

L'hydrogène en France

Le temps
du déploiement

2023



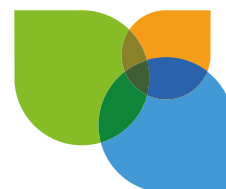
Remerciements

Le rapport annuel édité par France Hydrogène rend compte des faits marquants de l'année, du dynamisme de la filière et de ses acteurs. Le développement de l'hydrogène est en plein essor et les projets nombreux, le document ne saurait donc être exhaustif. France Hydrogène remercie ses membres pour les illustrations de qualité fournies.

Crédits

Photo de couverture : © Forvia
P.13 : ©Pierre-Emmanuel Rastoin
P.15 : ©Vallée Sud – Grand Paris
Viviane Basquine
P.18 : France Hydrogène
P.19 : France Hydrogène
P.20 : ©Antoine Meyssonier
P.22 : ©Matthieu de Valence
P.23 : ©GCK
P.25 : ©France Hydrogène et @EODev
P.28 : ©HDF
P.30 : ©France Hydrogène
P.32 : ©Gen-Hy
P.33 : ©Elogen





- Index

— Édito	04
— Faits marquants 2023	06
— Chiffres clés	08

01. Cadre législatif et soutien public

— La dynamique hors de nos frontières	12
— En France, entre point d'étape et mise en œuvre du soutien public	14

02. Marchés et usages

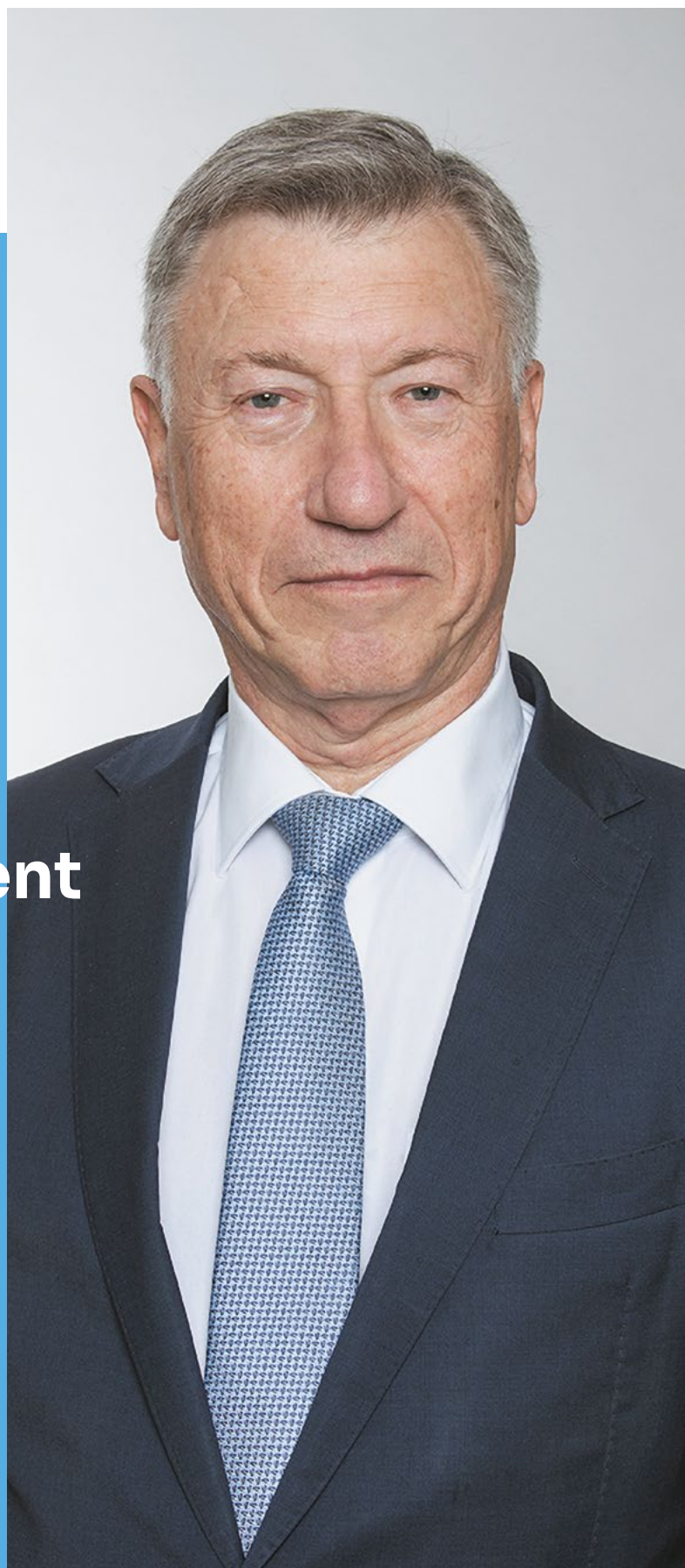
— Produire de l'hydrogène pour décarboner l'industrie	18
— Développement des infrastructures en aval	20
— Montée en puissance des usages	22

