



France
Hydrogène

Engagée pour la transition écologique

L'HYDROGÈNE EN FRANCE

Edition 2021

Sommaire

Faits marquants 2021	p4
Un hydrogène décarboné made in France au service de l'industrie	p6
Accélération de la transition pour l'industrie	p6
Produire l'hydrogène décarboné à échelle industrielle	p8
Les financements du passage à l'échelle	P11
La mobilité hydrogène avance	p12
Grandes manœuvres dans l'automobile	p12
Priorité à la mobilité lourde et intensive	p14
Mise en place des infrastructures favorisant les usages	p16
L'hydrogène sur les rails	p18
Ports et aéroports, les écosystèmes hydrogène de demain	p19
Pérenniser la création de valeur	p20
Une dynamique soutenue de recherche et d'innovation	p20
Des technologies à fort potentiel	p21
Des compétences et des formations à construire	p22
Législation, un cadre juridique en construction	P24
Cap sur 2030, avant la neutralité carbone en 2050	P26
Monde : des stratégies nationales différenciées, une dynamique commune	p28

Le rapport annuel édité par France Hydrogène rend compte des faits marquants de l'année et du dynamisme de la filière et de ses acteurs. Le développement de l'hydrogène est en plein essor et les projets nombreux. Ce rapport n'est donc pas exhaustif.



avec le soutien
de l'ADEME



L'hydrogène au service d'un nouveau modèle de croissance

15 mois après la publication de la Stratégie Nationale Hydrogène, où en sommes-nous ?

L'hydrogène renouvelable et bas carbone est reconnu comme un maillon essentiel de la transition énergétique qui vise la neutralité carbone pour la France à horizon 2050. Et le développement d'une filière de l'hydrogène robuste, créatrice de valeur et d'emplois sur tout le territoire est identifiée comme une opportunité de décarbonation et de réindustrialisation de notre économie.

La trajectoire définie et les investissements annoncés – dans le cadre du plan de relance et récemment dans celui de France 2030 – engagent le pays dans la grande révolution énergétique et industrielle de la décennie à venir. Une révolution que les enseignements de la crise sanitaire et la pression croissante des menaces climatiques rendent d'autant plus urgente.

L'objectif annoncé au plus haut sommet de l'Etat est clair : la France doit devenir un leader de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone avec l'ambition de retrouver une souveraineté technologique et énergétique.

Electricité renouvelable ou bas carbone, excellence de la recherche, dynamisme industriel sur l'ensemble de la chaîne de valeur, engagement des territoires... la France dispose de nombreux atouts. Et le soutien de l'Etat, renforcé par les dispositifs européens, va permettre de les conforter avec l'accélération annoncée du déploiement de nouvelles capacités industrielles sur tout le territoire.

Il appartient aux acteurs de la filière, en étroite concertation avec l'ensemble des parties prenantes, de veiller à la pertinence des investissements tout en répondant aux impératifs d'une mise en œuvre rapide et coordonnée des stratégies publiques.

Déjà fortement mobilisée, la filière répond présent. Les investissements et les alliances se multiplient. Les collaborations se développent entre acteurs nationaux, européens et internationaux. Les premières gigafactories d'électrolyseurs sont sur le point de sortir de terre. D'autres sites de production d'équipements clés permettront d'augmenter l'offre industrielle, soutenue par une politique d'achat volontariste. En parallèle doit se déployer le réseau des infrastructures nécessaires au développement des usages.

Les projets en cours exploitent d'ores et déjà les synergies entre recherche, innovation et industrie, via des collaborations exemplaires entre grands groupes industriels, PME-PMI et start-ups innovantes. La réussite et la pérennisation de la filière sont également conditionnées à la disponibilité des "talents". L'accélération à venir sur la formation devra répondre aux besoins de compétences d'ores et déjà identifiés par nos industriels.

Mieux produire, mieux vivre et mieux comprendre le monde : l'hydrogène renouvelable ou bas carbone, par sa haute valeur environnementale, technologique et économique, s'inscrit pleinement dans la vision du modèle de croissance porté par le plan France 2030.

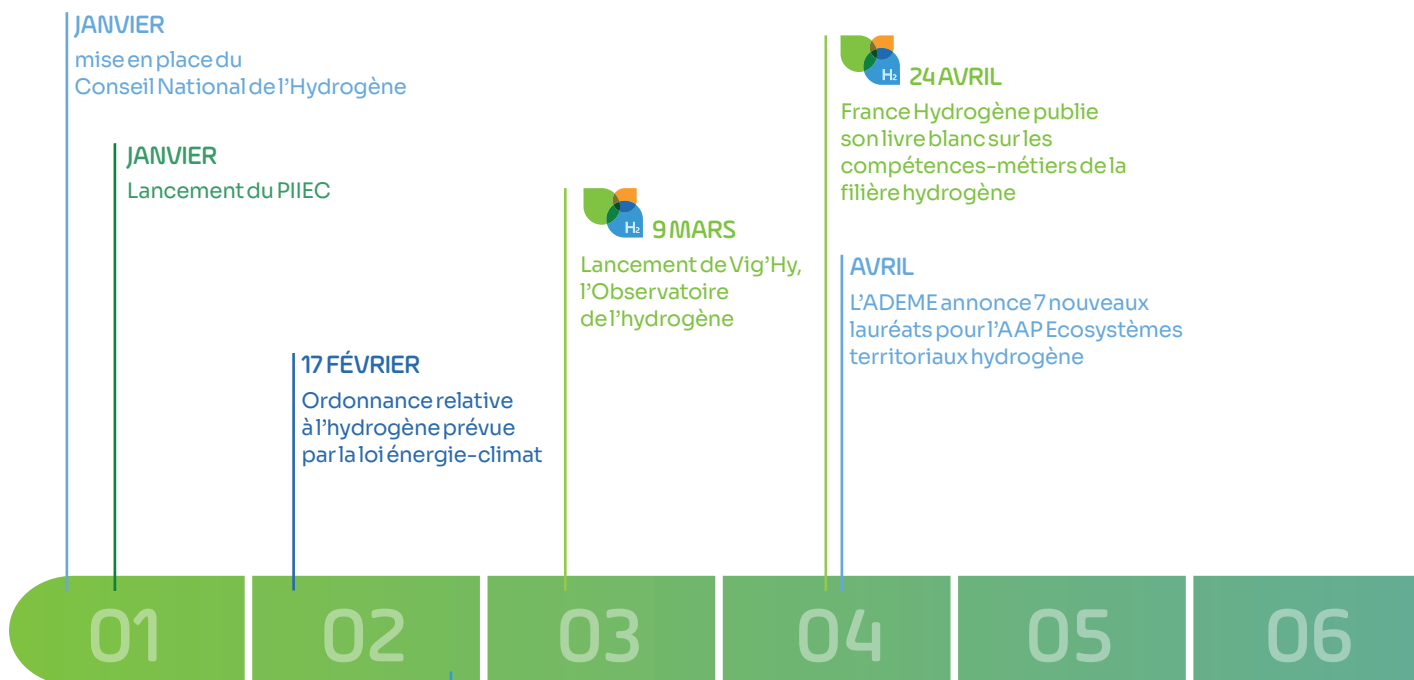
A nous de lui donner vie et de soutenir son déploiement.

Philippe Boucly

Président de France Hydrogène

FAITS MARQUANTS 2021

L'hydrogène, une priorité stratégique pour la France



Faits marquants 2021

- France Hydrogène
- Union Européenne
- France
- Filière Hydrogène



8 SEPTEMBRE

France Hydrogène publie sa "Trajectoire pour une grande ambition hydrogène"

8 AU 10 SEPTEMBRE

8^e édition des Journées Hydrogène dans les territoires à Dunkerque

30 SEPTEMBRE

Le CNH se réunit à Bercy pour la troisième fois depuis sa création, en présence de Bruno Le Maire et de Barbara Pompili

30 NOVEMBRE

L'ADEME publie ses 4 scénarios prospectifs "Transitions 2050"

16 NOVEMBRE

Emmanuel Macron annonce un soutien renforcé à la filière hydrogène avec un investissement supplémentaire de 1,9 milliard d'euros dans le cadre du plan France 2030

1^{ER} DÉCEMBRE

France Hydrogène publie son livre blanc "Ecosystèmes portuaires et hydrogène"

8 DÉCEMBRE

France Hydrogène publie son livre blanc "Présidentielle 2022 – Faire de la France un leader de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone"

14 JUILLET

La Commission européenne présente son Paquet "Fit for 55"

20 JUILLET

Adoption de la loi Climat & Résilience

07

08

09

10

11

12

12 OCTOBRE

Emmanuel Macron présente France 2030, un plan d'investissement s'élevant à 30 milliards d'euros sur 5 ans et visant notamment à faire de la France, le leader de l'hydrogène vert en 2030

27 & 28 OCTOBRE

4^e édition du salon HyVolution

25 OCTOBRE

Publication des "Futurs Énergétique à 2050" par RTE



Un hydrogène décarboné made in France au service de l'industrie

Les objectifs des pouvoirs publics sont clairs. L'hydrogène est l'un des piliers majeurs de la stratégie énergétique française, à la fois pour la décarbonation de l'industrie et pour l'indépendance énergétique du pays. Cette vision implique de se doter à court terme de capacités de production massive d'hydrogène décarboné pour aboutir à une offre compétitive... tout en faisant le pont entre montée en puissance de la production et développement des usages.

Accélération de la transition pour l'industrie

L'hydrogène industriel, utilisé depuis une centaine d'années est à 95 % issu des énergies fossiles.

Son usage est de fait fortement émetteur de CO₂. Quels que soient les volumes en jeu, le potentiel de décarbonation est significatif pour tous les secteurs utilisateurs, via la production locale d'hydrogène renouvelable ou bas carbone.

La décarbonation des grandes plates-formes industrielles

Aujourd'hui, des réalisations d'envergure se concrétisent dans les zones prioritaires de forte industrialisation.

