

Feuille de route hydrogène 2020-2030 Pour les Pays de la Loire

■ Session du 07/07/2020

■ Avis présenté par M. Yvic KERGROAC'H, au nom de la Commission « « Transports – infrastructures – télécommunications – énergie » »

Entendues les interventions de Mme Isabelle PAUL BOUMARD (CFTC), M. François HALIGON (LPO), Didier ROBERT (CGT).

Entendue l'intervention de M. Laurent GERAULT, Vice-Président délégué Environnement, Transition énergétique et croissance verte de la commission « Territoires, ruralité, santé, environnement, transition énergétique, croissance verte et logement ».

80 votants. Adopté par 78 pour et 2 abstentions.

La Région présente, à l'occasion de la session budgétaire de juillet 2020, sa feuille de route hydrogène 2020-2030 pour les Pays de la Loire. **Le CESER salue la volonté régionale de s'investir sur le secteur de l'hydrogène**, à l'image de ce que font plusieurs autres Régions (Auvergne – Rhône-Alpes, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Normandie...).

Cette feuille de route s'appuie sur 24 actions déclinées en 4 axes :

- Soutenir la production d'hydrogène renouvelable et le maillage en stations de distribution
- Développer les usages de l'hydrogène
- Développer un savoir-faire industriel ligérien de l'hydrogène tout particulièrement dans le domaine maritime et fluvial
- Maintenir et amplifier la dynamique autour de l'hydrogène en Pays de la Loire et saisir les opportunités nationales et internationales

Un grand nombre de ces actions rejoignent les préconisations du CESER émises dans son rapport sur l'énergie présenté à la session de juillet 2020. Le CESER estime en effet que l'hydrogène est une piste intéressante pour la transition énergétique, en particulier pour le stockage de l'électricité issue de sources renouvelables et intermittentes, et pour la substitution au pétrole dans les transports puisque sa combustion n'émet aucune pollution.

Le CESER souligne qu'il n'y a pas de solution unique pour la transition énergétique et que cette dernière doit passer avant tout par la modération de l'empreinte énergétique des Ligériens.

1. Quelques éléments sur l'hydrogène

Une fabrication de l'hydrogène essentiellement carbonée mais d'autres solutions en développement

Il existe plusieurs manières de générer de l'hydrogène, mais la quasi-totalité de l'hydrogène recourt actuellement aux énergies fossiles pour sa fabrication.

Le vaporeformage, technologie largement dominante actuellement

L'hydrogène **est produit à 94% à partir d'énergies fossiles en France** (gaz, charbon, hydrocarbures), par vaporeformage. Cette technique émet beaucoup de GES. La production d'hydrogène conduirait selon l'Ademe à l'émission de 10 M tonnes équivalent CO₂, soit 7,5% des émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble du secteur industriel national. On parle donc d'**hydrogène gris**.

L'électrolyse de l'eau : une solution prometteuse, mais qui reste coûteuse

L'électrolyse de l'eau concerne 4 % de la production d'hydrogène, au plan mondial comme au plan national : elle consiste à décomposer de l'eau pour obtenir de l'hydrogène et de l'oxygène, grâce à l'électricité. Cette solution présente deux avantages : elle permet d'obtenir de l'hydrogène pur, nécessaire pour certaines utilisations ; elle permet, si l'électricité est décarbonée (ce qui est majoritairement le cas en France du fait du poids de la production issue

du nucléaire), d'obtenir de l'hydrogène décarboné. Si l'électricité est issue de source d'énergie renouvelable, on parle alors d'**hydrogène vert**. Des technologies récentes permettent de diminuer le surcoût de la fabrication de l'hydrogène par électrolyse de l'eau, mais celle-ci reste encore beaucoup plus onéreuse que les techniques à base d'hydrocarbures¹. Cependant, le transport de l'hydrogène est très coûteux, et pour des installations industrielles induisant une consommation modérée (verrière, agroalimentaire...), l'électrolyse peut être une solution intéressante. Par ailleurs, le plan de développement de l'hydrogène, lancé par l'État en 2018, envisage des coûts compétitifs de l'électrolyse à l'horizon 2035².

