

# LE DIHYDROGÈNE EST-IL UNE SOLUTION D'AVENIR POUR LUTTER CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

Éric Bausson

Le changement climatique nous confronte à deux défis majeurs. Le premier est de pouvoir répondre à une consommation énergétique mondiale en hausse, le second est de diminuer l'impact anthropique sur le climat pour limiter le réchauffement climatique à 2 °C à la fin de ce siècle, voire 1,5 °C avec des efforts encore plus poussés, engagements signés par 175 pays lors de la COP21 à Paris en 2015.

Pour y parvenir, il faut limiter massivement les émissions de gaz à effet de serre, dont celles du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, dans l'industrie, dans le transport et dans la production de l'énergie.



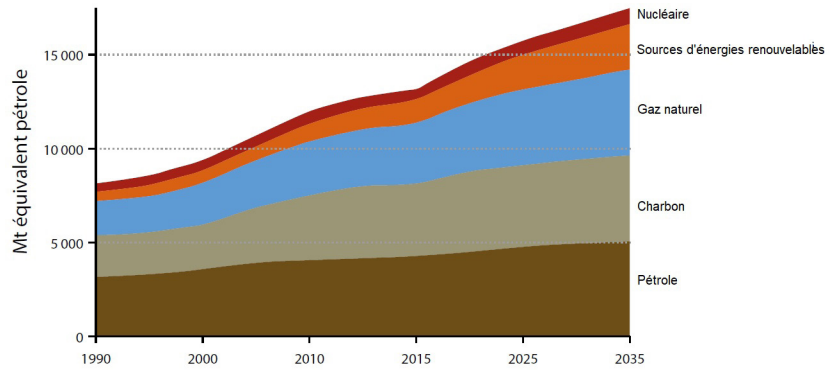
## PLAN ET RESSOURCES POUR TRAITER CETTE QUESTION DU GRAND ORAL

En suivant le questionnement ci-après et en vous appuyant sur les ressources proposées parmi toutes celles de Médiachimie, la médiathèque de la Fondation de la Maison de la Chimie, et de Nathan entre autres, il est possible de répondre à cette problématique.

- Quels sont les enjeux énergétiques à l'horizon 2035 ?
- Le dihydrogène (H<sub>2</sub>), essentiel aujourd'hui... indispensable demain ?
- Comment stocker l'électricité en utilisant le dihydrogène ?
- Comment utiliser le dihydrogène dans les transports ?
- Quels progrès doivent être réalisés à l'avenir pour promouvoir le stockage d'énergie avec le dihydrogène ?

• **Quels sont les enjeux énergétiques à l'horizon 2035 ?**

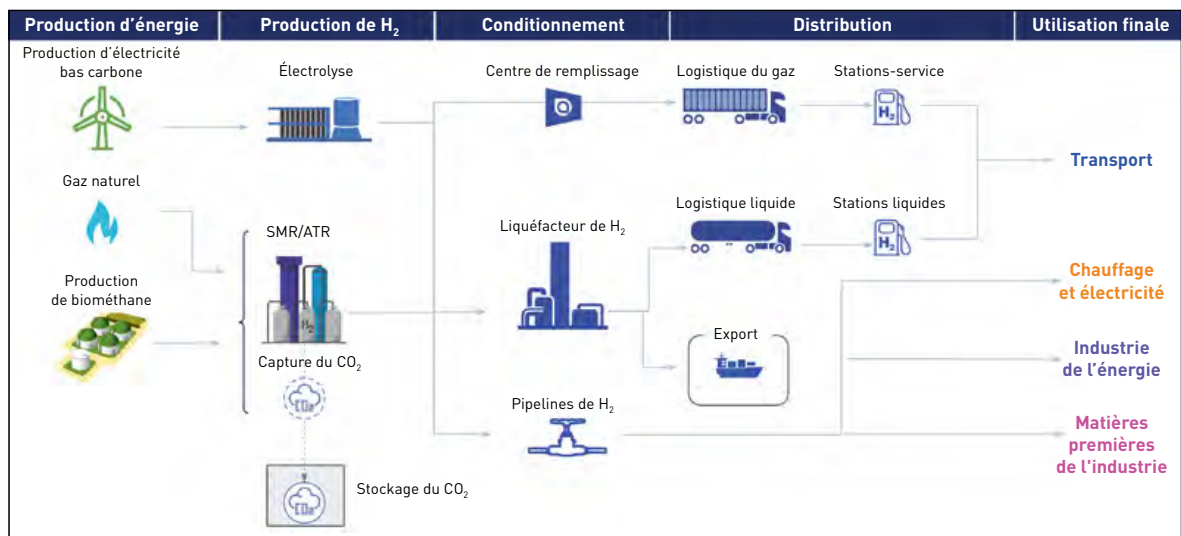
1 Mt équivalent pétrole (Mtep) est une unité de mesure d'énergie qui correspond à celle produite par la combustion d'un million de tonnes de pétrole brut.



