

# Hydrogène vert : défi et opportunité

NOUICER Ilyès, Maître de recherche A  
Division Hydrogène Renouvelable - CDER  
E-mail : i.nouicer@cder.dz

## 1- Introduction :

L'introduction du gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère en raison de la combustion continue des combustibles fossiles, constitue une menace sérieuse pour l'environnement mondial et le changement climatique qui en résulte. De plus, la demande croissante d'énergie à cause de l'augmentation de la population et surtout à l'élévation du niveau de vie [1-2]. Par conséquent, le passage d'une source d'énergie fossile à une source d'énergie non fossile (où le terme la décarbonisation) pourrait réduire considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> et leurs effets néfastes sur le réchauffement climatique. Pour remédier à long terme le changement climatique ainsi que la réduction des GES, parmi les solutions qui nous permettent de réduire la dépendance aux combustibles fossiles et la minimisation des émissions nocives pour l'environnement d'une façon quasi nulles ou nulles ce sont : les énergies renouvelables et plus particulièrement : l'hydrogène [3]. Le but de cet article sera de présenter les différentes méthodes de production d'hydrogène, ensuite on va discuter sur les différents moyens et technologies de stockage d'hydrogène et on terminera par présenter quelques applications d'hydrogène dans différents secteurs (industriel, environnemental, énergétique ...etc.).

## 2- Les méthodes de production d'hydrogène :

On peut classer les méthodes et les technologies de production d'hydrogène selon le taux d'émission du taux de carbone dans l'air et la nature de la matière première par différentes

couleurs (voir la figure 1). D'autre part, la plupart des méthodes de production d'hydrogène ne sont pas matures, c'est-à-dire en cours de développement et dans la phase recherche et développement (R&D), ce qui entraîne des rendements de production faibles (kWh/Nm<sup>3</sup>) et/ou des coûts de production élevés (DA/Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>) [3].

## 3- Les méthodes de stockage d'hydrogène :

Pour une meilleure réussite de la transition énergétique vers les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire et éolienne, il est nécessaire de maîtriser des nouvelles méthodes et techniques de stockage de l'énergie électrique, tel que : les batteries, stockage d'hydrogène ...etc, et tout ça pour équilibrer l'offre et la demande. Sachant que, la densité de l'hydrogène est la plus faible par rapport aux autres gaz (1 kg H<sub>2</sub> gazeux occupe plus de 11 m<sup>3</sup> à la température ambiante et à la pression atmosphérique), plusieurs méthodes et technologies de stockage d'hydrogène sont utilisées pour une future économie. Pour cela, il existe des méthodes qui sont mature et d'autre qui sont en cours de développement [4-5]. Voici les principales méthodes (figure 2) de stockage de l'hydrogène :

### Stockage physique :

**H<sub>2</sub> Gaz** : deux composants principaux sont nécessaire pour stocker l'hydrogène : une bouteille de stockage et un compresseur (par exemple pour stocker l'hydrogène à une pres-

