

Production de l'hydrogène

<https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/comment-fabriquer-l-hydrogene>

Les sources de fabrication

Aujourd'hui, 95 % de l'hydrogène est fabriqué à partir de sources d'énergies fossiles (gaz naturel, pétrole) et de bois. Il existe actuellement trois types de procédés de production :

- Le procédé le plus courant de fabrication de l'hydrogène est le reformage (conversion de molécules à l'aide de réactions chimiques) du gaz naturel par de la vapeur d'eau surchauffée. On parle alors de vaporeformage. En présence de cette vapeur d'eau et de chaleur, les atomes carbonés (C) du méthane (CH₄) se dissocient. Après deux réactions successives, ils se reforment séparément pour obtenir, d'un côté, du dihydrogène (H₂) et, de l'autre, du dioxyde de carbone (CO₂). Cette opération nécessite donc le recours au gaz naturel.

- Un autre procédé est la gazéification du charbon de bois, composé principalement de carbone et d'eau. Brûlé dans un réacteur à très haute température (entre 1 200 et 1 500 °C), le bois libère des gaz qui vont alors se séparer et se reformer pour obtenir, d'un côté, du dihydrogène (H₂) et, de l'autre, du monoxyde de carbone (CO).

- L'hydrogène peut aussi être fabriqué à partir de l'électricité, par l'électrolyse de l'eau. Elle consiste, à l'aide d'un courant électrique, à décomposer l'eau (H₂O), en dioxygène (O₂), d'un côté, et en dihydrogène (H₂) de l'autre. Cette méthode est très loin d'avoir la compétitivité économique de la production à partir des sources fossiles. L'hydrogène produit aujourd'hui par vaporeformage du méthane coûte environ 1,5 €/kg d'H₂ à la sortie de l'usine (hors coût de distribution), un prix de revient qui est d'ailleurs le triple de celui du gaz naturel. L'hydrogène issu de l'électrolyse revient aujourd'hui à un coût environ 4 fois supérieur, sans compter l'impact du prix de l'électricité. La technique par électrolyse ne représente aujourd'hui en France que 1 % de l'hydrogène produit. Mais le développement des nouveaux usages de l'hydrogène-énergie, qui nécessitent un hydrogène plus pur, ouvre de vastes perspectives à cette technique. Des recherches sont menées pour diminuer le coût de production, notamment en recourant à une électrolyse à haute température (EHT), entre 700 et 800 °C.

Produire un hydrogène « propre »

Pour que le nouveau vecteur énergétique que pourrait constituer l'hydrogène se range du côté des « énergies vertes », c'est-à-dire faiblement émettrices de gaz à effet de serre, il est essentiel que sa production soit la plus « propre » possible.

Le reformage peut certes être faiblement émetteur de gaz à effet de serre si on le couple à des procédés de capture et de stockage du CO₂. Le coût s'en trouve bien sûr fortement augmenté.

La gazéification est un autre moyen car elle concerne toute la filière biomasse solide, c'est-à-dire les nombreuses matières organiques qui peuvent être brûlées pour dégager du biogaz. Si le bois (via le charbon de bois) est le principal concerné, des déchets végétaux, comme la paille, peuvent donner satisfaction. En reconstituant la biomasse au fur et à mesure, on obtient un bilan faible en termes d'émissions de CO₂.

Quant à l'électrolyse, elle conduit aussi à un hydrogène propre si l'on utilise de l'électricité « verte ». Mais pour surmonter la question de la compétitivité, il faut pouvoir disposer de grandes quantités d'électricité, tout au long de l'année, à des prix très bas. Des prototypes sont à l'étude, notamment en Allemagne, pour utiliser les pics de production intermittents de l'éolien et du solaire. Mais la question du coût de cette production électrolytique reste pour l'instant un obstacle.

D'autres procédés de production d'hydrogène sont également à l'étude :

- certains microbes modifiés peuvent produire de l'hydrogène sous l'effet de la lumière du Soleil (microbes photosynthétiques) ;
- immergée dans l'eau, une cellule photoélectrochimique (composant électronique qui décompose l'eau sous l'effet de la lumière solaire) peut produire des bulles d'hydrogène et d'oxygène. On parle alors de photoélectrolyse ;
- la décomposition thermochimique de l'eau : portée à haute température (800 / 1 000°C), la molécule de l'eau se décompose et libère de l'hydrogène. L'inconvénient de cette méthode exige le recours à l'énergie nucléaire pour chauffer l'eau : les investissements sont lourds et la production dépend des stocks d'uranium.

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/production-de-lhydrogene>

(Extrait)

Un procédé de production dominant (96%) : le vaporeformage des hydrocarbures (*Steam Methane Reforming* en anglais)

Aujourd'hui, l'hydrogène pour l'industrie est produit quasi intégralement en l'extrayant du gaz naturel sous l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Ce vaporeformage du méthane, après désulfuration du gaz naturel, se fait en deux étapes à haute température (entre 700°C et 1 000°C) où sont rompues les liaisons de l'hydrogène (dans l'eau avec l'oxygène, dans le méthane avec le carbone) :

$\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$ (fortement endothermique : + 190 kJ/mole)

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (faiblement exothermique : - 40 kJ/mole)

À la sortie du vaporéacteur, l'hydrogène pur est séparé du CO_2 qui peut être capturé, et d'un mélange en excès de CO, de méthane et de vapeur d'eau (syngas) qui est utilisé pour fournir la chaleur nécessaire au vaporeformage. Des catalyseurs métalliques sont utilisés (nickel, fer, chrome, cuivre) pour faciliter les réactions. Le vaporeformage est associé à une très lourde émission de CO_2 : pour une tonne de H_2 produite, 10 à 11 tonnes de CO_2 sont produites et en général émises dans l'atmosphère.