Le cap reste la production d'hydrogène décarboné à partir d'énergies renouvelables. En parallèle, il est indispensable d'agir sur l'existant en équipant les industries fortement utilisatrices de dispositifs CCUS (captage, stockage et valorisation du carbone).

Vallée de la Seine, les voies de la décarbonation

Parallèlement au projet Normand'hy de construction d'un électrolyseur XXL (cf. p. 10) Air Liquide va reprendre et exploiter la plateforme "Normandie" de TotalEnergies située à Gonfreville (76). L'unité de production, d'une capacité de 255 t/jour, sera raccordée au réseau hydrogène d'Air Liquide, permettant de développer le premier réseau hydrogène bas carbone du monde. En termes de décarbonation, Air Liquide installera Cryocap, son procédé de captage du CO₂ - opérationnel à Port-Jérôme depuis 2015 - et TotalEnergies assurera le transport et le stockage.

*Cryocap © Air Liquide
Pierre-Emmanuel Rastoin*





Le développement des nouveaux usages de l'hydrogène décarboné

L'hydrogène renouvelable ou bas-carbone peut être utilisé pour décarboner certains processus et produits industriels, dans des secteurs fortement émetteurs comme l'acier, le ciment et la pétrochimie- molécules de synthèse ou efuels notamment.

L'acier vert d'Arcelor Mittal

L'hydrogène bas carbone est un levier central de la stratégie de neutralité carbone d'Arcelor Mittal Europe. Il est utilisé dans la technique de réduction directe du minerai de fer et dans l'aciérie électrique (DRI/EAF). Après une première production annuelle de 30 000 tonnes d'acier décarboné en 2020 sur ses sites pilotes allemands, le groupe vise 600 000 tonnes annuelles en 2022. Dunkerque jouera un rôle crucial pour soutenir cette ambition. Arcelor Mittal a passé un accord avec Air Liquide pour le déploiement de nouvelles solutions techniques sur le site du port français. Il s'agira de combiner l'usage d'hydrogène bas carbone et des technologies de captage de CO₂, avant l'utilisation massive d'hydrogène renouvelable.

Vicat, le cimentier producteur d'hydrogène renouvelable

Que faire de la chaleur résiduelle produite par le processus industriel cimentier ? Chez Vicat, groupe cimentier international dont le siège est en Isère, elle est utilisée pour améliorer l'efficacité d'un électrolyseur nouvelle génération dit haute température. L'hydrogène produit par électrolyse va permettre réduire l'empreinte carbone de certains processus (cuisson du clinker) et de la mobilité lourde sur site. Les camions à hydrogène dédiés se ravitailleront auprès de la propre station du groupe qui sera implantée sur le site de St Egreve. À partir de son cœur de métier, VICAT place l'hydrogène comme pilier d'un écosystème destiné à se déployer sur l'ensemble de ses sites de production.

Total Energies et Engie avancent dans les biocarburants

Dans le cadre du projet Masshyla, les deux partenaires ont signé un accord de coopération pour construire et exploiter un des plus grands sites de production d'hydrogène renouvelable de France. Situé à Châteauneuf-les-Martigues (13), au cœur de la bioraffinerie de Total à La Mède, l'électrolyseur de 40 MW produira 5 tonnes d'hydrogène vert par jour. Le site sera alimenté par des fermes solaires d'une capacité globale de plus de 100 MW. Il permettra d'éviter le rejet de 15 000 tonnes de CO₂ par an à partir de 2024.



A l'horizon 2030,
l'industrie consommera
475 kt/an d'hydrogène
renouvelable ou bas-carbone
Voire 675 kt/an
dans le scénario
Ambition+ 2030*

*Etude "Trajectoire pour une grande ambition hydrogène", France Hydrogène, septembre 2021

L'électrolyse de l'eau sépare l'hydrogène de l'oxygène grâce à un courant électrique sans émission directe de CO₂ ou autre GES ni de polluant. Reconnu comme un des procédés les plus porteurs de production massive d'hydrogène décarboné en synergie avec l'essor de l'éolien et du solaire, il est identifié par la Stratégie nationale Hydrogène, comme une technologie-clé.



Produire l'hydrogène décarboné à échelle industrielle

S'inscrire dans les objectifs 2030 de production d'hydrogène décarboné pour rester dans la trajectoire de neutralité carbone à 2050 nécessite de faire rapidement évoluer le marché vers des installations de production de grande capacité. Dans le même temps, la France se dote de capacités manufacturières avec des "Gigafactories" de production d'électrolyseurs, appelées ainsi car leur production annuelle est équivalente à une puissance supérieure à 1GW.

Les gigafactories d'électrolyseurs alcalins

Le développement d'une filière d'électrolyse compétitive, garant de la souveraineté technologique et énergétique française sur le marché de l'hydrogène est au cœur de la Stratégie nationale.

Dans cette perspective de massification, la France dispose d'ores et déjà d'acteurs à fort potentiel sur le marché des équipements et notamment dans les électrolyseurs alcalins, une technologie mature. Ils sont aujourd'hui dans les starting-blocks pour accélérer l'industrialisation.



McPhy, le passage à l'échelle

L'acteur historique de l'électrolyse alcaline en France prévoit la construction de sa future gigafactory d'électrolyseurs à Belfort, au cœur d'un territoire déjà engagé dans l'hydrogène et proche de l'Allemagne, où la filière se développe fortement. Le projet prévu pour être opérationnel en 2022 devrait atteindre une production d'1,3 GW par an et conduire à la création de 400 emplois sur site d'ici 2024. Nécessitant un investissement de 30 à 40 M€, il est aujourd'hui conditionné par l'obtention d'un financement dans le cadre du PIIEC Hydrogène.

John Cockerill, une gigafactory en Alsace

L'ingénieur et équipementier belge va investir 38 millions d'euros sur son site d'Aspach-Michelbach pour y installer une usine d'électrolyseurs alcalins. L'usine aura au départ une capacité de 200 MW par an, avec la production d'électrolyseurs de 2 à 5 MW d'abord, puis de 6 MW et 10 MW. D'ici à 2025, le site emploiera 100 à 150 personnes et devrait atteindre une capacité de 1 GW.

Objectifs de déploiement
de capacité d'électrolyse
à 2030

France 6,5 GW

Union Européenne
40 GW



D'autres techniques performantes d'électrolyse

Parallèlement à l'électrolyse alcaline, la France dispose d'acteurs reconnus sur des procédés présentant de nombreux avantages en termes de performance et de rendement.

Elogen, l'électrolyse PEM en Ile-de-France

Premier producteur français d'électrolyseurs PEM (protons exchange membrane), Elogen fabrique des électrolyseurs dans son usine située en région parisienne. L'électrolyse PEM est une technique particulièrement adaptée pour produire de l'hydrogène à partir d'énergies renouvelables intermittentes.

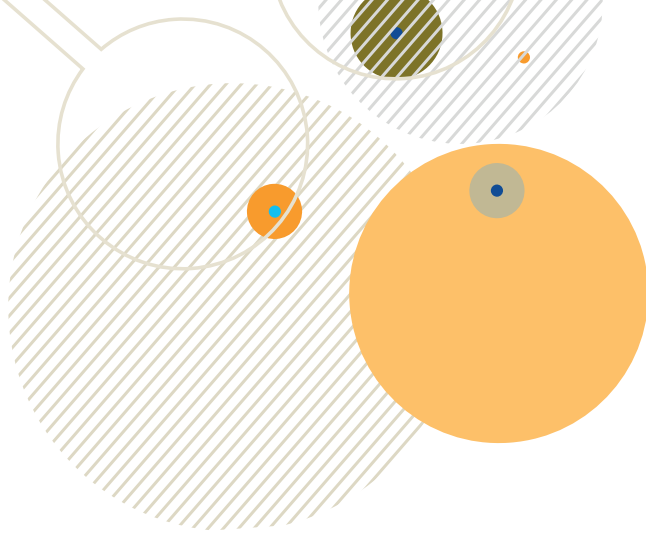
Genvia ou l'électrolyse réversible

Nouveau venu sur le marché, GENVIA est spécialiste de l'électrolyse haute température, dont le rendement est très performant (plus de 90%) en plus d'être une technologie réversible (elle permet de produire de l'électricité). Start-up issue du CEA, GENVIA est aujourd'hui une société industrielle détenue par Schlumberger New Energy, le CEA, Vicat, Vinci et l'Agence Energie-Climat de la Région Occitanie. La fabrication de ses électrolyseurs se fera dans la future gigafactory implantée à Béziers, sur le site de l'usine Cameron-Schlumberger.



Avec la biomasse, l'hydrogène sort du bois

Haffner Energy, pionnier dans ce type de production a livré sa première unité de production d'hydrogène à partir de biomasse à Strasbourg au printemps 2021. Le site sera opéré par R-GDS, le réseau de gaz naturel de la ville de Strasbourg et l'hydrogène produit à partir de plaquettes forestières d'origine locale, sera injecté dans le réseau et pour des applications de mobilité. En novembre, Haffner a annoncé deux nouveaux sites de production d'hydrogène opérationnels en 2023 dans l'Allier et en Côte d'Or intégrant la collecte locale de biomasses (rémanents de l'exploitation agricole, forestière et viticole). La distribution sera assurée par Thevenin & Ducrot au travers du réseau AVIA pour les besoins de mobilité durable et les usages industriels.



Vers une production massive d'hydrogène renouvelable et bas-carbone

Les ambitions portées par la politique climatique de la France induisent des objectifs également ambitieux en termes d'électricité verte. Là encore, l'hydrogène renouvelable est un des facteurs clés de succès. Les grands énergéticiens s'engagent de manière affirmée dans cette diversification incontournable.