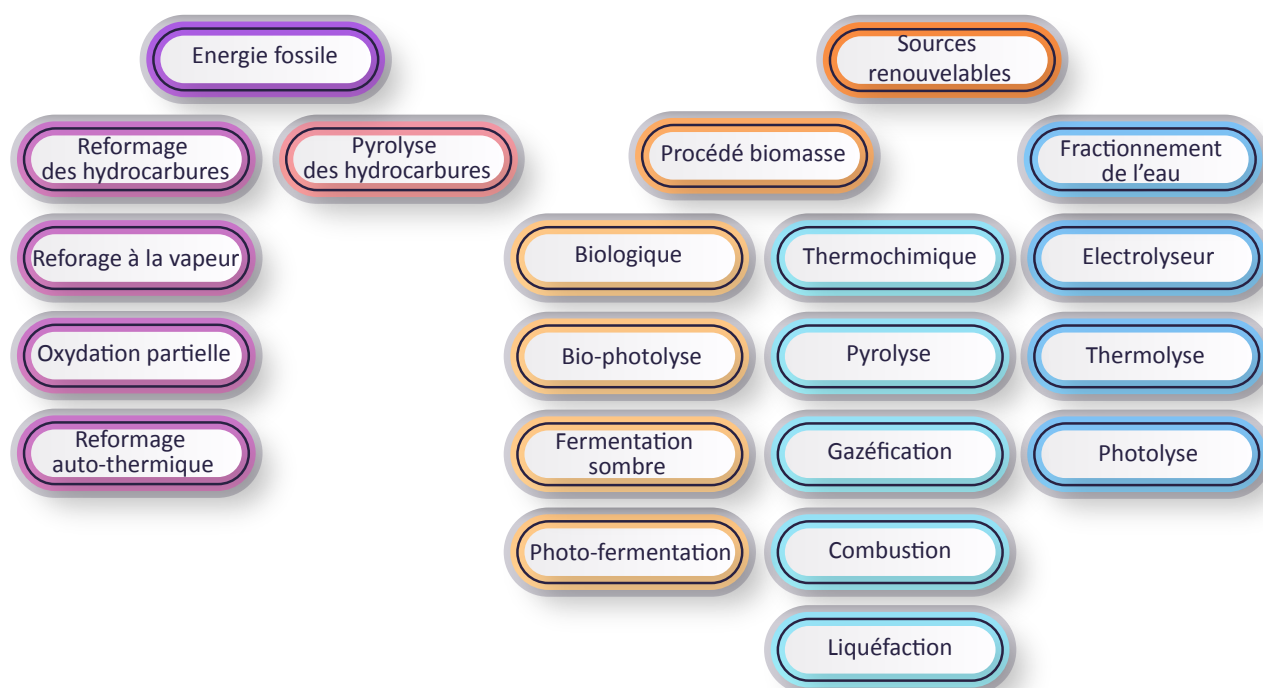


Figure 1 : Technologies de production d'hydrogène [3].

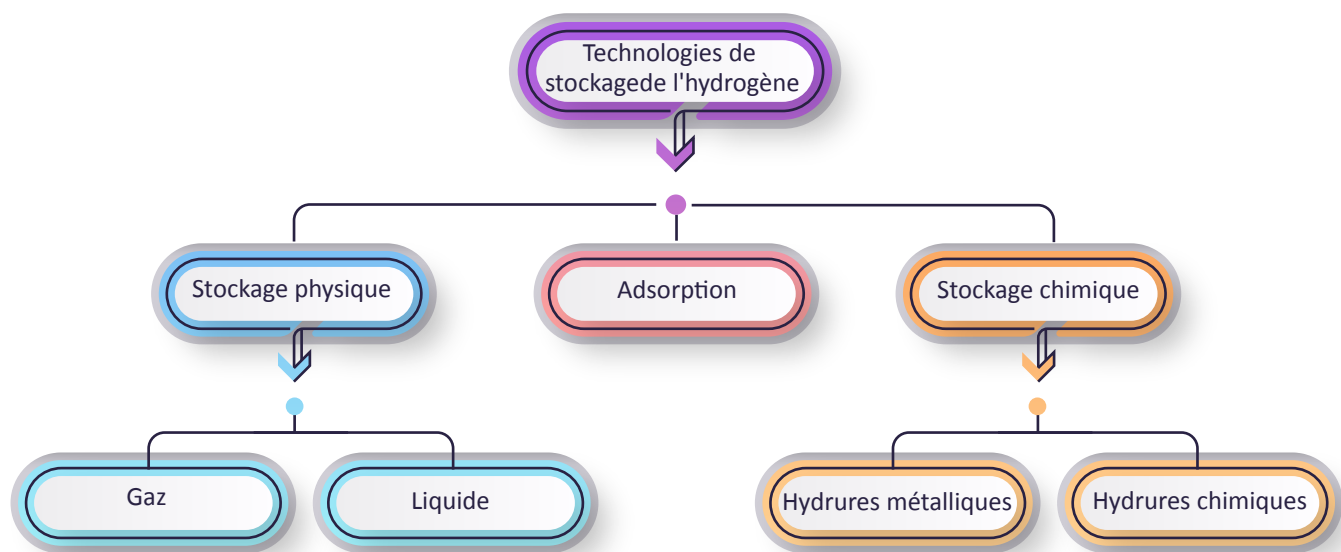


Figure 2 : Technologies de stockage de l'hydrogène [5].

sion de 100 bars et une température de 20 °C, la densité est presque 7.8 kg/m<sup>3</sup>).

**H<sub>2</sub> liquide** : on peut augmenter la densité d'hydrogène à une pression de 1 bar par la diminution de la température (- 253 °C) pour arriver à une densité de 70 kg/m<sup>3</sup>.

