

PLAN DE RELANCE

LES CONDITIONS DU DÉPLOIEMENT DE L'HYDROGÈNE EN FRANCE

AOÛT 2020



FONDATION
NICOLAS HULOT
POUR LA NATURE
ET L'HOMME

RÉSUMÉ

Contrairement à ce qu'on entend parfois, l'hydrogène (H₂) utilisé aujourd'hui n'est pas une énergie verte : il est produit à partir d'énergies fossiles émettrices de gaz à effet de serre, en particulier le gaz et le charbon. Sa production émet 2 à 3 % des émissions de gaz à effet de serre de la France. Au préalable, la priorité est donc de décarboner la production d'hydrogène en employant la solution de l'électrolyse (eau et électricité) à partir d'électricité d'origine renouvelable. Une méthode encore coûteuse aujourd'hui. Les principaux secteurs actuellement consommateurs d'hydrogène (pétrochimie, engrais) devront progressivement décroître puis arrêter leur activité car ils sont incompatibles avec la lutte contre le changement climatique.

Il n'existe pas de consensus aujourd'hui sur la place à long terme de l'hydrogène vert, dans les scénarios de décarbonation massive. Ce qui est sûr, c'est que l'hydrogène n'est pas l'alpha et l'oméga des énergies de demain. C'est une solution parmi d'autres, qui présente un intérêt double :

- ▶ **Décarboner l'industrie et certains transports poids lourds ou ferroviaires longues distances.** A l'inverse, un usage généralisé pour les voitures individuelles n'est pas réaliste ni souhaitable car le rendement de l'hydrogène pour ces véhicules est de trois fois inférieur à celui du véhicule électrique. Autrement dit, dans le secteur des transports, l'hydrogène n'est pas la solution miracle pour maintenir le niveau et le type d'usages actuels de véhicules individuels. La seule solution climatique "miracle" dans le secteur de la mobilité, c'est celle de la sobriété : se déplacer plus localement, par des modes doux (vélo, marche à pied) ou des transports en commun quand c'est possible, ou par des flottes de véhicules électriques partagés, quand ça ne l'est pas dans les zones peu denses.
- ▶ **Créer à plus long terme des flexibilités pour le réseau électrique lors de la montée en puissance des énergies renouvelables,** dans le cadre d'un scénario 100 % énergies renouvelables pour la France (après 2035). L'hydrogène offre en effet une solution importante de stockage du surplus de l'électricité d'origine renouvelable. Des progrès importants en termes de coûts et de rendement énergétique restent à mener.

LES GRANDS PRINCIPES DE DÉPLOIEMENT DE L'HYDROGÈNE EN FRANCE SELON LA FNH

- 1. Décarboner la production d'hydrogène :** Avant d'imaginer de nouveaux usages pour l'hydrogène, d'abord faut-il parvenir à décarboner sa production. Il est aujourd'hui produit à partir du gaz et du charbon, générant ainsi 3% des émissions de gaz à effet de serre de la France.
- 2. Produire d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables :** L'hydrogène doit être produit à partir de sources d'énergies renouvelables par électrolyse. L'hydrogène produit à partir de sources fossiles ou nucléaires n'est pas une solution durable, compte tenu des émissions de CO₂ ou des risques qu'elle induirait.
- 3. Substituer les usages actuels de l'hydrogène - polluants - par de nouveaux usages, d'abord industriels, puis dans le secteur des transports poids lourds et enfin dans le stockage de l'électricité. Il faut prioriser ces usages compte tenu de la rareté de la ressource et de son coût.**
 - ▶ **80% des usages industriels actuels de l'hydrogène en France proviennent de secteurs incompatibles avec la transition écologique**, qui doivent rapidement réduire leur activité : pétrochimie, engrais chimiques... Ils pourront être substitués par d'autres usages industriels, qui feront encore partie de l'économie de la transition écologique, et qu'il faudra prioriser (métallurgie, sidérurgie, chimie, céramique notamment). En effet, il n'existe pas d'autre moyen de décarboner ces processus.
 - ▶ **ensuite, le transport de marchandises longues distances**, et notamment les poids lourds, ainsi que certaines lignes de transport ferroviaire ou de marchandises qui ne peuvent être électrifiées.
 - ▶ **après 2035 (d'après Réseau transport d'électricité), le stockage du surplus de production d'électricité d'origine renouvelable.**

ÉTAT DES LIEUX

L'hydrogène, un vecteur énergétique encore très carboné

Au niveau mondial, la consommation d'hydrogène est de 110 millions de tonnes (source RTE 2020¹). La totalité ou quasi-totalité de cet hydrogène mondial est produite à partir de sources fossiles :

