

L'hydrogène, l'inéluctable source d'énergie de demain...

Evolution des modifications		
Document de base	Marc Emonet	16/11/2022
Mise à jour suite au dernier salon Hyvolution de 2024	Marc Emonet	02/02/2024

Table des matières

1. L'élément hydrogène	4
1.1 L'atome.....	4
1.2 La molécule.....	4
1.3 Ses propriétés.....	4
1.4 Son état naturel.....	4
2 La production de l'hydrogène	5
2.1 Par électrolyse.....	5
2.2 Par gazéification.....	5
2.3 Par reformatage.....	5
2.4 Les différents types d'hydrogène produits.....	6
2.4.1 L'hydrogène vert (ou renouvelable).....	6
2.4.2 L'hydrogène rose (ou bas carbone).....	6
2.4.3 L'hydrogène jaune (ou bas carbone).....	6
2.4.4 L'hydrogène bleu ou turquoise (ou bas carbone).....	6
2.4.5 L'hydrogène gris ou noir (il est alors dit carboné ou fossile).....	6
2.5 Résumé sur les différentes couleurs de l'hydrogène.....	6
3 Son stockage et sa distribution	7
3.1 Sous haute pression.....	7
3.2 Sous forme liquide (à basse température).....	7
3.3 Sous forme solide (sous hydrure métallique).....	7
3.4 Les réseaux de distribution.....	7
3.5 Les stations de distribution.....	7
4 Son utilisation	8
4.1 En tant que combustible.....	8
4.2 En tant que générateur d'électricité.....	8
4.3 Applications dans le secteur industriel et le tertiaire.....	8
4.4 Applications dans le monde du transport.....	9
4.4.1 Véhicules lourds.....	9
4.4.2 Véhicules légers.....	9
4.4.3 Le train.....	9
4.4.4 L'avion.....	10
4.4.5 Les navires.....	10
4.4.6 Les vélos.....	10
4.4.7 Autres applications.....	10
4.5 Synthèse des utilisations dans le transport.....	10
5 Les principaux acteurs de la filière hydrogène en France	10
5.1 Les utilisateurs-consommateurs de l'énergie issue de l'hydrogène.....	11
5.1.1 La SNCF.....	11
5.1.2 La RATP.....	11
5.1.3 Les collectivités territoriales.....	11
5.2 Les sociétés engagées dans les développements industriels liés à l'hydrogène.....	11
5.2.1 Alstom.....	11
5.2.2 Schneider Electric.....	11
5.2.3 Air Liquide Normand'Hy.....	11
5.2.4 Hyvia.....	12
5.2.5 Bouygues Energie et Service.....	12
5.2.6 HDE Mobil Station.....	12

5.2.7	Stellantis et Opel	12
5.2.8	Safra.....	12
5.2.9	CarbonLoop et Hylico	12
5.2.10	Société Haffner Energy	12
5.2.11	Engie-Cofely.....	12
5.2.12	Elogen.....	12
5.2.13	Genvia.....	13
5.2.14	Faurecia.....	13
5.2.15	Symbio.....	13
5.2.16	Plastic Omnium	13
5.2.17	Ekpo Fuel Cell Technology	13
5.2.18	Autres sociétés.....	13
5.3	Les institutions.....	14
5.3.1	L'ADEME.....	14
5.3.2	IFP Energies Nouvelles.....	14
5.3.3	France Hydrogène	14
5.4	Les différents services associés	15
5.4.1	L'ingénierie.....	15
5.4.2	La formation.....	15
5.4.3	Les contrôles.....	15
6	Les aides et les financements	15
6.1	De l'Europe	15
6.2	De l'état français.....	16
6.3	Des régions	16
6.3.1	Région Ile de France	16
6.3.2	Région Auvergne Rhône Alpes.....	17
6.3.3	Dijon Métropole.....	17
6.3.4	Pays de la Loire.....	18
6.3.5	Territoire Val de Garonne	18
6.3.6	Région du Grand-Est	18
6.3.7	L'agglomération Durance, Lubéron, Verdon (DLVA)	18
6.3.8	Région de Bourgogne Franche-Comté.....	18
6.3.9	La communauté de communes de Touraine Vallée de l'Indre.....	18
6.3.10	Région Nouvelle Aquitaine.....	19
6.3.11	Bretagne	19
6.4	Autres financeurs et organismes	19
7	Les objectifs de croissances planifiés	20
8	Les différents projets français classés par ordre chronologiques	20
9	Les pays concurrents	25
9.1	La Grande-Bretagne	25
9.2	L'Espagne.....	25
9.3	L'Italie.....	25
9.4	Les Etats-Unis	25
9.5	Le Japon	25
9.6	La Chine.....	25
Conclusion	26	
Index alphabétique.....	27	

Introduction

L'hydrogène paraît être la véritable nouvelle source d'énergie capable de modifier profondément nos habitudes tout en apportant des solutions satisfaisantes et vertueuses sur le plan environnemental.

Certes, de nombreux problèmes techniques sont encore à régler, mais le succès croissant des 3 derniers salons spécialisés Hyvolution démontre clairement le véritable intérêt pour cette nouvelle technologie suscitée en France et à l'étranger :

Nombre :	d'exposants	de pavillons et délégations	de visiteurs
2022	300	5	4 518
2023	360	10	7850
2024	570	25	11 500

Au cours du salon Hyvolution de janvier 2024 : 82 pays étaient présents, 350 intervenants ont participé aux conférences et expositions...

De (trop) nombreux documents et articles existent sur le sujet en répétant inlassablement les mêmes informations ou en délayant l'essentiel dans des commentaires souvent inutiles. Ce présent document tente bien humblement d'en faire une synthèse...

1. L'élément hydrogène

1.1 L'atome

L'hydrogène est le premier élément de la table des composants de Mendeleïev ; son atome comprend seulement un noyau (un proton) et un électron qui gravite autour de son noyau.

1.2 La molécule

Dans la nature, l'atome d'hydrogène s'associe :

- soit à un autre atome d'hydrogène pour constituer la molécule de dihydrogène H_2 (appelé communément hydrogène),
- soit combiné à d'autres atomes pour constituer les molécules d'eau H_2O , de méthane CH_4 , de dioxyde de carbone CO_2 ...

1.3 Ses propriétés

L'hydrogène est un gaz inodore, incolore et non corrosif. 1kg d'hydrogène peut libérer une énergie de 120MJ (contre 45 MJ pour l'essence pour la même quantité) soit près de 3 fois plus ; mais étant beaucoup plus léger, il faut 4,6 l d'hydrogène comprimé à 700 bars pour produire la même énergie qu'un litre d'essence.

Étant particulièrement volatile et explosif, son stockage et son transport nécessitent certaines précautions.

1.4 Son état naturel

C'est un des éléments les plus abondant sur terre, mais en général pas directement utilisable ; cependant on en a découvert au fond des mers en 1970 et des scientifiques du CNRS ont trouvé, il y a quelques mois, un gisement d'hydrogène naturel en Lorraine (dissous à 20% dans l'eau à 1250 m de profondeur) que l'on peut extraire...

A noter que l'hydrogène peut également être produite par des bactéries et des microalgues vertes car certains de ces organismes en produisent sous l'action de la lumière (par analogie avec la photosynthèse) ...

Il convient donc pour l'utiliser soit de l'extraire soit de la fabriquer.

2 La production de l'hydrogène

2.1 Par électrolyse

L'électrolyse permet de dissocier les atomes d'oxygène et d'hydrogène combinés dans les molécules d'eau sous l'action d'un courant électrique selon la réaction :



Cette réaction nécessite un apport d'énergie électrique qui pour être vertueux devra être issu des ENergies Renouvelables (ENR) (solaire, éolien...), dite décarbonées (sans dégagement de CO₂ donc non émettrice de Gaz à Effet de Serre : GES).

L'électrolyse est soit alcaline, soit à PEM (membranes échangeuses de protons).

L'électrolyse à haute température permet d'obtenir de meilleurs rendements.

La France souhaite se doter de capacités manufacturières avec l'installation de Giga-factories de production d'électrolyseurs alcalins d'une puissance de 1 GW/an.

