



**EXAMEN PROFESSIONNEL POUR L'AVANCEMENT  
AU GRADE DE TECHNICIEN SUPERIEUR EN CHEF  
DE L'ECONOMIE ET DE L'INDUSTRIE**

**SESSION 2021**



EPREUVE ECRITE D'ADMISSIBILITE N° 1

DU JEUDI 23 SEPTEMBRE 2021



**NOTE DE SYNTHÈSE**



**Note de synthèse permettant d'évaluer l'esprit d'analyse et de  
synthèse du candidat et sa capacité à composer de façon claire et  
structurée**



*(Durée : 4 heures - Coefficient : 2)*

**REMARQUES IMPORTANTES :**

- les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet (le sujet comporte une page d'énoncé et 34 pages de dossier documentaire)



## SUJET

# La filière hydrogène-énergie

---

Monsieur Bruno LE MAIRE, ministre de l'économie, des finances et de la relance et Madame Barbara POMPILI, ministre de la transition écologique ont déclaré, le 8 septembre 2020, que l'hydrogène allait occuper une place majeure dans le plan de relance et que le gouvernement allait investir 7 milliards d'euros dans son développement. Les ministres ont présenté la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France.

Il vous est demandé de réaliser une note de synthèse à partir des documents ci-joints, de 3 pages au maximum, en vous efforçant notamment :

- de présenter les enjeux de développement de la filière hydrogène-énergie avec ses atouts et ses faiblesses ;
- de définir les axes principaux de la stratégie nationale pour l'hydrogène décarboné ;
- d'identifier les pistes et les points de vigilance de son développement.

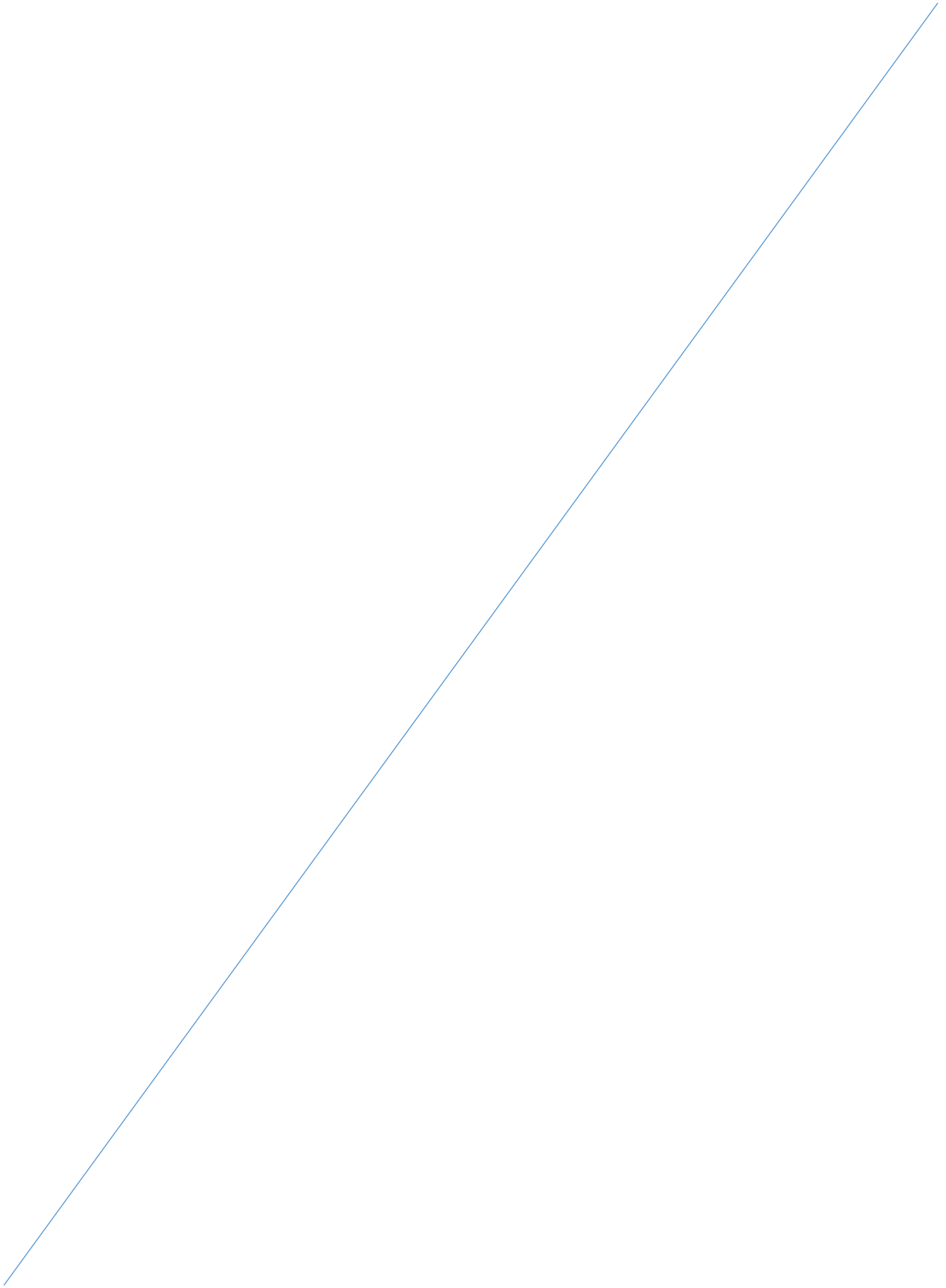
Dans la correction des copies, il sera tenu compte :

- du respect des 3 pages maximum ;
- de l'esprit de synthèse du candidat ;
- de la rigueur du plan ;
- de la qualité de l'expression écrite : clarté du style, richesse et précision du vocabulaire ;
- du respect des règles de français : orthographe, grammaire, ponctuation.

### Documents joints :

Document n° 1	RTE analyse les impacts d'un déploiement de l'hydrogène « bas carbone » - Connaissances des énergies – 23/01/2020	Pages 1 à 4
Document n° 2	Présentation de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France – Ministère de l'économie, des finances et de la relance – 09/09/2020	Pages 5 à 10
Document n° 3	Rapport au Président de la République relatif à l'ordonnance n°2021-167 du 17 février 2021 relative à l'hydrogène – JORF – 18/02/2021	Page 11
Document n° 4	L'hydrogène, trop gourmand en énergie pour être écologique – Reporterre – 01/02/2021	Pages 12 à 19
Document n° 5	La SNCF donne le coup d'envoi au TER hydrogène à la française – Les Echos – 07/04/2021	Pages 20 à 22
Document n° 6	Tout savoir sur l'hydrogène – IFP Energies Nouvelles	Pages 23 à 30
Document n° 7	ArcelorMittal Europe produira de l'acier vert à partir de 2020 – Arcelormittal – 10/2021	Pages 31 à 34

---



# RTE analyse les impacts d'un déploiement de l'hydrogène « bas carbone »

parue le 23 janvier 2020

Le gestionnaire de réseau RTE a publié le 22 janvier une étude visant à « *alimenter le débat public sur le déploiement de l'hydrogène bas carbone* »<sup>(1)</sup>. Ce qu'il faut en retenir.

## Consommation d'électricité

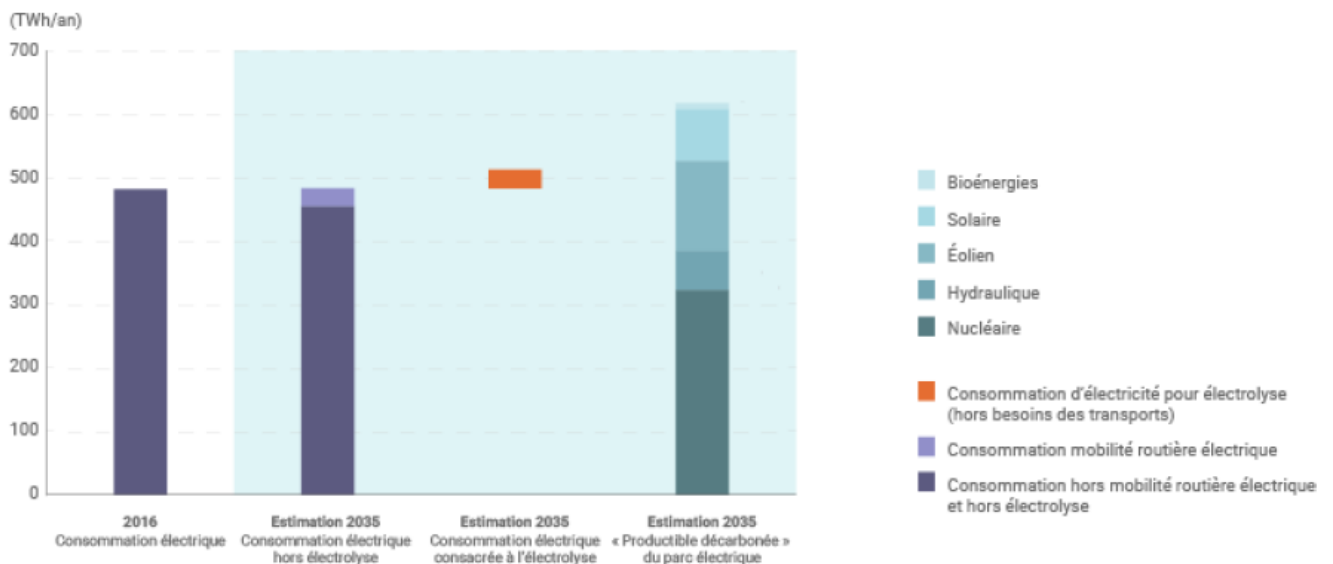
À l'heure actuelle, la France consomme près de 1 million de tonnes d'[hydrogène](#) par an pour des usages industriels (dans les secteurs du raffinage pétrolier, la production d'ammoniac et d'engrais et la chimie principalement), rappelle RTE. [La production de cet hydrogène provient à 95% de combustibles fossiles](#)<sup>(2)</sup>. Au total, elle entraînerait des émissions de CO<sub>2</sub> avoisinant 10 millions de tonnes par an, « *soit 2 à 3% des émissions nationales* », souligne RTE.

Parmi [les objectifs de la loi énergie-climat adoptée en novembre 2019](#)<sup>(3)</sup> figure l'ambition « *de développer l'hydrogène bas carbone et renouvelable et ses usages industriel, énergétique et pour la mobilité, avec la perspective d'atteindre environ 20 à 40% des consommations totales d'hydrogène et d'hydrogène industriel à l'horizon 2030* ».

Pour produire cet hydrogène bas carbone, « *la priorité porte sur le développement de l'électrolyse* » qui consiste à décomposer les molécules d'eau (H<sub>2</sub>O) en hydrogène (H<sub>2</sub>) et en dioxygène (O<sub>2</sub>). Ce processus, bien plus coûteux que le vaporeformage de méthane, nécessite de l'électricité qui doit elle-même avoir été produite par des sources décarbonées (renouvelables ou nucléaire) pour que l'hydrogène soit considéré « bas carbone ». Pour rappel, [la production d'électricité en France métropolitaine est décarbonée à près de 93%](#).