Electrolyse à grande échelle pour l'axe Vallée de Seine

Avec Air Liquide Normand'Hy (ex H₂V Normandy), Air Liquide prévoit de construire un site d'électrolyse à grande échelle d'au moins 200 MW pour la production d'hydrogène renouvelable. Situé dans la zone de Port-Jérôme proche du Havre, le site permettra d'éviter l'émission de plus de 250 000 tonnes de CO₂ par an. Il sera équipé d'électrolyseurs Siemens dans le cadre d'un protocole d'accord destiné à combiner les expertises des deux entreprises. Le financement des programmes européens, français et régionaux est un facteur clé pour son développement. La mise en service est prévue pour 2025.

Hygreen, au soleil de Provence

"HyGreen Provence" est un projet impliquant un consortium d'acteurs publics et privés, dont Engie et Air Liquide. Piloté par l'agglomération Durance, Luberon, Verdon (DLVA), il vise à produire massivement de l'hydrogène vert à partir d'énergie solaire. L'objectif est d'atteindre 1 300 GWh d'électricité solaire annuelle pour alimenter notamment une production d'hydrogène renouvelable par électrolyse de l'eau à échelle industrielle.



©France Hydrogène

Un pure player de l'hydrogène vert

LHYFE ex start-up devenue PME peut faire office de Petit Poucet en terme de volumes mais son dynamisme n'a rien à envier aux grands groupes. Elle a inauguré le 30 septembre à Bouin, en Vendée, la première unité au monde de production d'hydrogène renouvelable directement connectée à un parc éolien et fonctionnant avec 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 des entreprises et collectivités de la région.

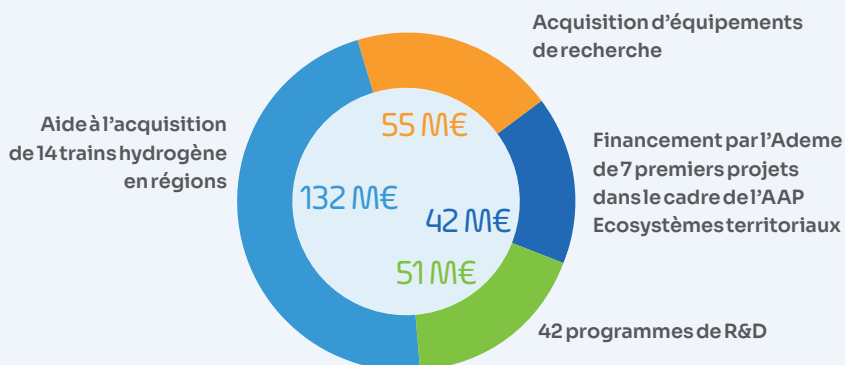
Cette première industrialisation permet à Lhyfe de partir développer des projets similaires chez des industriels de la chimie au Danemark, de la mobilité en Allemagne ou de l'acier en Italie.

Les financements du passage à l'échelle

Le budget de 7,2 milliards d'euros de la Stratégie nationale hydrogène annoncée en septembre 2020 constitue une véritable impulsion pour développer une filière compétitive de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone et l'ensemble des technologies nécessaires à ses usages.

Cette Stratégie, choix volontariste de l'Etat, a permis aux acteurs de la filière de réaffirmer leurs ambitions. Le soutien public au développement de la filière s'est vu renforcé en novembre 2021 avec l'annonce d'un budget dédié supplémentaire de 1,9 milliards d'euros dans le cadre du plan d'investissement France 2030.

Panorama des budgets engagés un an après les premières annonces



ZOOM sur l'AAP Ecosystèmes territoriaux de l'ADEME

Ecosystèmes territoriaux

Après la sélection des projets issus de la première et deuxième phase (déc 2020 et mars 2021), la troisième clôture de l'AAP, en septembre, a confirmé la dynamique très forte de l'hydrogène dans les territoires.

59 projets candidats, totalisant plus d'2 Md€ d'investissement prévisionnel, dans le cadre consortiums réunissant acteurs publics et privés fournisseurs de solutions pour des projets éminemment structurants

(voir partie Mobilité p.xx)

ZOOM PIIEC

Le dispositif des PIIEC "Projet Important d'Intérêt Européen Commun" autorise les États membres à subventionner massivement des projets d'industrialisation dans des secteurs stratégiques (batteries, nanoélectronique, **hydrogène**, santé, cloud). Un PIIEC autorise les États membres à financer des initiatives au-delà des limites habituellement fixées par les règles européennes sur la concurrence.

Eligibilité des PIIEC fin 2021 pour 1,575 Mds€ de financement public

La pré-notification par la France de 15 grands projets industriels a eu lieu en septembre auprès de la Commission européenne. Les projets sont de deux ordres : production massive d'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour l'industrie, gigafactories d'équipements clefs (électrolyseurs, piles à combustible, réservoirs) (pages 8-10). Le gouvernement français y engagera des crédits prévus dans le cadre de France Relance et du Programme d'investissements d'avenir (PIA), soit 1,575 milliards d'euros. À noter que le potentiel d'investissement des 15 candidats pour ce premier volet du PIIEC Hydrogène s'élève à 5,8 milliards d'euros. Le 16 novembre, le Président Emmanuel Macron a annoncé un budget supplémentaire de 1,9 milliards d'euros pour soutenir les projets de gigafactories d'équipements, tandis que les projets pour l'industrie pourront bénéficier des fonds de l'enveloppe de 5 milliards d'euros prévus par France 2030 pour son objectif dédié à la décarbonation de l'industrie.

Accélération des investissements privés, levées et créations de fonds

Développer la filière hydrogène pour décarboner l'économie nécessite des investissements que les plans publics, si ambitieux soient-ils, ne peuvent assumer à eux seuls. Il est indispensable que toutes les forces du marché se mobilisent pour accélérer et renforcer les effets du soutien public. En 2021, pour tous les acteurs de la filière, l'heure est à l'investissement massif, dans le cadre d'alliances, de joint ventures ou de plans d'investissement hydrogène dédiés. Deux exemples : mars 2021 : Air Liquide annonce investir 8Md€ dans l'hydrogène décarboné d'ici à 2035. Septembre 2021 : À une autre échelle, LHYFE, l'ex start-up pionnière dans la production d'hydrogène renouvelable annonce sa deuxième levée de fonds, pour un tour de table de 50M€.

ZOOM sur Hy24, objectif : 1,5 Md€

Air Liquide, Total Energies et Vinci s'associent à Ardian et Five-T et lancent un fonds d'investissement dans l'hydrogène décarboné, opérationnel d'ici fin 2021, dans l'attente des autorisations réglementaires.

Sur les 800 M€ réunis, les trois fondateurs ont chacun mis 100 M€ sur la table pour le lancement de ce projet qui a séduit de nombreux investisseurs états-uniens et asiatiques, bientôt rejoints par des français (EDF et ADP). En s'appuyant sur des emprunts et sur l'aide de politiques publiques, le fonds pourrait financer pour 15 Md€ de projets sur toute la chaîne de valeur de l'hydrogène décarboné au niveau mondial.



La mobilité Hydrogène avance

L'hydrogène est un vecteur d'énergie adapté à de nombreuses applications de mobilité, en particulier la mobilité lourde ou intensive, où il apporte le confort opérationnel des solutions thermiques. Investissements et partenariats industriels se multiplient tandis qu'en parallèle l'infrastructure de production et de recharge se met en place.

Grandes manœuvres dans l'automobile

Les équipementiers historiquement leaders sur les solutions hydrogène sont aujourd'hui rejoints par les constructeurs. Les investissements et les alliances s'incarnent dans des projets industriels de grande ampleur.

En France

Les implantations se multiplient dans l'Hexagone, en phase avec les objectifs de réindustrialisation assignés à la filière hydrogène sur le segment de la mobilité.

La gigafactory de stackpacks de Symbio

Symbio, la filiale de Faurecia et Michelin va créer la plus grande usine de systèmes hydrogène (stackpacks) d'Europe dans la banlieue lyonnaise. Situé à St Fons, à quelques kilomètres de l'unité pilote de Vénissieux, le site en assurera la production en série. Le démarrage de la production est prévu fin 2023. Le site pourrait générer 1 000 emplois d'ici 2025. Il est conditionné au financement accordé dans le cadre du dispositif européen "PIIEC Hydrogène".

Avec Hyvia, Renault entre en piste

Créé en juin, HYVIA la joint venture Renault Group et Plug Power affiche d'ores et déjà ses ambitions, en visant plus de 30 % de part de marché sur les VUL à hydrogène en Europe. La joint-venture implantée en France y localise des activités de pointe en R&D, l'assemblage des systèmes piles et leur intégration dans les véhicules, l'ensemble mobilisant quatre sites du constructeur. Le Master, décliné en trois modèles est au coeur de la première gamme proposée.



© France Hydrogène
Le Master Van H₂-TECH est équipé d'une pile à combustible de 30 kW, d'une batterie de 33 kWh et de réservoirs contenant 6 kg d'hydrogène (4 réservoirs de 1,5 kg) pour une autonomie allant jusqu'à 500 km

10 ans

C'est le temps que se donne Faurecia pour diviser par 4 le coût de ses réservoirs

30 milliards

c'est le montant des investissements que Stellantis et Opel vont consacrer aux véhicules électriques - batteries et piles à combustible - d'ici 2025.

Le lancement de la première gamme de véhicules utilitaires légers hydrogène est annoncé en 2022



La nouvelle dimension de Safra

Safra est à ce jour le seul constructeur français de bus électrique à hydrogène. Il passe lui aussi à l'échelle pour répondre à l'accroissement de la demande. 1500 bus de 12 mètres seront équipés de la solution plug and play de Symbio. Avec ce partenariat renforcé, les deux acteurs affichent leur volonté d'accélérer sur l'industrialisation d'une offre compétitive en vue d'un déploiement à l'international.

En Europe

Le développement de la filière hydrogène passe également par l'intégration de technologies et d'avantages concurrentiels éprouvés, dans le cadre d'alliances européennes qui se concrétisent hors de nos frontières.

