

L'hydrogène : ressource énergétique pour le maritime ?

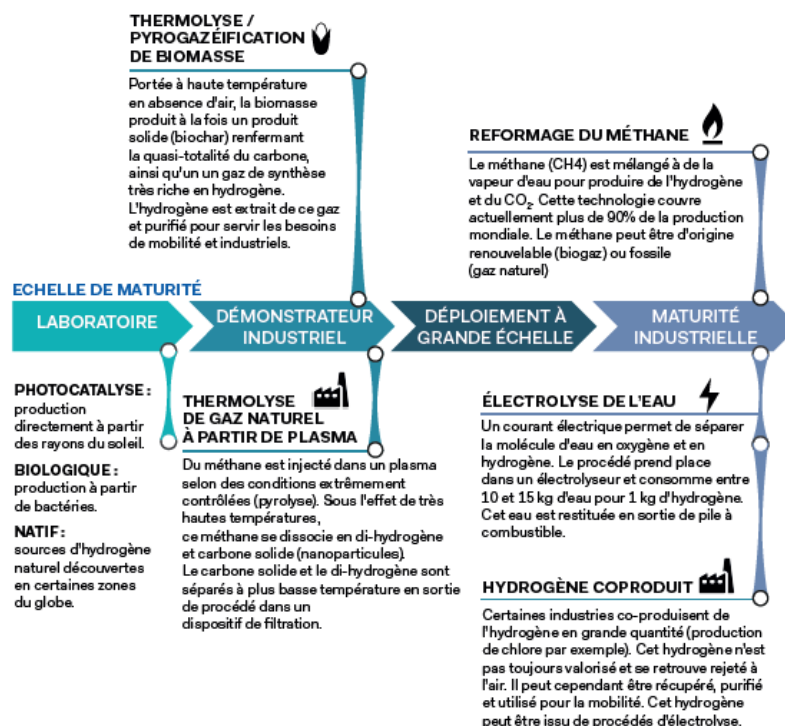
INTRODUCTION : UNE RESSOURCE ÉNERGETIQUE ATTRACTIVE

L'hydrogène, élément chimique le plus abondant dans l'univers, constitue une ressource énergétique de plus en plus prisée dans le monde. Sous forme gazeuse ou liquide, l'utilisation d'hydrogène ne produit pas de CO₂, n'émet peu ou pas de substances polluantes, et fournit 2 à 3 fois plus d'énergie que la plupart des carburants¹.

Il se présente donc comme un vecteur énergétique attractif pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), notamment pour le secteur du transport et des services maritimes.

Production

En tant que vecteur énergétique, l'hydrogène doit être produit et plusieurs procédés existent :



Source : *Les cahiers techniques de BATELIA, Voies Navigables de France*

¹ Par exemple, la combustion d'un kilo d'hydrogène libère trois fois plus d'énergie que celle d'un kilo d'essence et ne produit que de l'eau (Source : plan H2 du MTES, [ici](#))

- **Réformage** : À partir de combustibles fossiles comme les hydrocarbures, le charbon ou le gaz naturel est porté à haute température, pour en « extraire » l'hydrogène. Ces procédés représentent environ 95% de l'hydrogène produit aujourd'hui mais sont fortement émetteurs de CO₂ (en moyenne 10-12 kgCO₂/kgH₂)². On parle parfois d'hydrogène gris ou carboné.
- **Par l'électrolyse de l'eau. Si l'électricité est d'origine renouvelable ou issue d'un mix électrique bas carbone**, on parle alors d'hydrogène « vert », « renouvelable », et plus encore d'hydrogène « propre ». L'électrolyse est d'ores et déjà une méthode déployée à grande échelle dans l'industrie chimique. Aujourd'hui, il s'agit moins de changer la technologie que d'en faire varier l'usage.
- **Dans le cadre de la transition énergétique, de nombreuses méthodes complémentaires existent également comme la thermolyse de biomasse, le vaporeformage de biogaz, la thermolyse de gaz naturel à partir de plasma, etc.**

!! Pour être une véritable clé de la neutralité carbone en 2050, l'hydrogène doit provenir de sources de production renouvelables.

Utilisation

Aujourd'hui, l'hydrogène est un élément essentiel à de nombreux procédés industriels. Près de 60 millions de tonnes sont produites et consommées chaque année dans le monde et 900 000 tonnes en France, principalement pour le raffinage, la pétrochimie ou encore la chimie de base (ammoniac) mais également dans la verrerie, la métallurgie, la microélectronique, etc.

Désormais l'hydrogène s'impose comme un vecteur polyvalent qui permet d'accélérer la transition énergétique et de décarboner de nombreux usages.

LES CADRES POLITIQUES ET RÉGLEMENTAIRES FRANÇAIS ET EUROPÉEN

En France

La stratégie hydrogène prend sa source dans le [Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique](#) du 1^{er} juin 2018, pris en application de la [Loi relative à la transition énergétique](#) de 2015. Le Plan fixe l'objectif d'atteindre 10% d'hydrogène produit à base de ressources renouvelables à l'horizon 2023 et 20 à 40 % en 2028.

En outre, la [Loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019](#) relative à l'énergie fixe des objectifs pour développer l'hydrogène bas-carbone et renouvelable.