En cas de « *forte croissance de l'électrolyse au cours des prochaines années* » (et en suivant la trajectoire de [la stratégie nationale bas carbone](#)), RTE estime que la production d'hydrogène bas carbone par électrolyse pourrait induire « *une consommation supplémentaire de 30 TWh d'électricité à l'horizon 2035* » (par an pour une production annuelle d'environ 630 000 tonnes d'hydrogène)<sup>(4)</sup>. Cette consommation « *significative* » ne présenterait « *pas de difficulté technique* » (y compris du point de vue des appels de puissance)<sup>(5)</sup> selon le gestionnaire de réseau. Elle compterait pour « *moins de 5% du productible électrique décarboné total (nucléaire et renouvelable)* » qui pourrait avoisiner 615 TWh par an à l'horizon 2035 selon le gestionnaire de réseau.

## France Consommation électrique annuelle et « productible » du parc électrique décarboné (renouvelables et nucléaire) à l'horizon 2035\*



\* Sur la base des orientations publiques sur l'évolution du parc électrique en France métropolitaine.

Source : RTE, rapport *La transition vers un hydrogène bas carbone Atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2030-2035*, janvier 2020.

À l'horizon 2035, moins de 5% de la production décarbonée d'électricité pourrait être consacrée à l'électrolyse, selon les estimations de RTE. (©Connaissance des Énergies, d'après RTE)

### Émissions de CO<sub>2</sub> et coût de production de l'hydrogène

En remplaçant de l'hydrogène d'origine fossile par un hydrogène produit par électrolyse, RTE estime que la France pourrait réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de près de 6 millions de tonnes par an à l'horizon 2035 (sur la base d'un « transfert » de production annuelle de 630 000 tonnes d'hydrogène<sup>(6)</sup>), « soit l'équivalent de la fermeture des dernières centrales au charbon » ou « un peu plus de 1% des émissions nationales » annuelles.

RTE envisage dans son étude plusieurs conditions d'approvisionnement en électricité des électrolyseurs : uniquement lors des « périodes de surplus renouvelable ou nucléaire », sur le marché de l'électricité « en base, hors situation de tension » ou en couplant les électrolyseurs à des moyens de « production décarbonée » (par exemple des panneaux photovoltaïques).

Le gestionnaire souligne que la comparaison du coût complet de l'électrolyse avec celui du vaporeformage dépendra « fortement de la valorisation de l'externalité CO<sub>2</sub> » : pour une hypothèse de valorisation faible du CO<sub>2</sub> (30 €/t), le coût complet de l'électrolyse apparaît ainsi « très largement supérieur » à celui du vaporeformage dans les estimations de RTE (entre 2/3 et presque 4 fois plus cher selon les modes de fonctionnement des électrolyseurs), « même en tenant compte de baisses de coûts importantes des électrolyseurs ».

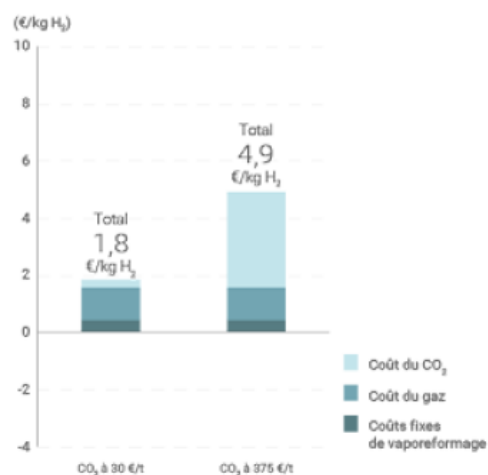
Selon RTE, il apparaît en revanche « pertinent d'un point de vue socio-économique, de substituer l'électrolyse au vaporeformage dans les quinze prochaines années » dans le cas d'une forte valorisation de l'externalité CO<sub>2</sub>, « par exemple en considérant la valeur tutélaire du

carbone à l'horizon 2035 (375 €/t) » (conformément au rapport Quinet publié par France Stratégie début 2019<sup>(7)</sup>).

## Hydrogène Comparaison des coûts collectifs du vaporeformage et de l'électrolyse

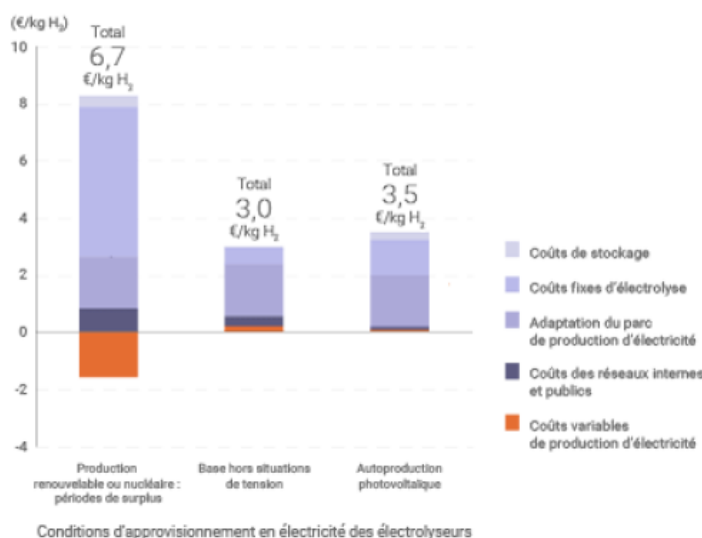
### Vaporeformage

Le coût collectif du vaporeformage :  
- l'investissement dans les vaporeformeurs  
- le coût du gaz



### Électrolyse

Le coût collectif de l'hydrogène par électrolyse :  
- l'investissement dans les électrolyseurs et le stockage  
- le coût de production et d'acheminement de l'électricité



Source : RTE, rapport La transition vers un hydrogène bas carbone Atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2030-2035, janvier 2020.

Dans le cas d'un fonctionnement des électrolyseurs limité aux « *périodes de surplus d'énergie renouvelable ou nucléaire* », le coût de production de l'hydrogène bas carbone resterait très élevé « *car les électrolyseurs ne tourneraient pas assez pour justifier l'investissement initial* ». (©Connaissance des Énergies, d'après RTE)

### Outil de flexibilité du réseau électrique

RTE rappelle dans son rapport deux « *raisons bien distinctes* » pour développer l'hydrogène bas carbone. Ce vecteur doit permettre de décarboner des usages (dans l'industrie aujourd'hui « *et demain pour la mobilité lourde ou en injectant de l'hydrogène bas carbone dans les réseaux gaziers* ») mais aussi contribuer à plus long terme à la flexibilité du réseau électrique (notamment dans des scénarios de fort développement des installations éoliennes et solaires à production variable) : « *la capacité des électrolyseurs à faire varier leur niveau de consommation électrique en quelques secondes leur offre la possibilité technique de fournir des services au système électrique, pour l'équilibre offre-demande et pour l'exploitation du réseau* ». L'hydrogène constituerait ainsi « *une solution de stockage et déstockage* » (c'est le principe du « *power-to-gas-to-power* »<sup>(8)</sup>).

RTE indique que « *les analyses menées dans le cadre du schéma de réseau publié en septembre 2019 montrent que la valeur (du recours à l'hydrogène) associée à la résolution des congestions reste faible par rapport à d'autres solutions (développement de réseau, écrêtements localisés), y compris dans des zones de fort développement des énergies renouvelables* ». Le gestionnaire mentionne toutefois « *un cas d'intérêt particulier : la localisation d'électrolyseurs sur les côtés* »

*normandes pour contribuer à la résolution des congestions sur le réseau de l'axe Normandie-Manche-Paris en cas de fort développement de la production électrique (éolien en mer et nucléaire) sur cette zone ».*

Précisons que l'étude de RTE sur l'hydrogène bas carbone s'inscrit dans un programme plus large consacré aux nouveaux usages de l'électricité à l'horizon 2020-2035. Le gestionnaire de réseau a notamment présenté [un rapport consacré à la mobilité électrique en mai 2019](#) et doit prochainement publier une autre étude consacrée au chauffage dans le secteur du bâtiment (en collaboration avec l'Ademe).

#### Sources / Notes

1. [La transition vers un hydrogène bas carbone : Atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2030-2035, RTE, janvier 2020.](#)
2. Une partie de cette production carbonée est « fatale et inhérente aux activités industrielles concernées » (électrolyse de la saumure pour la production de chlore, oxydation des coupes pétrolières dans le cadre du raffinage, gazéification du charbon) et environ 40% est par ailleurs produite par vaporeformage du méthane.
3. [Projet de loi relatif à l'énergie et au climat.](#)
4. Selon RTE, la consommation d'électricité dédiée à l'électrolyse pourrait s'élever à 50 TWh à l'horizon 2050.
5. Les électrolyseurs « *par nature flexibles* » pourront « *s'effacer lors des points de consommation* », souligne RTE.
6. « *Étant donné que le vaporeformage du gaz naturel conduit à émettre environ 9 kg de CO<sub>2</sub> par kg d'hydrogène produit* ».
7. [Rapport de la commission présidée par Alain Quinet La valeur de l'action pour le climat : Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques, France Stratégie, février 2019.](#)
8. Qui souffre toutefois d'un faible rendement énergétique : entre 25% et 35% selon les technologies actuelles.



Accueil du portail › Industrie › **Présentation de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France**

## **Présentation de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France**

09/09/2020

La ministre de la Transition écologique, Barbara Pompili et le ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, Bruno Le Maire, ont présenté, le 9 septembre, la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France devant l'association française pour l'hydrogène et les piles à combustible (AFHYPAC) et l'ensemble des acteurs et partenaires de la filière.



©@BrunoLeMaire

## L'hydrogène décarboné, une priorité

### Qu'entend-on par "hydrogène décarboné"?

**L'hydrogène est dit « décarboné » quand ni sa production ni son utilisation n'émettent de CO<sub>2</sub>.** Compte tenu de son mix électrique faiblement émetteur de CO<sub>2</sub>, la France dispose d'atouts pour fabriquer l'hydrogène décarboné. L'hydrogène est couramment utilisé dans l'industrie pétrolière et chimique, pour une consommation française totale de l'ordre de 900 000 tonnes par an. Il s'agit, en grande majorité, d'hydrogène carboné qui engendre de l'ordre de 9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

### Moins de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

**Le recours à l'hydrogène décarboné permettra ainsi de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.** Cela contribuera à atteindre l'objectif qui a été fixé dans le cadre de la stratégie nationale bas carbone pour l'industrie : 53 millions de tonnes émises par an en 2030 contre 80 millions de tonnes émises par an aujourd'hui.

[En savoir plus sur la stratégie nationale bas carbone](#)

### Un vecteur d'énergie

L'hydrogène peut aussi être utilisé comme un vecteur d'énergie pour de nombreuses applications de mobilité, en particulier la mobilité lourde, notamment le transport collectif de personnes et le transport de marchandises, là où les solutions à base de batteries sont plus difficiles à mettre en œuvre. Il présente l'avantage de ne rejeter que de l'eau, ce qui permet d'éliminer les émissions:

- ▶ de particules,
- ▶ de soufre,
- ▶ d'oxyde d'azote

Il contribue à l'amélioration de la qualité de l'air.

## Un axe prioritaire d'investissement pour la France

La stratégie pour le développement de l'hydrogène décarboné constitue un axe prioritaire d'investissement pour la France, compte tenu :

- ▶ des enjeux environnementaux : l'hydrogène est pourvoyeur de nombreuses solutions pour décarboner l'industrie et les transports,
- ▶ des enjeux économiques : l'hydrogène offre l'opportunité de créer une filière et un écosystème industriels créateurs d'emplois,
- ▶ des enjeux de souveraineté énergétique : pour réduire notre dépendance vis-à-vis des importations d'hydrocarbures,
- ▶ des enjeux d'indépendance technologique : pour valoriser les atouts dont dispose la France dans la compétition mondiale.