Source : [Conférence de Pascal Mauberger](#)  
Colloque Chimie et changement climatique - 18/11/2015

Quelle que soit la source d'énergie, les prévisions sont à la hausse pour l'ensemble, même pour celles fossiles (pétrole, charbon) contrairement aux objectifs fixés.

• **Le dihydrogène (H<sub>2</sub>), essentiel aujourd'hui... indispensable demain ?**



Source : [Conférence de Xavier Vigor / Air Liquide](#) - Colloque Chimie et énergies nouvelles - 10/02/2021

Les sources d'énergies renouvelables photovoltaïques et éoliennes sont intermittentes. Pour remédier à ce problème, lors d'un surplus de production électrique de ces sources, le dihydrogène permet de stocker de l'énergie, et ainsi éviter des pertes colossales, pour des utilisations liées :

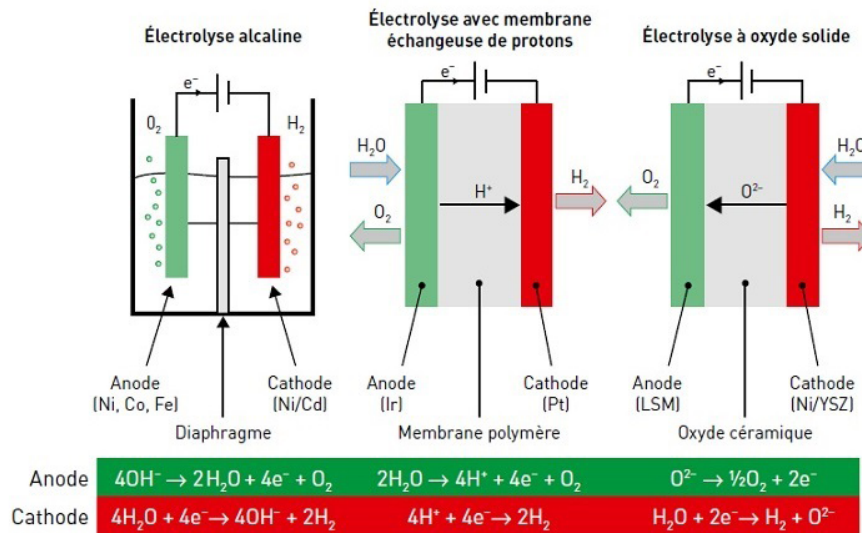
- à la **mobilité** (véhicule utilisant une pile à combustible), avec aucun rejet de CO<sub>2</sub> ;
- à la **production d'énergie thermique** avec une émission moindre de CO<sub>2</sub> (le gaz naturel peut être enrichi en dihydrogène jusqu'à 6 % actuellement et pourquoi pas jusqu'à 23 % à l'avenir !);
- à l'**usage industriel** du dihydrogène décarboné, limitant les émissions de CO<sub>2</sub>.

D'ici 2050, Xavier Vigor, vice-président Technologies et Direction industrielle (Air Liquide), indiqua lors du colloque « [Chimie et énergies nouvelles](#) » de février 2021, qu'« *il faudrait que 18 % du mix énergétique mondial soit à base de dihydrogène.* »

En ce qui concerne plus spécifiquement le vecteur d'énergie qu'est le dihydrogène, les sociétés McPhy et Air Liquide sont déjà très impliquées dans sa production.