**Stockage par adsorption** : le stockage de l'hydrogène par adsorption exploite la liaison physique de van der Waals entre l'hydrogène moléculaire et un matériau bien spécifique. De nombreux adsorbants ont été proposés par cette technique dont : les matériaux poreux à base de carbone, les réseaux métallo-organiques (MOF), les matériaux polymères poreux, et les zéolithes [5]. À une pression entre 10 à 100 bars la densité de l'hydrogène peut aller jusqu'à 40 à 50 kg/m<sup>3</sup> à une température de : -196 °C.

#### Stockage chimique :

**Hydrures métallique** : le principe de stockage de l'hydrogène par les hydrures métalliques c'est que l'hydrogène devient solide et lié chimiquement par les hydrures métalliques. Ces liaisons sont beaucoup plus fortes que les liaisons physiques impliquées dans l'adsorption de l'hydrogène. Par conséquent, plus d'énergie est nécessaire pour libérer l'hydrogène chimiquement lié. Les matériaux les plus utilisés par cette technique sont : hydrures de magnésium (MgH<sub>2</sub>) et hydrures d'aluminium (AlH<sub>3</sub>) ...etc. Les pastilles ou les galettes de MgH<sub>2</sub> compactées peuvent avoir des densités volumétriques de stockage d'hydrogène de 86 kg/m<sup>3</sup> [5].

**Hydrures chimique** : l'hydrogène peut être aussi stocker sous forme liquide par les hydrures chimiques dans les conditions normales, pour simplifier leur transport et leur stockage. Actuellement, plusieurs hydrures chimiques sont suggérés pour le stockage de l'hydrogène, tels que le méthanol (CH<sub>3</sub>OH), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et l'acide formique (HCO<sub>2</sub>H). A une pression de 10 bars la densité de l'hydrogène peut aller jusqu'à : 123 kg/m<sup>3</sup> (53 kg/m<sup>3</sup> pour l'acide formique et 99 kg/m<sup>3</sup> pour le méthanol).

#### 4-Les applications d'hydrogène :

**a) L'hydrogène pour l'énergie** : Des générateurs portables, système hybride ... etc.

**b) L'hydrogène pour le transport** : Des véhicules à hydrogène, des bus .... etc.

**c) L'hydrogène dans l'aéronautique et le maritime** : Des lanceurs spatiaux, traversier, Zodiac ...etc.

**d) L'hydrogène dans l'industrie** : La fabrication des fibres textiles, l'industrie du verre, Les capteurs, L'électronique, la métallurgie : Hydrogen metallurgical shaft furnace (DRHF) , la fabrication mécanique pour la découpe des métaux bien spécifique [6], l'industrie des semi-conducteurs utilise de l'hydrogène gazeux comme gaz vecteur pour le dépôt de couches minces.

**e) L'hydrogène pour l'environnement** : l'hydrogène peut être aussi utiliser pour produire des carburants propres par l'élimination du soufre naturellement trouver dans le pétrole [7, 8].

#### 5- Références

1. International Energy Agency (IEA). 2021 : Net Zero by 2050 – A Road map for the Global Energy Sector.
2. I. Dincer, C. Acar. 2015 : Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, Issue 34, p.11094 –11111.
3. P. Nikolaidis, A. Poullikkas. 2017 : A comparative overview of hydrogen production processes, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 67, p. 597– 611.
4. I.A. Hassan, H. S. Ramadan, M.A. Saleh, D. Hissel. 2021 : Hydrogen storage technologies for stationary and mobile applications : Review, analysis and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 149, p. 111311.
5. J. Andersson, S. Gronkvist. 2019 : Large-scale storage of hydrogen, International Journal of Hydrogen Energy, Vol 44, p. 11901 –11919.
6. H. Pothur et al. 2022 : Experimental investigations on process parameters of stainless steel 410 alloy by plasma arc machining process using grey relational analysis with entropy measurement, Materials Today: Proceedings, Vol 62, p. 559–565.
7. <https://energies.airliquide.com/>
8. I. Nouicer, A. Khellaf, S. Menia, M.R. Yaiche, N. Kabouche, F. Meziane. 2019 : Solar hydrogen production using direct coupling of SO2 depolarized electrolyser to a solar photovoltaic system, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 44, p. 22408–22418.