D'autres techniques : biomasse, bactéries

La fabrication d'hydrogène à partir de la **biomasse** est en cours d'expérimentation. Elle permet de générer du méthane, de l'hydrogène et du CO₂ qui pourrait être stocké pour être utilisé par l'industrie de l'engrais liquide. En Pays de la Loire, l'entreprise Qairos Energie développe un projet implanté en Sarthe, et prévoit une activité commerciale à partir du second semestre 2021³.

La société ligérienne Athéna Recherche et Innovation a isolé une **bactérie** capable de produire de l'hydrogène rapidement, en quantité et avec un haut niveau de pureté, à partir de matières organiques variées. Son objectif est d'être capable de produire d'ici 2040 environ 100 000 tonnes par an, ce qui représente 10% du marché actuel de l'hydrogène. Elle prévoit la construction d'une trentaine de sites avec une capacité individuelle de 10 t/j d'hydrogène. Selon ses premières estimations, elle serait capable, en phase d'industrialisation, de produire l'hydrogène à un prix avoisinant les 3€/kg, compétitif vis-à-vis des produits fossiles⁴.

Des usages principalement industriels, mais qui se diversifient

L'utilisation de l'hydrogène dans l'industrie

Actuellement, les utilisations de l'hydrogène sont essentiellement industrielles : il est indispensable dans un certain nombre de procédés. Sa consommation annuelle en France est de près d'un million de tonnes. À titre d'exemple, une nouvelle unité de désulfuration devrait être opérationnelle, en 2023, à la raffinerie de Donges. Pour fonctionner, elle aura besoin d'hydrogène dans des quantités supérieures à ce que la raffinerie peut produire. Total a donc confié le soin à Air Liquide de construire et d'opérer une unité qui en produira.

Toutefois, d'autres usages apparaissent, en particulier dans le domaine énergétique.

L'utilisation énergétique de l'hydrogène

Cette utilisation est en cours de développement. En captant le gaz carbonique issu de certaines usines et en le couplant à l'hydrogène, il serait possible de fabriquer du méthane de synthèse,

¹ <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/production-de-lhydrogene#notes>

² https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Plan_deploiement_hydrogene.pdf

³ <https://qairos-energies.com/>

⁴ <https://lafabriqueaviva.fr/fr/project/2847/show>

utilisable dans les réseaux de gaz classiques. Surtout, l'hydrogène peut en tant que tel être utilisé de deux manières : en tant que combustible, ou en tant qu'outil de stockage de l'énergie.

En tant que combustible, l'hydrogène présente plusieurs avantages ⁵ :

- sa combustion génère une forte quantité d'énergie (environ 3 fois plus que l'essence pour la même masse) ;
- sa combustion est non carbonée (elle n'émet que de l'eau) ;
- Une faible part d'hydrogène (6 %) peut actuellement être injectée sur les réseaux de gaz. Des innovations technologiques devraient à terme permettre de réviser les réglementations en vigueur et d'augmenter cette part. Il s'agirait donc d'une piste intéressante d'usage de l'hydrogène afin de contribuer à décarboner le gaz.

Son utilisation se heurte cependant à plusieurs contraintes :

- le stockage de l'hydrogène nécessite des quantités d'énergie importantes en raison de sa faible densité (il peut être stocké sous forme comprimée, liquide ou encore sous forme solide (hydrures métalliques) ; la compression augmente le risque d'auto-inflammation de l'hydrogène et consomme de l'énergie.
- l'efficacité de son transport (énergie transportée par unité de volume) est beaucoup moins grande que celle du pétrole ou du gaz en raison de cette faible densité ;
- des risques d'inflammabilité et de détonation avec l'air existent ;

L'utilisation de l'hydrogène en tant qu'**outil de stockage de l'électricité** se développe.