EKPO et Plastic Omnium, une alliance franco-allemande

Plastic Omnium, spécialiste des réservoirs haute pression se positionne sur le marché des piles à combustible via un partenariat avec l'équipementier allemand ElringKlinger.

La joint venture EKPO Fuel Cell Technology a reçu le feu vert des autorités de la concurrence en début d'année. Elle ambitionne une part de marché dans les piles à combustible de 10 % à 15 % en 2030. Les deux partenaires s'appuient sur l'usine de Dettingen/ Erms (Bade-Wurtemberg, Allemagne) qui a déjà une capacité industrielle de 10 000 piles à combustible par an.

Des équipements à forte valeur ajoutée environnementale et technique

Fortement contributrices en termes d'amélioration de la qualité de l'air, les piles à combustible présentent également l'avantage de leur recyclabilité.

Concernant les réservoirs, l'enjeu est de réduire le poids et l'encombrement. Les équipementiers investissent en RetD pour proposer des produits alliant performance technique et confort d'utilisation, à l'instar de Faurecia et de son centre d'expertise de niveau mondial sur les systèmes de stockage situé à Bavans (25).

Quant à Plastic Omnium, il a noué un partenariat technologique avec McPhy sur les protocoles et interfaces de remplissage entre stations hydrogène et réservoirs haute pression. Dans tous les cas, la massification de la production reste un levier clé pour gagner en compétitivité.

7 000 €

plafond du bonus écologique pour les véhicules utilitaires légers (VUL) à batterie et hydrogène



Priorité à la mobilité lourde et intensive

Particulièrement adaptée aux besoins de fortes puissances motrices et/ou de longue autonomie, la mobilité routière hydrogène s'adresse en premier lieu aux acteurs professionnels dont les flottes fonctionnent en usage intensif ou aux opérateurs de véhicules lourds de transport et de service.

Montée en puissance des usages urbains

Qualité de l'air et réduction des nuisances, le développement des véhicules à hydrogène répond aux enjeux de la ville durable. Il est porté par une diversité de segments : transport et services urbains, utilitaires légers de livraison, flottes professionnelles, etc.



© SMTU Pau

Les collectivités déploient leurs flottes

Auxerre, Bordeaux, Châteauroux, La Roche-sur-Yon et Rouen viennent grossir les rangs des municipalités qui ont fait le choix des bus à hydrogène. Des équipements qui s'insèrent le plus souvent dans de véritables écosystèmes (cf. p.17)

En 2023, des bennes à ordures ménagères à hydrogène rouleront dans les rues d'Angers, de Dijon et du Mans. Les trois métropoles ont créé un groupement d'achat pour leurs commandes. Son objectif ? Favoriser les usages de l'hydrogène et réduire le prix d'achat des véhicules. Le groupement est aussi un outil de coordination et d'échanges.



La Communauté de communes Touraine Vallée de l'Indre a reçu les clés de l'unique BOM à hydrogène de France, dans les locaux rochelais de SEMAT, le fournisseur du véhicule. La présentation officielle aux administrés de la CCTVI a eu lieu le 16 septembre au cours de la journée "Hydrogène au Centre" à Châteauroux.

L'opportunité du Retrofit

Depuis la publication en avril 2020 d'un décret autorisant le retrofit électrique en France, il est plus facile de convertir des véhicules en mode zéro émission. Le moteur thermique est remplacé par un moteur électrique avec une batterie... ou une pile à combustible et un réservoir d'hydrogène. La demande est au rendez-vous en raison du caractère émergent de l'offre de véhicule neufs. Les acteurs se positionnent, à l'instar de E-Neo, qui a fortement contribué à l'évolution réglementaire ou de la toute jeune Retrofleet qui s'adosse à des partenaires industriels pour bénéficier d'économies d'échelle. Première mondiale en Normandie, un autocar diesel converti à l'hydrogène transportera des voyageurs en 2022 sur la ligne régionale Nomad Car express Evreux-Rouen.



© France Hydrogène

Gaussin, le spécialiste de la traction hydrogène pour engins de manutention, a développé une plate forme modulaire sur chassis contenant l'intégralité des composants (réservoirs et PAC) d'une propulsion électrique à l'hydrogène. Elle se destine aux camions routiers de classe 8 tracteur ou porteur de 18 à 44 tonnes.

L'UGAP s'engage pour l'hydrogène

La centrale d'achat public étoffe son offre de véhicules de transport en commun avec trois modèles de bus à hydrogène dont les Businova H₂ de Safra. Une possibilité supplémentaire pour les opérateurs de transports collectifs et les autorités organisatrices d'atteindre leurs objectifs en termes de véhicules à faibles émissions.

Les poids lourds aussi

Les constructeurs et les motoristes se rapprochent des spécialistes des piles à combustible de forte puissance. Le mouvement est principalement impulsé par des opérateurs étrangers, le ticket d'entrée reste élevé et les constructeurs espèrent arriver bientôt à un TCO (coût total de possession) équivalent au diesel, notamment en optimisant le poids des réservoirs.

Faurecia, leader de la haute pression

Faurecia est engagé dans un contrat de 4 ans avec la division poids lourds de Hyundai. Ses réservoirs (350 bar) équipent les 1600 camions coréens qui circulent en Suisse.

Le froid montre la voie

Bosch suit les traces du carrossier Chéreau, dont le projet de remorque frigorifique H₂ ROAD a été développé avec H₂Sys. Son projet Fresh2, mené avec de nombreux partenaires, est en phase de test sur route. Dans les deux cas, une pile à combustible remplace le moteur diesel. L'innovation réside dans l'interfaçage direct de la pile à combustible avec le groupe frigorifique, sans recourir à un coûteux et lourd système de batteries tampon embarquées.

Le programme CATHYOPE

Le 44 tonnes (porteur + remorque) du programme lancé par GreenGT, les transports Chabas et Carrefour va entrer en phase de test pour Carrefour après 36 mois de conception et construction. Equipé d'une PAC de 170 kW, de deux moteurs électriques et de douze réservoirs d'hydrogène, son autonomie sera de 450 à 480 km.



© GreenGT



© Air Products

Dans le cadre de son projet Corridor H₂, la région Occitanie a lancé un appel à manifestation d'intérêt pour les acteurs du transport de marchandises et de produits frais qui pourront ainsi bénéficier d'un accompagnement dans la sélection et le financement de solutions de transport à hydrogène (camions, remorques et unités frigorifiques.)

Grenoble épicer de la production industrielle de stations

L'Auvergne Rhône Alpes est définitivement une terre de bon air et de stations. Le projet ZEV (Zero Emission Valley) vise à développer un réseau de 20 stations à l'échelle de la région tout en favorisant le développement de flottes captives de 1200 véhicules à horizon 2023. Les constructeurs de stations se positionnent. HRS, qui a fait son entrée en Bourse en février, va implanter son nouveau site de recherche et de production sur un terrain cédé par l'agglomération grenobloise. Le site, d'une surface totale de 14 300 m², parmi les plus grands en Europe, assurera la production de 180 stations par an dès 2023, avec l'ambition spécifique de développer les stations de grande capacité (1 tonne et plus).

McPhy, par ailleurs leader des électrolyseurs alcalins, annonce l'ouverture dès mars 2022 d'un nouveau site de production de stations à Grenoble. Cette usine favorisera d'importantes synergies industrielles et opérationnelles et permettra à McPhy de multiplier ses capacités de production actuelle, de 20 à 150 stations par an.

Mise en place des infrastructures favorisant les usages

Sous la pression de la réglementation et des attentes du grand public, la mobilité routière constitue un levier essentiel du développement des usages.

Extension du réseau de stations de recharge

Le développement des projets de mobilité lourde sur tout le territoire entraîne un déploiement des stations dédiées. L'accélération du maillage des stations publiques suivra, pour accompagner la montée en puissance des usages de type flottes professionnelles ou véhicules particuliers.

Nombre de stations
en service

en 2021: **57**

en 2025: **400**

en 2030: **1000
à 1700**

Une dynamique territoriale...

Les projets de stations hydrogène se déploient dans de nombreuses villes, à l'instar de Dijon avec, le 19 mai dernier, la pose de la première pierre de la station située au nord de la ville (mise en service en 2022).

A Cherbourg, la station livrée en décembre dernier est opérationnelle depuis le début de l'année. A Belfort, la station implantée à côté du dépôt de bus doit sortir de terre en 2022 (mise en service au printemps 2023).

La métropole de St-Etienne a annoncé en septembre l'implantation prochaine de trois stations. En Touraine, la station qui équipera la sortie de l'A10 en 2022 sera rapidement ouverte au public pour les besoins itinérants.

...et industrielle

A l'instar de Renault qui propose une offre comprenant la production, le stockage et la distribution d'hydrogène vert, avec des stations de recharge à installer sur site, Total Energies s'engage dans un partenariat avec le constructeur Hyzon, comprenant notamment le déploiement de 80 stations de remplissage pour poids lourds d'ici 2023 en France.

Retrouvez l'ensemble des projets H₂
et des stations de recharge sur Vig'Hy,
l'observatoire de l'hydrogène en France





La PME savoyarde ATAWAY s'est fixée comme objectif 150 stations à hydrogène en cinq ans, afin de capter 40% du marché national. Un nouveau site de fabrication est prévu.

Vers des écosystèmes territoriaux

Vecteur de dynamisme économique et d'amélioration de la qualité de vie, l'hydrogène est un atout de taille pour les territoires. Son déploiement se décline concrètement à l'échelon local, dans des écosystèmes souvent centrés sur la mobilité. Un environnement destiné à soutenir le développement de la demande et la structuration de l'offre sur l'ensemble de la chaîne de valeur, en partenariat étroit avec les acteurs industriels.

Ecosystèmes de mobilité : Auxerre montre la voie

Dans de nombreux territoires, la mobilité hydrogène s'inscrit dans un écosystème transversal couvrant toute la chaîne de valeur : production, distribution, consommation, prémices d'une économie circulaire de l'énergie. Comme à Dijon, Tours ou Chateauroux, Auxerre s'engage dans le développement d'une capacité de production d'hydrogène renouvelable – TMW dans le cas présent – destinée à une variété d'usages, sur la base du déploiement de solutions de mobilité, des bus aux flottes professionnelles.

