

hydrogène

Si vous suivez un peu l'actualité vous n'êtes pas sans noter le nombre d'articles qui présentent l'Hydrogène comme la solution miracle pour résoudre tout les problèmes liés à la transition énergétique (remplacement des carburants fossiles, stockage de l'électricité...).

Cet engouement subit me rappelle celui du nucléaire des années 1970, aussi je vous propose de faire un point sur ce produit « miracle ».

Je ne vais pas vous faire un cours sur l'hydrogène, [Wikipédia le fait bien mieux que moi.](#)

D'une manière générale nous pouvons retenir que c'est l'élément le plus répandu dans l'univers (étoiles, planètes gazeuses) sur terre il est surtout présent sous forme de combinaisons avec l'oxygène sous forme d'eau liquide ou de vapeur. Il est surtout le principal constituant (en nombre d'atomes) de toute matière vivante. Associé au carbone il est présent dans tous les composés organiques (l'hydrogène représente 63 % des atomes et 10 % de la masse du corps humain). La ressource est donc importante.

Comment obtenir de l'hydrogène ?

1. Le procédé le plus utilisé est le reformage du gaz naturel par de la vapeur d'eau surchauffée. Les atomes qui constituent le méthane (CH_4) se séparent et se réarrangent en dihydrogène (H_2) d'une part et dioxyde de carbone (CO_2) d'autre part (on obtient un mélange appelé hydrogène gris).
2. Par gazéification, du charbon de bois est brûlé à très haute température (entre 1.200 et 1.500 °C), les gaz libérés se reforment pour donner du H_2 et du monoxyde de carbone (CO) (on obtient un hydrogène gris).
3. Par électrolyse de l'eau (H_2O), c'est-à-dire qu'on la décompose à l'aide d'un courant électrique, on obtient du dioxygène (O_2) et du H_2 . Ce procédé permet d'obtenir un hydrogène pur (hydrogène Vert).

Vous noterez que à part l'électrolyse, l'hydrogène produit contient soi du CO_2 soit du CO et donc il contribue au réchauffement climatique, lorsque l'on retire et stocke le CO_2 et CO , l'hydrogène obtenu est qualifié d' « hydrogène blanc ».

L'extraction de l'hydrogène n'est pas neutre en terme de production de CO_2 , d'après l'[ADEME](#) l'extraction de 1kg d'hydrogène génère

- par reformage 12 kg de CO_2
- par électrolyse 2,7 kg de CO_2 .

L'électrolyse apparaît la solution la plus vertueuse sur le plan écologique, toutefois il faut prendre en compte l'importante consommation d'eau nécessaire à l'électrolyse, une ressource qui s'amenuise et qui est vitale pour l'humanité.

Afin de préserver cette ressource, il est envisagé d'utiliser de l'eau de mer. **Associé à une électricité décarbonée cette production apparaît comme une solution écologiquement prometteuse.**

Quelle utilisation de l'hydrogène ?

Il est très utilisé dans l'industrie (chimique, pharmaceutique, ...).

C'est aussi un carburant, il est, déjà depuis longtemps, utilisé dans les moteurs fusées mais aussi

1. dans des moteurs thermiques à la place des carburants fossiles
Les constructeurs automobiles et motoristes se sont lancés (ou relancés) dans la conception de moteurs fonctionnant à l'hydrogène.
2. dans des piles à combustible (PAC) pour produire directement de l'électricité.

Quelle place dans la transition énergétique ?

Ces dernières années on parle de plus en plus de l'hydrogène pour solutionner la crise écologique.

L'Europe dans son plan de relance de plusieurs centaines de milliards d'Euros (mai 2020) prévoit

« [le lancement de projets d'énergie renouvelable, en particulier l'énergie éolienne et solaire, ainsi que d'une économie de l'hydrogène propre en Europe](#) », la France a aussi mis en place une « [Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France](#) »

Donc encouragés par les états et subventionnés (7 milliards d'Euros pour la France), les projets industriels plus gigantesques les uns que les autres fleurissent comme à [Marseille FOS](#), Port-Jérôme sur la Seine (projet Normand'Hy – 200 MW), Bordeaux ([GH2 Ambès](#) – 200 MW) et Dunkerque (H2V59 – environ 300 MW). La finalité de ces productions « n'a pas encore été précisément déterminée. La molécule pourra être combinée à du CO₂ pour générer du gaz méthane ([power-to-gas](#)), être directement chargée dans des navires, trains et camions ou bien être consommée par les industries à proximité (pharmaceutique, [sidérurgie](#), pétrochimie) ».