Pour en savoir plus sur les technologies industrielles existantes et les recherches en cours, on consultera les documents et les conférences associées de M. Laurent Carme [Trajectoire technologique et industrielle : accélérer la mise à l'échelle pour améliorer la compétitivité de l'hydrogène zéro carbone](#) (en particulier les § 5 et 6) et de M. Xavier Vigor [Vision de l'hydrogène pour une énergie décarbonée.](#)

• Comment stocker l'électricité en utilisant le dihydrogène ?



Source : [Mediachimie.org](http://Mediachimie.org)

Le surplus d'énergie électrique produit par les sources d'énergie renouvelables photovoltaïques et éoliennes permet d'alimenter en électricité, et donc en électrons, des électrolyseurs (trois types présentés ci-dessus) où a lieu une **transformation forcée**. À la cathode, siège de la réduction, est toujours produit du dihydrogène  $H_2$ . Ce procédé d'électrolyse de l'eau, très abondante sur Terre, n'engendre pas de gaz à effet de serre. Il s'agit donc d'une production de dihydrogène décarboné, contrairement au vaporeformage du méthane ( $CH_4 + 2 H_2O \rightarrow CO_2 + 4 H_2$ ) utilisé actuellement pour produire 95 % du dihydrogène!

### Pour aller plus loin

- « Qu'est-ce que l'hydrogène « vert » »

[www.mediachimie.org/actualite/qu'est-ce-que-l'hydrogene-«-vert-»](http://www.mediachimie.org/actualite/qu'est-ce-que-l'hydrogene-«-vert-»)

- Zoom sur les derniers résultats de la production d'hydrogène « décarboné »

[www.mediachimie.org/actualite/les-derniers-résultats-de-la-production-d'hydrogene-«-décarboné-»](http://www.mediachimie.org/actualite/les-derniers-résultats-de-la-production-d'hydrogene-«-décarboné-»)

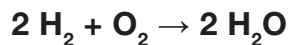
- L'essentiel sur l'hydrogène sur le site du CEA-EN

[www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx](http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx)

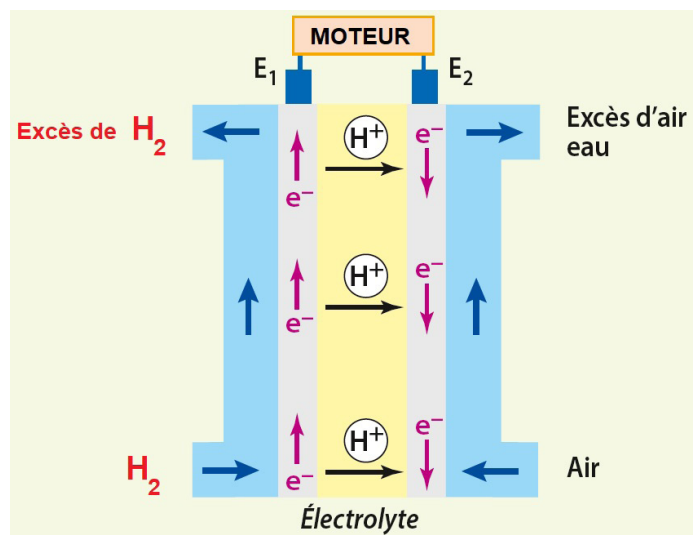
## • Comment utiliser le dihydrogène dans les transports ?

Il « suffit » d'utiliser le dihydrogène comme combustible dans une pile à combustible (PAC), en faisant circuler les électrons dans un circuit extérieur alimentant un moteur électrique.

L'équation associée est :



Le dioxygène est apporté par l'air tandis qu'il faut stocker sous pression ce combustible  $\text{H}_2$  dans le véhicule. Aucun polluant (particules, oxydes d'azote, etc.) ne serait rejeté et le dioxyde de carbone ne serait plus produit.



Source : Nathan

Tous les domaines des transports sont concernés et particulièrement les transports en communs (bus, trains, avions, bateaux...).