Elle se base sur l'électrolyse de l'eau. L'hydrogène permet ainsi de stocker l'électricité sur des durées longues. Ce processus est intéressant dans le cadre du développement d'installations de productions d'électricité intermittentes (solaires ou éoliennes). C'est ainsi que l'entreprise Lhyfe va transformer une partie de l'électricité issue du parc éolien de Bouin et doit produire, à partir de 2021, 300 kg d'hydrogène quotidiennement. À Saint-Herblain, dans la métropole nantaise, l'immeuble Delta Green utilise de l'hydrogène afin de stocker l'électricité produite par les panneaux solaires sur son toit et la restituer quand cela est nécessaire. Selon l'Ademe, l'hydrogène est à ce jour la seule solution pour le stockage inter-saisonnier de l'électricité issue de sources d'énergie renouvelables.

Le stockage de l'électricité par l'hydrogène présente toutefois certaines limites, notamment en matière de rendement (et donc de coût). Selon l'AFHYPAC, le rendement de l'électrolyse seule se situe aux voisinages de 70%⁶ pour les meilleurs dispositifs. Selon une étude de l'Ademe de 2018, le rendement global de la chaîne, de l'électricité primaire à l'électricité utile restituée, se situerait dans une fourchette de 20 à 30% selon les applications, la pression de stockage considérée, les schémas logistiques, etc. Le rendement du stockage de l'électricité par batterie est estimé par l'Ademe entre 70% et 80 %⁷.

Focus sur l'usage de l'hydrogène dans le transport

⁵ <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydrogene-energie>

⁶ <https://www.afhypac.org/actualites/articles/decryptage-faut-il-abandonner-le-vehicule-a-hydrogene-en-raison-de-son-rendement-energetique-1682/>

⁷ https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rendement-chaîne-h2_fiche-technique-02-2020.pdf

L'usage de de l'hydrogène dans le transport se développe. Il peut être basé soit sur un moteur à hydrogène, soit sur une pile à combustible. Le **moteur à hydrogène** utilise l'hydrogène comme carburant, dont la combustion libère de l'eau et de l'énergie. Une variante consiste à ajouter de l'hydrogène à un carburant classique. Selon plusieurs études, ce mélange d'hydrogène et de carburant classique induit une hausse de la consommation globale du véhicule lorsque l'hydrogène est produit à bord à partir d'un électrolyseur. La **pile à combustible** produit de l'électricité qui alimente un moteur électrique. L'oxydation de l'hydrogène sur une électrode couplée à la réduction de l'oxygène sur une seconde électrode reliée à la première entraîne l'apparition d'un courant électrique qui sert à faire fonctionner un moteur. Ce modèle de la pile à combustible est aujourd'hui largement dominant pour l'usage de l'hydrogène dans les transports.

L'autonomie est globalement plus importante pour un véhicule hydrogène que pour un véhicule électrique. Avec 1kg d'hydrogène, une voiture peut parcourir 100 km. Il est donc possible de stocker assez d'hydrogène pour obtenir une autonomie de 400 à 500 km. Toyota a conçu un modèle avec une autonomie de 850 km. À titre de comparaison, les voitures électriques disposent généralement d'une autonomie maximum de moins de 500 km⁸, variable selon l'utilisation des accessoires (essuie-glace, climatisation, éclairage...)⁹. Selon l'ADEME, l'hydrogène pourrait donc être opportun pour les véhicules utilitaires de livraison, les camionnettes réfrigérées, les véhicules d'entreprises de service à domicile, avec des distances de parcours journaliers importantes ou consommant de l'énergie à bord.

Le **temps de recharge** est bref, comparable à celui nécessaire pour un plein d'essence ce qui constitue un avantage par rapport au véhicule électrique, pour une autonomie de plusieurs centaines de km¹⁰. Selon l'Ademe, les véhicules fonctionnels, routiers ou non routiers, engins de chantier, de logistique, mais certains taxis, ont des profils d'usage intensifs qui nécessitent une flexibilité à la recharge que permet l'hydrogène.

Le **coût à l'achat** reste très élevé : les voitures hydrogènes, qui n'existent que dans peu de modèles (Hyundai Nexus, Toyota Mirai) sont (très) chères : 78 000 € pour la Toyota Mirai, 60 000 € pour la Hyundai Nexo¹¹ (contre environ 30 000 € pour une Peugeot 5008 Essence).