2.2 Par gazéification

La gazéification des charges solides est une oxydation partielle de la biomasse (constituée de végétaux comme le bois, la paille ou les déchets d'origine végétale qui se renouvellent naturellement sur la surface de la terre) qui permet d'obtenir un gaz de synthèse (CO+H₂) qui donne, après purification de l'hydrogène.

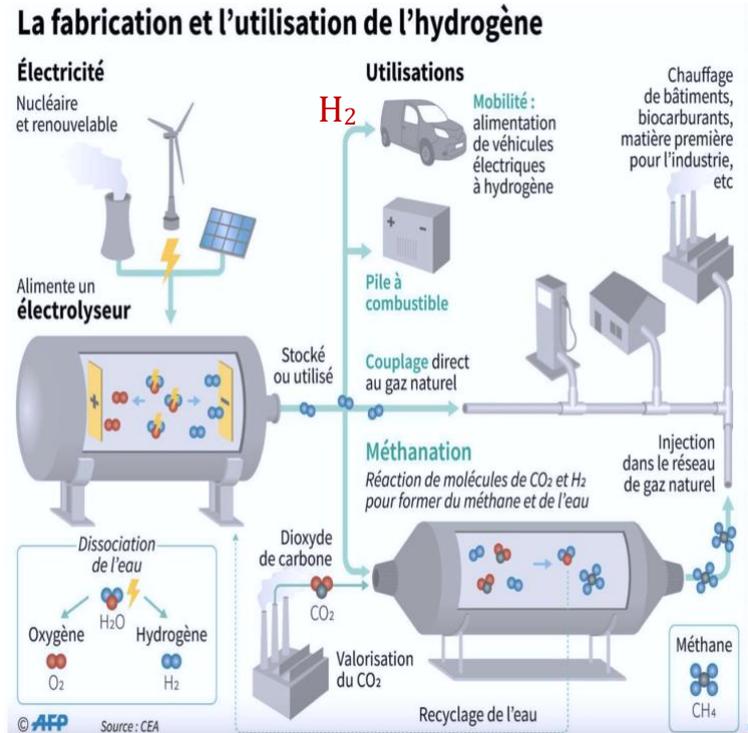
Il y a cependant dégagement de CO₂ mais en quantité limitée.

2.3 Par reformatage

La combustion des énergies fossiles casse les molécules d'hydrocarbure sous l'action de la chaleur pour libérer de l'hydrogène. La production de l'hydrogène par reformatage rejette du gaz carbonique dans l'atmosphère, principal responsable de l'effet de serre !

La réaction qui se fait suivant la formule $2\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$.

Cette solution particulièrement polluante n'est donc pas amenée à se développer.



2.4 Les différents types d'hydrogène produits

2.4.1 L'hydrogène vert (ou renouvelable)

Il est fabriqué soit par thermolyse de la biomasse, par le vaporeformage du biométhane soit par l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant uniquement d'**énergie renouvelable**.

2.4.2 L'hydrogène rose (ou bas carbone)

Il est fabriqué par l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant uniquement d'**énergie nucléaire**.

2.4.3 L'hydrogène jaune (ou bas carbone)

Il est fabriqué par l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant d'**énergie électrique du réseau**.

2.4.4 L'hydrogène bleu ou turquoise (ou bas carbone)

Il est fabriqué par procédé thermochimique avec comme matière première des ressources fossiles (charbon ou gaz naturel) ; le CO₂ émis lors de sa fabrication sera capté pour être stocké et réutilisé.

2.4.5 L'hydrogène gris ou noir (il est alors dit carboné ou fossile)

Il est fabriqué par procédé thermochimiques avec comme matière première des ressources fossiles (charbon ou gaz naturel) ; mais le CO₂ émis lors de sa fabrication sera libéré dans l'atmosphère contribuant largement à la pollution atmosphérique. Solution évidemment à proscrire.

2.5 Résumé sur les différentes couleurs de l'hydrogène

	Couleur	Technologie	Sce d'énergie	Empreinte carbone	Therminologie	
extrait	Hydrogène Blanc	Extraction directe	Très faible	Aucune	Hydrogène renouvelable	
Production via biomasse	Hydrogène Vert	Thermolyse	Biomasse	Basse		
		Vaporeformage	Biométhane	<3kgCO ₂ /kgH ₂		
Production via électricité	Hydrogène Rose	Electrolyse de l'eau	Solaire, éolienne, hydraulique	Basse	Hydrogène bas carbone	
	Hydrogène Jaune		Nucléaire	<2kgCO ₂ /kgH ₂		
			Réseau électrique	Basse		
Production via les énergies fossiles	Hydrogène Bleu	Vaporeformage gazeification	Gaz naturel, charbon	<3kgCO ₂ /kgH ₂		
	Hydrogène Tuquoise	Pyrolyse	Gaz naturel	Noir de carbone coproduit	/	
	Hydrogène Gris	Vaporeformage		Elevé	11kgCO ₂ /kgH ₂	Hydrogène carboné (à éviter)
	Hydrogène Marron	Gazeification	Lignite	Très élevé	11kgCO ₂ /kgH ₂	
	Hydrogène Noir		Charbon bitumineux			

3 Son stockage et sa distribution

Sous forme gazeuse, l'hydrogène dans des conditions normales (1 bar, 20°C) occupent 11 m³ par kilogramme. Pour être stocké elle a donc besoin d'être compressée, transformée sous forme liquide ou absorbée dans des matériaux

3.1 Sous haute pression

Comprimé à la haute pression de 700 bars, la masse volumique de l'hydrogène est de 42 kg/m³ contre 0,090 kg/m³ à pression et température normale.

On peut alors Stocker 5 kg d'hydrogène dans un réservoir de 125 litres ce qui permet à une voiture équipée d'une PAC d'avoir une autonomie de 500 à 600 km.

Compte tenu du niveau de pression élevé, les bouteilles métalliques (ou en polymère) doivent être épaisses et solides, elles sont en conséquence particulièrement lourdes.

3.2 Sous forme liquide (à basse température)

En refroidissant à une très basse température (<-252,87°C) et à une pression atmosphérique de 1,013 bar l'hydrogène se liquéfie et possède une masse volumique de 71kg/m³ ; on peut stocker 5 kg d'hydrogène dans un réservoir (spécialement bien isolé) de 75 l. Solution actuellement réservée essentiellement aux applications spatiales.

3.3 Sous forme solide (sous hydrure métallique)

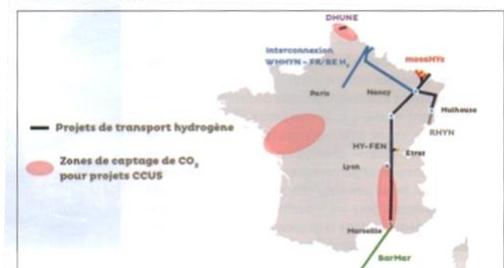
L'hydrogène peut être absorbé (suite à une combinaison chimique réversible) par certains alliages métalliques. C'est alors ce que l'on appelle « l'hydrogène solide » qui est conservé dans des réservoirs basse pression (10 bar) en hydrure métallique ; malheureusement pour le moment, le stockage de 1 kg de H₂ nécessite un réservoir de 35 kg ! soit 3% de charge utile !

La société Mincatec-Energy propose différentes solutions d'hydrogène solides pour applications stationnaires ou mobiles (navigation fluviale ou petit véhicule hydrogène urbain).

3.4 Les réseaux de distribution

Des réseaux de distribution existent sous forme de pipeline à travers l'Europe pour transporter l'hydrogène des principales sources de production aux différents points d'utilisation.

GRTgaz précise que le Commission européenne a sélectionné 5 projets de transport d'hydrogène à travers l'Europe pour les labelliser comme Projets d'Intérêt Commun (PIC) : HY-FEN (liaison Marseille-Obergailbach), MosaHYc et RHYn (corridor franco-allemand), DHUNE et WHHYN (corridor franco-belge)



3.5 Les stations de distribution

Le développement réel de la filière hydrogène n'aura véritablement de sens qu'à la condition d'avoir une couverture suffisante de stations-services sur les différents territoires.

L'étude « Global market for hydrogen fueling station » a dénombré environ 600 stations-service hydrogène à travers le monde fin 2020.

En 2021, il y avait en France 57 stations en service, en 2025 il en est prévu 400 et en 2030 entre 1000 et 1700.

Sachant que le développement des projets de mobilité lourde accélérera le déploiement et le maillage des stations de recharge.