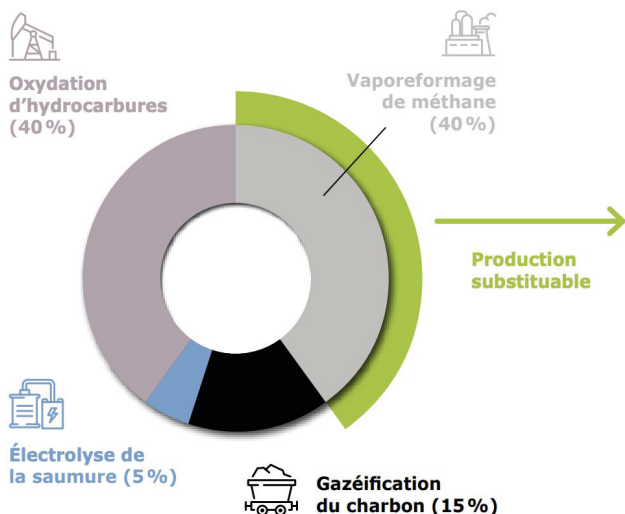
- ▶ 76% à partir de gaz fossile (absorbant ainsi 6% de la production mondiale de gaz fossile),
- ▶ 23% à partir de charbon (2% de la production mondiale de charbon).

La France consomme aujourd'hui 1 million de tonnes d'hydrogène par an, principalement à partir de gaz fossile. 60% de la production d'hydrogène est indirecte, générée par des processus industriels.

Ainsi, l'hydrogène n'est à ce jour pas une énergie "propre". On parle d'hydrogène "bleu", produit à partir de sources d'énergie conventionnelles.

On estime qu'au niveau mondial comme en France, 2 à 3% des émissions de gaz à effet de serre sont induites par la production d'hydrogène (10 MtCO₂e par an).

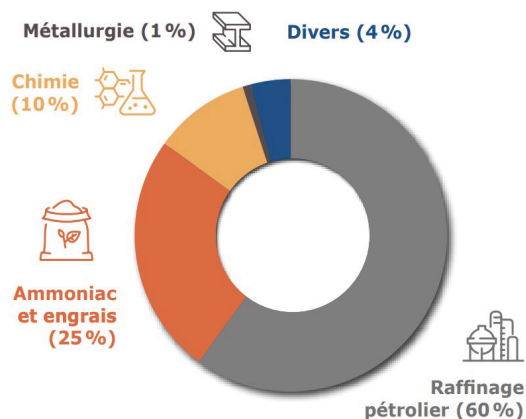
Les sources de production d'hydrogène aujourd'hui en France (Source RTE 2020)



La majeure partie des usages actuels d'hydrogène est dédiée à l'industrie.

80% des usages industriels de l'hydrogène en France ne correspondent pas à des activités vertueuses pour la transition écologique, au contraire : raffinage pétrolier, ammoniac et engrais chimiques, chimie et métallurgie. Dans le cadre de la transition écologique, ces secteurs polluants vont devoir se transformer et décroître, voire disparaître. D'autres se développeront. Il paraît alors évident que la consommation d'hydrogène dans ces secteurs se réduira et sera substituée par d'autres usages.

Consommation d'hydrogène en France aujourd'hui (Source RTE 2020)



1 - RTE, [la transition vers un hydrogène bas carbone, 2020](#)

L'Allemagne veut devenir la championne mondiale de l'hydrogène

Aujourd'hui, l'Allemagne ambitionne de devenir le leader mondial de l'hydrogène verte. Elle en a fait l'une des priorités de sa présidence de l'UE au 2^d semestre 2020. Dans le cadre de son plan de relance post-covid de 130 milliards d'euros, elle a annoncé investir 9 mds€ dans l'hydrogène : 7 Md€ dans le cadre du plan de relance, 2 Md€ dédiés à des partenariats avec des pays à fort potentiel de production d'énergie renouvelable (comme le Maroc pour le solaire). Les objectifs affichés sont importants : augmenter la capacité de production du pays à près de 5 GW d'ici 2030, et 10 GW avant 2040.

L'Allemagne veut développer puis exporter son savoir-faire. Un premier objectif est de décarboner l'industrie allemande, dont le gouvernement souhaite qu'elle continue à exporter. Le conglomérat allemand Thyssenkrupp a ainsi annoncé dans la foulée un partenariat avec le fournisseur d'électricité RWE pour utiliser de l'hydrogène durable dans une de ses aciéries à Duisbourg.