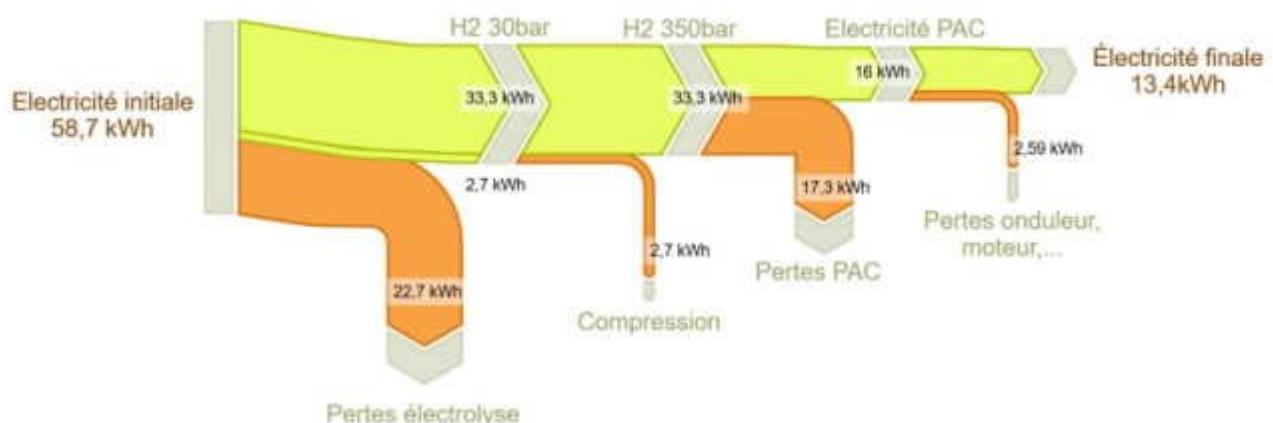
On ne sait pas encore ce que l'on va faire de cet hydrogène mais on annonce que cela va économiser 750 000 tonnes de CO₂.

On ne sait pas non plus d'où proviendra l'énergie renouvelable nécessaire à cette extraction. **Cherchez l'erreur !!**

Ce qu'il faut savoir sur la filière énergie de l'hydrogène

Pour remplacer les carburants fossiles tant dans les domaines de la production électrique, du stockage de l'énergie et des transports il faut savoir que l'hydrogène a un rendement médiocre.

En 2020, l'ADEME a publié une étude concernant le rendement de la chaîne hydrogène (voir schéma ci-dessous), entre les pertes lors de l'électrolyse, la compression, la pile à combustible le rendement est actuellement compris entre 25 et 30 %.



(ADEME janvier 2020)

- A titre de comparaison, le rendement d'une chaîne de stockage de type batteries est de l'ordre de 70 %.

Risques liés à l'hydrogène

C'est un carburant donc susceptible d'exploser ou brûler accidentellement, souvenez-vous de la navette Challenger en 1986.

- **Risque de fuite** : la petite taille de la molécule d'hydrogène lui permet de s'échapper à travers des ouvertures de taille extrêmement faible. Le risque de fuite est donc plus élevé avec l'hydrogène qu'avec les autres combustibles.
- **Risque d'inflammabilité** : lorsqu'une nappe d'hydrogène se forme, le risque d'inflammabilité est nettement plus élevé que pour une nappe d'essence ou de gaz. L'énergie requise pour l'enflammer est environ 10 fois plus faible que pour le gaz naturel.
- **Risque de formation d'une nappe explosive** : l'hydrogène se disperse plus rapidement que les carburants traditionnels. Il se dilue 4 fois plus vite dans l'air que le gaz naturel et 12 fois plus vite que les vapeurs d'essence. Cette volatilité est un facteur protecteur limitant la formation de nappes d'hydrogène.

