



# LES AVIS DE L'ADEME

Avril  
2018

## Le vecteur hydrogène dans la transition énergétique



ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

## SOMMAIRE

<b>À retenir</b> .....	2	Apporter des solutions de mobilité propres et flexibles	...5
Contexte: l'hydrogène dans la transition énergétique	.....3	Réduire les impacts liés à l'emploi industriel d'hydrogène fossile	.....5
Apporter de la flexibilité aux réseaux énergétiques	.....3	Pour aller plus loin	.....6
Favoriser localement l'autoconsommation des EnR	.....4		

Visuel : © Antoine Gagan



# Le vecteur hydrogène dans la transition énergétique

## À retenir

L'évolution du contexte énergétique et les récents projets d'innovation et de démonstration dans les territoires conduisent l'ADEME à mettre à jour son avis sur la place du vecteur hydrogène dans la transition énergétique et écologique.

Les enjeux pour les années à venir s'articulent autour de quatre contributions majeures :

- Dans le cadre d'un mix électrique futur associant fortement les sources renouvelables, l'hydrogène apporte des **solutions de flexibilité et d'optimisation aux réseaux énergétiques**.
- L'hydrogène donne de nouvelles opportunités pour **l'autoconsommation d'énergies locales**, à l'échelle d'un bâtiment, d'un îlot, d'un village, tout particulièrement pour les zones non interconnectées au réseau électrique.
- Le développement des véhicules électriques hydrogène vient **diversifier l'offre d'électromobilité**, répondant à des besoins dans le domaine de la **mobilité professionnelle**.
- Les nouvelles technologies permettent de réduire les impacts liés à l'emploi actuel d'hydrogène d'origine fossile dans l'industrie.

**La pertinence de l'hydrogène se révèle à une échelle locale, dans une vision systémique de l'énergie :** valorisation des sources renouvelables, interconnexion et flexibilité des réseaux énergétiques, valeurs ajoutées dans différents usages (mobilité, industrie, autoconsommation).

## CONTEXTE: L'HYDROGÈNE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La transition énergétique repose avant tout sur des **actions en faveur de la maîtrise des consommations d'énergie et de gains en efficacité énergétique dans tous les secteurs**. Le recours au vecteur hydrogène apportera des solutions, de la flexibilité, des services pour la mise en œuvre de cette transition, mais il ne peut conduire à limiter les efforts à engager, notamment en terme de maîtrise des besoins et d'efficacité énergétique.

La récente actualisation du scénario énergie-climat ADEME 2035 – 2050<sup>1</sup> rappelle que la tenue de nos objectifs en terme de baisse de consommation d'énergie finale (-50% à l'horizon 2050) et de nos émissions de gaz à effet de serre (-75% au même horizon) nécessite :

- Dans le domaine des bâtiments et de l'organisation urbaine: la généralisation des bâtiments BBC (Bâtiment basse consommation)/ **BEPOS** (Bâtiment à énergie positive) et l'objectif d'un parc BBC rénovation à l'horizon 2050 ; le maintien du confort avec une évolution contenue des usages spécifiques de l'électricité ; le recours à des équipements de plus en plus performants ; la rationalisation de l'usage du foncier dans le tertiaire ; etc.

- Dans le domaine des transports et de la mobilité : la diminution du parc de véhicules individuels et le report vers des modes et comportements nouveaux (covoiturage, autopartage, recours aux services de mobilité) ; l'évolution des motorisations vers l'électrique et les gaz ; une croissance contenue du transport de marchandises grâce à des restructurations logistiques ; le report de la route vers le rail, le fluvial et le maritime ; etc.
- Dans le domaine de l'industrie et des procédés industriels : l'amélioration des technologies de production plus économes en énergie ; une valorisation généralisée des énergies dites « fatales » ou non utilisées comme la chaleur ; le recours à l'écoconception ; l'organisation optimale de l'énergie dans les entreprises grâce notamment à un meilleur suivi ; etc.