# Un plan hydrogène dès 2018 en France

**Barbara Pompili, ministre de la Transition écologique et Bruno Le Maire, ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance :**

“ La France a été parmi les premiers pays à identifier tout le potentiel de l'hydrogène notamment sa capacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en étant compétitif. Dès 2018, notre pays a fait le choix de soutenir la filière et y a consacré des moyens dans le cadre du Programme d'investissement d'avenir (PIA). L'enjeu est écologique, technologique et économique. Il s'agit de créer et structurer un écosystème industriel de pointe qui soit compétitif à l'international. ”

Le soutien apporté par l'État à la filière, ces trois dernières années, a été important :

- ▶ le programme d'investissements d'avenir (PIA) a mobilisé plus de 100 millions d'euros en soutenant la mise en œuvre de démonstrateurs et la prise de participation dans des entreprises à fort potentiel,
- ▶ [l'agence nationale de la recherche \(ANR\)](#) a soutenu la recherche publique en mobilisant plus de 110 millions d'euros sur les 10 dernières années,
- ▶ [Bpifrance](#) a accompagné de nombreuses startup ou des PME dans leurs projets d'innovation et de développement technologiques,
- ▶ [L'Ademe](#) a soutenu le déploiement de la mobilité hydrogène en apportant 80 millions d'euros,
- ▶ [La banque des Territoires](#) a soutenu des projets de déploiements portés par les collectivités.

## La stratégie nationale

La stratégie nationale présentée repose sur :

- ▶ une **vision stratégique** consolidée depuis plus d'un an,
- ▶ une **large consultation** de l'ensemble des acteurs de la recherche, des entreprises, ou encore des institutionnels,...

Celle-ci a permis d'identifier :

- ▶ les verrous à lever en recherche et développement (R&D),
- ▶ les freins au passage à l'échelle industrielle,
- ▶ les opportunités de massification et les besoins de soutien en fonds propres.

## Les objectifs

Le développement des technologies de l'hydrogène représente une opportunité, tant dans les territoires qu'à l'échelle européenne, pour :

- ▶ **accélérer la transition écologique,**
- ▶ **créer une filière industrielle dédiée.**

La stratégie fixe ainsi 3 objectifs :

1. installer suffisamment d'électrolyseurs pour apporter une contribution significative à la décarbonation de l'économie
2. développer les mobilités propres en particulier pour les véhicules lourds
3. construire en France une filière industrielle créatrice d'emplois et garante de notre maîtrise technologique.

## Une stratégie de 7 milliards d'euros avec 3 priorités

Barbara Pompili, ministre de la Transition écologique et Bruno Le Maire, ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance :

“ Nous accélérerons massivement ces investissements en engageant, d'ici 2030, 7 milliards d'euros, dont 2 milliards d'euros dès le plan de relance. Notre objectif est clair : conjuguer le développement technologique et la transition écologique. ”

[Développer une filière d'hydrogène vert en France : en savoir plus](#)

### Première priorité : décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française de l'électrolyse

- ▶ **Faire émerger une filière française de l'électrolyse.** La stratégie retient l'électrolyse qui apparaît comme le plus prometteur des procédés, sur lequel la France dispose déjà d'industriels à fort potentiel. Le marché de la production d'hydrogène décarboné par électrolyse doit évoluer vers des projets de plus grande taille et de plus importante capacité. La France se fixe ainsi un objectif de 6,5 GW d'électrolyseurs installés en 2030.
- ▶ **Décarboner l'industrie en remplaçant l'hydrogène carboné.** L'objectif est de remplacer les procédés de production à partir de combustibles fossiles pour décarboner cet hydrogène. C'est un des axes de la programmation pluri-annuelle de l'énergie.

### Deuxième priorité : développer une mobilité lourde à l'hydrogène décarboné

- ▶ **Développer une offre de mobilité lourde à l'hydrogène.** Particulièrement adaptée aux véhicules lourds, les technologies de l'hydrogène offrent une capacité de stockage complémentaire à celle des batteries électriques. L'hydrogène répond aux besoins de fortes puissances motrices ou aux besoins de longue autonomie, notamment pour les flottes captives parcourant de longues distances à flux tendus. Le déploiement de l'hydrogène sur ce segment répond à l'objectif de décarbonation de ces mobilités dites « lourdes ».
- ▶ **Développer des projets territoriaux d'envergure en incitant à mutualiser les usages.** Pour accélérer le déploiement des mobilités professionnelles à l'hydrogène sur le territoire national, la stratégie propose la mutualisation de la demande, à la fois dans le secteur industriel et dans celui de la mobilité, à l'échelle des territoires. Il s'agit de faire émerger des partenariats forts entre collectivités et industriels afin de synchroniser au mieux l'émergence de l'offre et le développement des usages.

### Troisième priorité : soutenir la recherche, l'innovation et le développement de compétences afin de favoriser les usages de

## demain

- ▶ **Soutenir la recherche et l'innovation.** Pour accélérer la préparation de la future génération des usages de l'hydrogène, la stratégie propose un ensemble d'outils qui permettront de poursuivre l'effort de R&D dans le domaine de l'hydrogène et rester à la pointe au niveau international, la France possédant une recherche de premier plan dans ce domaine, de soutenir l'innovation en faveur de l'industrialisation de nouvelles technologies.
- ▶ **Développer les compétences.** La stratégie mise sur le renforcement des compétences, afin de soutenir le développement des usages de l'hydrogène sur le territoire. L'enjeu est de former à la spécificité du gaz hydrogène et de ses utilisations, aux composants et aux modalités d'intervention.

## Un enjeu européen

**Barbara Pompili et Bruno Le Maire, ministre de l'Économie :**

“ Cette stratégie nationale s'inscrit dans une logique européenne. Si nous voulons acquérir et conserver un avantage compétitif, si nous voulons rester au meilleur niveau mondial et devancer les industries américaines et asiatiques sur le long terme, nous devons unir nos forces à l'échelle européenne, en faisant collaborer les chercheurs, en facilitant les coopérations industrielles et en regroupant nos financements. ”

La commission européenne a publié le 8 juillet 2020, dans la continuité des travaux sur les chaînes de valeur stratégiques, sa stratégie hydrogène pour l'Union européenne. L'Europe consacre ainsi l'hydrogène comme une technologie clé pour :

- ▶ **atteindre ses objectifs climatiques,**
- ▶ **la création d'emplois industriels.**

## Les appels à projets

**Dès 2020 :**

- ▶ **Appel à projets (AAP) « hub territoriaux d'hydrogène »** par l'[Ademe](#) pour le déploiement, par des consortiums réunissant des collectivités et des industriels fournisseurs de solutions, d'écosystèmes territoriaux de grande envergure regroupant différents usages (industrie et mobilité), pour favoriser au maximum des économies d'échelle. Cet appel à projet sera doté de 275 millions d'euros d'ici 2023.
- ▶ Appel à projets (AAP) « Briques technologiques et démonstrateurs » : cet AAP vise, dans son volet « briques technologiques » à développer ou améliorer les composants et systèmes liés à la production et au transport d'hydrogène, et à ses usages tels que les applications de transport ou de fourniture d'énergie. Il pourra également soutenir des projets de démonstrateurs intégrant une forte création de valeur en France et permettant à la filière de développer de nouvelles solutions et de structurer la filière. Cet AAP est doté de 350 millions d'euros jusqu'en 2023.
- ▶ Mobilisation des dispositifs d'investissement en fonds propres du PIA pour financer les entreprises nécessitant un soutien au développement de technologies innovantes (fonds écotechnologies), à l'industrialisation (fonds des sociétés de projets industriels (SPI) ou au lancement de premières commerciales dans le domaine des infrastructures énergétiques (Ademe Investissements).

### 2021

- ▶ **Construction d'un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC/IPCEI) sur l'hydrogène, à l'instar du projet européen sur les batteries.** Ce projet pourra par exemple soutenir la R&D et l'industrialisation d'électrolyseurs pour produire de l'hydrogène décarboné et déployer ces solutions dans l'industrie. Ce projet pourra également concerner des projets de « gigafactory » d'électrolyseurs en France, ainsi que l'industrialisation d'autres briques technologiques (piles à combustible, réservoirs, matériaux...), dans une logique d'intégration de la chaîne de valeur au niveau européen. La France réservera une dotation financière exceptionnelle de 1,5 milliards d'euros dans le cadre de cette action.
- ▶ **Appel à manifestation d'intérêt dans le cadre du programme prioritaire de recherche (PPR) « applications de l'hydrogène »** : opéré par l'[ANR](#), ce PPR permettra de soutenir la recherche en amont et de préparer la future génération des technologies de l'hydrogène (piles, réservoirs, matériaux, électrolyseurs...). Il contribuera à l'excellence française dans la recherche sur l'hydrogène et sera doté de 65 millions d'euros.

### 2022

**Appel d'offres** dans le cadre du mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné, par complément de rémunération.

## Presse

 [Discours de Bruno Le Maire](#) 08/09/2020 [PDF ; 513 Ko]

 [Dossier Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France](#) 08/09/2020 [PDF ; 1 045 Ko]

# Décrets, arrêtés, circulaires

## TEXTES GÉNÉRAUX

### MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

#### Rapport au Président de la République relatif à l'ordonnance n° 2021-167 du 17 février 2021 relative à l'hydrogène

NOR : TRER2018536P

Monsieur le Président de la République,

L'article 52 de la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat habilite le Gouvernement à prendre par ordonnance toute mesure dans le domaine de la loi aux fins notamment de définir un cadre de soutien et de traçabilité de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone.

La présente ordonnance que nous soumettons à votre approbation définit les différents types d'hydrogènes qui feront l'objet de régimes particuliers, hydrogène renouvelable, bas carbone ou carboné. Il prévoit deux systèmes de traçabilité de l'hydrogène pour que son caractère bas-carbone ou renouvelable puisse être connu de l'acheteur ou que cet acheteur sache que l'achat de la garantie constitue un soutien effectif à une filière vertueuse. Les garanties d'origine et de traçabilité seront gérées par un organisme indépendant, sur le modèle de celui qui existe déjà pour les garanties d'origine de l'électricité renouvelable. Ce système doit pouvoir accueillir les garanties délivrées par nos voisins européens conformément à la directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

L'ordonnance prévoit également la mise en place d'un mécanisme de soutien pour les filières de production d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone par électrolyse de l'eau. Ce mécanisme consiste en une phase de présélection puis en une phase de dialogue compétitif, afin de pouvoir sélectionner les candidats et ajuster les niveaux de soutien dont ils bénéficient dans le cadre d'un contrat offrant un complément de rémunération et, selon les cas, d'une aide à l'investissement.

