souscrit par ailleurs à l'abandon d'une classification de l'hydrogène par couleur** (bleu, vert, marron...). Celle-ci portait davantage sur l'origine de l'hydrogène que sur les émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie associées à sa synthèse, et ne permettait pas de fonder une distinction pertinente entre les sources de production d'hydrogène au regard de l'objectif de neutralité carbone de l'UE.

- **Le CEA regrette cependant que la Commission établisse une distinction entre un hydrogène « renouvelable » et un hydrogène bas-carbone**. L'ampleur des efforts à fournir pour décarboner l'hydrogène tout en en promouvant les usages aurait dû conduire à considérer à égalité tous les moyens de production d'hydrogène bas-carbone (renouvelables, nucléaire voire fossiles + CCS sous réserve des émissions de gaz à effet de serre résiduelles).

- **La typologie devrait ainsi reposer seulement sur le caractère bas carbone de la production, l'hydrogène d'origine renouvelable n'en représentant qu'une sous-catégorie**.

3. **À ce titre, le CEA regrette que les objectifs de déploiement de l'hydrogène ne concernent que l'hydrogène « renouvelable »**. Cela revient à éliminer arbitrairement des sources d'énergie bas-carbone pouvant participer à la décarbonation du système énergétique européen, et à réduire les sources potentielles de production d'hydrogène alors que les besoins et les ambitions en matières de capacités nouvelles sont considérables. Ce choix est donc de nature à desservir l'objectif de neutralité carbone.

- **Le CEA rappelle que le déploiement de l'hydrogène ne vise pas uniquement à répondre aux enjeux climatiques mais aussi à l'épuisement des combustibles fossiles.** La production d'hydrogène n'est ainsi pas seulement une solution pour répondre par le stockage à l'intermittence des énergies renouvelables. Une production continue et à un coût compétitif impose dès lors de s'appuyer sur l'ensemble des sources de production bas carbone.

- De plus, une **focalisation trop forte sur l'hydrogène renouvelable favorise une importation massive d'hydrogène** hors d'Europe sans pour autant prendre en considération l'empreinte carbone de ce transport longue distance et son impact sur l'indépendance énergétique européenne recherchée. Au contraire, il apparaît crucial de créer en premier lieu un marché domestique européen d'hydrogène bas-carbone, en cohérence avec les **ambitions de l'UE en matière de souveraineté industrielle dans les secteurs stratégiques et de sécurité d'approvisionnement énergétique.**

4. Le CEA soutient les propositions relatives à la **mobilisation de l'ensemble des instruments financiers de l'UE** (*InvestEU, Fonds Innovation, Fonds de transition juste, FEDER...*) pour stimuler l'investissement et le déploiement de nouvelles capacités de production d'hydrogène, auxquelles doivent être éligibles la totalité des énergies bas carbone.

5. Enfin, la démarche proposée par la Commission européenne de **mise en place de garanties d'origine et de certificats d'hydrogène bas carbone, basés sur des analyses de cycle de vie, est intéressante.** Pour éviter toute incompréhension ou confusion des utilisateurs sur cet hydrogène bas carbone et risquer de compromettre son essor, il est important que l'hydrogène ait son propre système de garantie d'origine et non couplé à celui des gaz hydrocarbonés comme le gaz naturel.

6. Cependant **les certificats d'origine de l'électricité (et par extension de l'hydrogène) étant valables un an, ils conduiront à estampiller comme « renouvelable » ou « bas-carbone » de l'hydrogène produit par de l'électricité d'origine fossile.** Cette faille du système de garantie d'origine de l'électricité est grave. Elle est trompeuse quant au bilan carbone de l'hydrogène produit, risque de mener à une hausse du coût de production de l'hydrogène « renouvelable » et compromet à terme la sécurité d'approvisionnement en hydrogène car elle entraînera une baisse significative et non anticipée par la Commission du facteur de charge des électrolyseurs au fur et à mesure que la transition avancera.

La Commission européenne a publié sa feuille de route stratégique européenne sur l'hydrogène le 8 juillet. Celle-ci reconnaît dès l'abord le rôle que devra jouer l'hydrogène pour remplacer les combustibles fossiles dans les secteurs difficilement électrifiables. La Commission reconnaît que l'hydrogène est « *essentiel dans l'effort mondial visant à atteindre la neutralité carbone* » tout en dressant le juste constat que sa production est aujourd'hui issue en quasi-totalité de combustibles fossiles et émet d'importantes quantités de gaz à effet de serre. La Commission annonce que « *sa production doit devenir entièrement décarbonée* ».

Un objectif de 40 GW d'électrolyseurs est défini pour 2030, avec un objectif intermédiaire de 6 GW en 2024.