Citons quelques exemples :

- Vidéo L'autobus à hydrogène

[www.mediachimie.org/ressource/lautobus-à-hydrogene](http://www.mediachimie.org/ressource/lautobus-à-hydrogene)

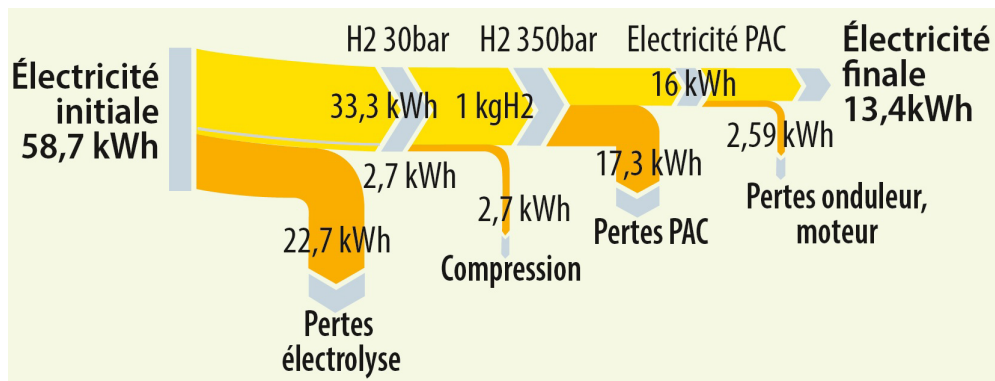
- Vive le Coradia iLint-2 trains à hydrogène

[www.mediachimie.org/actualite/vive-le-coradia-ilint](http://www.mediachimie.org/actualite/vive-le-coradia-ilint)

- Allons-nous voler à l'hydrogène ? L'évolution du transport aérien

[www.mediachimie.org/actualite/allons-nous-voler-à-l'hydrogene-l'évolution-du-transport-aérien](http://www.mediachimie.org/actualite/allons-nous-voler-à-l'hydrogene-l'évolution-du-transport-aérien)

- Quels progrès doivent être réalisés à l'avenir pour promouvoir le stockage d'énergie avec le dihydrogène ?