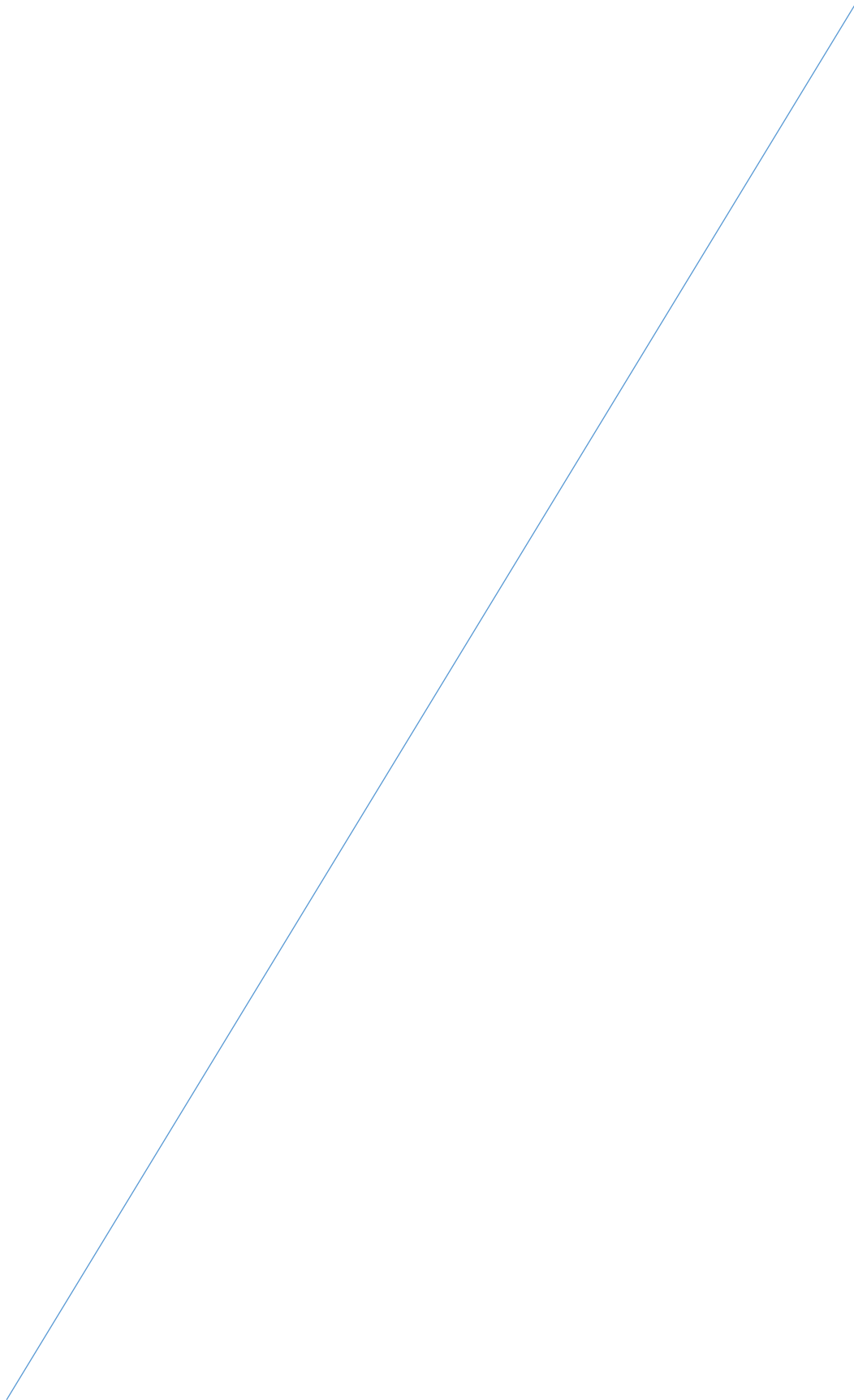
Elle introduit enfin plusieurs dispositions relatives à l'injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz naturel. Le projet d'ordonnance prévoit, d'une part, que, en cas d'injection, les gestionnaires des réseaux de transport et de distribution de gaz naturel doivent mettre en œuvre les dispositions nécessaires pour assurer le bon fonctionnement et l'équilibrage des réseaux, la continuité du service d'acheminement et de livraison du gaz naturel et la sécurité des biens et des personnes. D'autre part, il est proposé la mise en place d'un dispositif de garanties d'origine du gaz renouvelable injecté dans le réseau de gaz naturel, auquel serait éligible l'hydrogène renouvelable injecté dans le réseau de gaz naturel.

Enfin, cette ordonnance prévoit deux modifications mineures de la législation en vigueur. D'une part, une modification du code minier visant à étendre le régime légal applicable au stockage souterrain à l'hydrogène ; d'autre part, une extension des pouvoirs d'enquête et de contrôle prévus par le code de l'énergie (et applicables à l'électricité et au gaz) à l'hydrogène.

Ce texte sera complété d'un décret en Conseil d'Etat et d'un autre décret pour son application.

Tel est l'objet de la présente ordonnance que nous avons l'honneur de soumettre à votre approbation.

Veillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de notre profond respect.





Enquête – Économie

## L'hydrogène, trop gourmand en énergie pour être écologique



Celia Izoard (Reporterre)

1er février 2021 à 09h35, Mis à jour le 22 février 2021 à 10h35

Durée de lecture : 11 minutes

**ENQUÊTE 1/3 — Les plans de relance gouvernemental et européen font la part belle à l'hydrogène, qui serait l'énergie « verte » de l'avenir. Pourtant, la production de ce gaz pose de nombreux défis écologiques et l'enjeu de cette conversion paraît davantage économique que climatique.**

*Cet article est le premier d'une enquête en trois volets consacrée à l'hydrogène. Le deuxième volet : « Le plan hydrogène français entérine discrètement la relance du nucléaire » ; le troisième : « L'hydrogène, un rêve industriel mais pas écologique ».*

En décembre dernier, une nouvelle publicité est apparue dans nos journaux. Entreprise en pointe du stockage de carburant, Plastic Omnium y montrait un verre d'eau, avec ce message : « *Voilà tout ce qu'on rejette en roulant à l'hydrogène.* » Un carburant fantastique qui ne rejette que de l'eau, voici la promesse qui accompagne le lancement de plans hydrogène dans le monde entier. Demain, selon ce discours, les camions, les avions et les trains rouleront à l'hydrogène, les usines tourneront à l'hydrogène, la pollution et les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) chuteront et la catastrophe climatique sera évitée. En France, le gouvernement a promis de dépenser plus de sept milliards d'euros sur dix ans pour développer ce nouveau vecteur d'énergie. Et pour piloter cette grande transformation, il vient de créer un Conseil national de l'hydrogène, rassemblant une palette de patrons d'entreprises aujourd'hui peu connues pour leur engagement contre le réchauffement climatique : Total, Air Liquide, Engie, Airbus, KemOne, ArcelorMittal, Faureci [1].

Revenons à notre verre d'eau. Il est question d'un véhicule dont le réservoir stocke de l'hydrogène [2], gaz qui est soit utilisé comme carburant d'un moteur à combustion interne, soit pour alimenter une pile à combustible faisant fonctionner un moteur électrique. Le pot d'échappement rejette de la vapeur d'eau et non des particules nocives et du CO<sub>2</sub> issus de la combustion des dérivés pétroliers. En revanche, que les véhicules soient thermiques ou électriques, à hydrogène ou pas, près de la moitié (environ 46%) des particules fines qu'ils émettent résulte de l'abrasion des freins, des pneus et des revêtements routiers, car aucun véhicule ne rejette « *que de l'eau* » [3].

## **L'hydrogène est dit « vert » quand cette électricité est issue de sources renouvelables**

Mais la question essentielle est : d'où vient l'hydrogène qui fait rouler ce véhicule ? L'hydrogène (H<sub>2</sub>) pur est très peu présent à l'état naturel. Cette rareté fait que la totalité de l'hydrogène utilisé est produite industriellement selon divers procédés. Aujourd'hui, plus de 95 % de l'hydrogène produit dans le monde est issu du méthane, du pétrole ou du charbon [4], par des procédés très polluants [5], notamment en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Le message de la publicité de Plastic Omnium est donc mensonger : même en oubliant les particules émises par le véhicule hors pot d'échappement, la production de l'hydrogène qui le fait rouler rejette beaucoup de CO<sub>2</sub>. Enfin, pour l'instant, espèrent les partisans de ce vecteur d'énergie, car tout l'enjeu des plans

hydrogène est de « *décarboner* » cette production à l'horizon 2030 ou 2050.

Comment faire ? C'est là qu'intervient un autre procédé de production de l'hydrogène, connu depuis plus d'un siècle : l'électrolyse de l'eau, qui, grâce à un courant électrique, permet de décomposer l'eau (H<sub>2</sub>O) en oxygène (d'un point de vue chimique, du dioxygène, O<sub>2</sub>) et en hydrogène (d'un point de vue chimique, du dihydrogène H<sub>2</sub>). Mais, si le principe est simple, il demande 1. une production en série de gigantesques électrolyseurs, eux-mêmes grands consommateurs de métaux ou de produits toxiques [6] ; 2. des quantités d'électricité considérables pour l'électrolyse elle-même.

L'hydrogène est dit « *vert* » quand cette électricité est issue de sources renouvelables, et « *jaune* » quand elle provient des réacteurs nucléaires, peu émetteurs de CO<sub>2</sub> [7]. Il existe aussi un hydrogène « *bleu* » qui, lui, n'est pas produit par électrolyse, mais reformage de gaz fossile dont on tente ensuite de capturer les émissions de carbone. Pour achever de brouiller les pistes dans ce labyrinthe énergétique, il est aussi question d'hydrogène « *propre* », « *zéro émission* » ou « *décarboné* ». C'est clair comme un verre d'eau... polluée.

## **Faire rouler d'ici 2030 cent mille camions à l'hydrogène décarboné**

Dans le cadre de sa « *stratégie de l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre* », présentée en juillet 2020, l'Union européenne a validé l'objectif des industriels du secteur, qui est de faire rouler d'ici 2030 cent mille camions à l'hydrogène décarboné. Car le système du véhicule électrique avec batteries ne convient pas aux mobilités lourdes, sauf à embarquer des batteries excessivement pesantes. Le plan est donc de faire rouler à l'hydrogène les transports longue distance : frets routier, maritime, aérien. Notons que cet objectif de cent mille camions est très modeste au regard des trois millions de camions qui parcourent l'Europe.

À la demande de *Reporterre*, une équipe de chercheurs de l'Atelier d'écologie politique a calculé combien d'électricité serait nécessaire pour faire rouler les camions grâce à de l'hydrogène produit par électrolyse avec de l'électricité non fossile [8]. Résultat : pour alimenter cent mille camions de plus de seize tonnes parcourant une moyenne de 160.000 km/an, il faudrait 92,4 TWh/an (térawattheures par an), soit quinze réacteurs nucléaires ou 910 km<sup>2</sup> de panneaux solaires. Et si on cherchait à remplacer la totalité du parc de poids

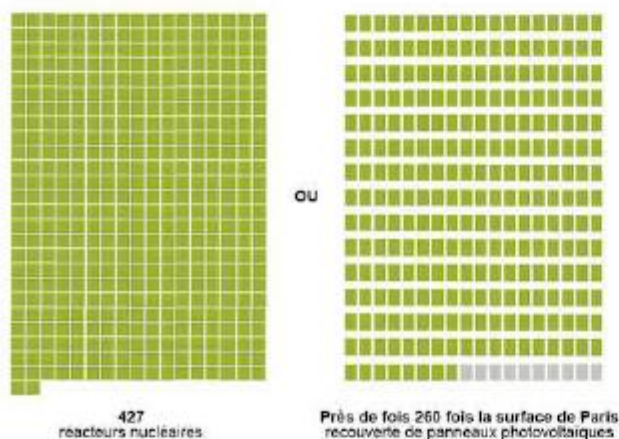
lourds en faisant rouler trois millions de camions à l'hydrogène, il faudrait alors 2.772 TWh/an, soit 427 réacteurs nucléaires ou 27.200 km<sup>2</sup> de panneaux solaires, c'est-à-dire plus de deux fois la taille de l'Île-de-France !