Catégorisation de l'hydrogène

La Commission définit plusieurs types d'hydrogène :

- **hydrogène issu d'électricité** : production par électrolyse de l'eau, peu importe l'origine de l'électricité ;
- **hydrogène renouvelable** : produit par électrolyse de l'eau à partir d'électricité renouvelable ;
- **hydrogène fossile** : produit à partir de différents procédés reposant sur des combustibles fossiles (principalement reformage de méthane et gazéification de charbon) ;
- **hydrogène fossile avec capture de carbone** : sous-catégorie de la catégorie précédente « hydrogène fossile » mais avec capture du carbone ;
- **hydrogène propre** : hydrogène renouvelable ;
- **hydrogène bas-carbone** : hydrogène fossile avec capture de carbone et hydrogène issu d'électricité, moyennant des émissions sur le cycle de vie « significativement » inférieures à celles de l'hydrogène tel qu'il est produit actuellement.

Plusieurs remarques peuvent être émises quant à cette classification.

- **L'énergie nucléaire** est exploitée, réglementairement encadrée et surveillée pour avoir un impact minimal sur l'environnement. Rien ne justifie qu'elle ne soit pas incluse dans la catégorie « hydrogène propre ».
- L'hydrogène renouvelable est déclaré « propre » et bas-carbone par défaut par la Commission. **Cela ne peut être décrété et doit être analysé au cas par cas par des analyses de cycle de vie.** Par exemple, de l'hydrogène qui serait issu d'électricité produite par des centrales à biomasse serait fortement carboné¹.
- **L'hydrogène avec capture de carbone sans précision sur la destination finale de ce carbone n'a rien de vertueux.** Si ce carbone est conditionné (comprimé, cryogénisé) pour être relargué quelques semaines ou mois qui suivent sa capture sans rendre de service particulier (se substituant par exemple à l'utilisation d'une ressource fossile supplémentaire), l'hydrogène avec capture émet davantage de gaz à effet de serre que l'hydrogène fossile (car le coût énergétique de la capture s'ajoute au bilan d'émission). En général, ce qui existe sur d'autres procédés comme le BECCS, lorsque la capture du carbone est proposée en complément d'un procédé de conversion d'énergie, il est précisé la destination du carbone final. Son bilan d'émission peut donc être évalué en complément du service rendu. Il peut par exemple être stocké selon les stratégies CCS (émissions négatives) ou utilisé grâce une conversion selon les stratégies de CCU (neutralité des émissions et substitution à des ressources fossiles).

Le CEA propose ainsi la classification suivante :

- **Hydrogène bas-carbone** : hydrogène produit par électrolyse de l'eau à partir de sources d'énergie bas-carbone non fossiles (nucléaire, éolien, solaire...) ;
- **Hydrogène fossile** : produit à partir de différents procédés reposant sur des combustibles fossiles (principalement vaporeformage de méthane et gazéification de charbon) ;
- **Hydrogène bas-carbone fossile** : sous-catégorie de la catégorie précédente « hydrogène fossile » mais avec capture et séquestration ou utilisation des gaz à effet de serre ;

¹ T. D. Searchinger et al., Europe's renewable energy directive poised to harm global forests, *Nature Communications* 9, 3741 (2018)

- **Hydrogène propre** : hydrogène bas-carbone.

Si cela apparaît indispensable, on peut éventuellement ajouter la catégorie suivante :

- **Hydrogène renouvelable** : sous-catégorie de « hydrogène bas-carbone » comprenant l'hydrogène produit à partir de sources d'électricité dites « renouvelables » et à faible émission de gaz à effet de serre.

En tout état de cause, la catégorie « hydrogène propre » doit inclure tous les moyens bas-carbone de produire de l'hydrogène, qui ne reposent pas sur des combustibles fossiles.

Aspects économiques

Si l'hydrogène doit servir à décarboner l'industrie et les transports, notamment lourds, il doit être le plus **compétitif possible pour réduire l'écart de coût avec l'hydrogène produit à partir de matières fossiles. Du fait des coûts fixes de l'électrolyse et des taxes sur l'électricité, cela implique de produire avec un facteur de charge le plus élevé possible pour les électrolyseurs** et en tout état de cause supérieur à une trentaine de pour cent. Ainsi les coûts fixes sont dilués sur une production plus importante. Cet objectif est difficilement compatible avec une production d'hydrogène à partir de seuls surplus marginaux d'électricité renouvelable pour en lisser l'intermittence. On pourrait également ajouter le fait que faire varier la production des électrolyseurs accélère leur vieillissement.