Sous l'impulsion de la Région, la métropole bourguignonne franchit un cap avec l'intégration du ferroviaire (cf. p.18) dans l'écosystème en construction.

Les Appels à projet de l'ADEME

19 écosystèmes soutenus dans tout l'Hexagone depuis le premier AAP de l'ADEME en 2018 (98 M€ de subvention)

21,6 MW, soit 3 100 tonnes d'H₂/an de production d'hydrogène par électrolyse (principalement issu d'électricité renouvelable)

2 300 véhicules utilitaires légers et **160** véhicules lourds



© France Hydrogène



L'hydrogène ferroviaire

Le train à hydrogène est l'alternative au diesel pour les lignes à faible trafic où l'électrification nécessiterait des investissements conséquents. Le renouvellement des flottes répond aux enjeux à la fois environnementaux de la mobilité lourde et socio-économiques d'aménagement du territoire.

Des expertises françaises au service du ferroviaire

“L’alliance entre le savoir-faire de Plastic Omnium dans les solutions de stockage d’hydrogène et notre savoir-faire dans les trains à hydrogène constitue une étape importante pour créer une chaîne de valeur robuste et innovante”. C’est par cette déclaration que Thierry Best, Directeur commercial chez Alstom a salué le protocole d’accord établi en septembre avec Plastic Omnium. L’accord porte sur le développement et la production de systèmes de stockage haut de gamme destinés au secteur ferroviaire. Les deux partenaires pourront lancer des solutions de stockage d’hydrogène dès 2022, destinées à des trains régionaux en France et en Italie.

Plus tôt dans l'année, l'acquisition d'Hélium Hydrogen Power a souligné l'engagement d'Alstom dans l'hydrogène ferroviaire. En intégrant Alstom, le fabricant aixois de piles à combustible de forte puissance est ainsi devenu Alstom Hydrogène.

Une “locomotive” française

La France dispose d'un atout de taille avec Alstom. Au même titre que nombre d'acteurs de la filière, de la start-up au grand groupe industriel, la multinationale s'est engagée en faveur de l'hydrogène il y a une dizaine d'années, précédant et soutenant les ambitions affichées par les pouvoirs publics.

Les déploiements en région

Au-delà du test réalisé à Valenciennes, plusieurs régions ont d'ores et déjà fait le choix de l'hydrogène pour la conversion de leurs liaisons intra voire inter régionales en passant commande. Elles avancent de concert avec la SNCF dont la stratégie de transition énergétique ambitionne l'abandon du diesel à horizon 2035. Le train à hydrogène en constitue le projet le plus emblématique.

2025-2035

Le calendrier hydrogène de la SNCF

Conversion de **34** lignes à l'hydrogène,
soit **250** trains

Investissement : **3,4** milliards d'euros,
soit le coût d'une ligne à grande vitesse

En 2021, **4 régions** ont passé commande
à la SNCF : Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-
Franche-Comté, Grand Est et Occitanie
pour **14 trains**

TOULOUSE, capitale de l'hydrogène aéronautique

A Blagnac, le projet d'écosystème hydrogène Hyport est piloté par Engie Solutions avec l'Agence régionale énergie climat (Arec). L'ancien aéroport militaire de Francazal va quant à lui accueillir d'ici 2024 le plus grand centre européen de recherche et d'essai dédié à l'hydrogène vert. Mené en lien étroit avec Hyport le futur technocampus sera un maillon clé du développement des futurs systèmes de propulsion des avions de demain.

Ports et aéroports, les écosystèmes hydrogène de demain

L'utilisation de l'hydrogène constitue également une voie d'amélioration du bilan carbone dans les secteurs maritimes, fluviaux et aériens. Des modes de transport énergivores et fortement émetteurs de CO₂, au cœur de problématiques globales d'éco-logistique.

Des enjeux techniques de taille

Voir un avion de ligne voler à l'hydrogène à horizon 2035 comme l'ambitionne le gouvernement signe à la fois l'urgence de l'enjeu et l'aube d'une véritable révolution industrielle. Le secteur est déjà en effervescence sur le segment de l'aviation légère (tourisme et affaires), avec des commercialisations attendues dès 2022. De la même manière, dans le maritime

et le fluvial, des démonstrateurs sont opérationnels sur des puissances motrices de petite capacité. La mise à l'eau de navires et bateaux de puissance élevée (jusqu'à 2 MW) est envisagée à court terme pour les activités portuaires et côtières. A plus long terme, l'hydrogène constitue une opportunité de décarbonation pour le grand maritime (ferries ou porte-conteneurs).

Hylia, le projet de navire de transport de voyageurs est porté par la CIAM (Collaborative Integration for Alternative Motorisation). Long de 24 mètres et d'une capacité de 170 passagers, il naviguera entre la cinquantaine d'îles du golfe du Morbihan. La zone, classée parc Naturel, est actuellement desservie par des bateaux à propulsion classique, au fioul.



Du hub logistique multimodal au hub énergétique

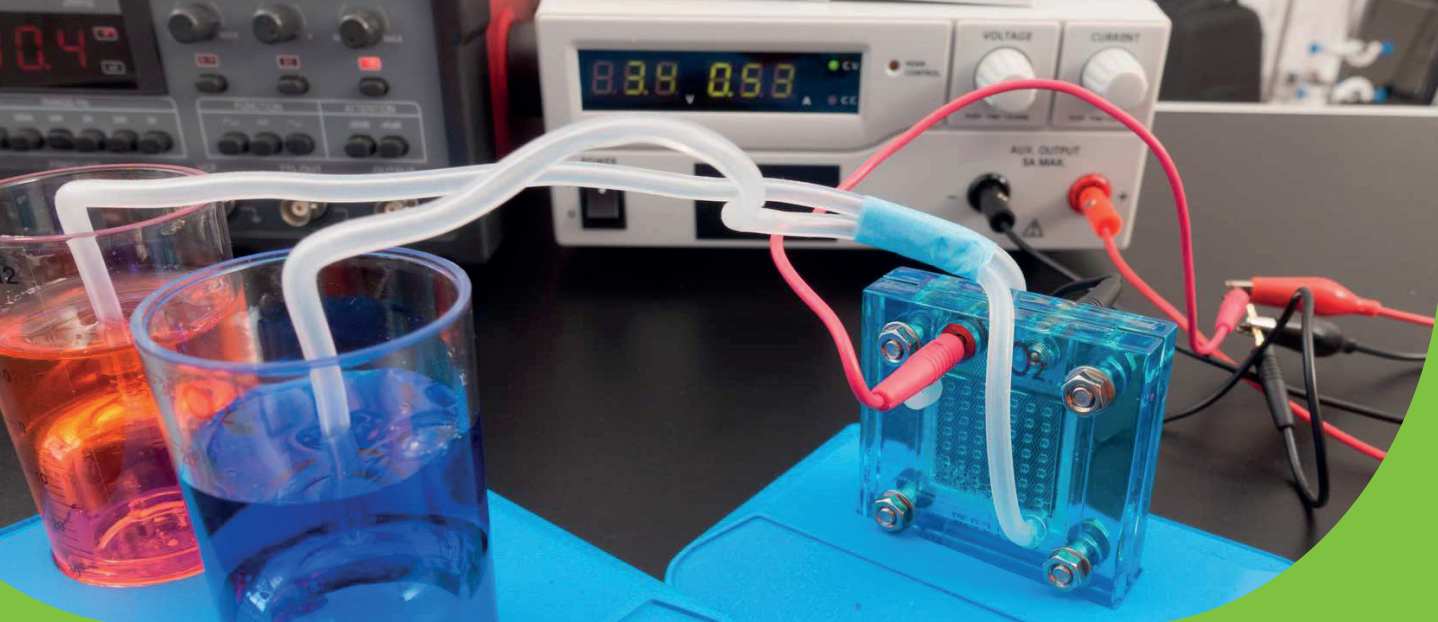
La réussite de la conversion du transport aérien et maritime aux énergies propres en général et à l'hydrogène en particulier dépend en premier lieu de la capacité des acteurs à proposer des solutions techniquement fiables et économiquement viables. A terme, elle dépend aussi de la création d'écosystèmes favorisant la massification de la production et des usages à proximité des aéroports et des ports, en lien avec l'ensemble des parties prenantes, industriels et collectivités locales.

Des aéroports en transition

Suivant la voie ouverte par le projet Hyport situé à Toulouse (cf. ci-dessus) des accords cadres ont été signés par Airbus, Air Liquide et Aéroports de Paris concernant le déploiement de solutions hydrogène complètes sur les sites d'ADP. Ils ont été rapidement suivis de leur version lyonnaise avec Vinci Airport pour le site de Lyon St Exupéry.

Les ports sont des lieux stratégiques pour le passage à l'échelle de la filière hydrogène, via l'implantation de sites de production massive. Ils constituent des débouchés pour les principaux usages actuels (industries de process) et de moyen terme (mobilité lourde, fret terrestre et maritime). Les réseaux de gaz naturel, souvent présents dans les ports, constituent également des débouchés potentiels pour l'injection d'hydrogène (Power to gas). Enfin, l'hydrogène peut aussi contribuer à l'intégration des EnR dans le système énergétique, l'éolien off shore voire le solaire en fonction des latitudes.





Pérenniser la création de valeur

Au cœur des technologies de rupture qui vont permettre à la France d'assurer sa transition énergétique, l'hydrogène dispose des atouts pour devenir une filière industrielle compétitive, créatrice d'emplois et garante de la maîtrise technologique et énergétique nationale. La consolider et la pérenniser exige de rester à la pointe de la recherche et de bâtir des formations à la hauteur des enjeux.