### Pour faire rouler les camions à l'hydrogène, la note d'électricité sera très salée pour l'Europe

Pour produire l'électricité nécessaire pour faire rouler 100.000 camions à l'hydrogène, il faudrait l'équivalent de :



Pour produire l'électricité nécessaire pour faire rouler la totalité du parc européen, soit 3 millions de camions à l'hydrogène, il faudrait l'équivalent de :



Notes : Il y a actuellement 56 réacteurs nucléaires dans 18 centrales en France dont 14327 La surface de Paris (105,8km<sup>2</sup>) inclut les bois de Boulogne et de Vincennes Source : Afecopol, atelier d'éco-citoyenneté

Reporterre  
LE JOURNAL DE L'ÉCOLOGIE

Mais le plan hydrogène du gouvernement, présenté le 8 septembre 2020, comme celui de l'Union européenne, vise en premier lieu, pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, à décarboner la production d'hydrogène déjà utilisée par l'industrie lourde.

### Il faudrait 33 km<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques, soit 4.622 terrains de football – pour une seule usine

La France consomme aujourd'hui chaque année près de 900.000 tonnes d'hydrogène, en grande partie de l'hydrogène carboné, qui engendre de l'ordre de 9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Le gaz est quasi exclusivement utilisé pour le

raffinage des produits pétroliers, la production d'ammoniac (engrais azotés) ou encore celle du méthanol destiné à la production de plastiques. Il s'agit donc d'avoir recours à un hydrogène « *décarboné* » destiné à l'industrie lourde. Prenons, par exemple, l'usine d'engrais azotés Boréal Grand-Quevilly, en banlieue de Rouen (Seine-Maritime), à deux pas de l'usine Lubrizol : elle produit 400.000 tonnes d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) par an à partir d'hydrogène. Selon l'Atelier d'écologie politique, pour alimenter cette production en hydrogène produit par électrolyse à partir d'électricité renouvelable, il faudrait 33 km<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques, soit 4.622 terrains de football – pour une seule usine ! Comment trouver de telles surfaces sans englober des terres arables et des forêts ?

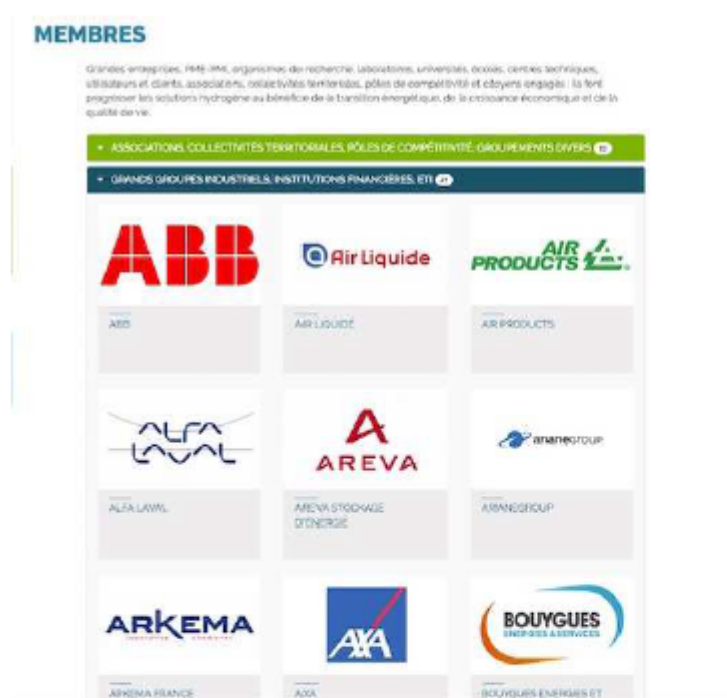
Justement, en Gironde, Engie et Neoen s'apprêtent à raser 1.000 hectares de pins maritimes pour implanter un complexe photovoltaïque et un site de production d'hydrogène. S'il voit le jour, ce complexe sera l'un des plus grands sites photovoltaïques d'Europe ; il représente pourtant moins d'un tiers de ce qu'il faudrait pour décarboner l'usine Boréal Grand-Quevilly.

Dernier exercice de mathématique : combien d'électricité faudrait-il pour remplir un seul des objectifs de la stratégie européenne à l'horizon 2030, celui consistant à remplacer l'hydrogène fossile actuellement consommé par l'industrie européenne (pétrochimie et engrais) par de l'hydrogène issu de l'électrolyse à partir d'électricité renouvelable ? Là encore, les chercheurs de l'Atelier d'écologie politique ont fourni quelques ordres de grandeur. En tenant compte des pertes liées à la compression et au transport, il faudrait 558 TWh d'électricité : l'équivalent de 86 réacteurs nucléaires ou 5.470 km<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques, soit la superficie du département de l'Ardèche. Quant à l'ambition pour 2050, qui est de produire 2.250 TWh/an d'hydrogène par électrolyse, elle nécessite simplement de multiplier par sept ce qu'on vient d'énoncer.

### **« Créer un marché de 130 milliards d'euros à l'horizon 2030, et de 820 milliards à l'horizon 2050 »**

Thierry Lepercq, auteur de *Hydrogène, le nouveau pétrole* (Cherche Midi, 2019) et conseiller des grands groupes gaziers, envisage cette croissance fulgurante de la consommation d'électricité avec une certaine désinvolture : « *Pour remplacer les combustibles fossiles en Europe, il nous faudrait 15.000 TWh/an [soit cinq fois la consommation actuelle de l'UE, autour de 3.331 TWh/an en*

2017-2018]. On peut le faire, à condition que ce soit "bankable". » En clair, à condition que les pouvoirs publics subventionnent l'hydrogène « vert », dont le coût de production est aujourd'hui trois fois supérieur à l'hydrogène « gris » ou « noir », celui issu du gaz, du pétrole ou du charbon. Philippe Boucly, président de France Hydrogène [9] et ex-directeur de GRT Gaz, admet lui aussi le problème auprès de *Reporterre*, sans pour autant l'endosser : « Les politiques n'ont pas conscience des quantités d'électricité à produire pour remplacer les énergies fossiles. Je vous l'accorde, c'est monstrueux. » France Hydrogène, l'association de promotion de l'hydrogène qui regroupe notamment Total, Areva, Air Liquide, Engie, Arkema et les leaders du stockage de carburant Faurecia et Plastic Omnium, est pourtant largement à l'origine du plan gouvernemental. À l'image de l'ensemble des plans hydrogène actuellement déclinés sur la planète, dont l'impulsion découle du sommet Hydrogen Council, qui a réuni à Davos, en janvier 2017, treize PDG d'entreprises telles que Air Liquide, Alstom, Anglo American, BMW Group, Daimler, Engie, Honda, Hyundai, Kawasaki, Royal Dutch Shell, The Linde Group, Total et Toyota.



Certains membres de France Hydrogène, sur le site de l'Association française pour l'hydrogène et les piles à combustibles (ancêtre de France Hydrogène jusqu'à fin 2020).

C'est probablement la raison pour laquelle, dans aucun des plans hydrogène actuellement lancés par les pouvoirs publics ne figure l'idée de réduire la production pétrochimique ou le volume des transports pour faire décroître les

émissions de CO<sub>2</sub>. L'enjeu semble plutôt, comme l'écrit le FCH-JU, un partenariat public privé missionné par la Commission européenne pour son plan hydrogène, de « *créer pour les compagnies pétrolières, gazières et pour les équipementiers un marché de 130 milliards d'euros à l'horizon 2030, et de 820 milliards à l'horizon 2050* »<sup>[10]</sup>. Des préoccupations davantage économiques qu'écologiques.

- Lire le deuxième volet « Le plan hydrogène français entérine discrètement la relance du nucléaire ».

## Après cet article

Tribune – Énergie

La voiture à hydrogène est un miroir aux alouettes de la transition énergétique



## Notes

[1] [La composition de ce conseil est disponible ici.](#)

[2] Le gaz hydrogène, ou hydrogène dans le langage courant, est chimiquement du dihydrogène, de formule H<sub>2</sub>. Dans cet article, « *hydrogène* » signifie « *dihydrogène* » (H<sub>2</sub>).

[3] Selon la Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028, Ministère de la transition écologique, p. 323. Qui cite « Évaluation prospective de la qualité de l'air à l'horizon 2020 en Île-de-France », Airparif, septembre 2017.

[4] Les hydrocarbures sont issus de la combinaison d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ainsi, le méthane (CH<sub>4</sub>), constituant principal du gaz naturel.

[5] [Reformage du méthane, oxydation partielle du pétrole, gazéification du charbon.](#)

[6] Par exemple de la potasse caustique pour la technologie alcaline, la plus courante ; du platine et de l'iridium pour la technologie PEM à membrane polymère.

[7] Selon [Wikipedia](#), « *le terme "hydrogène vert" ou "hydrogène propre" désigne le dihydrogène produit à partir d'énergie renouvelable par le processus d'électrolyse. On le distingue de "l'hydrogène gris", produit à partir par vaporeformage du méthane, de "l'hydrogène noir", produit à partir de source fossile ou d'électricité en découlant ou encore de "l'hydrogène jaune", produit à partir d'énergie nucléaire* ».

[8] Tous les calculs réalisés par l'Atécopol pour *Reporterre* sont détaillés [dans ce document](#). L'Atécopol a par ailleurs réalisé une étude sur l'avion à hydrogène, parue dans la revue *Terrestres* :

« *Avion à hydrogène : quelques éléments de désenfumage* », septembre 2020.

[9] L'Association française pour l'hydrogène et les piles à combustibles (Afhyprac) est devenue France Hydrogène le 7 octobre 2020.

[10] Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, *Hydrogen Roadmap Europe*, 2019, p. 9.

---

## Précisions

Source : Celia Izoard pour *Reporterre*

Dessin : © Red !/*Reporterre*

Graphique : © Nicolas Boeuf/*Reporterre*

Europe



# Les Echos

Mercredi 7 avril 2021

## La SNCF donne le coup d'envoi au TER hydrogène à la française



Les 12 rames commandées à Alstom serviront de démonstrateur, avant d'envisager une variante plus légère et moins chère à exploiter. (Alstom)

Par Denis Fainsilber

Publié le 7 avr. 2021 à 17:18 | Mis à jour le 8 avr. 2021 à 07:08

Après un trajet sinueux et pas mal de retard, la version française du train régional à hydrogène entre enfin en gare. Selon nos informations, la SNCF officialisera jeudi matin sa commande par Alstom pour un lot de 14 rames (dont deux options), alimentées à pile à combustible, pour près de 200 millions d'euros. Elles seront affectées à quatre régions pionnières. Après des essais à vide à partir de 2023, leur mise en service commercial n'est pas prévue avant 2025. L'Allemagne et l'Italie ont, elles, pris de l'avance sur la France: les deux pays ont en effet commandé au même Alstom des lots de rames à hydrogène, mais de types différents.