**Dans ces différents domaines, le recours au vecteur hydrogène sera d'autant plus efficace qu'il s'accompagnera de mesures de maîtrise des besoins et d'efficacité énergétique.** Par exemple, l'usage d'un véhicule équipé d'une pile à hydrogène aura d'autant moins d'impacts environnementaux que le véhicule aura été conçu pour être le plus léger possible, qu'il transportera à son bord plusieurs passagers ou qu'il sera partagé entre plusieurs utilisateurs.

## APPORTER DE LA FLEXIBILITÉ AUX RÉSEAUX ÉNERGÉTIQUES

Dans le cadre d'un mix électrique futur associant fortement les sources renouvelables (solaire, éolien, hydraulique), **l'hydrogène apporte des solutions de flexibilité et d'optimisation aux réseaux énergétiques :**

- L'hydrogène produit à partir de l'électricité du réseau permet de diversifier la valorisation de cette électricité pour toucher des usages dans les domaines du transport ou de l'industrie. En tant que gaz, l'hydrogène est stockable et contribue à pallier à la variabilité temporelle des renouvelables.
- Via le procédé de « power-to-gas », l'injection d'hydrogène ou de méthane de synthèse<sup>2</sup> dans les infrastructures gazières permet de décarboner progressivement le contenu des réseaux de gaz et donc des usages associés ;
- Cette injection autorise également le stockage de grandes quantités d'énergie - dépassant en France 100 TWh/an - de manière intersaisonnière, garantissant la stabilité des réseaux électriques en hiver (plus exposés aux périodes de déficit de production renouvelable).

<sup>1</sup> Actualisation du scénario énergie-climat ADEME 2035-2050, octobre 2017

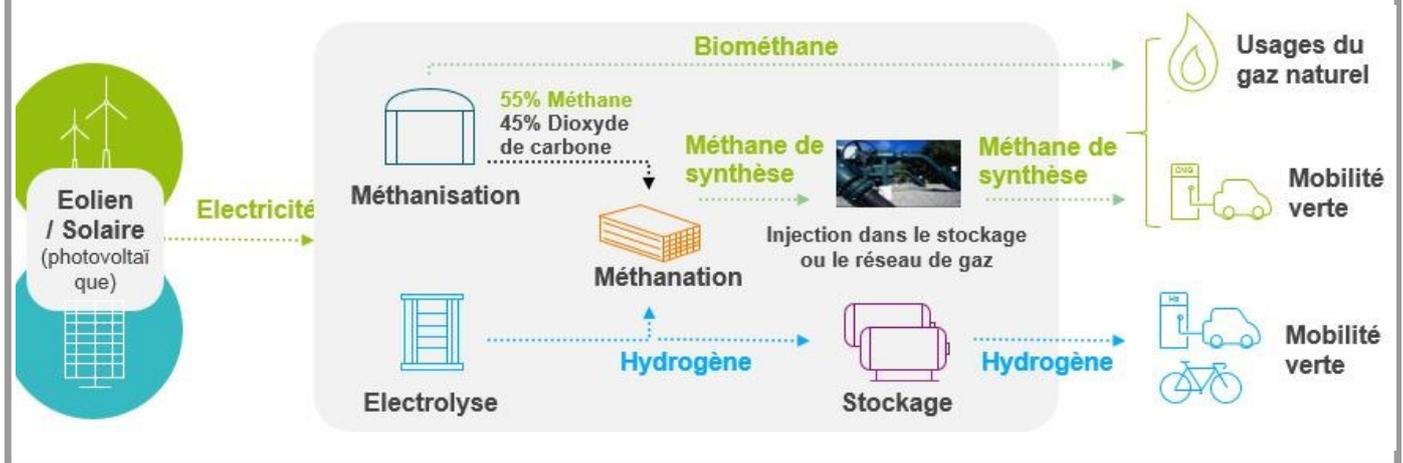
<sup>2</sup> Le méthane de synthèse est obtenu par combinaison d'hydrogène et de dioxyde de carbone. Le procédé mis en œuvre peut être de type catalytique ou biologique.