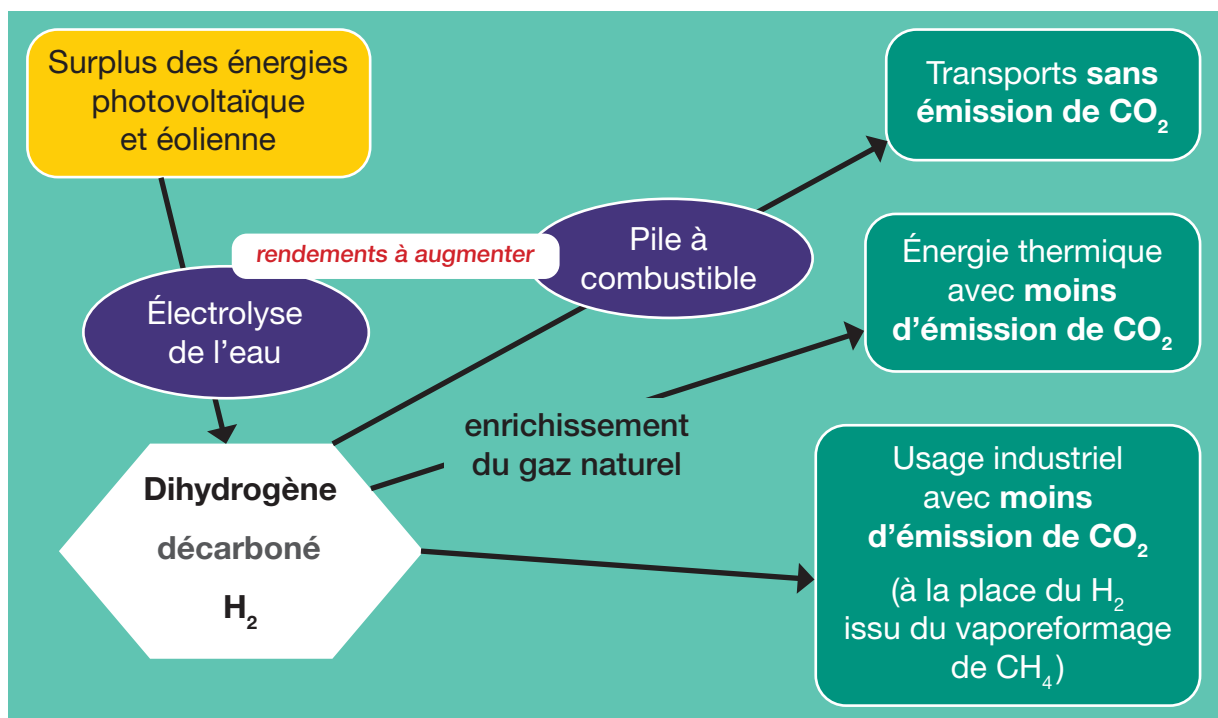
Source : Nathan

Ce diagramme de la chaîne hydrogène exprime l'énergie nécessaire pour produire un kilogramme de dihydrogène et l'énergie électrique finale consommée par un moteur électrique. Le rendement de cette chaîne du dihydrogène est donc actuellement inférieur à 23 %. Le monde de la recherche est mobilisé pour améliorer significativement ce rendement sur chaque étape.

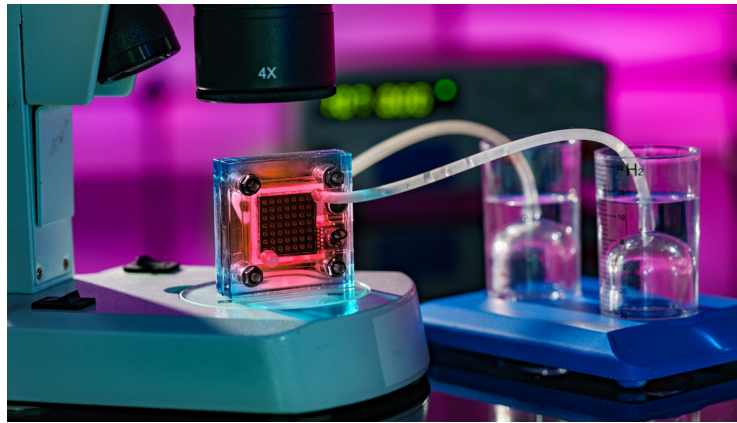
### Conclusion

Le dihydrogène décarboné H<sub>2</sub> est une des solutions contre le réchauffement climatique car le stockage du surplus des énergies photovoltaïque et éolienne par celui-ci, produit par électrolyse de l'eau, peut servir à des usages sans émission de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, ou avec une émission réduite, dans les domaines des transports, du chauffage et de l'industrie. Mais pour que cela soit réalisable à l'avenir, des innovations technologiques devront augmenter le rendement global.

### En résumé



## LE PROJET PROFESSIONNEL



Pile à hydrogène dans un laboratoire.

De niveau BAC à BAC + 8, les chimistes interviennent à tous les stades clés dans les technologies pour la production, le stockage et la transformation de l'énergie. Ils participent activement à la recherche et au développement de nouveaux procédés à améliorer les techniques actuelles et contribuent à relever les défis des énergies alternatives de demain tout en économisant les ressources naturelles.

Des fiches métiers et les voies de formation qui y mènent sont présentées dans [l'espace métiers du site mediachimie](#).

Ci-dessous quelques exemples de métiers ciblés.

Pour des [ingénieurs chimistes](#) ou [ingénieurs génie des procédés](#) ou [ingénieurs matériaux](#) des formations orientées « énergie » se sont développées ces dernières années (exemples [ici](#)) mais *in fine* l'ingénieur dans son métier ne sera pas généraliste de l'énergie mais spécialiste d'un domaine (hydrogène, électrochimie, batterie, éolien, biotransformation...).

Pour les techniciens, avec une formation de [technicien chimiste](#) ou [technicien procédés](#) ou encore [technicien matériaux](#), ils se spécialiseront au sein des entreprises concernées.

Au niveau doctorat, l'expertise dans un domaine particulier est bien entendu la règle.



Ingénieur travaillant sur un projet de moteur hydrogène hybride.

Ressources proposées en collaboration avec les équipes métiers/orientation de la Maison de la Chimie : Françoise Brénon et Gérard Roussel.