4 Son utilisation

Étant stockable et transportable, l'hydrogène peut être utilisée à l'endroit et au moment où on en a besoin ! Son utilisation convient parfaitement pour décarboner l'industrie ou pour être une solution de secours lorsque les ressources d'ENR ne sont plus disponibles (en particulier dans les pays défavorisés et en voie de développement).

De plus, son réapprovisionnement (moyennant quelques précautions de sécurité) pouvant se faire rapidement, son utilisation convient parfaitement au secteur du transport.

4.1 En tant que combustible

Sa combustion maîtrisée permet soit de produire de la chaleur (largement utilisé au XIX^{ème} siècle), soit de propulser des fusées ; mais il peut aussi servir de base pour la production d'ammoniac (engrais) et être utilisé comme réactif dans les procédés de raffinage de produits pétroliers, carburants et biocarburants.

Utilisé en tant que carburant combiné à l'oxygène, il produit de l'eau et de la chaleur et ne rejette que des oxydes d'azote, mais cette solution nécessite des modifications particulières des moteurs à explosion et doivent être encore amélioré pour obtenir un rendement satisfaisant et réduire les émissions d'oxyde d'azote.

4.2 En tant que générateur d'électricité

Le principe de la Pile A Combustible (PAC) a été découvert en 1839 par l'anglais William R. Grove mais sa mise au point et son évolution vers des solutions industrielles a pris de nombreuses années.

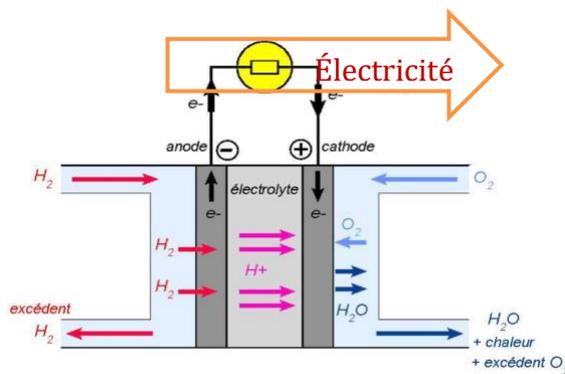
La PAC converti (grâce à de fines membranes recouvertes d'un catalyseur en platine) le mélange d'air et d'hydrogène en énergie électrique avec dégagement de vapeur d'eau, suivant le procédé inverse de l'électrolyse. La formule devient alors :



Cette solution est particulièrement vertueuse et pleine d'avenir puisqu'elle permet de produire de l'électricité à partir de l'hydrogène avec comme rejet simplement de la vapeur d'eau !

4.3 Applications dans le secteur industriel et le tertiaire

L'hydrogène a des applications propres en tant que composant primaire, elle peut aussi être utilisée en tant que combustible et/ou pour produire de la chaleur mais elle peut aussi être employée comme producteur d'électricité de secours (les réserves et les réapprovisionnements étant toujours possibles).



Cette dernière application ayant tout son intérêt dans les pays défavorisés et privés de réseaux électrique et qui n'ont comme seule source d'énergie : le solaire, l'éolien... et les groupes électrogènes en cas de besoin particulièrement pollués...

4.4 Applications dans le monde du transport

Pour la propulsion électrique, la PAC constitue une alternative aux batteries d'accumulateurs avec une plus forte densité énergétique de stockage (autonomie importante) et un temps de recharge beaucoup plus rapide.

Le Moteur à Combustion Interne (MIC) hydrogène est un moteur thermique utilisant l'hydrogène comme carburant ou un mix hydrogène/gas oil ou hydrogène/GNC (Gaz Naturel Comprimé)

4.4.1 Véhicules lourds

Plusieurs entreprises canadiennes se sont spécialisées dans les PAC, en particulier, après 20 ans de recherche, la société Loop Energy a commencé à commercialiser ses piles à combustible à hydrogène eLow ; elle a même signé un accord de Joint-venture avec la société chinoise d'Etat Weichai Power...

Renault de son côté a présenté plusieurs modèles et considère le marché des véhicules lourds entrainera celui des véhicules légers.

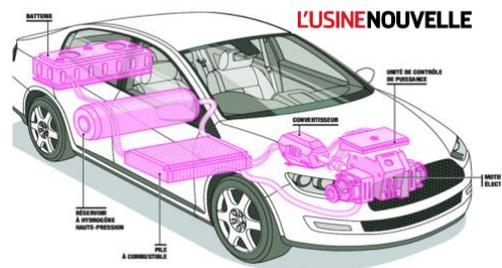
Le nouveau Renault Master hydrogène en détail



4.4.2 Véhicules légers

Ces véhicules pour fonctionner doivent intégrer les réservoirs, la PAC, des batteries, un convertisseur, une unité de contrôle et le bloc moteur électrique.

Plusieurs constructeurs automobile se sont lancés dans l'aventure : BMW avec son iX5, Hyundai Nexo, NamX HUV, Toyota Mirai, Renault Kangoo ZE, Peugeot e-Expert, Citroën ë-Jumpy, Opel vivaro-e,... tous n'ont pas encore entièrement réussi mais poursuivent leurs études et leurs recherches...



La société Alpha Process a développé des bornes hydrogène dédiées aux véhicules léger

4.4.3 Le train

Après la mise en service en Allemagne de plusieurs trains à propulsion à hydrogène (avec une autonomie de 600 km) fournis par Alstom, 4 régions françaises (Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Grand-Est et Occitanie) ont passé en 2021 la commande de 14 trains à la SNCF pour remplacer les trains diesels (particulièrement pollués qui devront être abandonnés à l'horizon 2035) lesquels seront utilisés sur les lignes non électrifiées. Ces nouveaux trains auront la double source d'alimentation afin de pouvoir aussi circuler sur les voies électrifiées.

Il est prévu la conversion de 34 lignes à l'hydrogène qui se fera avec 250 trains entre 2025 et 2035, correspondant à un investissement de 3,4 milliards d'euros (soit le coût d'une ligne TGV).

4.4.4 L'avion

Plusieurs projets ambitieux d'avions propre (et de drones) sont à l'études, mais ils doivent répondre à différentes questions en termes de technologie, d'environnement et de sécurité.

Airbus et CFM international prépare un moteur d'avion à combustion directe alimenté à l'hydrogène

Il est prévu qu'un démonstrateur A380 doté de réservoirs à hydrogène liquide à -252°C soit présenté en 2026.

4.4.5 Les navires

Plusieurs ports Européens passent à l'hydrogènes pour alimenter les navires à quai ainsi que les engins de manutention.

A Valence le projet **H2PORTS** prévoit la production, le stockage et la généralisation de l'utilisation de l'hydrogène.

Hylis est un projet de navire de transport de voyageurs (de 24 m de long et une capacité de 170 passagers) qui remplacera à terme les bateaux au fioul qui desservent la cinquantaine d'îles du Parc Naturel du Morbihan.

4.4.6 Les vélos

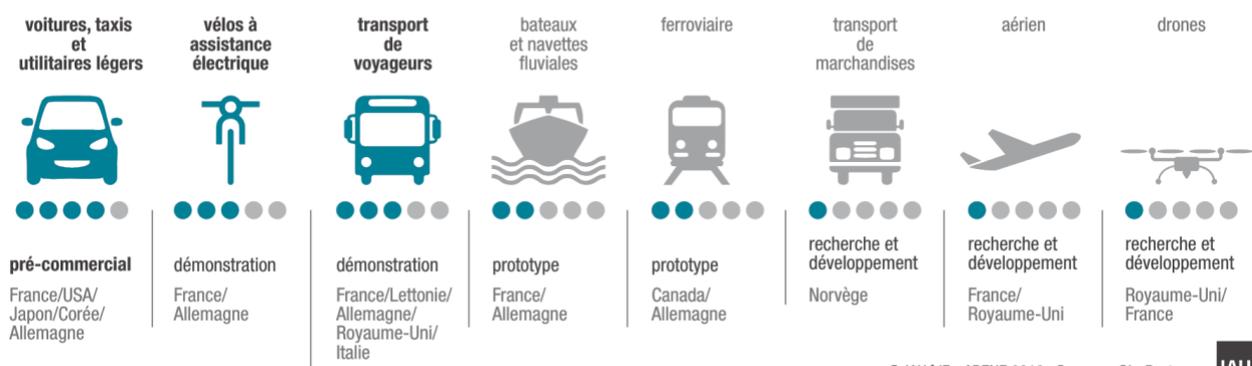
Alpha Néo propose des vélos à assistance électrique alimenté par une PAC homologuée de 1300Wh, un réservoir à 300bar, assistance jusqu'à 25 km/h et une autonomie de 150 km.