Plus récemment, la France a accru sa stratégie dans le cadre du plan de relance dû à la crise économique née de la pandémie de Covid-19. En septembre 2020 a été inaugurée une véritable [Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France](#). Elle prévoit **d'allouer des fonds dédiés pour la recherche française sur l'hydrogène** (2 milliards d'euros pour 2021-2022, 7 milliards d'euros à l'horizon 2030) afin de décarboner les sites industriels et les moyens de mobilité. Cette stratégie annonce par ailleurs la publication de textes législatifs et réglementaires pour encadrer la recherche et la production d'hydrogène en France.

² Référence AFHYPAC

En Europe

Le 8 juillet 2020, la Commission européenne a publié **une ambitieuse [Stratégie hydrogène de l'Union européenne](#)** fixant des objectifs de production d'hydrogène renouvelable, en partenariat avec **l'Alliance européenne pour l'hydrogène renouvelable**³.

Cette stratégie se fonde sur trois phases particulières : à court terme (horizon 2025), la mise en place d'infrastructures destinées à enclencher la production d'hydrogène renouvelable, à moyen terme (horizon 2030), l'intégration de l'hydrogène dans le mix énergétique européen et à long terme (horizon 2050), la généralisation de l'hydrogène comme source énergétique accessible sur le marché, à un prix raisonnable et son déploiement pour décarboner tous les secteurs.

DÉVELOPPEMENT POUR LES USAGES MARITIMES

Dans le cadre de sa transition énergétique, **le secteur maritime envisage l'hydrogène comme une solution d'avenir afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur** et d'atteindre les objectifs de réduction fixés par l'Organisation Maritime Internationale⁴.

La filière industrielle hydrogène cherche de son côté à développer des solutions hydrogène adaptées aux **spécificités du secteur** (puissance importante, stockage embarqué, avitaillement, autonomie, etc.), notamment par la marinisation de solutions existantes (comme les piles à combustible) ou encore de développement de solutions spécifiques.

La R&D avance sur l'hydrogène dans le maritime et de premiers projets industriels se développent. La Norvège est particulièrement avancée, notamment avec le projet de mise en circulation prochaine d'un paquebot de la compagnie Viking Cruise pouvant accueillir 900 passagers, entièrement alimenté par des piles à combustible d'hydrogène.

En France, il y a une dynamique importante de projets et de démonstrateurs en la matière : alimentation des navires à quai avec une pile à combustible hydrogène ; navette maritime à hydrogène ; mise en place d'une station hydrogène avec électrolyseur, mise en place d'infrastructures permettant de mutualiser les applications terrestres et maritimes pour le port de Toulon.

Aujourd'hui, il existe encore de nombreux freins pour l'utilisation de la solution hydrogène par les navires. Cependant, des projets se mettent en place et les acteurs se mobilisent pour structurer une filière hydrogène adaptée au maritime.

Les usages envisagés

La propulsion du navire, les usages électriques du bord, le branchement à quai, valorisation annexe (production de chaleur notamment).

Les principaux enjeux aujourd'hui

- **La maturité des technologies** : moteur à hydrogène, piles à combustible pour forte puissance, motorisation 100 % hydrogène ou carburants de synthèse (les e-fuels comme le méthanol ou l'ammoniac par exemple) et systèmes hybrides.
- **Le stockage de l'hydrogène à bord du navire** : la densité énergétique du stockage de l'hydrogène liquide est de 2,4 MW.h/m³ (pour le fuel et le GNL, respectivement 11 et 5,2

³ Composée d'environ 500 entreprises chargées de tisser le lien entre l'offre et la demande de la ressource hydrogène

⁴ <http://www.imo.org/fr/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

MW.h/m³⁵

- **La disponibilité d'hydrogène « renouvelable » (ou bas carbone) en quantité suffisante et son avitaillement**
- **La compétitivité du prix** de l'hydrogène « propre » : L'hydrogène produit par électrolyse revient aujourd'hui aux environs de 4 €/kg à 6 €/kg⁶ (2 à 3 fois plus que pour l'hydrogène gris). Or le prix du fuel lourd est aujourd'hui autour de 0,5 € le kg⁷.
- **La sécurité** : sous forme gazeuse, l'hydrogène est facilement inflammable et doit être stocké sous haute pression (de 200 à 700 bars) ; sous forme liquide, il doit être conservé à une température de -252.87°C (pression atmosphérique)
- **L'absence de cadre réglementaire**

Les leviers

La disponibilité d'hydrogène renouvelable ou bas carbone et la compétitivité sont en partie traitées par la Commission européenne qui, au sein de sa stratégie hydrogène, a pour cap de créer un **marché européen de l'énergie hydrogène à l'horizon 2050** et de généraliser l'usage de l'hydrogène pour différents secteurs comme la décarbonation de l'industrie, l'intégration des énergies renouvelables ou encore la transition écologique des mobilités, notamment lourdes⁸. Les questions techniques et de sécurité font l'objet d'expérimentations et de travaux dans le secteur privé, notamment grâce à la coordination par certains acteurs comme France Hydrogène⁹, avec qui Armateurs de France et certains armateurs travaillent en étroite collaboration.

⁵ CEA (commissariat à l'énergie atomique)

⁶ [Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique](#)

⁷ Calculé sur la base suivante : 600 USD la tonne de fuel lourd (HFO)

⁸ Elle rappelle toutefois que le transport maritime, comme l'aérien, bénéficiera de cette généralisation à plus long terme, un calendrier devrait être prochainement communiqué

⁹ Anciennement AFHYPAC, Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustible