

# HYDROGENE et DECARBONATION

## 1) Propos liminaires

Le Règlement Européen sur **les Infrastructures pour les Carburants Alternatifs (AFIR)** publié le 22 septembre 2024, est entré en Vigueur le 22 Octobre 2024, avec des objectifs de déploiement dès 2025 de station de recharge électrique le long des corridors de transport de l'UE et des stations de ravitaillement en Hydrogène (déploiement en 2030).

La découverte d'**Hydrogène (H2) naturel, Blanc**, renouvelable et en quantité suffisante (1) pour assurer notre autonomie énergétique et donc notre indépendance, au niveau national et même européen **change la donne en vue de la décarbonation** de nos industries et de la mobilité.

De plus le développement de la technicité nécessaire pourra être diffusé à d'autres pays, comme le Mali vers un cercle écologiquement vertueux et contribuant à notre renommée.

## 2) Introduction

L'hydrogène existe sous différentes appellations dépendant de leur mode de production :

- **H2 gris** : majoritairement produit par vaporeformage à partir du Méthane ou du charbon, mais cette opération dégage beaucoup de CO2, utilisant une énergie fossile. ou des méthaniseurs (2)  
 $CH_4 + H_2O = 3H_2 + CO$  mais 1kgs de H2 gris émet 11 kgs de CO2 (ADEME 2020)

- **H2 vert, ou rose ou jaune** grâce à des énergies renouvelables (éolien, solaire et nucléaire)

On parle alors aussi d' *H2 renouvelable*

Il est produit à partir de l'électrolyse de l'eau (H2O) et nécessite donc des électrolyseurs, et une énergie venant des panneaux photovoltaïques, de l'éolien ou du nucléaire

(Investissement ++)

Car ces techniques sont plus gourmandes en énergies (8 fois + que le méthane)

- On parle **H2 Bleu**, lorsque le CO2 est recapté ou réutilisé (méthanation)
- Si on veut du H2 Bas carbone, cela passe actuellement par l'électrolyse de l'eau ou la captation de CO2
- L'H2 est surtout utilisé actuellement **comme un vecteur énergétique** car produit grâce à une réaction chimique à partir d'une ressource primaire
- Qu'il faut ensuite transporter et stocker vers le lieu d'utilisation

Avec des Problématiques concernant

- énergie
  1. Positif : Le H2 a une très grande densité massique d'énergie  
1 KG dH2= autant d'énergie que 3 KGS de pétrole
  2. Négatif Mais très faible densité volumique

Comprimé à 700 bars : 7 litres H2 équivalent à 1 litre d'essence

Ou liquéfié à Moins 253 degrés : 4 l d'H2 = 1 l d'essence

- Le transport

Comment le transporter en sachant qu'il y a 4500 Kms de pipelines dans le monde dont 1500kms en Europe, mais que ces deux moyens (compression ou refroidissement) ne sont pas applicables tels quels.

- **Et donc H2 Blanc, naturel, auto renouvelable, disponible**, dominant en Lorraine et aussi dans la région de Lacq /Orthez

Dont l'origine venant de l'oxydation de roches ferrugineuses, **dispense de besoins énergétiques de production d'où l'absence d'impact environnemental et son bilan carbone très positif**

### 3) De ce fait, quels sont les usages aujourd'hui ?

- C'est une matière première pour la production d'ammoniac (engrais) et de Méthanol

Ou comme Réactif dans les processus de raffinage des bruts de produits pétroliers, carburants et biocarburants

- Et dans les piles à combustibles (PaL), nous allons y revenir

### 4) Les perspectives, elles sont liées

- à **cet hydrogène blanc**, naturel disponible, qui, en abaissant les coûts de production, offrirait un bilan carbone positif

**Par le développement des moteurs à combustion à Hydrogène (3)** (on a les **compétences nationales**) avant qu'elles ne se perdent, de par la nécessité d'adaptations très spécifiques pour avoir un haut rendement et une très faible émission de NOx

Et apprendre de **l'expérimentation de PAU** où 8 bus à hydrogènes sont en service depuis 2019, mais avec des pannes fréquentes sur lesquelles il faut avancer. Car non rentable actuellement (4)

- **Par l'amélioration des véhicules électriques par l'adjonction de piles à combustibles** ce qui augmenterait l'autonomie des véhicules et en abaissant la charge à vide (batterie moins lourde) optimiserait la capacité d'export. (5)  
Ce d'autant que certaines entreprises françaises ont avancé (piles à combustibles, réservoir à hydrogène) (6), (7)
- Pour cela, développer **du Cabotage** autour de stations de ravitaillement en Hydrogène à l'instar de ce nous faisons sur chantier avec le diesel HTL par exemple
- Et pour le transport, réfléchir à le transformer en Méthane (gazéification puis localement faire du H2 GRIS, avec récupération du CO2 en attendant de trouver de meilleures techniques) (8)

### 5) Quel Rôle l'Hydrogène doit-il prendre dans la Transition Energétique (TE)

Récupérer de l'énergie à partir de H2 renouvelable ou bas carbone préalablement stocké

Cela se fait de deux façons :

- Sous forme de chaleur, via sa combustion avec l'O2
- Sous forme d'électricité = pile à combustible (PaL)

Dans les deux cas, la réaction ne produit que de l'eau

L'H2 a donc 3 objectifs essentiels pour réussir la TE

➤ **Pour décarboner les transports**

Ils émettent en effet 27 % des GES Globales : **POWER To MOBILITY**

1. Un véhicule diesel émet sur sa vie 40 à 45 T de CO<sub>2</sub>
2. Un véhicule à H<sub>2</sub> produit par reformage 35 T
3. Si H<sub>2</sub> renouvelable <de 15 T

Comment

- La voiture à H<sub>2</sub> : l'H<sub>2</sub> utilisé comme carburant dans un moteur à allumage commandé de type essence

Bilan environnemental = production d H<sub>2</sub>O, et de chaleur, et rejet de NO<sub>x</sub> seulement

- Autre : la pile à combustible dans les véhicules électriques (ou **fuel cell**) comme générateur d'électricité

Cela complète la solution de Véhicules électriques à batterie dont l'autonomie est limitée et le temps de charge long

**L'H<sub>2</sub> est un des meilleurs vecteurs d'énergie avec un rendement de plus de 50 %**

Alimentée par un mélange d'air et de H<sub>2</sub>, la pile convertit l'énergie chimique de l'H<sub>2</sub> en E électrique suivant le principe inverse de l'électrolyse avec émission seulement de vapeur d'eau

Ce principe existe depuis 1839 et est **utilisé pour produire de l'électricité dans les fusées !**

Le train et l'avion à H<sub>2</sub> sont source de produits ambitieux

- **L'H<sub>2</sub> pour le stockage d'électricité et son injection dans les réseaux POWER TO POWER**

Le stockage d'énergie sous forme d'H<sub>2</sub> permet de pallier à l'intermittence des E renouvelables en optimisant la capacité de production électrique quand elle est excédentaire en vue de son réemploi

- Ou **injection directement** dans le réseau de gaz **POWER TO GAZ**

Par injection directe dans les réseaux de gaz pour combustion (dilué) par production de méthane de synthèse (principe **de méthanation**)  $CO$  ou  $CO_2 + H_2 = CH_4$

- Enfin l' H<sub>2</sub> pour décarboner le secteur industriel : **POWER TO INDUSTRY**

Alimenter en E décarbonée les unités industrielles concernées en substitution des E fossiles

## 6) Conclusion

- Du fait de Règlementation sur les Carburants alternatifs(AFIR)  
➤ De la disponibilité que représente l'**Hydrogène Blanc** dont l'exploitation serait vertueuse et profitable

Attendre la contrainte ou s'engager et ainsi devancer, notre choix n'est-il pas fait ?

**Docteur Jean-François BLANCHEMAIN**

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1) <https://lejournald.cnrs.fr/articles/un-gisement-geant-dhydrogene-en-lorraine>
- 2) <https://www.discoverthegreentech.com/hydrogene/production/vaporeformage-methane/>
- 3) <https://www.h2-mobile.fr/dossiers/moteur-hydrogene-tout-savoir/>
- (4) <https://www.lagazettedescommunes.com/894648/les-bus-a-hydrogene-ont-fait-leurs-preuves-mais-ne-correspondent-pas-a-tous-les-besoins/>
- (5) <https://www.forvia.com/fr/press/made-france-forvia-commence-les-livraisons-de-reservoirs-dhydrogene-depuis-sa-premiere-usine>
- (6) <https://www.renaultgroup.com/news-onair/actualites/tout-savoir-sur-la-pile-a-combustible-a-hydrogene/>
- (7) <https://www.actu-environnement.com/ae/news/gigafactory-piles-combustible-symbio-symphony-mobilite-lourde-hydrogene-43072.php4>
- (8) <https://www.terega.fr/labo/quelle-est-la-difference-entre-methanation-et-methanisation/>