Financées comme des TER classiques par les régions candidates (Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Grand Est et Occitanie), ces futures rames « Régiolis H2 » sont également soutenues par des fonds publics à hauteur de 47 millions d'euros, dans

le cadre du plan hydrogène du gouvernement, lancé en septembre. Le but de cette mutation : remplacer à terme les TER diesels circulant sur les parties non électrifiées du réseau national, en faisant l'économie d'une pose de caténaies sur des voies déjà peu rentables.

### Hésitation de la SNCF

De fait, cette annonce est l'épilogue d'un projet ancien, et quelque peu rabouté. En 2018, la SNCF annonçait déjà la livraison « du premier train à hydrogène en 2022 ». L'enjeu était de remplacer une flotte nationale de 900 trains diesel sur la période 2028-2050. Et surtout de proposer une solution technique « propre » afin d'éviter la classique lecture binaire, entre maintien ou **fermeture de petites lignes**. Au moins sept régions ont été sollicitées pour cette expérimentation.

Alstom imaginait initialement une commande début 2019, pour la mise en service d'au moins 25 trains à partir de 2024. Consultée sur le cahier des charges, la SNCF s'est longtemps interrogée sur les « points bloquants » restant à lever pour cette mini-flotte, en termes de coût comme de sécurité. Ces nouvelles machines roulant avec d'épais réservoirs d'hydrogène gonflés à 350 bars de pression, avec des vibrations sur le parcours.

Finalement, l'ex-PDG, Guillaume Pepy, annonçait, fin août 2019, la « signature imminente » d'un contrat pour une quinzaine de rames à pile à combustible, livrables en 2022. Puis rien ne s'est passé jusqu'au **plan gouvernemental à 7 milliards sur la nouvelle filière hydrogène**. C'est donc ce contrat, finalement réduit à de 12 unités fermes, qui sera officialisé cette semaine.

### Subvention de l'Ademe

Juridiquement, il s'agit « d'un simple avenant de 240 millions d'euros à un contrat antérieur de trains Regiolis entre SNCF et Alstom, tandis que le projet recevra une subvention de 42 millions de l'Ademe. Ils auront mis trois ans à faire cela, alors qu'en trois ans, le marché a déjà beaucoup bougé », décrypte une source bien informée.

Les exploitants ferroviaires sont à une période charnière. Pour les experts du secteur, un match bat son plein actuellement et n'est pas vraiment arbitré: celui entre le train à batteries et le train à hydrogène. Le premier dispose d'une autonomie inférieure, mais s'avère beaucoup moins cher que le second. Dans le cadre d'un rapport parlementaire de 2018 sur le verdissement du parc, la SNCF soulignait que le coût d'investissement d'un train H2 « serait de 30 % supérieur à celui d'un train diesel et de 20 % supérieur à celui d'un train hybride à batteries ».

De fait, alors qu'un train régional électrique classique coûte de 5 à 6 millions l'unité, les rames commandées par les quatre régions françaises sont facturées plus de 17 millions d'euros pièce, sans parler des installations au sol (les électrolyseurs à la charge des grands énergéticiens comme Engie, EDF ou Total ). « Pour l'hydrogène, il n'y a pas encore de prix de marché, et encore moins de valeur résiduelle, les coûts de développement prennent le pas sur les prix série », juge Vincent Pouyet, le responsable français d'Alpha Trains, un loueur de rames clés en main.

### **Le pari d'un train plus long**

Celui-ci s'interroge ouvertement sur le choix français, de remplacer des autorails peu anciens d'une ou deux voitures par un modèle beaucoup plus lourd, peu adapté aux petites lignes. Alstom, en avance sur le marché mais qui sent pointer la concurrence de l'allemand Siemens et du suisse Stadler, avait besoin de partir de plateformes déjà éprouvées.

L'Allemagne a retenu, en première mondiale, un train léger de 2 voitures de gamme Coradia à tester, puis a passé commande de 41 rames pour la Basse-Saxe et la région de Francfort, suivie par la Lombardie (Italie), qui a retenu 6 unités Coradia H2. La France a, elle, opté pour beaucoup plus lourd (4 voitures appelées chez nous Régiolis de 72 mètres de long) et plus puissant : un train bi-mode (électrique et H2), capable d'accueillir 220 passagers, sur des petites lignes en déshérence, comme dans le Morvan.

Président de la région Grand Est, Jean Rottner justifiait récemment ce choix en apparence déraisonnable : en faire avant tout un démonstrateur. Dans un second temps, il faudra « produire le train léger à hydrogène dont la Région a besoin pour développer sa politique de sauvegarde de petites lignes ferroviaires », plaidait-il.

## **Une nouvelle « agence pour l'innovation dans les transports »**

Outre les « comités stratégiques de filières », les programmes d'investissement d'avenir (PIA), France Mobilités et les grands plans transverses comme celui à 7,2 milliards sur l'hydrogène, le gouvernement considère qu'il manque encore des étapes à la fusée technocratique. Jean-Baptiste Djabbari, en charge des transports, va créer « l'Agence de l'innovation pour les transports » (AIT). Elle sera annoncée ce jeudi au conseil interministériel pour le développement et l'innovation pour les transports, (CMDIT). Opérationnelle d'ici à l'été, cette nouvelle structure vise à coordonner les actions de soutien à l'innovation dans les transports.

**Denis Fainsilber**





## TOUT SAVOIR SUR L'HYDROGÈNE

Pour atteindre les objectifs de la transition énergétique, la France s'intéresse aujourd'hui à la production et à l'utilisation de l'hydrogène bas-carbone et renouvelable. Utilisé à ce jour essentiellement dans la chimie ou le raffinage, ce vecteur d'énergie pourrait contribuer à décarboner certains secteurs industriels, assurer le stockage de l'électricité ou alimenter le secteur des transports. Le déploiement des technologies hydrogène attend cependant de lever un certain nombre de verrous.

- L'hydrogène : un marché à fort potentiel
- La chaîne de valeur de l'hydrogène
- L'hydrogène dans la transition énergétique
- Quel avenir pour l'hydrogène ?
- L'essentiel sur l'hydrogène

---

### L'HYDROGÈNE : UN MARCHÉ A FORT POTENTIEL

L'hydrogène représente un gros potentiel de diminution de gaz à effet de serre (GES) ainsi qu'une manne économique significative. Les pays européens investissent aujourd'hui de manière conséquente dans ce marché en pleine expansion, à commencer par la France qui en attend **100 000 nouveaux emplois directs** (source : AFHYPAC) et qui a déjà mis en place un certain nombre d'aides (Programme d'investissement d'avenir, soutien à la recherche via l'ANR, accompagnement des PME via la BPI, soutien au déploiement de la mobilité hydrogène via l'Ademe, etc.) et d'une institution (le Conseil national de l'hydrogène. (Figure 1).

---

### LA CHAÎNE DE VALEUR DE L'HYDROGÈNE

#### Qu'est-ce que l'hydrogène ?

Comme l'électricité, le dihydrogène H<sub>2</sub> (hydrogène) est principalement **un vecteur énergétique** et non une énergie en tant que telle, car il est produit au moyen d'une réaction chimique à partir d'une ressource primaire.

Actuellement, pour des raisons économiques, l'hydrogène est issu à **95 % de la transformation d'énergies fossiles**, dont pour près de la moitié à partir du gaz naturel.

## Où se trouve l'hydrogène ?

Les ressources principales permettant de produire le dihydrogène H<sub>2</sub> (que l'on appelle hydrogène par abus de langage) **sont l'eau et les hydrocarbures** (le charbon, le pétrole ou le gaz).

- En effet, chaque molécule d'eau est le fruit de la combinaison entre un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène, suivant la formule H<sub>2</sub>O.
- Les hydrocarbures sont issus de la combinaison d'atomes de carbone et d'hydrogène. C'est par exemple le cas du méthane, constituant principal du gaz naturel dont la formule est CH<sub>4</sub>, l'une des combinaisons les plus simples pour les hydrocarbures.

**L'hydrogène existe aussi à l'état naturel.** Les premières sources naturelles d'hydrogène ont été découvertes au fond des mers dans les années 70 et plus récemment à terre. Mais la route est longue avant d'envisager une exploitation rentable. Les connaissances sur l'origine de la formation de cet hydrogène et les recherches sur des techniques de production rentables doivent encore progresser.

## Comment produit-on l'hydrogène ?

Différentes techniques de production existent :

- le **reformage du gaz naturel à la vapeur d'eau** est la technique la plus répandue. Il s'agit de faire réagir du méthane avec de l'eau pour obtenir un mélange contenant de l'hydrogène et du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> émis par ce procédé pourrait éventuellement être capté et stocké pour produire un hydrogène décarboné. En lieu et place du gaz naturel, l'utilisation du biométhane (méthane issu de la fermentation de la biomasse) constitue aussi une solution pour produire un hydrogène décarboné ;
- **l'hydrogène peut aussi être produit à partir d'eau et d'électricité, c'est l'électrolyse de l'eau.** L'électrolyseur sépare une molécule d'eau en hydrogène et en oxygène. Cette voie est encore peu répandue car nettement plus coûteuse (2 à 3 fois plus chère que le reformage du gaz naturel) et réservée aujourd'hui à des usages spécifiques, comme l'électronique, qui requièrent un niveau élevé de pureté ;
- la **gazéification** permet de produire, par combustion, un mélange de CO et d'H<sub>2</sub> à partir de charbon (solution qui émet beaucoup de CO<sub>2</sub>) ou de biomasse.

«Aujourd'hui, 95 % de l'hydrogène est produit à partir d'hydrocarbures (pétrole, gaz naturel et charbon), solution la moins coûteuse. Cependant, ce processus est, hormis pour la pyrolyse, émetteur de CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre. Pour produire de l'hydrogène faiblement carboné, trois options s'offrent donc aux industriels : capter le CO<sub>2</sub> émis lors de la production par transformation des énergies fossiles, puis le transporter pour le stocker géologiquement, pyrolyser du méthane et séparer le carbone sous forme solide, enfin, le produire via l'électrolyse de l'eau, l'électrolyse étant opérée à partir d'une électricité peu carbonée fournie par de l'énergie nucléaire, éolienne ou solaire. L'enjeu reste toutefois pour cette dernière option, le coût de ce mode de production, plus onéreux à ce jour que celui du reformage du gaz naturel, même en considérant le surcoût lié au captage du CO<sub>2</sub>.»

**Guy Maisonnier, ingénieur économiste, IFPEN**

### Hydrogène vert, gris, bleu et jaune : de quoi parle-t-on ?

- L'**hydrogène vert** est fabriqué par électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant uniquement d'énergie renouvelable ;
- L'**hydrogène gris** est fabriqué par procédés thermo-chimiques avec comme matières premières des sources fossiles (charbon ou gaz naturel) ;
- L'**hydrogène bleu** est fabriqué de la même manière que l'hydrogène gris, à la différence que le CO<sub>2</sub> émis lors de la fabrication sera capté pour être réutilisé ou stocké ;
- L'**hydrogène jaune**, plus spécifique à la France, est fabriqué par électrolyse comme l'hydrogène vert mais l'électricité provient essentiellement de l'énergie nucléaire.

L'Ademe a récemment suggéré de changer la terminologie. L'hydrogène qui était jusqu'ici appelé « vert » est désormais appelé « renouvelable », l'hydrogène « gris » devient « fossile », et enfin, les hydrogènes « bleu » et « jaune » sont regroupés sous l'appellation « bas-carbone ».