Une dynamique soutenue de recherche et d'innovation

Dans un secteur à haute valeur ajoutée technologique, tous les acteurs s'engagent dans une démarche d'amélioration continue. Leur objectif est double : accompagner le déploiement des usages dont les technologies sont aujourd'hui matures et accélérer la préparation de nouveaux usages.

Un cadre public renforcé

La filière s'appuie sur l'excellence de la recherche soutenue par les acteurs publics, dans le cadre de dispositifs aujourd'hui plus ambitieux. Avec le PEPR "Applications sur l'hydrogène" (voir encadré p21), la recherche bénéficie désormais d'un outil de cadrage et de soutien dédié. La participation du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation à la "Task Force interministérielle" Hydrogène mise en place par le gouvernement souligne la nécessité d'anticiper les évolutions technologiques.

Enfin, les programmes d'appels à projets de l'ADEME lancés en 2020 poursuivent leur déploiement, notamment le volet "briques technologiques et démonstrateurs" qui est ouvert au fil de l'eau jusqu'en 2022.

Des équipements sur tout le territoire

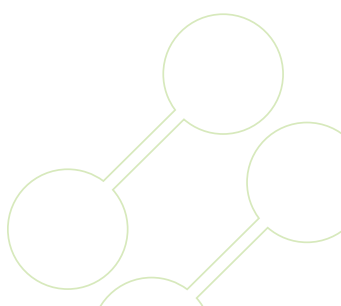
Les projets et ouvertures de centre de recherche se multiplient, impulsés par une diversité d'acteurs publics et privés, en leur nom ou dans le cadre de partenariats. Une effervescence notable sur le segment porteur de la mobilité.

Appels à projets "briques technologiques et démonstrateurs" hydrogène de l'ADEME

Soutien des travaux d'innovation, permettant de développer ou d'améliorer les composants et systèmes liés à la production, au transport d'hydrogène et à ses usages.

En cours : 15 octobre 2020 – 31 décembre 2022

Budget : **350 M€** pour la période 2021-2023



Priorité à l'hydrogène

L'Etat a validé en septembre 2021 un PEPR (Programme et Equipements prioritaires de recherche) dédié à l'hydrogène. Doté de 80 M€ et opéré par l'ANR (Agence nationale de la recherche), son pilotage scientifique est assuré conjointement par le CNRS et le CEA. Ses objectifs ? Soutenir la recherche en amont et préparer la future génération de briques technologiques clés de l'hydrogène (piles, réservoirs, matériaux, électrolyseurs).

Deux technocampus pour la mobilité

Le premier de ces centres de recherche et d'essai a ouvert ses portes à la rentrée, à Lorient. Il est dédié aux usages maritimes de l'hydrogène. Quant au second situé à Franczal (31), ses travaux porteront sur les usages aéronautiques, son ouverture est prévue en 2024 (cf. p.19). Fédérant acteurs privés et publics, ces technocampus proposeront également des démonstrations et des formations à l'attention des publics universitaires et industriels.

Un banc d'essai puissant

L'IFPEN vient de mettre en service un nouveau banc d'essai de systèmes Piles à combustible d'une puissance de 210 kW sur son site de Solaize, près de Lyon. Cet outil d'expérimentation unique en France sera utilisé pour le transport routier lourd et ferroviaire. L'objectif des expérimentations ? Prédire le vieillissement des PAC en conditions réelles afin d'optimiser la gestion de l'énergie du système dans le véhicule.



La production décentralisée d'énergie

Les technologies hydrogène peuvent également être utilisées pour de la cogénération d'énergie à partir du stockage d'EnR, à l'échelle d'un bâtiment ou d'un quartier (éco-quartiers notamment), pour de la production de chaleur (chaudières) ou bien encore pour des générateurs mobiles ou stationnaires utilisables dans une grande diversité de situations (sites critiques comme les data centers, zone non interconnectées comme les îles, la montagne ou encore l'événementiel).

Des technologies à fort potentiel

Parallèlement aux technologies matures dont la stratégie nationale vise la massification, les efforts de recherche et de mise au point de solutions portent sur différents secteurs. Parmi eux, l'énergie se caractérise par sa grande diversité d'applications. Certaines technologies sont d'ores et déjà sur la voie de la massification, à l'instar de l'électrolyse haute température (cf. p.9). D'autres applications portent sur la production décentralisée d'énergie ou encore sur l'intégration des énergies renouvelables dans le système énergétique, avec notamment le procédé du Power to Gas.

Première mondiale, la CEOG, la Centrale Electrique de l'Ouest Guyanais va fournir de l'électricité stable 24h/24 à partir d'une énergie renouvelable intermittente (photovoltaïque), stockée sous forme d'hydrogène. Mise en service prévue en 2024 pour ce projet conduit par HDF Energy, en partenariat avec McPhy et Siemens Energy.





Pour le domaine de la recherche comme pour celui des compétences, le ministère sera particulièrement attentif aux contacts étroits avec le monde industriel : ces mondes sont différents, par leurs contraintes, par leurs constantes de temps, par leurs acteurs, et pourtant ils sont d'une complémentarité absolue dans un domaine comme celui de la transition écologique.

**Frédéric Ravel,
Directeur scientifique
secteur Energie,
Développement Durable,
Chimie et Procédés
au Ministère de
l'Enseignement supérieur,
de la recherche et de
l'innovation.**

+ de 100 000
emplois à horizon 2030

3500 emplois directs
aujourd'hui dans la filière

Des compétences et des formations à construire

L'hydrogène est une thématique aujourd'hui diffuse dans l'offre globale des formations scientifiques. L'enjeu est d'anticiper les besoins en compétences sur toute la chaîne de valeur et de pouvoir rapidement former aux spécificités de l'hydrogène et de ses applications.

Création et conversion d'emplois

Le développement de la filière permettra la création de nouveaux emplois et la reconversion de secteurs industriels de premier plan confrontés à l'ampleur du défi de la décarbonation. Ces opportunités d'emplois couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène, des fabricants d'équipements aux intégrateurs et fournisseurs de service. La filière fait aujourd'hui appel à des métiers qui nécessitent un niveau de "spécialisation hydrogène" variable.

Attention, métiers en tension

La filière hydrogène fait appel aux mêmes métiers et compétences que d'autres filières déjà en tension, que ce soit au niveau opérationnel (soudeur, technicien d'essai et maintenance industriel) ou dans le domaine de la métrologie et contrôle qualité (certificateur, vérificateur). Ce constat met en exergue le manque d'attractivité global des filières industrielles, au-delà de la seule insuffisance de formations spécifiques hydrogène.

Développer rapidement l'offre de formation

Pour faire coïncider les enjeux stratégiques de la filière aux réalités du monde professionnel et afin de pallier le risque de pénuries de savoir-faire au moment où la demande en compétences sera effective, les efforts doivent immédiatement porter sur le développement de formations. Aujourd'hui, l'acquisition d'une coloration hydrogène plus ou moins importante se fait le plus souvent dans le cadre de l'entreprise.

La chronologie des profils

Au stade d'industrialisation actuel, les activités de conception des équipements prédominent, favorisant les profils d'ingénieurs dans des disciplines comme le génie électrique, la mécanique des fluides ou les questions de Qualité-Sécurité-Environnement.

Le déploiement des installations de production et de distribution d'hydrogène dans plusieurs bassins du territoire va nécessiter à court terme des profils de techniciens et d'opérateurs avec une forte maîtrise opérationnelle dans les domaines de la mécanique, de la métrologie et du génie électrique.



Le référentiel des compétences et des métiers France Hydrogène identifie 84 métiers liés à l'ensemble de la chaîne de valeur dont 17 métiers déjà en tension



Les entreprises aux manettes

HRS, la PME iséroise originellement positionnée sur l'ingénierie et la tuyauterie industrielle complexe a fait monter ses collaborateurs en compétences en interne pour accompagner sa diversification hydrogène sur le segment des stations de recharge.

À une autre échelle, Symbio a officiellement lancé la Symbio Hydrogen Academy en avril. Ce dispositif dédié dispensera des cycles de formations professionnelles spécifiques à l'hydrogène, destinés aux collaborateurs actuels et futurs du groupe, tout autant qu'à ceux de ses clients, fournisseurs et partenaires, contribuant ainsi à la montée en compétence de l'ensemble de la filière automobile. Les formations seront

mis en place en partenariat avec plusieurs écoles, industriels et acteurs de la région Auvergne Rhône-Alpes (Mines Paris Tech, ECAM, INERIS, LGM, Sherpa Engineering Sector, le pôle de compétitivité CARA et les campus de métiers et de qualification Automobilité et Energies).

Structurer une offre spécifique hydrogène : l'offre de formations dans le domaine de l'énergie au sens large couvre une palette complète de compétences et de niveaux. Elle constitue le socle sur lequel déployer la future filière de formations dédiée à l'hydrogène. Deux niveaux de collaboration sont essentiels pour une réussite rapide de la démarche, d'une part avec les industriels pour anticiper les besoins futurs, et d'autre part avec les territoires pour allier recherche et formation de haut niveau.

Des formations initiales déjà opérationnelles

L'IUT Lorient propose depuis cette année, un nouveau parcours intitulé : Gestionnaire énergies, énergies nouvelles, hydrogène dans le cadre de sa licence professionnelle Maîtrise de L'Énergie, de l'Électricité et du Développement Durable. Une formation qui fait écho au projet de Technocampus développé par l'agglomération bretonne.

La rentrée 2021 a également vu l'ouverture d'un BTS Maintenance des Système Énergétiques et Fluidiques doté d'une coloration Hydrogène, au Lycée Pierre de Coubertin à Bolbec (76). 117 candidats ont postulé à la formation sur Parcoursup. Dans cette région industrielle du Bassin de la Seine, le projet de Campus H₂ Académie, porté par l'agglomération Caux Seine Agglo et un consortium d'acteurs de l'hydrogène (industriels et institutionnels), vise à étudier l'opportunité et la faisabilité de proposer un plateau technique de formation supérieure.