Mais le principal secteur visé par ce plan reste le secteur automobile, après les multiples scandales liés aux moteurs diesels frauduleux et alors que les constructeurs allemands ont pris du retard sur les véhicules à faibles émissions. Dans son plan de relance, Berlin avait ainsi refusé d'accorder une prime à l'achat aux véhicules non électriques. Mi-avril 2020, le constructeur automobile allemand Daimler et son concurrent Volvo ont annoncé une alliance pour construire des piles à hydrogène pour poids lourds dans le cadre d'une entreprise commune valorisée à 1,2 milliard d'euros. Le plan allemand ambitionne de dépenser des fonds dans la recherche et le développement. Berlin compte par ailleurs développer des réseaux de distribution et investir dans les infrastructures de transport.



Train à hydrogène Alstom Coradia iLint à l'InnoTrans 2016 à Berlin.

Et en France ?

La France s'est fixé comme objectif dans la loi de décarboner la production d'hydrogène, sans toutefois adopter les mesures pour les atteindre. Les objectifs fixés consistent en l'atteinte d'un taux d'hydrogène "bas-carbone" de 10 % à horizon 2023, et compris entre 20 et 40 % à horizon 2030. La France s'est également fixée d'avoir 5 000 véhicules utilitaires légers à hydrogène et 200 poids lourds (dont les bus, les TER, les bateaux et les camions) en 2023, et 100 stations de recharge, et souhaite développer les électrolyseurs.

Comme l'Allemagne, la France a annoncé que l'hydrogène ferait partie de son plan de relance, mais on ne connaît pas encore les montants ni les priorités. La dernière annonce, avant le départ de Nicolas Hulot du ministère de la Transition écologique et solidaire, était de seulement 100 millions d'euros. Depuis, le gouvernement a fait plusieurs annonces floues. Il a annoncé vouloir consacrer 1,5 milliard d'euros de financement public sur trois ans pour "parvenir à un avion neutre en carbone en 2035" grâce notamment à la propulsion à hydrogène.

LA PRIORITÉ, C'EST D'ARRIVER À PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE VERT

Produire de l'hydrogène, ce n'est pas simple. Produire de l'hydrogène propre, encore moins.

Le défi de la décarbonation de l'hydrogène est de taille. L'objectif de la Stratégie nationale bas carbone de la France est de décarboner 60% de la consommation actuelle d'hydrogène du pays d'ici 2035. D'après les modélisations de RTE, cela suppose de dédier 30 TWh soit 5% de la production d'électricité "décarbonée" (ne précise pas ENR ou nucléaire) de 2035 à cet effet, soit l'équivalent de la consommation de 12 millions de véhicules électriques.

Il y a deux manières principales de produire de l'hydrogène :

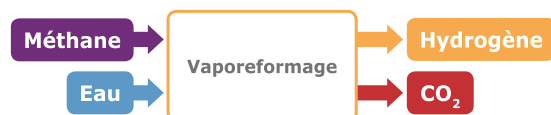
Par vaporeformage du méthane

Le vaporeformage est aujourd'hui la principale technologie pour produire de l'hydrogène, c'est aussi la moins chère. Elle émet du CO₂.

Certains promeuvent une technologie de vaporeformage associée au captage et stockage du CO₂ (CCS), mais cette technologie n'est pas encore mûre, et extrêmement coûteuse. Promue par les gaziers, elle leur sert d'argument pour présenter le gaz fossile comme une énergie de transition. Pour la FNH, ce n'est pas une solution durable ni envisageable. Elle maintient l'exploitation de gaz fossile et le risque de fuites de carbone et de CH₄ est important.

Production d'hydrogène par vaporeformage du méthane (Source RTE 2020)

- ▶ Production à partir de gaz naturel, émettrice de CO₂ (9 kg CO₂/kg H₂)



Par électrolyse

C'est la principale méthode de production de l'hydrogène décarboné, et celle sur laquelle la France semble miser. L'électrolyse associe eau et électricité.

L'électricité peut être d'origine renouvelable - alors on peut parler d'hydrogène "vert" - ou bien d'origine fossile ou nucléaire, comme c'est principalement le cas aujourd'hui (on parle d'hydrogène bleu).

Pour la FNH, la condition du déploiement de l'hydrogène est de pouvoir associer le déploiement des énergies renouvelables électriques à celui des électrolyseurs.

Le principal problème de l'électrolyse, c'est son faible rendement : 70-65%.