Une fois fabriqué, cet hydrogène doit être stocké, puis transporté **jusqu'à son lieu de distribution et d'utilisation**.

### Comment est stocké l'hydrogène ?

Le dihydrogène possède **une très grande densité massique d'énergie** (1 kg d'hydrogène contient autant d'énergie qu'environ 3 kg de pétrole) mais **une très faible densité volumique**. Il faut le transformer pour pouvoir le stocker dans un volume utilisable.

- en le comprimant à 700 bar : 7 litres d'hydrogène peuvent contenir ainsi autant d'énergie qu'1 litre d'essence ;

- en le liquéfiant pour le comprimer davantage à une température de - 253 °C : 4 litres d'hydrogène liquide équivalent alors à 1 litre d'essence.

Densifier l'hydrogène permet d'opérer à des pressions plus faibles mais réclame plus d'énergie, ce qui le rend plus coûteux.

Les modalités de stockage sont multiples (batteries, stockage massif en cavités salines) selon l'usage que l'on veut en faire.

### Comment se transporte l'hydrogène ?

L'hydrogène est généralement **transporté sous forme comprimée** via un réseau de pipelines relativement étendu, avec un total de plus de 4 500 km dans le monde, dont 1 600 km en Europe et 2 500 km aux États-Unis.

Des pays comme le Japon envisagent également d'importer de l'hydrogène, qui serait alors transporté par bateau depuis l'Australie par exemple.

### Comment s'utilise l'hydrogène aujourd'hui ?

Actuellement, l'hydrogène a deux utilisations principales : d'une part, il sert de **matière de base pour la production d'ammoniac (engrais) et de méthanol** ; d'autre part, il est utilisé comme **réactif dans les procédés de raffinage des bruts en produits pétroliers, carburants et biocarburants**.

Les usages qu'il est possible d'en faire sont néanmoins nombreux, et l'hydrogène est prometteur pour décarboner un certain nombre de secteurs et accompagner la transition énergétique.

#### Il y avait déjà pensé

« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir », écrit **Jules Verne dans son roman L'Île mystérieuse en 1874**.

## L'HYDROGÈNE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Récupérer de l'énergie à partir du dihydrogène renouvelable ou bas-carbone préalablement stocké se fait de deux façons :

- soit sous forme de chaleur *via sa combustion directe avec le dioxygène* ;
- soit sous forme d'électricité *via une pile à combustible (PaC)*.



Dans les deux cas la réaction globale ne produit que de l'eau et l'énergie produite peut être diversement valorisée. L'hydrogène se voit assigner trois objectifs essentiels pour réussir la transition énergétique.

## L'hydrogène pour décarboner les transports

En France le transport émet **27 % des émissions de GES globales**, ce qui en fait le premier secteur émetteur. Les enjeux sur la mobilité sont donc considérables, car la solution hydrogène appliquée à la mobilité propre (*power-to-mobility* – Figure 3), en utilisant la combustion directe ou la pile à combustible, permet de réduire considérablement les émissions.

### L'hydrogène dans les transports : quelques chiffres

Un véhicule diesel produit **entre 40 et 45 tonnes de CO<sub>2</sub>** sur l'ensemble de sa durée de vie, un véhicule hydrogène produit par reformage **un peu plus de 35 tonnes**, et un véhicule hydrogène produit par électrolyse renouvelable **moins de 15 tonnes**.

Les voitures alimentées en hydrogène ont au mieux un impact carbone **74 % moindre** que les véhicules thermiques traditionnels (Source : [Carnot ARTS](#)).

## La voiture à hydrogène

### Le moteur à hydrogène

Les caractéristiques physico-chimiques de l'hydrogène en font un bon candidat pour **une utilisation comme carburant**

dans un moteur à allumage commandé de type « essence ». Le principal avantage réside dans le bilan environnemental : combinée à l'oxygène, **la combustion de l'hydrogène produit essentiellement de l'eau** et de la chaleur et ne rejette que des oxydes d'azote (NOx). Cependant, cette solution nécessite des adaptations spécifiques pour obtenir un très haut rendement et de très faibles émissions de NOx. Il faut notamment exploiter différentes propriétés de l'hydrogène comme **sa capacité à brûler rapidement en mélange très pauvre**.

L'utilisation de l'hydrogène dans un moteur à combustion interne peut **bénéficier des dernières avancées du moteur thermique et du couplage avec une chaîne de traction hybride**. Ainsi, en se basant sur des technologies plus robustes et matures que celles utilisées actuellement pour les piles à combustible, il serait possible d'atteindre **un rendement supérieur à 50 %**. Ce pourrait être **une solution de transition vers la pile à combustible** puisqu'elle permet de commencer la validation de toute la filière de production et de distribution de l'hydrogène en utilisant les outils industriels de production existants.

### La pile à combustible dans les voitures électriques

Pour le long terme, les constructeurs automobiles s'intéressent aussi aux piles à combustible (ou Fuel Cell), comme **générateurs d'électricité pour les véhicules électriques**. Ceci afin de compléter les solutions de véhicules électriques à batteries, souffrant aujourd'hui de la limitation en autonomie et du temps de recharge de ces batteries. L'hydrogène sert alors à alimenter une pile à combustible — laquelle produit de l'électricité — pour permettre le fonctionnement du moteur électrique qui fait avancer le véhicule. L'hydrogène est un des meilleurs vecteurs d'énergie pour les piles à combustible aujourd'hui en termes de performances énergétiques et d'émissions. **Leur rendement est globalement supérieur à 50 % sur une large plage de fonctionnement**, ce qui représente un avantage intéressant par rapport à un moteur thermique essence actuel.

Alimentée par un mélange d'air et d'hydrogène, la pile convertit l'énergie chimique de l'hydrogène en énergie électrique **suivant le principe inverse de l'électrolyse**. En faisant réagir de l'hydrogène avec de l'oxygène de l'air sur les électrodes (de fines membranes recouvertes d'un catalyseur, le platine), les piles à combustible permettent de produire de l'électricité **sans autre émission que de la vapeur d'eau**. Le principe date de 1839 ! Il est utilisé depuis longtemps pour produire de l'électricité à bord des fusées.

### Le train et l'avion à hydrogène

Le plan français en faveur de l'hydrogène compte parmi ses objectifs **la mise en service d'un premier train à hydrogène en France en 2022**. À la suite de l'Allemagne, **la France fait ses premiers pas** dans la mobilité ferroviaire à hydrogène, SNCF et les Régions ayant lancé **le projet TER H2** qui vise à mettre en place la toute première flotte de trains hydrogène régionaux dans plusieurs régions françaises pilotes.

L'**avion à hydrogène** ou « **avion propre** », s'il donne déjà lieu à des projets ambitieux, doit encore répondre à un certain nombre de questions en termes de technologie, d'environnement, et de sécurité.

### L'hydrogène pour le stockage d'électricité et son injection dans les réseaux

Le stockage d'énergie sous forme d'hydrogène permet de **pallier l'intermittence des énergies renouvelables** (éolien et solaire) en optimisant la capacité de production électrique (*power-to-power* – Figure 3).

Dans le cadre du développement d'un mix électrique renouvelable, l'électrolyse permet, quand le réseau est excédentaire (c'est-à-dire quand la production d'électricité est supérieure à sa consommation), de stocker de l'hydrogène sur un temps court ou long selon les besoins. Dans le cas d'un réseau déficitaire au contraire, l'hydrogène disponible **peut être réutilisé dans une pile à combustible pour fabriquer de l'électricité**.

L'hydrogène peut être également injecté directement dans les réseaux de gaz (*power-to-gaz* – figure 3) :

- par injection directe dans les réseaux gaziers pour combustion ;
- par production de méthane de synthèse (selon le principe de méthanation) : conversion du monoxyde (CO) ou du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) en présence d'hydrogène, qui peut ensuite être transformé en chaleur, électricité ou carburant.

## L'hydrogène pour décarboner le secteur industriel

L'hydrogène peut être utilisé dans le secteur industriel (*power-to-industry* – Figure 3) :

- d'une part pour alimenter en énergie décarbonée les unités industrielles concernées ;
- d'autre part pour contribuer à la décarbonation des procédés industriels concernés en substitution des énergies fossiles utilisées actuellement : c'est le cas par exemple de la fabrication d'acier qui résulte de la réduction des minerais de fer. Cette réduction opérée aujourd'hui via le charbon pourrait demain l'être en utilisant de l'hydrogène décarboné.

Le déploiement de l'hydrogène renouvelable est annoncé. Des projets de grande ampleur se montent comme NorthH2, plus grand projet de production d'hydrogène vert d'Europe. Objectif : **produire de l'hydrogène vert en utilisant de l'électricité renouvelable** provenant de l'éolien offshore au large des Pays-Bas.

## QUEL AVENIR POUR L'HYDROGÈNE ?

Le déploiement de l'hydrogène décarboné est à envisager d'ici la fin de la décennie, son plein essor étant plutôt pour la suivante. Il nécessite de **lever un certain nombre de verrous**.

### Faire baisser les coûts

L'hydrogène vert est très cher et ne pourra se déployer qu'à la condition de réduire les coûts sur l'ensemble de la chaîne de valeur, à commencer par le coût de production de l'électricité renouvelable (solaire, éolien) mais également celui des électrolyseurs ou des piles à combustible.

#### Combien coûte l'hydrogène décarboné ?

Produire de l'hydrogène à partir de l'électrolyse coûte aujourd'hui **2 à 3 fois plus cher que le vaporeformage et 2 fois plus cher que le reformage avec captage du CO<sub>2</sub>**. Cette voie est réservée aujourd'hui à des usages spécifiques comme l'électronique, qui requièrent un niveau élevé de pureté.

La complexité de la chaîne de valeur et les différentes transformations impliquent en outre des cascades de rendement, sources de pertes d'énergie, qui ont pour effet de renchérir les coûts de production.

En parallèle, un prix du CO<sub>2</sub> relativement élevé permettrait de réduire l'écart de coût avec le reformage du gaz naturel. Cependant, **la hausse de la fiscalité carbone doit être progressive** et s'accompagner de politiques publiques de soutien pour les populations les plus démunies.

## Construire les infrastructures

Le déploiement de l'hydrogène électrolytique nécessite la mise en place **d'une infrastructure complexe** comprenant, outre des capacités de production alimentées par des énergies renouvelables (fermes éoliennes ou solaires, connectées ou non au réseau électrique), **un réseau de transport et de distribution connectant ces capacités de production aux sites d'utilisation, et un ensemble de capacités de stockage variées** mises également en réseau. Le tout devra être géré par un système intelligent permettant d'optimiser l'adéquation de l'offre et de la demande à phases de temps quotidiennes à temporaires.

Il est en outre nécessaire de mutualiser la construction des infrastructures de captage, de transport et de stockage de CO<sub>2</sub>. En Europe, les premiers éléments de cette infrastructure seront opérationnels dès le milieu de la décennie.

Le déploiement des infrastructures de transport et de distribution nécessite des investissements importants et une durée de mise en œuvre relativement longue.