03. Réindustrialisation, recherche et formation

— Le tissu industriel s'étoffe	28
— L'essor de l'emploi et des formations	30
— Le rôle indispensable de la recherche	32



Le temps du déploiement nécessite la mobilisation de tous



Philippe Boucly

Président de France Hydrogène

Trois ans après la publication de la Stratégie nationale hydrogène, sa révision en cours est l'occasion de faire le point sur les efforts entrepris, ainsi que sur les besoins et points de vigilance à horizon 2030.

Il faut tout d'abord se féliciter des avancées notables dans le déploiement des capacités manufacturières et de plusieurs écosystèmes hydrogène sur notre territoire, notamment autour de la mobilité routière. Au plan européen, l'hydrogène est reconnu comme industrie stratégique et fait l'objet d'un IPCEI*, dont deux vagues de projets ont dès à présent été publiées. Pour la première, relative aux composants et équipements-clés, dix projets français (sur 41) ont été retenus, permettant de démarrer la construction de giga-factories d'électrolyseurs, de piles à combustible et de réservoirs, dont l'une a déjà été inaugurée. Au niveau national, l'État concrétise son soutien à la production d'hydrogène

décarboné avec l'affectation de 4 milliards d'euros** au déploiement d'un gigawatt d'électrolyse d'ici 2026.

Ces avancées indéniables ne peuvent masquer de nombreux retards dans les prises de décision. Au-delà de l'inflation et des problèmes d'approvisionnement, la consultation de la filière effectuée dans le cadre de la révision de la Stratégie permet de mettre en lumière des raisons structurelles de ce retard, parmi lesquelles une insuffisante stimulation de la demande et le manque de visibilité qui pénalisent l'engagement des acteurs.

Il convient ici de souligner la trop lente structuration du cadre réglementaire et législatif en France et en Europe, dans un contexte où les géants états-unis et chinois mettent tout en œuvre pour soutenir leurs champions. Les récents progrès accomplis par l'Union européenne dans la reconnaissance de l'électricité nucléaire comme source de pro-

duction d'hydrogène bas carbone, ainsi que les avancées dans la réforme du marché européen de l'électricité devraient néanmoins permettre d'accélérer dans la production d'hydrogène. Une production qui nécessite à 2030 une puissance d'électrolyse de 6,5 gigawatts, objectif initial de la Stratégie nationale confirmé dans le cadre des études de besoins menées depuis le début de l'année.

La révision de la Stratégie nationale hydrogène constitue une formidable opportunité de transformer l'essai des jalons posés depuis trois ans, en ayant conscience des temporalités. **Déployer les équipements et infrastructures demande du temps, des délais qu'il s'agit de réduire au maximum, dans cette phase d'accélération nécessaire pour lutter contre le changement climatique.**

Au-delà, l'alliance décarbonation-réindustrialisation qui fonde la raison d'être de notre filière doit se déployer sans restreindre l'ambition initiale : favoriser tous les usages de l'hydrogène, qui seront créateurs de valeur et d'emploi sur nos territoires. Une ambition portée par la mobilisation d'investissements privés et par un soutien public renouvelé. Ensemble, au service de la transition écologique et de notre souveraineté énergétique et industrielle futures.