4.4.7 Autres applications

Engins de levage et de manutention, drones...

4.5 Synthèse des utilisations dans le transport

État d'avancement des projets de véhicules à hydrogène



Ordre de grandeur des consommations respectives d'hydrogène en kg/100km

0,9	0,03	8 à 14	300 à 400	25 à 30	7,5 à 15,7	
-----	------	--------	-----------	---------	------------	--

n

5 Les principaux acteurs de la filière hydrogène en France

Ce sont les entreprises et les différents organismes qui s'engagent plus ou moins dans cette filière et qui trouvent un intérêt à faire évoluer leurs usages, les matériels et les services...

Que ce soit les utilisateurs-consommateurs d'énergie ou les concepteurs de produits (fabricants, opérateurs...), l'information et les financements (ADEME, Geotrend...), l'ingénierie

(Cap Gemini,...), la formation (AFPA, Ensosp...), les contrôles (Véritas...), la sécurité (Ineris,...), la réglementation...

5.1 Les utilisateurs-consommateurs de l'énergie issue de l'hydrogène

5.1.1 La SNCF

Le train à hydrogène est l'alternative au diesel pour des lignes à faible trafic où l'électrification des réseaux ferrés serait prohibitive. C'est 34 lignes qui sont concernées pour la conversion de 250 trains à réaliser entre 2025 et 2035 pour s'affranchir totalement à terme des locomotives diesels. Le budget alloué est de 3,4 Md€.

A noter que 4 régions ont déjà passé des commandes pour l'approvisionnement de 14 trains.

5.1.2 La RATP

La RATP s'engage dans l'approvisionnement à titre expérimental de 17 bus à propulsion hydrogène sur Créteil et 30 autres sur Bagneux entre 2024 et 2025.

5.1.3 Les collectivités territoriales

De nombreuses régions françaises très motivées cherchent à soutenir et à aider les entreprises de leur territoire que ce soit sur le plan financier mais aussi en leur offrant des infrastructures d'hébergement ou de sites pilotes pour les expérimentations.

Plusieurs syndicats d'énergie cherchent également à s'impliquer dans le développement de cette filière avec la mise en place de stations de distribution.

5.2 Les sociétés engagées dans les développements industriels liés à l'hydrogène

5.2.1 Alstom

Alstom a acquis la société Hélium Hydrogen Power (ex filiale du groupe Areva), un fabricant aixois de PAC à membranes échangeuses de protons (PEM) de forte puissance qui est devenu « Alstom Hydrogen ».

Par ailleurs Alstom a passé un accord avec Plastic Omnium portant sur le développement et la production de systèmes de stockage haut-de-gamme destinés au secteur ferroviaire.

Alstom et Engie ont signé une convention de partenariat afin de proposer au secteur du fret ferroviaire une solution de décarbonations des locomotives à partir de l'hydrogène renouvelable.

Alstom Hydrogen et le constructeur naval Piriou ont signé un contrat pour intégrer une PAC certifiée marine, dans une drague hybride à hydrogène de la région Occitane.

5.2.2 Schneider Electric

Propose une architecture pour l'**automatisation d'unités d'électrolyseur** (MicroGrid) basé sur la technologie du Digital Twin (jumeau numérique) ; Aveva est une solution sécurisée de gestion de process.

5.2.3 Air Liquide Normand'Hy

Cette filiale d'Air Liquide prévoit la **construction d'un site d'électrolyse** de 200 MW pour la production d'hydrogène renouvelable situé à Port Jérôme près du Havre. La mise en service est prévue en 2025 et l'usine sera équipé d'électrolyseurs Siemens.

Par ailleurs, Air Liquide a prévu d'investir 8 Md€ dans l'hydrogène décarboné d'ici 2035.

5.2.4 Hyvia

Cette joint-venture entre Renault Group et Plug Power, créée en juin 2021, vise 30% de part de marché des VUL à hydrogène en Europe. Elle assure **l'assemblage des systèmes de PAC** et leur intégration dans les véhicules sur les 3000 m² de l'usine intégrée au site de Flins.

Par exemple : le Master Van H2 Tech est équipé d'une PAC de 30 kW, d'une batterie de 33 kWh et d'un réservoir contenant 6 kg d'hydrogène offrant une autonomie de 500 km.

5.2.5 Bouygues Energie et Service

Bouygues Telecom a mis en place Hyvision une solution **d'alimentation en énergie à partir d'hydrogène vert** sur certains sites du réseau mobile afin d'améliorer la couverture réseau tout en s'affranchissant des groupes électrogènes thermique.

5.2.6 HDE Mobil Station

La société HDE Mobil Station propose différents types de **containers électrolyseur** HDE de 60 à 1000 kW, des stations de stockage tampon moyenne et haute pression et des stations-service de charge hydrogène.

5.2.7 Stellantis et Opel

Stellantis (groupe automobile multinational résultant de la fusion de PSA et Fiat-Chrysler Automobile) et Opel vont consacrer 30 Md€ d'investissement aux **véhicules électriques**, batteries et PAC d'ici 2025.

5.2.8 Safra

Cette société, acteur historique de la **rénovation de bus hydrogène** (sous la marque Businova et Hycity) et d'autocar en hydrogène avec leur kit H2-Pack, équipe 1500 bus de 12 m qui seront équipés de la solution plug and play de Symbio.

5.2.9 CarbonLoop et Hylico

Deux start-up qui développent des **stations d'avitaillement** en hydrogène à partir de la thermolyse de la biomasse.

5.2.10 Société Haffner Energy

Cette société familiale s'est lancée en 2010 dans le développement de solutions de production d'hydrogène renouvelable par **thermolyse à partir de biomasse** (issue de plaquette de bois de la région de Strasbourg). Le CO₂ émis est capturé par le procédé breveté Hynoca qui le transforme en biochar utilisé en agronomie.

D'autres projets sont prévus dans l'Allier et en Côte d'Or (issue des exploitations agricoles, forestières et viticoles locales).

5.2.11 Engie-Cofely

Ce groupe propose de **gérer les stations hydrogène** par l'intermédiaire de Hystart ; ses références sont : en Bretagne : Morbihan Energie ; dans le Var : Hynovar ; dans la région Occitane-Pyrénées : Hyport ; et à Pau : GNVert

5.2.12 Elogen

Premier **producteur français d'électrolyseurs** PEM (Protons Exchange Membrane) dans son usine en région parisienne. Anciennement Areva H2Gen, Elogen va construire sa gigafactory de

20 000 m² pour la production d'électrolyseurs de grande capacité (1GW/an) sur le territoire de Vendôme

5.2.13 Genvia

La start Up Genvia (détenue par Schlumberger NE, CEA, Vicat, Vinci et l'Agence Energie Climat de la Région Occitanie) est le spécialiste de **l'électrolyse haute température** avec un rendement autour de 90% et qui a une technologie réversible (permettant aussi de produire de l'électricité) ; leur gigafactory est implanté à Béziers.

5.2.14 Faurecia

Ce leader de la haute pression s'est engagé avec la division poids lourds de Hunday. Ses **réservoirs (350 bars)** équipent les 1600 camions coréens qui circulent en Suisse.

5.2.15 Symbio

Cette filiale de Faurecia et de Michelin (qui produit et commercialise des piles à hydrogène pour véhicules utilitaires camions et bus), va créer une des plus grandes usines de système hydrogène (production de 200 000 PAC de type stackpack par an envisagés en 2030) d'Europe située à Saint-Fons près de Lyon. Elle sera opérationnelle fin 2023 et bénéficie du dispositif financier européen PIIEC Hydrogène.

5.2.16 Plastic Omnium

Spécialisé dans les réservoirs haute pression se positionne sur le marché des PAC via un partenariat avec l'équipementier allemand ElringKlinger et un autre avec McPhy sur les protocoles et interfaces de remplissage entre stations hydrogène et réservoirs haute pression.