L'annonce « *Renewable hydrogen is the most compatible option with the EU's climate neutrality and zero pollution goal in the long term and the most coherent with an integrated energy system* » (page 5) est donc incorrecte. La production d'hydrogène qui est la « plus en phase » (« *the most compatible* ») avec l'objectif de neutralité carbone est l'hydrogène bas-carbone non-fossile (incluant les énergies renouvelables et nucléaire). **L'approche consistant à ne considérer que les énergies renouvelables comme alternatives aux combustibles fossiles compromet l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone, en réduisant le gisement énergétique décarboné pouvant servir à produire de l'hydrogène et en complexifiant l'équation économique déjà difficile de l'hydrogène produit par électrolyse.**

Même prenant en compte l'ensemble des sources d'électricité bas carbone pour la production d'hydrogène, **la faisabilité technique des objectifs quantitatifs fixés par la feuille de route** (production de 10MtH₂ avec 40 GW d'électrolyseurs en 2030) **peut par ailleurs être questionnée**².

En tout état de cause, il est crucial de créer en premier lieu un marché domestique européen basé sur l'hydrogène renouvelable et bas-carbone non fossile. L'enjeu est d'éviter de substituer une dépendance aux énergies fossiles par une dépendance nouvelle à l'hydrogène importé, qui plus est **sans prise en considération de l'empreinte carbone de son mode de production hors de l'UE et de son transport sur longue distance.** »

Mesures de soutien budgétaires et réglementaires proposées

- Les mesures proposées pour faciliter le déploiement de toutes les technologies de production d'hydrogène bas carbone en améliorant leur compétitivité vont dans le bon sens : c'est le cas

² L'énergie contenue dans 1t d'Hydrogène est en effet de 33 MWh, soit donc 330 TWh nécessaires pour 10 Mt. En faisant l'hypothèse d'un rendement de 60% pour les électrolyseurs, il faut donc 550 TWh pour cette production, ce que 40 GW installés ne permettront pas à eux seuls (production maximale de 40 x 24 x 365 = 350 TWh, en faisant l'hypothèse d'un fonctionnement avec un facteur de charge de 100%).

de l'idée d'un **mécanisme du type complément de rémunération (« contract for difference ») pour compenser les écarts de prix du CO₂.**

- De même, la proposition d'un « **seuil bas carbone** » de **promotion des installations de production d'hydrogène lié à leurs performances en matière d'émissions de gaz à effet de serre, en lien avec la révision de la directive ETS** est intéressante mais doit être approfondie. En effet, la faiblesse du cours du CO₂ sur le marché des quotas (ETS) est telle qu'elle ne permet pas de disqualifier économiquement les combustibles fossiles non équipés de CCS. En outre, le CEA considère qu'une telle mesure devrait couvrir non seulement les émissions résultant directement du procédé dans l'installation, mais également celles issues de l'énergie primaire utilisée pour les faire fonctionner, afin que de l'hydrogène produit à partir d'électricité d'origine fossile ne puisse pas être considéré comme bas-carbone. Dans le cas de production d'hydrogène hors d'Europe, il conviendrait de prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre liées à son importation.
- **Le CEA soutient l'initiative de la commission de certifier l'hydrogène renouvelable et bas-carbone.** L'application de ce type de certificats à tout l'hydrogène bas carbone, et non seulement d'origine renouvelable, est indispensable. De tels outils seront nécessaires pour s'assurer de la faiblesse des émissions de gaz à effet de serre de l'hydrogène sur le cycle de vie, en l'absence de connexion directe entre une infrastructure donnée de production électrique et un électrolyseur (les électrolyseurs seront *de facto* alimentés par le bouquet électrique moyen du pays d'implantation). Pour éviter toute incompréhension ou confusion des utilisateurs et risquer de compromettre son essor, il est important que l'hydrogène bas carbone ait son propre système de garantie d'origine et non couplé à celui des gaz hydrocarbonés comme le gaz naturel.

Le CEA souligne en outre la nécessité de réduire à l'échelle horaire la durée de validité des certificats garantissant l'origine de l'électricité, actuellement valables un an. Le mécanisme actuel permet de produire de l'électricité renouvelable (et des certificats) quand il y a du vent et du soleil. Cependant, les certificats, valables un an, sont stockables, contrairement à l'électricité qui doit être produite en temps réel afin de répondre à la consommation. Les certificats peuvent ainsi être utilisés pour garantir l'origine d'une électricité consommée à un tout autre moment et dans un tout autre lieu que ceux de sa production. Par exemple, les certificats générés lors de la production à midi d'électricité photovoltaïque en Grèce peuvent être employés pour garantir l'origine « renouvelable » d'électricité consommée à 19h en hiver en France.