# ArcelorMittal Europe produira de l'acier vert à partir de 2020 – ArcelorMittal en France

## Les technologies de l'hydrogène au cœur de la décarbonation de l'industrie de l'acier et de la production d'acier neutre en carbone

Luxembourg, le 13 octobre 2020 – ArcelorMittal Europe annonce aujourd'hui les détails de sa stratégie technologique en matière de CO<sub>2</sub>. Cette stratégie permettra au groupe de proposer à ses clients ses premières solutions d'acier vert dès cette année (30 000 tonnes), puis d'augmenter cette offre dans les années à venir (pour atteindre 120 000 tonnes en 2021 et 600 000 tonnes d'ici 2022), et d'atteindre son objectif de -30 % d'émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030 et de neutralité carbone d'ici 2050.

La stratégie s'articule autour de deux grandes voies technologiques, comme ArcelorMittal l'a présenté dans son premier rapport européen sur l'action climatique publié au début de l'année :

- L'utilisation de l'hydrogène dans le processus DRI-EAF (réduction directe du fer + aciérie électrique) et dans le haut-fourneau
- L'extension de la voie Smart Carbon, utilisant également l'hydrogène.

## L'HYDROGÈNE

L'hydrogène joue un rôle central dans la stratégie de décarbonation du groupe. ArcelorMittal Europe développe une série de projets à l'échelle industrielle utilisant l'hydrogène dans la fabrication de l'acier par la filière hauts-fourneaux. Ces projets permettront des réductions substantielles des émissions de CO<sub>2</sub> dès les cinq prochaines années. ArcelorMittal Europe développe également un projet visant à tester la capacité de l'hydrogène à réduire le minerai de fer et à former du DRI (*direct reduced iron*) à l'échelle industrielle.

A terme, pour atteindre zéro émission de CO<sub>2</sub>, cet hydrogène devra être "vert", c'est-à-dire produit par une électrolyse alimentée par de l'électricité renouvelable. ArcelorMittal développe donc de nouvelles installations pour produire de l'hydrogène vert à l'aide d'électrolyseurs.

Des équipes d'ArcelorMittal Brême, en Allemagne, travaillent au premier déploiement à grande échelle de cette technologie, qui pourra ensuite être déployée à la fois dans le haut-fourneau et dans la filière DRI-EAF. Jusqu'à présent, cette technologie émergente n'a été testée que dans de petites usines pilotes en Europe.

### 1. L'hydrogène et le haut-fourneau

- **ArcelorMittal Brême (Allemagne)**

En installant un électrolyseur, il est possible de produire de l'hydrogène et de l'injecter en grandes quantités dans les tuyères des hauts-fourneaux. Ce projet permettra de diminuer les volumes de charbon nécessaires à la réduction du minerai de fer, et donc de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub>.

- **Igar à Dunkerque**

À ArcelorMittal Dunkerque, le groupe développe un procédé hybride de haut-fourneau, qui implique l'utilisation de la technologie d'injection de gaz DRI dans la cuve du haut-fourneau ainsi que de l'injection de gaz dans les tuyères du haut-fourneau, en utilisant la technologie plasma pour créer un gaz réducteur. Il s'agit de la première mise en œuvre à grande échelle de ce qui est par essence une technologie hybride haut-fourneau/DRI. A terme, elle permettra d'injecter dans le haut-fourneau de l'hydrogène vert dès que celui-ci sera disponible.

- **Injection dans les hauts-fourneaux sur les sites de Produits Plats**

Dans presque tous les sites de sa division Produits Plats, ArcelorMittal Europe met également en œuvre des projets d'injection dans les hauts-fourneaux de gaz de différentes sources. L'injection de gaz de cokerie riche en hydrogène est une méthode efficace et rentable qui permet aux sidérurgistes de réduire dès maintenant les émissions de CO<sub>2</sub>. ArcelorMittal Asturias (Espagne) a le projet de gaz de cokerie le plus avancé, avec l'injection d'hydrogène gris (hydrogène récupéré dans des gaz, y compris le gaz naturel et le gaz de cokerie) qui devrait commencer début 2021.

## **2. L'hydrogène et le DRI-EAF**

- **Test d'utilisation de l'hydrogène pour réduire le minerai de fer et former du DRI chez ArcelorMittal Hambourg**

A Hambourg en Allemagne, ArcelorMittal Europe possède la seule installation de réduction directe du minerai de fer + aciérie électrique (DRI-EAF) d'Europe. Un projet y testera la capacité de l'hydrogène à réduire le minerai de fer et à former du DRI à l'échelle industrielle, et testera également le DRI sans CO<sub>2</sub> dans le processus de fabrication de l'acier par l'aciérie électrique.

- **Une usine DRI à grande échelle à l'étude pour Dunkerque**

A ArcelorMittal Dunkerque (France), une étude a été lancée pour la construction d'une usine DRI à grande échelle, combinée à une aciérie électrique. Au départ, l'installation de DRI utiliserait du gaz naturel, mais l'expérience sans égale d'ArcelorMittal dans la production de DRI, combinée aux résultats du projet DRI-hydrogène à Hambourg, permettront à cette installation d'être entièrement « prête pour l'hydrogène ».

## **LA VOIE « SMART CARBON » AVEC L'HYDROGÈNE**

- **Une deuxième usine de Carbalyst est prévue à Fos-sur-Mer ; de nouvelles réductions de CO<sub>2</sub> grâce à un grand électrolyseur pour l'injection d'hydrogène**

ArcelorMittal prévoit également d'étendre son utilisation de la voie technologique Smart Carbon. À ArcelorMittal Fos-sur-Mer (France), une étude est en cours, en collaboration avec le partenaire Lanzatech, pour construire une deuxième usine Carbalyst après celle en construction à ArcelorMittal Gand (Belgique). Il s'agit de capturer le carbone des gaz résiduels des hauts-fourneaux et de le convertir biologiquement en éthanol pour l'utiliser comme biocarburant ou comme matière première de carbone recyclé pour l'industrie chimique. Parallèlement au projet d'électrolyseur d'ArcelorMittal à Brême, l'usine Carbalyst de Fos-sur-Mer permettra d'accroître les économies de CO<sub>2</sub> grâce à l'injection d'hydrogène, fourni par un électrolyseur à grande échelle qui produira localement l'hydrogène à partir d'électricité renouvelable.

## **Premier acier vert vérifié pour les clients**

Première conséquence de ces efforts de décarbonation, ArcelorMittal Europe offrira à ses clients des produits en acier vert dès cette année, avec les 30 000 premières tonnes produites.

Un système permettant de quantifier les économies d'émissions de CO<sub>2</sub> réalisées grâce aux projets de décarbonation déployés par ArcelorMittal Europe a été mis au point. Les clients pourront acheter de l'acier vert, sur la base d'émissions vérifiées par rapport à une base de référence de 2018.

## **Dépôt de projets au Fonds d'innovation**

Pour financer les investissements nécessaires aux projets annoncés aujourd'hui, ArcelorMittal Europe prépare des demandes de financement au Fonds d'innovation de l'UE, qui est conçu pour soutenir les investissements bas carbone dans l'Union européenne.

Aditya Mittal, président et directeur général d'ArcelorMittal Europe, a déclaré :

« Aujourd'hui, nous faisons le point sur les progrès accomplis pour atteindre notre objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 30 % d'ici 2030 et de neutralité carbone d'ici 2050, notamment sur le rôle essentiel que joue l'hydrogène dans notre stratégie. Nos équipes talentueuses à travers ArcelorMittal Europe travaillent dur pour s'assurer que nos projets de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> donnent des résultats le plus rapidement possible, à l'échelle industrielle. Nous nous efforçons d'être prêts pour l'économie de l'hydrogène et les opportunités passionnantes que cela représente pour nous, sidérurgistes européens.

En parallèle, nous continuons à déployer notre technologie Smart Carbon qui, nous en sommes convaincus, offre également un potentiel énorme : le monde aura besoin des technologies dites BECCS (bioénergie, capture et stockage du carbone) pour atteindre le zéro net d'ici 2050.

Nos projets visant à proposer un acier plus écologique et plus circulaire aideront nos clients à atteindre leurs objectifs d'économie circulaire. Nous sommes heureux de pouvoir offrir nos premières tonnes d'acier vert dès cette année et nous nous réjouissons de pouvoir fournir à nos clients des volumes plus importants de cet acier au fur et à mesure que nos projets de décarbonation s'accéléreront et se déploieront dans toute l'Europe.

Nous déposons actuellement des dossiers de financement pour divers projets auprès du Fonds d'innovation de l'ETS (Emissions Trading System ou système européen de quotas d'émissions de CO<sub>2</sub>) qui, nous l'espérons, seront couronnés de succès et nous donneront ainsi l'accès vital au financement dont nous avons besoin pour ces projets importants. Le succès de ces projets sera également assuré par des partenariats, et nous tenons à remercier nos partenaires pour leur travail acharné et leur volonté de codévelopper les nouvelles technologies dont nous avons besoin pour fabriquer de l'acier neutre en carbone".

## **Rapport d'ArcelorMittal Europe sur l'action climatique**

En juin 2020, ArcelorMittal Europe a publié son premier rapport sur l'action climatique qui expose la stratégie de l'entreprise pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 30 % d'ici 2030 et atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Dans ce rapport, l'entreprise a identifié deux voies technologiques

révolutionnaires pour atteindre la neutralité carbone, Smart Carbon et la technologie innovante DRI basée sur l'hydrogène, qui aideront l'entreprise à atteindre ses objectifs de réduction de CO<sub>2</sub>.

Lire le [Rapport d'ArcelorMittal Europe sur l'action climatique](#)

Regardez [une courte animation](#) sur la manière dont ArcelorMittal Europe atteindra la neutralité carbone d'ici 2050

[ArcelorMittal fixe un objectif de zéro pour les émissions de carbone du groupe en 2050](#)

### **À propos d'ArcelorMittal**

*ArcelorMittal est le numéro un mondial de l'exploitation sidérurgique et minière, avec 190 000 salariés, une présence dans 60 pays et une empreinte industrielle dans 18 pays. Guidés par la volonté de produire un acier sûr et durable, nous sommes le principal fournisseur d'acier de qualité des grands marchés sidérurgiques mondiaux, y compris l'automobile, la construction, l'électroménager et l'emballage, soutenus par un département de recherche et développement d'envergure mondiale et d'excellents réseaux de distribution.*

*En 2019, ArcelorMittal a enregistré un chiffre d'affaires de 70,6 milliards de dollars pour une production d'acier brut de 89,8 millions de tonnes, avec une production propre de minerai de fer de 57,1 millions de tonnes.*

*En France, ArcelorMittal compte 15 600 salariés dont plus de 800 chercheurs, répartis sur ses 40 sites de production, ses centres de distribution et de services et ses trois sites de R&D. ArcelorMittal a produit 10,4 millions de tonnes d'acier liquide en 2019 en France. La France représente environ un tiers de la production d'aciers plats d'ArcelorMittal en Europe.*

*Pour plus d'informations, rendez-vous sur <http://corporate.arcelormittal.com> et sur <https://france.arcelormittal.com>*

### **Contacts presse**

Image 7 : Anne-Charlotte Créach  
+33 (0)1 53 70 74 70  
[arcelormittal@image7.fr](mailto:arcelormittal@image7.fr)

ArcelorMittal en France : Isabelle Chopin  
+33 (0)1 71 92 00 04 / +33 (0)6 15 21 59 25  
[isabelle.chopin@arcelormittal.com](mailto:isabelle.chopin@arcelormittal.com)