5.2.17 Ekpo Fuel Cell Technology

Produit des PAC et ambitionne de prendre de 10 à 15 % de parts de marché en 2030.

5.2.18 Autres sociétés

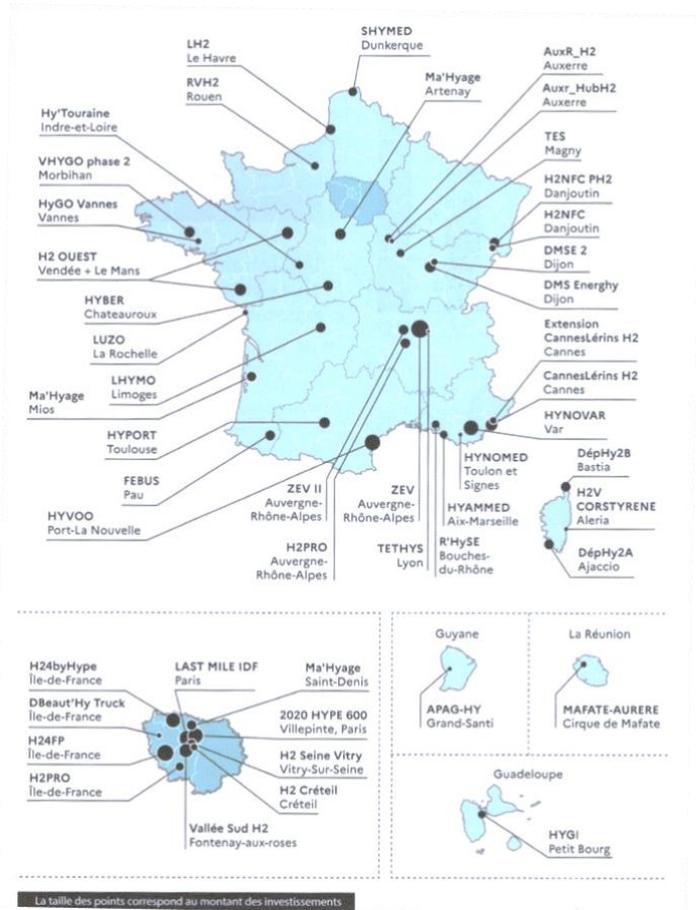
De nombreuses autres sociétés se sont lancées dans la fabrication ou l'adaptation de leurs produits comme les capteurs, appareils de mesure ou de surveillance (Process Sensing...), électrovannes (BMS Industrie...), régulation de débit et de pression (Suntec...), canalisation haute pression,...

5.3 Les institutions

5.3.1 L'ADEME

L'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle de plusieurs ministères et qui participe à la construction des politiques nationales et locales pour la transition écologique. A ce titre, elle lance différents appels à projets :

- ☞ 19 écosystèmes soutenu dans l'hexagone,
- ☞ 21,6 MW (soit 3100 tonnes d'H₂/an) de production d'hydrogène par électrolyse (issu d'électricité renouvelable) et
- ☞ 2300 véhicules utilitaires légers et 160 véhicules lourds propulsés par hydrogène.



5.3.2 IFP Energies Nouvelles

L'IFPEN est un institut qui contribue à l'élaboration et à la structuration des politiques publiques et réalise des actions d'expertises scientifiques institutionnelles.

Il participe notamment à la mise au point de différentes technologies de production d'hydrogène renouvelable comme un nouvel électro-catalyseur avec des technologies PEM (projet Mo-SHy).

En ce qui concerne la PAC pour les véhicules électriques, les travaux de l'IFPEN portent notamment sur : la caractérisation d'organes du système global et des systèmes sur banc d'essais, le contrôle commande et l'électronique de puissance ainsi que sur la modélisation des procédés...

5.3.3 France Hydrogène

France hydrogène (anciennement appelé AFHYPAC) propose de suivre les développements de l'hydrogène en France grâce à Vig'Hy qui est l'observatoire sur l'hydrogène. Pas moins de 132 projets sont publiés sur Vig'Hy.

Les missions de France Hydrogène sont : de faire connaître les enjeux et promouvoir les solutions, être l'expert de référence au service de la filière hydrogène, agir pour le déploiement de cette filière, représenter l'ensemble des acteurs, faire rayonner l'équipe de France de l'hydrogène

5.4 Les différents services associés

5.4.1 L'ingénierie

Capgemini-Invent accompagne les réflexions stratégiques des entreprises et peut gérer des projets collaboratifs complexes...

Le Bureau Veritas peut développer une chaîne de valeurs grâce à une expertise en matière de neutralité carbone, de responsabilité environnementale et de durabilité, il propose son réseau d'essais, d'inspection et de certification.

5.4.2 La formation

L'Ecole Nationale Supérieure des Officiers Sapeurs-Pompiers (ENSOSP) est un organisme situé à Aix en Provence qui propose une formation aux « risques » et en particulier à ceux spécifiques liés à l'hydrogène ; ces formations sont dispensées par des spécialistes reconnus des services d'incendie et de secours avec des exercices pratiques sur les pressions d'hydrogène gazeux allant jusqu'à 700 bars.

5.4.3 Les contrôles

Le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) accompagne les innovations, assure les mesures et les essais au meilleur niveau, délivre des certifications et propose des expertises.

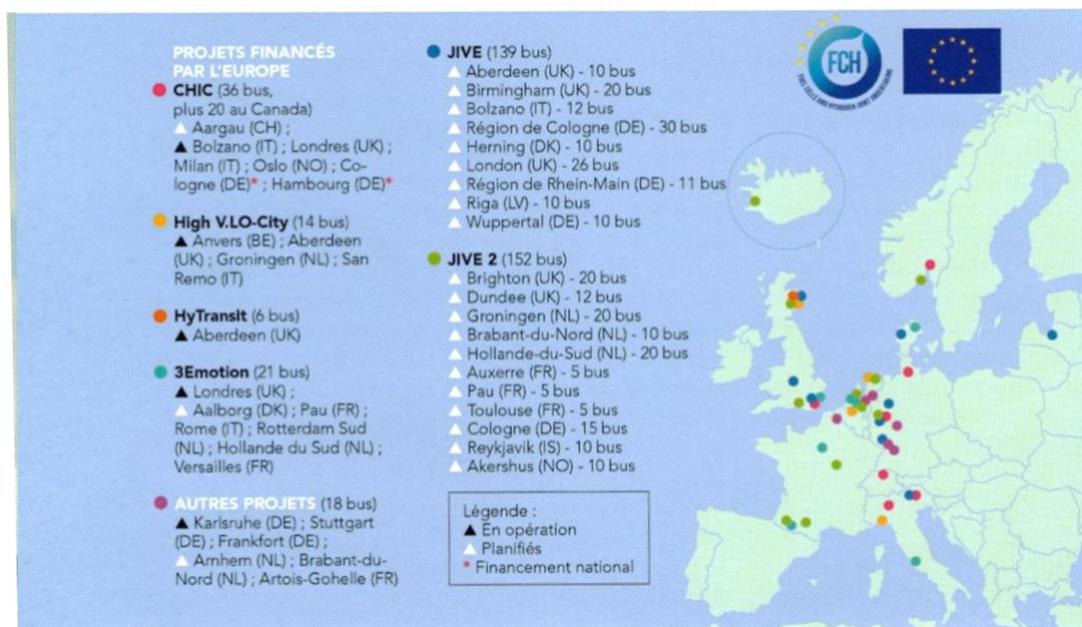
6 Les aides et les financements

6.1 De l'Europe

Bruxelles a créé un réseau européen des opérateurs du réseau pour l'hydrogène : ENNOH (pour European Network of Network Operators for Hydrogene) chargé de développer cette filière.

Une enveloppe de 20 milliards d'euros sont consacrés pour développer la filière hydrogène ; l'objectif de déploiement de capacité d'électrolyse pour l'union Européenne est de 40 GW d'ici 2030.

Dans le cadre du Projet Important d'Intérêt Européen Commun (PIIEC) pour l'hydrogène, : 15 grands projets industriels sont soutenus par la France auprès de la Commission européenne. Cela concerne principalement les fabricants d'électrolyseurs ou d'éléments spéciaux avec différentes installations de gigafactories : une près de Mulhouse, McPhy à Belfort, John Cockerill en Alsace, Genvia à Béziers et à Grenoble, Aspach Michelbach en Belgique... devant chacune produire 1GW/an en 2050.