Cette faille majeure du système de garantie d'origine de l'électricité peut être utilisée pour estampiller artificiellement comme « renouvelable » de l'hydrogène produit à partir de combustibles fossiles ou d'énergie nucléaire à des périodes auxquelles la production solaire et éolienne est faible. La Commission reconnaît cette faille dans la note de bas de page 48 page 12, en considérant implicitement des facteurs de charge très élevés (voire physiquement impossibles) pour les électrolyseurs dans ses objectifs à 2024 et 2030 de production d'hydrogène renouvelable et de capacités d'électrolyse. Cela pose plusieurs problèmes :

- Tout d'abord, l'exploitation de cette faille masque les difficultés d'intégration des énergies renouvelables (découlant de leur intermittence) sans y apporter de réponse. Le système ne fonctionne que tant que des capacités pilotables non renouvelables

- (fossiles ou nucléaires) sont disponibles pour produire l'électricité estampillée « renouvelable » nécessaire même en l'absence de vent et de soleil.
- Ensuite, ce dispositif masque la réalité des coûts de l'hydrogène « renouvelable » et lui attribue une compétitivité supérieure à la réalité, en masquant le fait que l'électricité alimentant les électrolyseurs, bien que bénéficiant de certificats d'origine, n'est, *in fine*, pas en permanence issue de sources renouvelables.
 - Si l'on se projette dans l'avenir, en fin de transition sans combustibles fossiles, et surtout dans les États ne disposant pas de centrales nucléaires ou installations hydroélectriques, cet artifice ne sera plus possible : le facteur de charge des électrolyseurs sera limité par celui de la production électrique renouvelable. Autrement dit, le facteur de charge des électrolyseurs déclinera nécessairement au fur et à mesure que fermeront les capacités électrogènes pilotables qui produisaient l'électricité en l'absence de vent et de soleil. L'hydrogène verra donc son coût augmenter car on ne pourra plus alimenter les électrolyseurs en continu avec de l'électricité d'origine fossile ou nucléaire en profitant d'une faille du mécanisme des certificats d'origine pour l'estampiller « renouvelable ».

La Commission européenne devrait dès lors viser une révision de la législation associée à ces mécanismes de certification afin que de tels biais ne soient plus possibles, en proposant la mise au point d'un certificat d'origine bas carbone authentique.

Hydrogène et transports

L'hydrogène, ainsi que les hydrocarbures de synthèse qu'il permet de produire, auront un rôle à jouer dans la décarbonation des transports. Il convient cependant de conserver à l'esprit que **le prix de l'hydrogène et de ces carburants alternatifs sera toujours significativement plus cher que les carburants issus de pétrole à leur coût actuel.**

L'hydrogène et les hydrocarbures de synthèse seront indispensables pour décarboner les secteurs difficilement électrifiables, mais ils ne pourront donc pas remplacer les carburants pétroliers de manière transparente pour le consommateur-contribuable. Cela pourra représenter un défi conséquent pour certains secteurs. Par exemple, dans le secteur ferroviaire (du moins en France), les lignes non électrifiées sont les lignes les moins rentables, pour certaines suffisamment déficitaires pour que leur pérennité dans les conditions actuelles ne soit pas acquise. Remplacer le diesel bon marché par un carburant plus coûteux risque de ne pas simplifier cette équation économique...

Le développement de l'hydrogène dans de nouveaux secteurs (industrie, mobilité...) doit donc s'accompagner de réflexions concernant les usages et le modèle économique de ces secteurs. C'est pourquoi il est nécessaire de considérer les externalités positives associées à l'usage de l'hydrogène bas-carbone et aux carburants de synthèse, pour démontrer les valeurs et atouts indirects associés à ces nouveaux carburants. Ces externalités peuvent être favorables à la biodiversité, à l'environnement, à l'économie, et à d'autres secteurs pouvant représenter une valeur non négligeable devant être prise en compte dans la comparaison avec les services rendus par les énergies fossiles.

C'est à ce prix que le déploiement de l'hydrogène bas-carbone dans de nouveaux secteurs pourra être un succès et que sa contribution aux objectifs de décarbonation sera maximisée.



Cette réflexion systémique autour des usages de l'hydrogène est indispensable et ne peut pas être évacuée par la seule invocation de la recherche (« *will require a roadmap for the considerable long-term research and innovation efforts* », page 11), même si la recherche dans l'hydrogène et les énergies primaires bas-carbone est fondamentale et doit être poursuivie et accélérée afin d'améliorer les rendements et réduire les coûts avec un budget en accord avec les objectifs ambitieux proposés.