Techniquement, la nécessité du stockage intersaisonnier n'apparaît, en France, que pour des taux très élevés de renouvelables sur le réseau électrique. Pour autant, le système énergétique global peut trouver un intérêt à un développement anticipé de l'hydrogène en accompagnement de la montée en puissance des renouvelables dans les réseaux. Les récentes simulations de l'ADEME

montrent qu'à l'horizon 2035, le système électrique, composé à 64% de renouvelables, pourrait produire 30 TWh/an d'hydrogène à un coût inférieur à 5 €/kg, qui rend son emploi compétitif pour des usages dans la mobilité ou l'industrie. Dans ce scénario, le recours à l'hydrogène participe à la réduction du coût global

### Focus : le projet Méthycentre

Storengy, filiale d'Engie, expérimentera un démonstrateur de Power-to-gas à Céré-la-Ronde en région Centre Val de Loire. Il s'agit de produire un gaz de synthèse à partir de deux sources : d'une part du CO<sub>2</sub> issu de la génération de biogaz ; d'autre part d'hydrogène renouvelable produit par électrolyse de 250 kW de surplus de production d'électricité renouvelable. Le projet permettra également d'améliorer les technologies portées par les partenaires du projet : électrolyseur (AREVA H2GEN), méthaneur (ATMOSTAT), membrane de purification (PRODEVAL). Ce projet est soutenu par l'ADEME dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir.



## FAVORISER LOCALEMENT L'AUTOCONSOMMATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Au-delà de la logique des réseaux énergétiques, les technologies hydrogène offrent **de nouvelles perspectives pour l'autoconsommation à l'échelle d'un bâtiment, d'un îlot ou d'un village**, en proposant localement un stockage des sources renouvelables électriques. Ce stockage repose sur la complémentarité entre un stockage court terme, typiquement assurée par batterie, et une chaîne hydrogène qui assure un stockage sur

plusieurs jours, semaines ou mois. La pertinence économique de cette solution est proche pour certains sites non interconnectés au réseau électrique continental, dans les collectivités d'outre-mer par exemple. Dans des éco-quartiers connectés au réseau électrique, ce type de stockage peut ponctuellement se justifier s'il est associé à la fourniture de nouveaux services.

### Focus : le projet de La Nouvelle à la Réunion

Le village de La Nouvelle, au cœur du Cirque de Mafate à La Réunion, expérimente depuis l'été 2017 un système de stockage hybride batterie / chaîne hydrogène, dans le cadre d'un projet porté par EDF SEI et le Sidélec (Syndicat d'électrification de La Réunion) et soutenu par la Direction Régionale ADEME.

L'installation comprend une production Photovoltaïque (7,8 kWc), des batteries lithium (15,6 kWh), un électrolyseur et une pile (3 kW) et un stockage d'hydrogène (3 kg). L'ensemble permet à trois bâtiments (le dispensaire, l'école et le bâtiment de l'ONF) d'être 100% autonomes en énergie. Si l'expérimentation est concluante, elle sera étendue à l'ensemble du village qui pourra alors se passer du fioul qui alimente ses groupes électrogènes.



## APPORTER DES SOLUTIONS DE MOBILITÉ PROPRES ET FLEXIBLES

Dans le domaine de la mobilité, **le développement des véhicules électriques hydrogène viendra diversifier l'offre d'électromobilité.**

L'hydrogène embarqué apporte des solutions nouvelles pour des véhicules lourds par exemple, ou pour garantir autonomie et disponibilité pour des véhicules utilitaires légers. **Cela concerne en priorité les véhicules à usage professionnel, qu'ils soient terrestres, maritimes, fluviaux, ferroviaires.** Par ailleurs, du point de vue des réseaux électriques, le recours à l'hydrogène donne de la flexibilité entre infrastructure et véhicules, permettant de réguler la puissance instantanée appelée.

Les technologies associées à l'hydrogène mobilité sont encore chères et les expérimentations et pré-déploiements à venir nécessitent, comme toute technologie émergente, un soutien pour amorcer la demande de véhicules et accélérer l'industrialisation. Les enjeux sont en partie liés à

la mise en place de chaînes d'assemblage automatisées, pour les piles mais aussi pour certains équipements périphériques, qui permettra de baisser les coûts. En parallèle, l'apparition de réglementations locales ciblant les émissions polluantes en milieux urbains participe à faire émerger le marché des véhicules « zéro émission à l'usage ». A terme, des modèles économiques sont ainsi atteignables pour une mobilité électrique hydrogène professionnelle.

Le bilan environnemental de la mobilité hydrogène, « du puits à la roue », est complexe avec deux facteurs de premier ordre : la nature de la source primaire (renouvelable versus fossile) et la distance d'acheminement entre la production de l'hydrogène et la station-service. Par ailleurs, des solutions pour limiter l'emploi de certains métaux précieux doivent être étudiées et mises en place (recyclage, amélioration des technologies actuelles).



## RÉDUIRE LES IMPACTS LIÉS À L'EMPLOI INDUSTRIEL D'HYDROGÈNE FOSSILE

L'industrie emploie actuellement plus de 900 000 tonnes d'hydrogène par an, produit à partir de combustibles fossiles, représentant 7,5% des émissions gaz à effet de serre (GES) de l'industrie française. **L'enjeu est d'améliorer les procédés et de substituer, lorsque cela est possible, ces ressources d'hydrogène fossiles** pour réduire les impacts GES de l'industrie. Les consommateurs

industriels diffus, éloignés des sites de production, constituent une cible prioritaire. Pour ces sites, la production d'hydrogène locale s'accompagnera de services associés permettant une optimisation économique : valorisation des flux coproduits (chaleur, oxygène), services de flexibilité au réseau électrique, etc.



## POUR ALLER PLUS LOIN

### Points de débat : rendement et sécurité

Le rendement énergétique de la chaîne hydrogène et les risques accidentels associés à son utilisation sont régulièrement questionnés. Les limites des solutions hydrogène doivent être prises en compte dans leurs mises en œuvre :

- Le rendement du stockage de l'électricité pour des solutions associées à l'hydrogène est de l'ordre de 20 à 30%, contre plus de 80% pour les technologies liées aux batteries. Le recours à l'hydrogène se justifie, techniquement et économiquement, lorsqu'il permet d'apporter un service supplémentaire, qui ne peut être rendu par des batteries seules.
- L'hydrogène est un gaz combustible léger, inflammable et explosif, comme tout gaz combustible ou source d'énergie, mais avec ses spécificités propres. Un cadre normatif et réglementaire national et international existe, sur la base des usages traditionnels de l'hydrogène dans l'industrie. Celui-ci évolue pour garantir la sécurité des usagers dans les différents segments des applications.

### Enjeux industriels

**Les technologies Hydrogène mobilisent des savoir-faire diversifiés, déjà présents dans le tissu industriel** : métallurgie, chimie, plasturgie, électronique, électrotechnique, manufacture, etc. La fabrication des équipements de la chaîne représente donc des enjeux de diversification pour ces acteurs économiques. Par ailleurs, en aval, ces technologies peuvent irriguer de nombreux secteurs – énergie, réseaux, télécoms, bâtiments, numérique, transport, aéronautique – en créant de la valeur ajoutée pour des intégrateurs de solutions. Les enjeux en terme d'emploi concernent ainsi tout autant des PME, des ETI que des grands groupes industriels.

## POUR EN SAVOIR PLUS

[Consultez la fiche technique sur la place de l'hydrogène dans la transition énergétique et écologique, ADEME, Avril 2018 sur \*\*ademe.fr\*\*](#)