6.2 De l'état français

En septembre 2020, un budget de 7,2 milliards d'euros sur 10 ans a été annoncé pour développer une filière compétitive de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone et l'ensemble des technologies associées ; en particulier par le déploiement d'électrolyseurs à hydrogène d'une puissance de 6,5 GW d'ici 2030 (et éviter ainsi l'émission de 6 millions de tonnes de CO₂ par an).

Les objectifs envisagés à atteindre s'obtiendront :

- en décarbonant l'industrie par l'émergence d'une filière française compétitive de l'électrolyse,
- en déployant une mobilité professionnelle lourde ou intensive basée sur l'hydrogène renouvelable ou bas carbone,
- en soutenant la recherche et l'innovation et en renforçant les compétences dans ce domaine afin de favoriser les usages de demain.

En novembre 2021, sur le budget total de 30 Md€ du plan d'investissement « France 2030 », 8 Md€ sont prévus pour l'énergie et la décarbonation de l'économie (nucléaire et hydrogène), et 1,9 Md€ sont directement dédié pour soutenir les projets de gigafactories d'équipements hydrogène.

6.3 Des régions

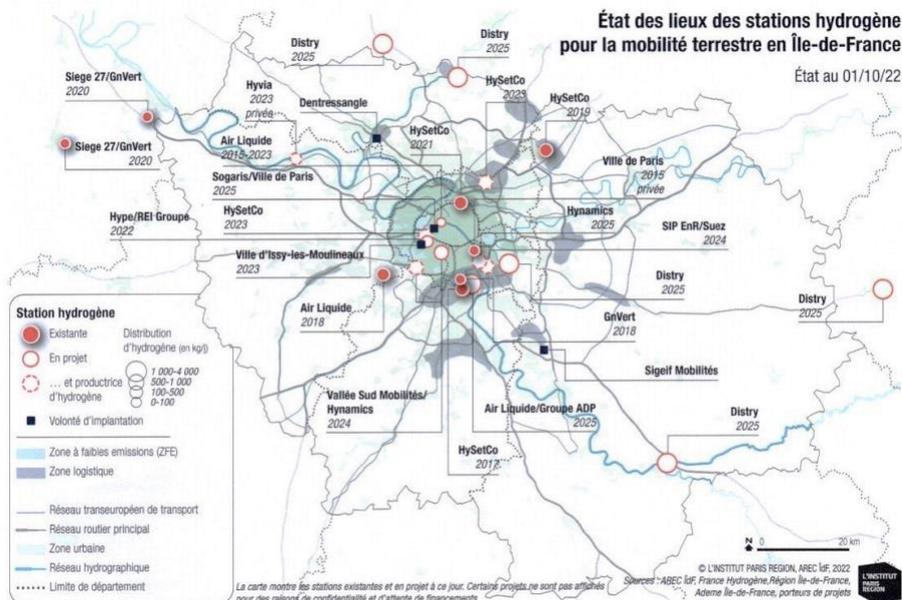
6.3.1 Région Ile de France

La plate-forme d'essai de recherche FenHyx (Future Energy Networks for Hydrogen and miX) de GRTGaz est dédié à la recherche et au développement sur le transport d'hydrogène par canalisation dédié.

La région et l'ADEME ont lancé le projet H₂Créteil pour produire de l'hydrogène par électrolyse à partir d'électricité issue de l'incinérateur d'ordures ménagères de Créteil.

D'autres projets sont engagés pour la distribution d'hydrogène à l'usage de flottes de Taxi (en particulier avec le projet Hype financé par la région et les fonds Feder qui a permis d'obtenir 100 véhicules et 4 stations de charge) ainsi que le long de la Vallée de la Seine destiné aux flottes fluviales... enfin, associé avec la communauté d'agglomérations de VGP et dans le cadre du programme européen 3Emotion l'achat et l'exploitation de 7 bus à hydrogène ont été programmés.

La région en partenariat avec la DRIEAT, l'ADEME, France Hydrogène et l'AREC IdF ont créé le Club Hydrogène d'IDF qui regroupe et met en lien : 175 membres dont des collectivités territoriales, syndicats, entreprises et acteurs institutionnels.



6.3.2 Région Auvergne Rhône Alpes

Des 2018, la région a lancé le projet zéro émission en Valley (ZEV), le plus grand déploiement français de véhicules légers et de stations hydrogène.

Elle s'engage dans le déploiement de la mobilité hydrogène avec l'utilisation de 150 véhicules lourds, le soutien financier pour atteindre plusieurs centaines de véhicules léger d'ici 2024, une implantation de 25 stations de recharges... et une participation avec Michelin et Engie à la société HYmpulsion chargée de déployer les stations hydrogène à l'échelle du territoire régional.

6.3.3 Dijon Métropole

Construction en 2023 d'une station hydrogène de 1 MW près de l'incinérateur pour permettre aux camions-Bennes à Ordures Ménagères (BOM) de décharger les déchets et de se recharger en hydrogène. Les premières BOM sont arrivées et la flotte sera à terme équipée de 44 BOM, le fournisseur est la société E-Trucks.

En ce qui concerne les bus, une autre station-service à hydrogène alimentée par une centrale photovoltaïque sera opérationnelle en 2024 et 180 bus seront à convertir.



6.3.4 Pays de la Loire

Une station-service multi-énergie a été inaugurée en décembre 2021 à la Roche sur Yon ; elle propose de l'électricité verte, du bioGNV et de l'hydrogène vert ; issue respectivement de centrales photovoltaïques, de méthaniseurs et d'électrolyseurs de la société Lhyfe à partir d'un parc éolien et de l'eau salée. Elle y produit 300 kg d'hydrogène par jour (extensible à 1 tonne) pour alimenter les véhicules utilitaires et de transport en commun avec la région.

La société Lhyfe a depuis des projets similaires au Danemark et en Allemagne...

6.3.5 Territoire Val de Garonne

Hydrogène Vallée a pour projet la réhabilitation du transport fluvial sur la Garonne à l'aide de barges à hydrogène

6.3.6 Région du Grand-Est

Le projet DinamHySe prévoit d'impulser et d'accélérer le développement d'une filière industrielle hydrogène dans le cadre de la transition écologique.

6.3.7 L'agglomération Durance, Lubéron, Verdon (DLVA)

Cette agglomération DLVA pilote avec Engie et Air Liquide un projet visant à produire à partir d'énergie solaire 1300GWh/an d'électricité qui pourra produire de l'hydrogène renouvelable par électrolyse de l'eau à échelle industrielle.

6.3.8 Région de Bourgogne Franche-Comté

Après s'être engagé dans la filière hydrogène, la région a été labélisée « Territoire hydrogène » en 2016 ; depuis la région s'appuie sur différentes structures (Institut Femto-ST : un laboratoire du CNRS, Core Center H2 de Faurecia : un centre d'expertise mondiale, USR FCLAB, Plateforme PAC de l'UTBM) et a lancé plusieurs projets (Hyban : un banc de test de PAC grande puissance, ISTHY : un institut national spécialisé dans le stockage hydrogène, Hycanais : projet couplant la méthanisation et la méthanation.)

6.3.9 La communauté de communes de Touraine Vallée de l'Indre

Elle s'est dotée de BOM à hydrogène dans les locaux rochelais de SEMAT.

7 Les objectifs de croissances planifiés

L'évolution des coûts de production (suivant l'ADEME) :

	2021	2030	2050
Coût de production	4,3 €/kgH ₂	3,4 €/kgH ₂	2,9 €/kgH ₂
Soit	1500 €/kW	500 €/kW	350 €/kW

Programme de la filière française de consommation annuelle d'hydrogène renouvelable ou bas carbone :

	2030				2040	
	Mini		Maxi		Mini	Maxi
	kt/an	%	kt/a	%	kt/a	
Secteur industriel		474	70%		634	58%
Carburant de synthèse	56			92		
Siderurgie	162			205		
Industrie diffuse	12			23		
Chimie	123			169		
Raffinage	121			145		
Secteur de la mobilité	en unité	160	23%	en unité	325	30%
Véhicules légers	300 000			450 000		
Poids lourds	5 000			10 000		
Bateaux et navires	65			135		
Trains	100			250		
Secteur de l'énergie		45	7%		130	12%
TOTAUX		679	100%		1089	100%
<i>Données issues de France Hydrogène 2021</i>						

Déploiement de la chaîne d'approvisionnement en hydrogène d'ici à 2030 :

- 5,5 à 10 GW d'unité de production d'hydrogène
- 685 km de canalisation de transport (pour relier les pôles industriels et les unités de stockage,
- 800 à 1000 unités logistiques de transport,
- 100 à 1700 stations de recharge réparties sur tout le territoire.