L'électrolyse est aussi plus coûteuse que le vaporeformage à ce jour, sauf à établir comme il le faudrait un prix du carbone conséquent, permettant d'intégrer les externalités négatives liées aux émissions de gaz à effet de serre (ex 375 € la tonne de CO₂ dans la trajectoire carbone Quinet).

TRANSPORTER ET STOCKER DE L'HYDROGÈNE, C'EST ÉGALEMENT COÛTEUX

Pour le transport comme pour le stockage d'hydrogène, le coût dépend fortement des lieux de production et de consommation de cette énergie.

Pour le transport, les caractéristiques physiques de l'hydrogène font peser des contraintes en termes de sécurité qui en augmentent le coût. Il peut néanmoins être transporté par voie terrestre (pipeline, camions) ou par voie maritime.

Selon l'ADEME, dans le cas d'infrastructures d'hydrogène pour l'avitaillement de véhicules, la distance entre production et consommation doit être inférieure à 100 km pour limiter l'impact CO₂.

Le stockage est une variable majeure dans le coût final de l'hydrogène. Pour le stocker, on peut utiliser d'anciennes cavités de stockage de gaz ou, si le potentiel géologique local le permet, des cavités salines. Les besoins en stockage d'hydrogène, et donc les coûts associés, dépendent des usages qui en sont faits (*cf. point suivant*). Par exemple, si l'hydrogène est utilisé comme solution pour stocker le surplus de production d'électricité d'origine renouvelable (*cf. encadré*), les besoins de stockage peuvent être plus importants.

L'ENJEU DU CHOIX DES USAGES FUTURS

RTE n'anticipe pas de développements majeurs de la consommation d'hydrogène en France d'ici à 2035, et donc de ses usages. Avant cette date, l'enjeu est de décarboner la consommation existante d'hydrogène. Les besoins pourraient cependant augmenter après 2035 : un exercice de modélisation que RTE est actuellement en train de mener et qui paraîtra pour partie en 2020 (100% ENR), et pour autre partie en 2021 (mix à 2050).

L'usage principal de l'hydrogène : l'industrie

L'intérêt de l'hydrogène vert réside principalement dans certaines industries qui ne seront pas amenées à disparaître à l'avenir compte tenu de la transition écologique : **métallurgie, sidérurgie, céramiques, verre, certaines chimies**. A l'inverse, on estime que les usages actuels d'hydrogène dédiés à la production d'engrais de synthèse ou à la pétrochimie seront progressivement supprimés en même temps que ces secteurs.

Un usage pour certains modes de transports, mais pas tous

Décarboner les transports lourds

Les transports lourds terrestres et professionnels, parcourant de longues distances, peuvent être décarbonés entre autres grâce à l'hydrogène : camions, lignes de trains fonctionnant au diesel, véhicules utilitaires légers parcourant de grandes distances. Les trains à hydrogène allemands, qui remplacent les trains fonctionnant au fuel, se ravitaillent dans des stations mutualisées avec les camions et les bus.

Quid de la voiture individuelle ?

Pour les véhicules individuels et les transports légers, l'hydrogène apparaît de prime abord comme une alternative séduisante au diesel ou à la voiture électrique, avec une autonomie de 500 à 700 km et sa rapidité de recharge. Néanmoins,

son rendement, même si il est plus important que les diesels ou essence, reste 3 fois plus faible que pour les véhicules électriques. Et son déploiement pour les véhicules légers n'est pas prêt actuellement. C'est pourquoi pour les véhicules individuels dont l'usage n'est pas substituable par un autre mode de transport, la priorité doit aller aux véhicules électriques.

Le véhicule à hydrogène : de quoi s'agit-il ?

- ▶ *Il s'agit d'un véhicule électrique alimenté par une pile à combustible.*
- ▶ *Stockage de l'hydrogène comprimé entre 350 (bus) à 700 bars (voitures).*
- ▶ *Il comporte une batterie (en particulier pour les pointes de puissance et la récupération d'énergie au freinage).*
- ▶ *L'hydrogène n'est pas la solution idéale pour la voiture individuelle : son rendement reste 3 fois inférieur aux véhicules électriques.*

Et l'aérien ?

Ce secteur sera la "dernière pierre" à l'édifice pour démontrer que l'hydrogène a du potentiel dans tous les domaines. Mais l'avion à hydrogène, ce n'est visiblement pas pour demain, ni après-demain. Pour la FNH, la priorité reste à la réduction du trafic aérien et au développement des alternatives (trains de nuit notamment).

UN USAGE A PLUS LONG TERME : LE STOCKAGE DU SURPLUS D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Le stockage de l'électricité est un usage distinct des usages énergétiques précités mais néanmoins essentiel dans le cadre d'une France **100 %** énergie renouvelable.