5 lycées en Bourgogne France Comté sont équipés de stations hydrogène MaHyTec. L'objectif ? accroître les connaissances sur l'hydrogène afin de donner aux lycéens les moyens de s'orienter professionnellement vers ce secteur, dans une région marquée par la présence d'industrie de l'automobile engagées dans ce domaine.

Législation : un cadre juridique en construction

En ligne avec la Stratégie nationale, 2021 a vu le renforcement de l'arsenal législatif et réglementaire français encadrant le vecteur hydrogène. Il s'inscrit dans un contexte réglementaire européen destiné à stimuler l'offre et la demande d'hydrogène renouvelable et bas-carbone et à favoriser le développement d'une industrie compétitive.



L'ordonnance sur l'hydrogène pose les bases solides du déploiement de la filière en apportant la sécurité et la lisibilité juridiques nécessaires aux investisseurs et industriels. Complétée par la loi Climat-résilience, cette législation en cours d'adaptation dessine les contours des chantiers à poursuivre.

L'ordonnance du 17 février 2021 relative à l'hydrogène

L'intérêt de l'ordonnance est d'introduire dans le code de l'énergie un premier cadre juridique adapté au nouveau rôle que l'hydrogène doit jouer dans le système énergétique. Elle inclut la **définition d'une taxonomie claire de l'hydrogène** qui rend obsolète la désignation par couleur, source d'ambiguïté. Elle instaure également un système de traçabilité de l'hydrogène appuyé **sur des garanties d'origine ainsi qu'un cadre soutien public à la production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone par électrolyse**. Les décrets d'application sont désormais attendus.

Qualification de l'hydrogène	Energie primaire ou source d'électricité	Seuil d'émission (kgCO ₂ eq/kgH ₂)	Modes de production concernés
renouvelable	EnR	Le seuil d'émission approprié reste à définir par arrêté ministériel, en lien avec les discussions européennes autour de la taxonomie européenne des investissements durables	électrolyse utilisant de l'électricité renouvelable (solaire, éolien, hydraulique) pyrogazéification ou thermolyse de la biomasse, vaporeformage de biogaz (= procédés recourant à des EnR "n'entrant pas en conflit avec d'autres usages permettant leur valorisation directe")
bas-carbone	sources d'énergies non renouvelables	seuil d'émission identique à l'hydrogène renouvelable	électrolyse utilisant l'électricité du mix électrique français procédés associant des techniques de captage, séquestration ou utilisation du carbone (CCUS)
carboné	énergies fossiles	supérieur au seuil d'émission défini pour l'hydrogène renouvelable	vaporeformage de gaz naturel (environ 11 kgCO ₂ /kgH ₂), gazéification du charbon (20 kgCO ₂ /kgH ₂) électrolyse alimentée par des mix électriques carbonés. A partir d'EnR qui ne qualifieraient pas au seuil d'émission.

La loi Climat et résilience du 22 août 2021

Reprise d'une partie des 146 propositions de la Convention citoyenne pour le climat, la loi a été considérablement enrichie par le Parlement. Ces apports concernent entre autres, la possibilité pour les collectivités territoriales d'investir directement dans la production d'hydrogène renouvelable et d'hydrogène bas-carbone (art. 88), **la prolongation à 2030 des aides fiscales à l'acquisition de poids lourds** à hydrogène – (art 133), **un nouvel appel d'offres public** pour développer des **capacités de stockage d'électricité** (art 85), ou encore **la réforme du code minier** (art 81) avec le projet d'une ordonnance pour réguler le **stockage souterrain de l'hydrogène**.



Le 14 juillet, la Commission européenne a présenté son **paquet "Fit for 55"**^{*}, une révision de plusieurs législations européennes sur l'énergie et le climat visant à adapter les objectifs et les outils de l'Union au renforcement de ses ambitions climatiques. Le paquet contient de **nombreuses mesures pour l'hydrogène**. La révision de la directive sur les énergies renouvelables (RED III) est l'occasion pour l'UE de proposer un quota de 50 % d'hydrogène renouvelable dans l'industrie (hors raffinage) à partir de 2030, ainsi qu'une cible européenne de 2,6 % d'hydrogène et de carburants de synthèse renouvelables dans les transports à cet horizon. Le déploiement des stations d'hydrogène le long des axes autoroutiers européens sera également stimulé, ainsi que le développement des carburants renouvelables et bas-carbone dans le transport maritime et le transport aérien. La production d'hydrogène par électrolyse deviendra par ailleurs éligible aux quotas carbone gratuits avec la réforme du marché du carbone. Une taxation pénalisante pour l'hydrogène carboné, mais avantageuse pour l'hydrogène renouvelable et bas-carbone, est enfin proposée.

En parallèle, les débats autour de la taxonomie européenne des investissements durables, pour lesquels France Hydrogène s'est mobilisée, ont fait émerger un seuil d'émission pour la production d'hydrogène. Cette référence, fixée à 3 kgCO₂eq/kgH₂, correspond à une réduction de 73,4 % en analyse de cycle de vie des émissions de GES par rapport à l'hydrogène carboné conventionnel. Une méthodologie d'évaluation des émissions reste encore à définir.

La **cohérence d'ensemble du futur cadre juridique de l'UE pour l'hydrogène** reste toutefois dépendante de la présentation le 14 décembre prochain d'un Paquet sur le gaz et l'hydrogène, qui devrait introduire un cadre graduel et progressif pour la régulation du futur marché de l'hydrogène en Europe, notamment des infrastructures de transport et de stockage d'hydrogène.

^{*} dénomination se référant au renforcement de l'objectif de réduction des émissions de GES de l'UE de -40 à -55% d'ici 2030

Cap sur 2030, avant la neutralité carbone en 2050

La décennie 2020-2030 verra la mutation profonde de notre système énergétique, de la production aux usages, avec l'objectif de la neutralité carbone à horizon 2050. L'hydrogène est un de facteurs-clés de cette mutation.



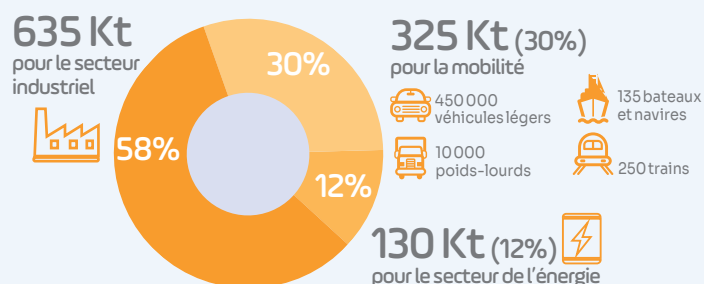
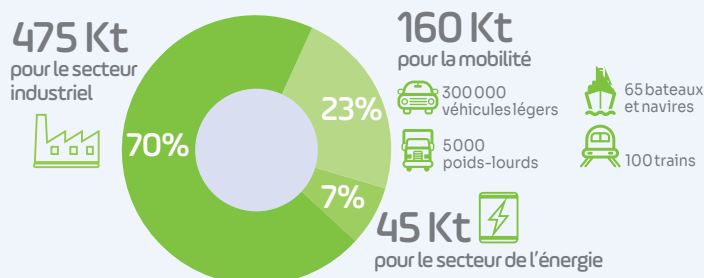
Publiée par France Hydrogène en septembre, l'étude propose deux scénarios de déploiement au regard du cap fixé par la Stratégie nationale hydrogène pour 2030. Un scénario de référence répondant aux objectifs chiffrés de la stratégie et un second, plus ambitieux, qui tient compte du renforcement des ambitions climatiques des politiques publiques*. Dans les deux cas, un pré-requis indispensable : l'augmentation de la capacité de production d'électricité renouvelable.

**cf. discussions européennes en cours autour du « Fit for 55, ensemble de mesures liées au renforcement de l'objectif de réduction des émissions de GES de l'UE de -40 à -55% d'ici 2030 »*

Deux scénarios de déploiement pour l'hydrogène décarboné

Ambition 2030: **680 Kt/an**

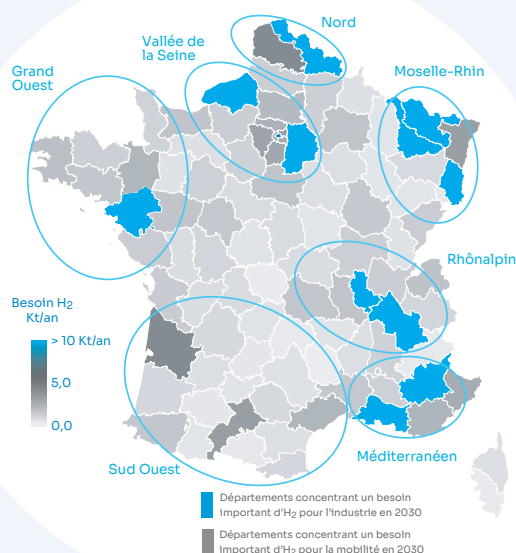
Ambition 2030+: **1090 Kt/an**



7 bassins représentant à terme 85% de la demande totale

L'étude identifie également sept grands bassins géographiques, autant de points d'ancrage d'un déploiement massif, où la mutualisation de la production et des usages permettra de réduire les coûts.

Les projets hors bassins représentent une part importante dans la montée en puissance de la filière notamment car ils permettront d'assurer un maillage complet du territoire national.



“France 2030”. Le plan de l’Etat vise la première place pour “l’hydrogène vert”

Le 12 octobre, le président de la République a présenté “France 2030”, un plan d’investissement visant à développer la compétitivité industrielle et les technologies d’avenir. Ce plan définit un nouveau modèle de croissance décliné en 10 objectifs, résumés dans un manifeste ambitieux : “Mieux produire, mieux vivre et mieux comprendre”. L’hydrogène décarboné est clairement identifié comme un levier clé pour atteindre ces objectifs, avec une ambition industrielle à la hauteur de nos atouts : être le leader de l’hydrogène renouvelable et bas-carbone. Dans un contexte de forte augmentation de la demande en électricité, l’annonce du renforcement

de l’investissement dans les énergies renouvelables constitue également un signal fort.