Le **coût à l'usage** est plus élevé que pour l'essence et l'électricité, avec une consommation de 1kg d'hydrogène pour 100 km, et un coût d'environ 6€/kg¹². Pour la Zoé (électrique), d'après l'Automobile Club Association, le coût moyen est de 2 à 4€ pour 100 km¹³.

L'encombrement du réservoir reste important : selon le site Contrepoints, par rapport à l'essence, pour parcourir 600 km, le réservoir d'hydrogène à 700 bars est près de dix fois plus gros (400 litres/ 42litres) et six fois plus lourd (240kg/40 kg) qu'un réservoir d'essence.

L'hydrogène peut donc s'avérer utile pour certains **véhicules lourds**, selon l'ADEME : la technologie de motorisation électrique ne permet pas aux batteries de fournir l'énergie et la puissance avec des conditions d'exploitation acceptables. La combinaison de la batterie électrique et d'une pile à hydrogène permet de concevoir des poids lourds, des bateaux, des

⁸ <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydrogene-energie#notes>

⁹ <https://www.automobile-propre.com/dossiers/autonomie-voiture-electrique/>

¹⁰ <https://www.20minutes.fr/economie/2604607-20190915-salon-francfort-2019-hydrogene-vraiment-avenir-automobile>

¹¹ <https://www.autoplus.fr/Hyundai/Nexo/video/Hyundai-Nexo-SUV-Fuel-Cell-hydrogene-essai-1534694.html>

¹² <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/production-de-lhydrogene>

¹³ <https://www.lefigaro.fr/automobile/combien-coute-reellement-un-vehicule-electrique-20190411> et http://leparticulier.lefigaro.fr/jcms/p1_1575536/automobile-et-si-vous-passiez-a-l-electrique

locomotives et des bus qui peuvent répondre à des caractéristiques d'usage traditionnel avec les carburants liquides. Par ailleurs, dans le domaine du ferroviaire, selon l'Ademe, le recours aux motrices hydrogène constitue une alternative à l'électrification des voies au coût élevé¹⁴.

Le **coût d'installation des stations hydrogène** est très élevé (environ 600 000 € à 1 M€)¹⁵. Elles permettent cependant de recharger un grand nombre de véhicules compte tenu des temps de recharge comparables à l'essence. Il s'agit donc d'un avantage par rapport aux bornes électriques de recharge rapide qui restent beaucoup plus lentes et qui génèrent d'importants appels de puissance sur le réseau.

2. Les remarques du CESER sur les axes de la feuille de route hydrogène

Axe 1 : Soutenir la production d'hydrogène renouvelable et le maillage en stations de distribution

La Région souhaite soutenir l'émergence de nouveaux écosystèmes contribuant à développer la production et distribution d'hydrogène renouvelable afin de conforter et développer les usages, notamment de mobilité (terrestre, fluviale et maritime).

Le maillage suffisant en stations de distribution est une condition sine qua non du développement de la mobilité hydrogène. La densification des stations-services est une préoccupation de l'ensemble des Régions qui ont développé leur propre stratégie pour le développement de l'hydrogène. Le CESER salue la volonté de la Région de favoriser des liaisons hydrogènes interrégionales en s'intégrant dans les logiques de corridors européens, et de viser une interopérabilité des systèmes déployés sur le territoire régional. Il serait souhaitable que cette interopérabilité soit réalisée au plan national voire international.

Les stations-services étant très coûteuses, le CESER salue la volonté de la Région de rechercher des systèmes de distribution innovants pour les faibles besoins d'hydrogène.

Le CESER approuve la volonté de développer la production locale d'hydrogène renouvelable. En effet, la logistique de transport de l'hydrogène, entre le point de fabrication et l'utilisation est très coûteuse financièrement et constitue un facteur de premier ordre dans le bilan environnemental de l'hydrogène. Ainsi l'Ademe préconise de limiter les distances d'acheminement (à une distance inférieure à 100 km) et de préférer une production locale d'hydrogène pour des usages locaux.