Avant 2035, RTE indique que les besoins ne sont pas suffisants et que le système électrique peut globalement supporter les variations de production et de consommation. D'ailleurs, la fourniture de services à l'équilibre offre-demande en électricité (pour éviter de faire pression sur le réseau électrique ou les risques de black out) constitue un marché de petite taille où la concurrence avec d'autres flexibilités est vive (gestion active de la demande, batteries).

Après 2035, en revanche d'après RTE, il serait utile d'après RTE d'avoir recours à l'hydrogène pour stocker les surplus d'électricité renouvelable et ainsi offrir des flexibilités au réseau électrique. Car dans un mix très fortement renouvelable, dans lequel l'éolien et le solaire jouent un rôle majeur avec une puissance installée plus importante que la pointe de puissance appelée par les consommateurs, le principal enjeu est de stocker et valoriser les nombreux et fréquents excédents.

Les électrolyseurs permettent ainsi de transformer en gaz l'électricité produite lors des pics de production et de restituer cette énergie, soit sous forme de gaz de synthèse (CH₄ ou hydrogène), soit d'électricité. Les électrolyseurs sont par nature flexibles et peuvent s'effacer lors des pointes de consommation.


Dans le cas où l'hydrogène est transformé à nouveau en électricité (*power-to-gas-to-power*) pour la restituer au réseau en cas de demande, le principal problème est le faible rendement énergétique de cette solution : 30% au total.

CONCLUSION

Le principe clé de la transition énergétique, c'est de réduire les consommations d'énergie par l'efficacité et la sobriété énergétiques, et de démultiplier les sources de production d'énergie via les énergies renouvelables décentralisées pour ne pas mettre tous nos oeufs dans le même panier. L'hydrogène est une solution énergétique parmi d'autres, et à ce titre il mérite d'être soutenu par la puissance publique dans le cadre du plan de relance.

Toutefois, le gouvernement devra veiller à appliquer les 3 principes cardinaux du déploiement de l'hydrogène selon la FNH :

- ▶ **Décarboner la production d'hydrogène**, puisqu'aujourd'hui elle est émettrice de gaz à effet de serre.
- ▶ **Produire de l'hydrogène à partir d'énergies renouvelables** : l'hydrogène doit être produit à partir de sources d'énergies renouvelables par électrolyse. L'hydrogène produit à partir de sources fossiles ou nucléaires n'est pas une solution durable, compte tenu des émissions de CO₂, des coûts et/ou des risques qu'elle induirait. Ainsi, le soutien public apporté à l'hydrogène dans le cadre du plan de relance ne peut se faire au détriment d'autres soutiens budgétaires dans la rénovation énergétique des bâtiments ou les énergies renouvelables.
- ▶ **Substituer la plupart des usages actuels de l'hydrogène par de nouveaux usages, d'abord industriels, puis dans le secteur des transports poids lourds et enfin dans le stockage de l'électricité. Il faut prioriser ces usages compte tenu de la rareté de la ressource et de son coût.**
 - > L'industrie : 80% des usages industriels actuels de l'hydrogène en France (pétrochimie, engrais chimiques...) doivent réduire leur activité dans le cadre de la transition et devront être substitués par d'autres usages industriels compatibles avec la lutte contre le changement climatique, et qu'il faudra prioriser (métallurgie, sidérurgie, chimie, céramique notamment). En effet, il n'existe pas d'autre moyen de décarboner ces processus.
 - > ensuite, le transport de marchandises longues distances, et notamment les poids lourds, ainsi que certaines lignes de transport ferroviaire ou de marchandises qui ne peuvent être électrifiées.
 - > après 2035 (d'après Réseau transport d'électricité), le stockage du surplus de production d'électricité d'origine renouvelable.



Créée en 1990, la FNH est reconnue d'utilité publique, apolitique et non confessionnelle. Face au péril écologique et climatique, la FNH est convaincue qu'il faut engager une métamorphose de nos sociétés vers des modèles basés sur la préservation du patrimoine naturel, l'accès équitable aux ressources, la solidarité et le bien-être de tous les êtres humains.

Elle s'est donnée pour mission d'engager la transition nécessaire pour y parvenir, en faisant émerger des solutions pérennes et en incitant au changement des comportements individuels et collectifs.

Justice sociale, nouveaux modèles économiques responsables et démocratie sont au cœur de toutes ses actions.

CONTACT

Célia Gautier, responsable Climat-Energie - c.gautier@fnh.org