Cette enveloppe vient en supplément du budget de la Stratégie nationale pour financer les 15 projets industriels français retenus pour les Projets importants d’intérêt européen commun (PIIEC). Ce budget supplémentaire d’1,9 Md€ vient en appui du volet consacré aux gigafactories de fabrication d’équipements clefs (électrolyseurs, piles à combustible, réservoirs). Les projets du volet de décarbonation de l’industrie du PIIEC seront, eux, soutenus par l’enveloppe des 5 Md€ prévus par le Plan France 2030.

L’hydrogène, une priorité de la transition énergétique



“Futurs énergétiques 2050”, l’hydrogène a toute sa place dans le mix énergétique

Après deux ans de travaux, RTE a remis au gouvernement le 25 octobre son rapport de prospective “Futurs énergétiques 2050”. Il insiste sur la nécessité de repenser notre économie et nos modes de vie avant de présenter six scénarios d’évolution du mix électrique. Chacun correspond à une répartition spécifique des parts respectives du nucléaire et des EnR et ils permettent tous d’atteindre la neutralité carbone en 2050. Les projections tablent sur l’électrification de nombreux usages en substitution aux énergies fossiles. De fait, dans un contexte de baisse indispensable de la consommation globale d’énergie, la consommation électrique va, elle, s’accroître (entre +20 % et +60 % Vs 2020)

Le rapport réaffirme le rôle crucial de l’hydrogène dans cette transition énergétique. Il souligne que la création d’un système hydrogène bas carbone performant est un atout pour décarboner certains secteurs difficiles à électrifier, et une nécessité dans les scénarios à très fort développement EnR, pour stocker l’énergie. Enfin, des centrales d’appoint fonctionnant à l’hydrogène sont nécessaires dans tous les scénarios.

La publication des scénarios prospectifs “Transitions 2050” de l’ADEME intervient également en cette fin d’année. Transversale, l’étude traite des sols au système électrique, en passant par l’industrie, les bâtiments ou encore la mobilité, et comprend une évaluation des ressources (matières, biomasse, sol notamment).

Monde : des stratégies différenciées pour une dynamique commune

17 pays dans le monde disposent d'une stratégie hydrogène engageant quelque 37 milliards de dollars.

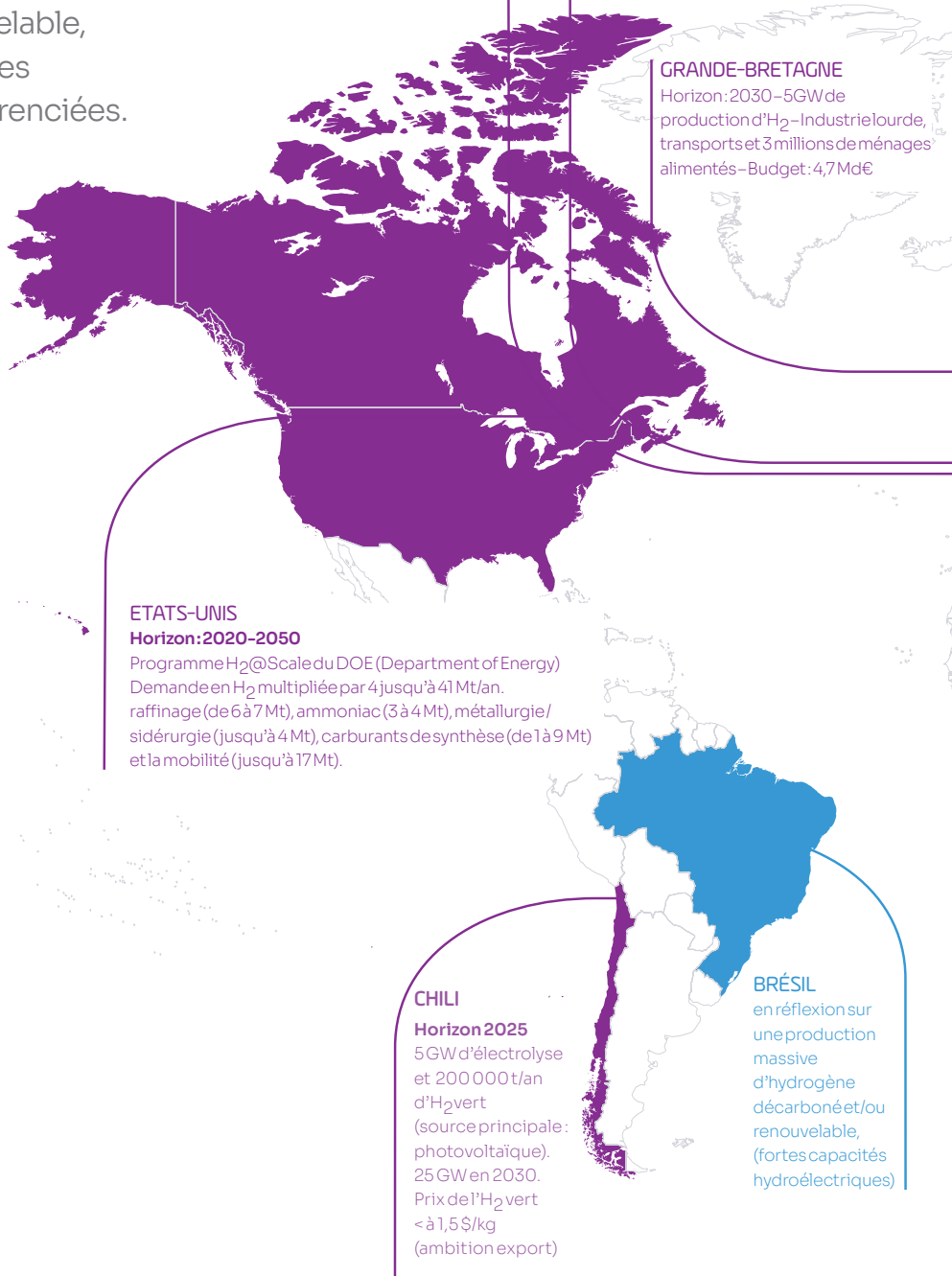
Si les investissements financent en grande majorité la production d'hydrogène renouvelable, un zoom sur les stratégies nationales fait apparaître des approches différenciées.

Portée par l'objectif d'une réindustrialisation garante de sa souveraineté technologique et énergétique, la France mise sur la construction d'un écosystème complet et intégré, de la production aux usages, incluant la fabrication des équipements. Les besoins en énergie induits n'excluent pas de recourir aux importations d'hydrogène renouvelable.

Ne disposant pas de l'atout français d'une électricité décarbonée, la stratégie allemande se concentre plus sur l'aval et les usages. Elle mise sur une production d'hydrogène renouvelable délocalisée, issue d'une électricité photovoltaïque produite au Maghreb ou dans les pays du Golfe.

Dans les pays industriels d'Asie, les stratégies impulsées par la Corée et le Japon, suivis par la Chine, portent sur la production en série de l'outil de production (électrolyseurs) et de tous les équipements en aval (stockage, distribution, usages.)

Enfin, les pays moins industrialisés et dotés d'une géographie ou d'un climat favorable aux énergies renouvelables misent sur la production massive d'hydrogène renouvelable destiné à l'export, à l'instar du Chili ou du Maroc.



FRANCE

Horizon 2030

6,5 GW d'électrolyse
300 000 véhicules légers
5 000 véhicules lourds
1 000 stations
Budget: 7,2 Md€ + 1,9 Md€

ALLEMAGNE

Horizon: 2030

Production H₂ vert: 5 GW
5 GW supplémentaires d'ici 2035-2040
Budget: 7 Md€ + 2 Md€ destinés à développer la production d'hydrogène dans des pays tiers

FINLANDE

prod H₂ vert (source: éolien onshore & offshore)
150 000 t/an d'H₂ industriel à décarboner,
300 ktH₂/an avec la sidérurgie

RUSSIE

Horizon: 2035

Exportation de 2 Mt H₂ vers l'Europe
Reformage de gaz naturel et CCS.

CORÉE DU SUD

Horizon 2040

15 GW de pile à combustible
6 millions de véhicules H₂
dont 3,3 millions à l'export
1 200 stations

JAPON

Horizon: 2030

800 000 voitures, 1 200 bus,
100 000 chariots élévateurs,
900 stations
5,3 millions de piles à combustible
stationnaires

ITALIE

Horizon 2030

5 GW d'électrolyse,
14 000 poids lourds
Budget: 10 Md€ d'investissements
publics et privés

CHINE

Horizon: 2030

50% de l'hydrogène produit à partir d'énergies
renouvelables (500 000 tH₂/an dès 2021).
1 million de véhicules
1 000 stations

INDE

Horizon: 2023

Décarbonation de la production d'H₂ industriel: 10%
Multiplication du marché de l'hydrogène à horizon 2050

MAROC

Production,
distribution H₂
(ressources
renouvelables:
éolien et solaire)
2024-2025: usine
d'H₂ vert
de 100 MW
Tourné vers l'export

AFRIQUE DU SUD

Encours élaboration d'un plan

production H₂ à partir de ressources
renouvelables abondantes
Matériaux PAC: plus de 80% des réserves
de platine actuellement connues

AUSTRALIE

Ressources renouvelables importantes pour production massive H₂.
Volet export de la stratégie important
Budget: 1,6 Md AUS \$ de nouveaux fonds pour l'ARENA
(l'agence australienne des énergies renouvelables)
500 MAUS \$ dans les projets H₂ depuis 2019



Pays avec une stratégie nationale hydrogène



Pays avec une stratégie en préparation, un cadre d'actions national et/ou des projets pilotes d'envergure

www.france-hydrogene.org

Contact:

info@france-hydrogene.org