Le gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE) et l'Agence de la transition écologique (ADEME) ont ébauché une stratégie de décarbonation et d'électrification de la France à horizon de 2050 ; définissant une réindustrialisation profonde du pays, un besoin de production d'hydrogène au niveau de 87 TWh/an

Le CNRS et le CEA vont coordonner les recherches suivants plusieurs axes à travers le PERP Hydrogène qui est un objet associé à une stratégie d'accélération composé de 20 à 30 projets sur 6 à 8 ans.

Une vingtaine de station à hydrogène sont actuellement ouvertes en France, on prévoit qu'il y en ait entre 1000 et 1700 d'ici 2030.

8 Les différents projets français classés par ordre chronologiques

L'hydrogène, l'inéluctable source d'énergie de demain

Nom du projet	Présenté par	Budget en M€	lieu	Activités	Production H2 en Kg/jour	Débouchés	en fct
Febus	Syndicat Mixte de Pau	19,24	Nouvelle Aquitaine	Electrolyseur 1 Station de distribution	268	8 bornes 8 bus	2021
LOGISTICH2	GAUSSIN	0,3 d'aide ADEME	Haute Saone	Développement d'un véhicule à hydrogène	.	Destné à des centres logistiques	2021
H2V Corstyrène	SASU	1,48	Corse	2 Electrolyseur/photovoltaïque de 18 kW	4	7 chariot élévateurs	2022
LUZO - Logistique Urbaine Zéro Carbone	Atlantech	2,27	Nouvelle Aquitaine	Electrolyseur/photovoltaïque de 138kW 2 stations de distribution	10	1 station pour vélos et triporteurs 1 station pour véhicules légers	2022
MOBHYL	Ataway	0,4 d'aide ADEME	Savoie	Station hydrogène mobile de secours rapidement déployable	.	.	2022
AME-LYSE	Gen-Hy	0,2 d'aide ADEME	Val de Marne	Assemblage de Membranes Electrodes (AME) pour électrolyseur alcalin à haut rendement	.	.	2023
AuxHYGen	Hynamics (EDF)	8,8	Auxerre	Production distribution	400	5bus 3 véhicules utilitaires	2023
CATHIOPE	Green GT	4,2 d'aide ADEME	Var	Conceptualiser un groupe moto propulseur hybride électrique-hydrogène de forte puissance et de grande autonomie et à son intégration dans un châssis constructeur standardisé	.	.	2023
DBeaut'hy Trucks	DB Schenker et l'Oréal	5,97	IDF	2 Stations		Retrofit de 10 tracteurs routiers	2023
FRESH2	BOSCH	1,5 d'aide ADEME	Aveyron	Système autonome à PAC		Alimentation des groupes de froid des semi-remorques	2023

L'hydrogène, l'inéluctable source d'énergie de demain

H2Ouest	Sydev	33,7	Vendée	Production 4 stations de distribution	300	32 véhicules utilitaires	2023
HyAMMED	Kem One	14,7	Aix- Marseille	Electrolyseur	1000	6 Camions	2023
HyGO Vannes	Syndicat Morbihan et Engie	6,5	Vannes	Electrolyseur adossé à process industriel	270	Process industriel (Michelin) 40kg/j Stations de distribution 300- 700bars	2023
Hyport SAS	Engie Solutions	23,3	Toulouse Blagnac	1Production H2 2 Stations de distribution 300-700bars	430	3 bus Transdev + véhicules légers + aéronautique	2023
Jupiter 1000	GRT Gaz	10,6 d'aide ADEME	Fos sur Mer	Démonstrateur Power-to-gas d'un électrolyseur de 1MW	.	Injection d'H2et de CH4 de synthèse dans le réseau Gaz	2023
Méthycentre	Storengy	9,5	Indre et Loire	Unité de Power-to-gas (hydrogène et méthane de synthèse)	.	Destiné au couplage à une unité de méthanisation agricole	2023
Powidian Apagui	Powidian Apagui	1,9	Guyane	Electrolyseur/photovoltaïque de 10 MW	10	3 PAC de 7,5 kW pour alimenter en secours le groupe scolaire d'Apagui	2023
R-Hynoca	Haffner	2,7 d'aide ADEME	Bas Rhin	Production d'H2 à partir de biomasse solide suivant procédé industriel (breveté) HYNOCA	720		2023
THETYS SYTRAL	SYTRAL Mobilités	2,3	Auvergne Rhone Alpes	Electrolyseur/hydraulique	80	Expérimentation de 2 Bus sur la ligne 64 du réseau TCL	2023
VHYGO 2 Lorient	Lhyfe Morbihan SAS	30,4	Bretagne	Electrolyseur/Eolien de 2,5 MW 2 stations de distribution	1000	30 bus 2 bateaux	2023
ZEV1 - Zero Emission Valley	Hypulsion SAS	60	Auvergne Rhône Alpes	3 électrolyseurs 14 Stations de distribution	1640	Grenoble 800kg/j Clermont Ferrand 800kg/j Chambéry 40kg/j 500 utilitaires légers + 50 lourds	2023
H_NFC Belfort	Grand Belfort CA	13,6	Bourgogne Franche Comté	Electrolyseur de 1 MW station de distribution à 2 bornes	400	7 Bus hydrogène du SMTC 20 Bus ensuite	2023 2025

L'hydrogène, l'inéluctable source d'énergie de demain

H2 Créteil	Suez et SEM SIPEnR	19,65	IDF	Electrolyseur/Déchet de 2,5 MW 4 Bornes	500 à 1000	Avitaillement de 2 à 4 bennes d'OM et 17 bus du Val de Marne	2024
H24FP	HysetCo	68,28	IDF	2 Electrolyseurs 6 stations de distribution	1000	20 bennes à OM + 20 engins rétrofités de nettoyage+ 3 PL + 120 fourgons + 20 VL	2024
HISTORHY	Faurecia	12,3 d'aide ADEME	Doubs	Système de stockage d'hydrogène haute pression	.	.	2024
HY-WISE	FLODIM	1,6 d'aide ADEME	Alpes de Hte Provence	Combinaison d'instruments pour nouvelle cavité de stockage d'hydrogène	.	.	2024
HYNOMED	CCI du Var	7	PACA	Production station de distribution	400	1 navette maritime + 2 à 7 bus de lla métropole+taxis et engins portuaires	2024
PACBOAT	Chantiers de l'Atlantique	2,3 d'aide ADEME		Extracteur de PAC (à oxyde solide)	.	Destiné à un paquebot de croisière	2024
SAFRAH2	SAFRA	4,8 d'aide ADEME	Tarn	Développement et commercialisation de 5 nouvelles générations d'autobus et autocar	.	.	2024
SHYMED Dunkerque	Hynamics (EDF)	18,19	Hauts de France	Electrolyseur/Déchet de 1,25 MW station de distribution à 2 bornes	500	10 bus 4 bennes à OM 3 véhicules lourds de collecte	2024
Sidelec-Aurère	Sidelec La Réunion	0,57	La Réunion	2 Electrolyseurs/photovoltaïque de 5,5 MW	.	alimentation de secours du village d'Aurère à accès difficile (cirque Mafate)	2024
Hyset6	HysetCo et Carrefour	51,9	IDF	Electrolyseur 3 Stations de distribution	1900	Porte de la Chapelle 450kg/j Porte de ST cloud 1000 kg/j Le Bourget 900 kg/j 600 taxis	oui oui 2024