La Région envisage d'ici 2030 une « *couverture de 100% des nouveaux besoins d'hydrogène par une production régionale renouvelable, soit 3 100 tonnes par an (2 800 tonnes pour des usages terrestres et 300 tonnes pour des usages maritimes ou portuaires)* ». Elle indique également que « l'objectif est de couvrir d'ici 2030, 100% des usages hydrogène ligériens par une production régionale d'hydrogène renouvelable ».

¹⁴ https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique_hydrogene_dans_la_te_avril2018_2.pdf

¹⁵ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/automobile/vehicule-a-hydrogene-le-casse-tete-des-stations-de-recharge-1145485>

Face à ces deux formulations, le CESER plaide pour que la capacité de production d'hydrogène renouvelable permette de répondre aux besoins générés par l'ensemble des usages et non uniquement les nouveaux. Il considère donc que la priorité doit être de couvrir au maximum les besoins actuels d'hydrogène.

Axe 2 : développer les usages de l'hydrogène

La Région se fixe les objectifs suivants : « Soutenir le développement des usages de l'hydrogène par les acteurs régionaux », et « Être une Région exemplaire en lien avec ses compétences ».

Le CESER considère que l'hydrogène peut être un des vecteurs de la transition énergétique, mais pas le seul ; le premier étant de viser la sobriété énergétique.

Le développement de l'hydrogène devrait permettre d'en limiter les coûts, en permettant par exemple de rentabiliser les stations de ravitaillement. Toutefois, il ne peut constituer un but en soi. En matière de mobilité, l'hydrogène peut être intéressant dans certains cas, mais dans d'autres, les batteries électriques sont plus économes en matière d'énergie, avec un rendement supérieur. On peut ainsi penser que la voiture individuelle à l'hydrogène ne sera pas à moyen terme généralisée. L'évaluation de l'intérêt de la technologie hydrogène doit se situer dans son rendement.

La Région va demander à l'État d'intégrer la solution hydrogène dans le projet de réaménagement de l'aéroport de Nantes Atlantique. Cette démarche est à comparer avec celle de la Région Occitanie qui a développé le projet HyPort visant à déployer des écosystèmes hydrogène sur les sites des aéroports de Toulouse et Tarbes. Concernant Nantes Atlantique, le CESER souhaiterait que soit précisés les projets que la Région souhaite voir se développer. Il ne doit pas s'agir de développer l'hydrogène par principe, mais pour répondre à un usage d'intérêt économique et/ou environnemental.

L'hydrogène offre une solution en matière de transport, en particulier pour certains véhicules lourds : bateaux, trains, etc. Cela permet de libérer de certaines contraintes liées à la technologie batterie, en matière d'encombrement et de recharge au réseau. L'usage de l'hydrogène peut être complémentaire des batteries. Le CESER accueille donc favorablement l'orientation de la feuille de route visant à contribuer au développement d'une **filière régionale** dans ce domaine et de doter à terme les navires desservant l'Île d'Yeu de motorisations alternatives. L'utilisation au plus près de la production d'hydrogène est en effet à favoriser,

Concernant le développement du train à motorisation hydrogène, le CESER a noté que la Région a notamment identifié l'étoile mancelle comme site de déploiement potentiel à un horizon 2030 de rames à motorisation hydrogène, en lien avec les Régions Centre Val de Loire et Normandie avec lesquelles les engins thermiques XTER sont actuellement mutualisés. Cette initiative permettrait de dynamiser le travail interrégional que le CESER appelle de ses vœux. Elle permettrait à la ligne Caen - Le Mans - Tours de devenir une vitrine de l'innovation interrégionale. S'agissant de projets expérimentaux, une initiative propre de la Région Pays de la Loire pourrait également être développée sur la ligne non électrifiée Nantes - Saint-Gilles - Pornic.

Le CESER salue la volonté de la Région de fabrication d'hydrogène dans les lycées, à condition que ces projets soient bien liés aux projets éducatifs de ces établissements, et se fasse à partir d'hydrogène issu de sources d'énergie renouvelable.

Enfin, l'hydrogène étant particulièrement inflammable, la vigilance doit être de mise en matière de sécurité, comme pour l'ensemble des usages des combustibles.

Axe 3 : Développer un savoir-faire industriel ligérien de l'hydrogène tout particulièrement dans le domaine maritime et fluvial

La Région se fixe les objectifs suivants : « **Soutenir les acteurs économiques et académiques sur leurs projets** » et « **Miser sur notre savoir-faire fluvial, maritime et portuaire** ».

Le CESER salue la volonté de la Région de s'appuyer sur les **initiatives existantes** menées par les acteurs locaux pour développer sa feuille de route. Il y voit un gage de réussite des projets et de soutien du tissu économique ligérien. Il salue également le souhait de développer des chaînes de valeur autour de filières spécifiques (tel que le maritime et le fluvial) dans l'hydrogène. Au-delà de la région, les innovations en matière énergétique bénéficient à l'ensemble de la population.

Le CESER approuve la volonté de la Région de faire du Grand Port Maritime Nantes Saint-Nazaire le **premier grand port hydrogène de l'Atlantique**. Le trafic du Port, consacré à 70 % aux énergies fossiles, doit être réorienté. Le développement de l'activité du Port autour des énergies marines renouvelables et la fabrication d'hydrogène vert en complément, permet de s'appuyer sur ses atouts géographiques et technologiques, en particulier dans le transport gazier. Il pourrait s'appuyer sur le réseau électrique desservant la centrale de Cordemais. Toutefois, le CESER s'interroge sur la traduction de cette activité en matière de trafic pour le Port.

L'investissement dans la recherche constitue un enjeu majeur pour baisser le prix de l'hydrogène renouvelable et le rendre plus compétitif. Une piste importante de recherche consiste à limiter les pertes énergétiques pour améliorer le rendement lors de la fabrication de l'hydrogène par électrolyse, de sa compression, puis lors de son utilisation, qu'il s'agisse d'une conversion via des piles à combustibles, ou d'une utilisation directe par combustion.

La recherche doit donc être soutenue, qu'elle vienne du monde de l'entreprise ou des milieux académiques, et le CESER note positivement le soutien régional annoncé dans ce domaine. Il partage la volonté de la Région d'étudier la création d'un **technocampus régional sur les énergies renouvelables** favorisant la recherche collaborative et l'innovation. Il souhaite que cette initiative puisse rapidement aboutir afin d'accompagner et de renforcer les démarches collectives portées en Pays de la Loire.

Axe 4 : Maintenir et amplifier la dynamique autour de l'hydrogène en Pays de la Loire et saisir les opportunités nationales et internationales

Le CESER appuie la volonté de la Région d'animer le travail collectif, qui rentre pleinement dans son rôle de cheffe de file du développement économique.

Il considère nécessaire d'accentuer les coopérations interrégionales compte tenu de la mobilisation de plusieurs Régions sur l'hydrogène. Il s'agit de se saisir des atouts du territoire ligérien, notamment le dynamisme concernant les énergies marines renouvelables, mais aussi d'éviter les doublons et de développer les complémentarités dans le domaine de la recherche et de l'innovation.

3. Le budget de la feuille de route hydrogène

Enfin, d'un point de vue budgétaire, **le CESER salue l'ambition affichée par la Région** qui annonce la mobilisation de 70 millions d'euros d'ici 2030 pour la mise en œuvre de cette feuille de route hydrogène, hors budget transport. Au total, La Région prévoit que « *près de 100 millions d'euros pourront être mobilisés d'ici 2030 au travers de ces actions, y compris au travers des fonds européens* ». Le CESER salue la volonté d'utiliser les différentes sources de financement existantes, et sera attentif à la traduction budgétaire de cette ambition pour la Région et ses partenaires. Il souhaite que la Région puisse s'emparer des soutiens annoncés par l'État à l'occasion du lancement de son plan hydrogène en 2018.

Le CESER souhaite que ces annonces puissent se traduire rapidement par le vote d'autorisations d'engagement et de programme.