Ci dessous un tableau comparatif des propriétés d'inflammation et d'explosion de plusieurs combustibles courants.

TABLEAU 2 - PROPRIETES D'INFLAMMATION ET DE COMBUSTION DE MELANGES DE CERTAINS COMBUSTIBLES [3]

Propriétés	Unité	Hydrogène	Méthane	Propane	Essence
Limite inférieure d'explosivité (LIE) aux TPN ⁽¹⁾	% vol.	4,0	5,3	1,7	1,0
Limite supérieure d'explosivité (LSE) aux TPN	% vol.	75,0	17,0	10,9	6,0
Température d'auto-inflammation	°C	585	537	450	215
Énergie minimale d'inflammation dans l'air ⁽²⁾	mJ	0,017	0,274	0,24	0,24

(2) L'hélium est le seul gaz doté d'une taille moléculaire semblable à celle de l'hydrogène. Les propriétés inertes de l'hélium en font un très bon agent pour tester l'étanchéité des installations visant à contenir de l'hydrogène.

(3) Conditions de température et de pression normales.

(4) Les valeurs d'énergie minimale d'inflammation de l'hydrogène dans l'air varient selon la composition du mélange. Elles sont données ici pour un mélange hydrogène-air stoechiométrique.

LSE : limite supérieure explosion

LIE : Limite inférieure explosion

Autre risque :

l'hydrogène est un puissant gaz à effet de serre indirect à courte durée de vie 200 fois plus puissant que le dioxyde de carbone.

Il interagit avec les autres gaz de l'atmosphère de plusieurs façons :

- Il prolonge la durée de vie du méthane en retardant son élimination. (la réaction du méthane avec le radical OH de l'air est le principal mécanisme de décomposition du méthane ($\text{CH}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$). Or, l'hydrogène réagit également avec ce radical OH ($\text{H}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$). Du coup, plus d'hydrogène dans l'air cela signifie moins de OH pour réagir avec le méthane.
- De plus, cette réaction dégage aussi de la vapeur d'eau, qui contribue à l'augmentation de l'effet de serre.
- L'hydrogène aboutit aussi à la formation d'ozone troposphérique, un autre gaz à effet de serre très puissant.

Aujourd'hui, on considère que le passage à l'hydrogène éliminerait l'impact climatique des énergies fossiles, mais quand on prend en compte ces fuites potentielles, ce n'est pas le cas.

Une généralisation de l'utilisation de l'hydrogène pourrait augmenter le taux de fuite dans l'atmosphère de 0,3 % actuellement jusqu'à 10 % et donc avoir un effet inverse de celui escompté pour la réduction des gaz à effet de serre ([rapport européen](#)).

Conclusion :

Il n'y a pas de solution miracle pour le remplacement des énergies fossiles et le stockage de l'énergie. L'hydrogène est une composante de ces solutions mais pas la

seule. Chaque solution doit faire l'objet d'une analyse fine et complète tant sur le plan technique qu'économique. (exemple [**Montpellier Horizon Hydrogène**](#)). Toutefois, actuellement, il semblerait que pour les véhicules particulier le choix de l'hydrogène ne soit pas pertinent (véhicule très cher, très peu de stations de recharge, technologie complexe) face au tout électrique ou hybride (véhicule abordable, plus de possibilités de recharge variées, bornes au domicile, technologie simple). Pour les transports publics (bus, trains) le choix de hydrogène (seul ou en [mixte avec batteries](#)) pourrait être envisageable (points de recharges limités, gain de poids/puissance, autonomie maîtrisable).

Le point commun de ces solutions est l'**utilisation de l'électricité comme source d'énergie primaire**.

Elle proviendra d'où cette électricité Eolien, Photo Voltaïque ?

Allons nous couvrir notre pays de fermes d'éoliennes de parc photo voltaïques sans oublier les parc offshore ?

Nous ferions sans doute mieux de nous intéresser aux solutions permettant de faire baisser notre consommation d'énergie et dans ce cas l'Hydrogène et son mauvais rendement n'est pas le meilleur choix.