L'hydrogène, l'inéluctable source d'énergie de demain

LH2 Le Havre	Hynamics (EDF)	27,82	Normandie	Electrolyseur de 2 MW 3 Stations de distribution	800	18 Bus hydrogène + mobilité urbaine et portuaire	de 2024 à 2026
LHyMo-Engie Limoges	Engie	25,2	Nouvelle Aquitaine	Electrolyseur de 1 MW 1 Station de distribution à 2 bornes	400	5 bus 8 bus bennes à OM	2025 2028
Cannes Lerins H2	CACannes	38,74	PACA	2 Electrolyseurs de 2 MW 4 bornes	1600	21 bus 6 bennes à OM	2025
DépHy2A Ajaccio	Corsica Energia	24,98	Corse	Electrolyseur/photovoltaïque de 5 MW	440	PAC pour les navires à quai sur le port d'Ajaccio	2025
DépHy2A Bastia	Corsica Energia	24,98	Corse	Electrolyseur/photovoltaïque de 5 MW	440	PAC pour les navires à quai sur le port de Bastia	2025
Dijon Métropole	Dijon Métropole + Engie	42,5	Bourgogne Franche Comté	1 électrolyseur/déchet de 1 MW 1 électrolyseur/déchet de 2 MW 3 Stations de distribution	1320	9 bennes à OM + 2 camions + 14 VL 27 bus puis 175 en 2030	2026
HYVOO	Hyd'Occ	66,39	Occitanie	Electrolyseur/photovoltaïque de 10 MW 5 stations de 200 kg/j pour VL utilitaires 5 stations de 600 kg/j pour poids lourds	4000	.	2027
THY-GE	Grand Est	16,8 d'aide ADEME	Haut Rhin	Déploiement de 3 (+2) trains hydrogène en Grand Est	.	.	2027
EXPE TRAIN H2 AURA	Région Auvergne Rhône Alpes	10,1 d'aide ADEME	Région Auvergne Rhône Alpes	Expérimentation du train hydrogène	.	Destiné aux lignes régionales	2028
H2-LIO	Région Occitanie	10,1 d'aide ADEME	Région Occitanie	Acquisition de train hydrogène	.	Destiné à la ligne Toulouse-Montréjeau-Luchon	2028
TRANBHYN	Région Bourgogne Franche Comté	19,1 d'aide ADEME	Yonne	Achat et mise en service de 3 rames bi-modales hydrogène-électrique	.		2028

9 Les pays concurrents

Environ 17 pays dans le monde ont défini une stratégie hydrogène engageant des investissements à hauteur de 37 milliards de dollars.

9.1 La Grande-Bretagne

Elle prévoit de développer un réseau de 2000 km pour relier cinq pôles industriels.

9.2 L'Espagne

Elle a programmé d'ici 2030 : 4GW d'électrolyseurs, 100 stations de recharge, de 5000 à 7500 véhicules hydrogène légers, de 150 à 200 bus hydrogènes pour un budget de 8,9 Md€ d'investissements publics et privés.

Le groupe Iberdrola est le plus grand producteur d'énergie renouvelable d'Europe et des Etats-Unis. Il gère 60 projets de développement de l'hydrogène vert dans huit pays. Son usine de Puertollano possède un électrolyseur de 20MW qui produit 8000 kg d'H₂/j.

Enfin il dispose d'un portefeuille de projets de 2400MW d'ici 2025 pour produire 350 000 tonnes d'hydrogène vert par an d'ici 2030.

9.3 L'Italie

Elle prévoit 50 % des investissements de la Snap, l'opérateur de transport de gaz naturel pour préparer la conversion de son réseau à l'hydrogène. Elle prévoit aussi d'ici 2030 : 5 GW d'électrolyseurs, 14 000 poids-lourds hydrogène pour un budget de 10 Md€ d'investissements publics et privés.

9.4 Les Etats-Unis

Ils subventionneront à hauteur de 7 Md\$ les 7 pôles régionaux d'hydrogène afin qu'ils produisent à partir de 2030 sur les 10 millions de tonnes d'hydrogène : au moins 3 millions d'hydrogène propre.

La Californie est l'État qui a le plus investi dans la filière hydrogène : 36 stations et 5000 véhicules légers hydrogène ; le California Resource Board prévoit à l'horizon 2030 le déploiement de 1000 stations et 1 million de véhicules.

9.5 Le Japon

Il prévoit en 2030 : 800 000 voitures, 1200 bus, 100 000 chariot élévateurs alimentés en hydrogène et 900 stations de recharge.

La Corée du sud

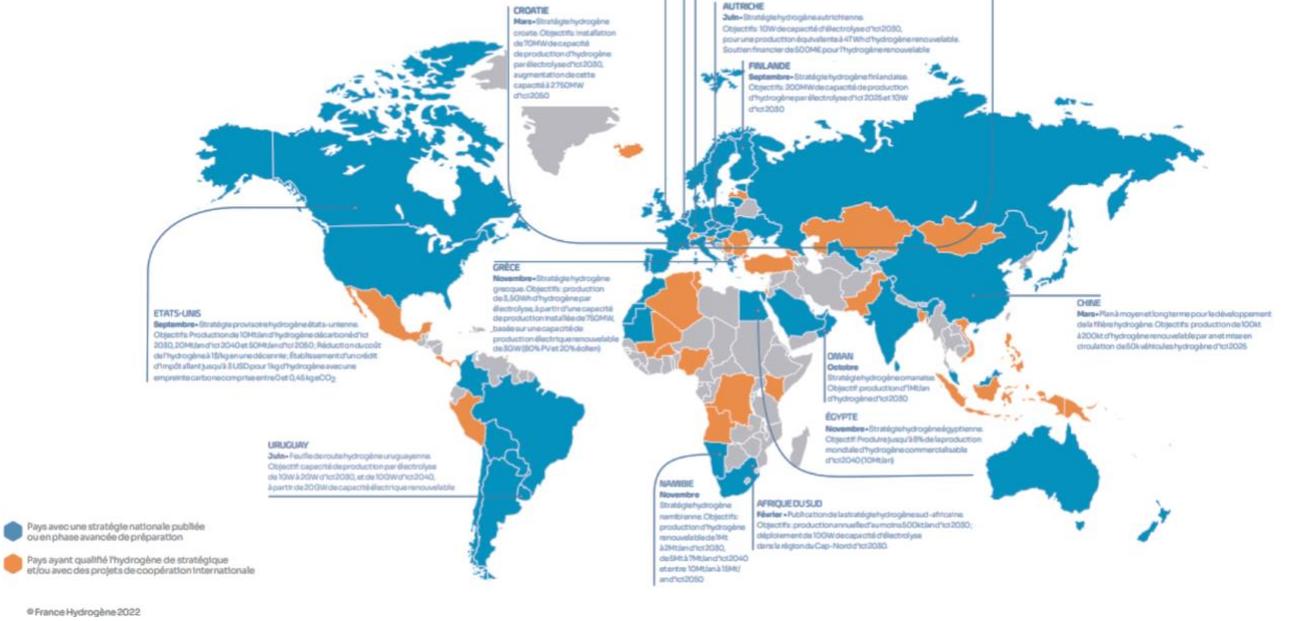
Elle prévoit pour sa part en 2040 : 6 millions de véhicule H2 dont 3,3 millions pour l'export.

9.6 La Chine

Pourtant déjà premier producteur d'hydrogène carboné, elle souhaite prendre la tête du déploiement de l'hydrogène décarboné sur le plan mondial. Le gouvernement Chinois envisage de s'équiper d'1 million de véhicules de transport de marchandise à hydrogène et de 1000 stations d'ici à 2030.

Monde : des politiques publiques toujours plus ambitieuses en 2022

14 pays dans le monde ont publié une version finale ou avancée de leur stratégie hydrogène en 2022. L'adoption de l'*Inflation Reduction Act* aux États-Unis constitue l'un des plus vigoureux soutiens publics d'une filière hydrogène à date. La construction du premier hydrogénéoduc mondial a été annoncée par la France, l'Espagne et le Portugal.



Conclusion

Au niveau national, l'hydrogène est perçu comme un levier essentiel pour la poursuite de la transition énergétique vers la neutralité carbone à l'horizon 2050, à travers la réduction des gaz à effet de serre et l'instauration d'un dispositif efficace utilisant l'hydrogène renouvelable.

Les conseillers sur l'hydrogène estiment qu'à l'échelle mondiale entre 20 et 25 milliards de dollars par an devront être investis pour un total de 280 milliards à horizon 2030 ; c'est la condition sine qua non pour permettre le développement et la généralisation de cette nouvelle filière énergétique particulièrement prometteuse.