* Important Project of Common European Interest qui autorise les États membres à des financer des initiatives au-delà des limites habituellement fixées par les règles européennes de la concurrence.

** sur les 9,2 milliards promis à la filière d'ici 2030.

Faits marquants 2023

JANVIER

FÉVRIER

- France Hydrogène publie les « Chiffres clés du déploiement de l'hydrogène en France en 2022 »
- France Hydrogène et la PFA publient une étude de modélisation des besoins en infrastructures de recharge hydrogène pour la mobilité terrestre en France



- 1^{er} & 2 février
6^e édition du salon Hyvolution

MARS

- 14 mars
La Commission européenne publie sa proposition de paquet législatif pour l'industrie verte : règlement sur l'industrie Net Zero (NZIA), règlement sur les matières premières critiques (CRMA), et réforme du marché de l'électricité

- 23 mars
Les négociateurs européens trouvent un accord sur le règlement relatif à l'utilisation de carburants maritimes durables (FuelEU Maritime)

- 28 mars
Les négociateurs européens trouvent un accord sur le règlement relatif au déploiement d'une infrastructure de recharge pour carburants alternatifs (AFIR)

- 30 mars
Les négociateurs européens trouvent un accord sur la directive révisée sur les énergies renouvelables (REDIII)



MAI

- France Hydrogène publie le « Guide de la benne à ordures ménagères électrique à hydrogène pour la transition des flottes de collectivités »
- L'ADEME relance son appel à projets « Écosystèmes territoriaux hydrogène »

- 31 mai
France Hydrogène publie un manifeste, aux côtés des acteurs de la filière, appelant à concevoir une stratégie révisée qui conjugue décarbonation profonde et réindustrialisation des territoires

AVRIL

- 26 avril
Les colégislateurs européens trouvent un accord sur le règlement relatif à l'utilisation de carburants aériens durables (ReFuelEU Aviation)



AOÛT

● 28 août

La ministre de la Transition énergétique Agnès Pannier-Runacher annonce l'adoption du décret relatif au dispositif de soutien à la production d'hydrogène décarboné

● 30 août

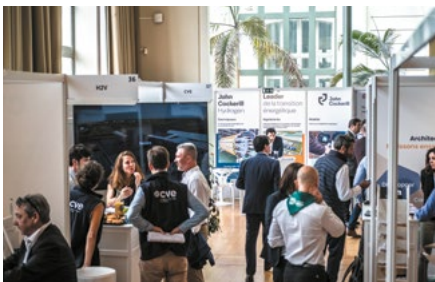
La Hydrogen Bank devient tangible avec la publication par la Commission européenne du cahier des charges pour le 1er appel d'offres, en novembre, doté de 800 M€

JUILLET

JUIN

● France Hydrogène publie « Stratégie nationale hydrogène : réaliser le plein potentiel de la filière pour décarboner et réindustrialiser la France »

● France Hydrogène célèbre ses 25 ans



● 13 au 15 juin

10^e édition des Journées Hydrogène dans les territoires à Pau

● 13 juin

1^{ère} édition des Prix France Hydrogène

● 13 juin

La Commission européenne adopte les deux actes délégués définissant les carburants renouvelables d'origine non-biologique (RFNBOs)

SEPTEMBRE

● France Hydrogène intègre le Conseil Supérieur de l'Énergie (CSE)

● France Hydrogène et les partenaires du projet DEF'Hy, pour le développement de l'emploi et de la formation de la filière hydrogène, publient les résultats de l'étude



OCTOBRE

● France Hydrogène publie « La transition de l'autocar vers des technologies zéro émission : quels besoins et perspectives en France ? »



NOVEMBRE

● 20 au 24 novembre

European Hydrogen Week

DÉCEMBRE

● Une Stratégie nationale révisée ?

- France Hydrogène
- Union Européenne
- France
- Filière Hydrogène

Chiffres clés

2023

Le temps du déploiement

460

acteurs réunis au sein de France Hydrogène

1200

entreprises sur la chaîne de valeur identifiées en France

+220

formations liées à l'H2 recensées

+ 6 000*

emplois directs dans la filière

68

Stations de recharge ouvertes en France

127

Stations en projet court terme (2025)



*estimation, basée sur l'enquête annuelle toujours en cours à date d'édition de ce document.



4 Mds €

dédiés au mécanisme de soutien à la production
d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone

35

écosystèmes hydrogène financés
par l'Ademe depuis 2018

correspondant à

320 M€

d'aide

et

1,3 Mds €

d'investissement
total

2,1 Mds

de soutien public sur la première vague du PIIEC

Représentant 5,2 Mds

d'investissement public-privé

4,45 GW

de projets annoncés à 2030*

dont

~300 MW

en opération, en construction
ou ayant reçu une décision
finale d'investissement

*projets en opération, en construction, ayant fait l'objet d'une décision finale
d'investissement ou d'une étude de faisabilité



+50

États dans le monde
ont une stratégie
ou une feuille de route
sur l'hydrogène



CADRE LEGISLATIF ET SOUTIEN PUBLIC

Les enjeux stratégiques de la transition énergétique impliquent l'élaboration d'un cadre juridique clair, qui favorise et sécurise l'engagement des investisseurs et des industriels. Ce besoin est d'autant plus urgent dans le contexte actuel d'incertitude géopolitique. Les textes législatifs et les mécanismes de financement se multiplient, au niveau mondial, européen et national, entre développement de la filière et préservation des intérêts régionaux et nationaux.



4Mds€

Enveloppe dédiée au soutien à la production d'hydrogène décarboné d'ici 2026 en France

12 — La dynamique hors de nos frontières

- La Chine et les États-Unis affirment leurs ambitions
- En Europe, des avancées réglementaires considérables

14 — En France, entre point d'étape et mise en œuvre du soutien public

- Point d'étape pour le cadrage
- Mise en œuvre du soutien public
- Les appels à projets de l'ADEME

La dynamique hors de nos frontières

Dans un marché mondial en pleine expansion, plus d'une cinquantaine d'États ont publié une stratégie ou une feuille de route sur l'hydrogène. Une vingtaine de pays ont publié une nouvelle stratégie ou révisé une stratégie préexistante. La stratégie hydrogène indienne, publiée en janvier 2023, ambitionne de produire 5 millions de tonnes d'hydrogène renouvelable d'ici 2030. La version finale de la stratégie des États-Unis de juin 2023, dresse une perspective de production de 10 millions de tonnes d'hydrogène décarboné à 2030. De son côté, l'Allemagne a doublé son objectif de déploiement d'électrolyseurs, de 5 à 10 GW, dans le cadre de sa stratégie révisée en juillet 2023. À terme, la connexion des zones de production et des centres de demande nécessitera l'établissement de nouvelles routes commerciales et infrastructures de transport. À ce stade, les financements se concentrent sur le fait de faire advenir une offre d'hydrogène décarboné.



7 pôles

hydrogène pour produire 3 millions de tonnes d'hydrogène par an aux États-Unis à horizon 2030

La Chine et les États-Unis affirment leurs ambitions

La dynamique mondiale de soutiens publics s'accélère, visant à rendre compétitives les filières nationales. La Chine, premier consommateur et producteur d'hydrogène carboné, a pris la tête du déploiement de l'hydrogène décarboné au niveau mondial. Le pays représentait 30 % des capacités de production d'hydrogène par électrolyse installée dans le monde en 2022. Cette part pourrait atteindre les 50 % d'ici la fin de l'année 2023, avec 1,1 GW de capacités déployées. Sur le plan industriel, la Chine concentrait sur son territoire 50 % des 14 GW de capacités mondiales de production d'électrolyseurs disponibles en 2023. Après avoir frappé un grand coup en 2022 avec la publication de l'Inflation Réduction Act (IRA), les États-Unis ont publié leur stratégie hydrogène en juin 2023. Ce document met en avant des opportunités de production de

10 millions de tonnes d'hydrogène d'ici 2030, 30 millions de tonnes pour 2040 et 50 millions de tonnes pour 2050. Le président américain a présenté le 13 octobre à Philadelphie les sept pôles régionaux des États-Unis qui deviendront des « pôles d'hydrogène » et bénéficieront de 7 milliards de dollars de subventions publiques. L'objectif est que ces pôles produisent 3 millions de tonnes d'hydrogène « propre » par an, soit environ un tiers de l'objectif de production des États-Unis pour 2030. Toutefois, le Trésor américain n'a toujours pas publié les règles définissant le caractère « propre » de l'hydrogène, en particulier les critères d'additionnalité, et son éligibilité au crédit d'impôt de l'IRA. Cette situation a pour conséquence de freiner l'avancement des projets annoncés sur le sol américain.



En Europe, des avancées réglementaires considérables

Les décisions prises cette année par l'Union européenne constituent autant d'étapes décisives pour stabiliser le cadre réglementaire et favoriser les prises de décision finales. Tout d'abord en février avec la publication des deux actes délégués définissant les carburants renouvelables d'origine non-biologique (RFNBOs) et leur adoption définitive en juin. En mars, la France et l'Allemagne sont parvenus à s'entendre sur des compromis permettant de reconnaître sous certaines conditions le rôle de l'hydrogène produit à partir d'électricité nucléaire, pour l'atteinte de cibles européennes d'utilisation d'hydrogène décarboné. Ces compromis ont ainsi permis d'adopter des textes européens de premier plan pour le développement d'une filière hydrogène européenne car contribuant à structurer la demande grâce à des cibles sectorielles contraignantes d'utilisation : la directive révisée sur les énergies renouvelables (RED3), qui fixe notamment un objectif d'utilisation de 42 % d'hydrogène RFNBO ou 77 %

Limiter les dépendances

La souveraineté technologique, y compris en termes de matières premières est indispensable au déploiement de technologies hydrogène compétitives. Le « Net Zero Industry Act » vise à assurer cette souveraineté future, en fixant un objectif pour 2030 d'approvisionnement européen en technologies critiques à l'atteinte de la neutralité carbone (dont les électrolyseurs), et en donnant les armes aux industriels européens pour se développer dans la compétition mondiale : accélération des procédures d'octroi de permis, nouvelles règles dans les appels d'offres et la commande publique, etc. Il est également essentiel d'assurer l'approvisionnement en matières premières critiques pour ces technologies clés : c'est l'objet du « Critical Raw Material Act », qui doit donner un cadre pour la diversification des approvisionnements sur certaines matières et accélérer sur le recyclage.

d'hydrogène non fossile dans l'industrie en 2030 ; et le règlement ReFuelEU Aviation, qui fixe des quotas d'utilisation de carburants de synthèse non fossile (dérivés d'hydrogène produit à partir d'électricité renouvelable ou nucléaire), dont une première de 1,2 % en 2030-2031.

Dans un monde où la demande d'électricité va croître de manière exponentielle, considérer toutes les sources d'énergie décarbonée est la voie à privilégier : l'électricité nucléaire mais également les ressources de la biomasse qui par, des procédés de thermolyse ou de pyrogazéification, contribueront à atteindre les objectifs de production.



En France, entre point d'étape et mise en œuvre du soutien public

Au sein d'une Union européenne qui progresse en faveur de l'hydrogène, la France dresse un bilan des 3 premières années de déploiement de sa Stratégie nationale.



1 GW_{ELY}

Capacités d'électrolyse qui seront déployées dans le cadre du mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné

Point d'étape pour le cadrage Une stratégie à faire évoluer.

Septembre 2020, la France se dote d'une stratégie nationale hydrogène ambitieuse qui vise les premiers rôles mondiaux dans l'hydrogène décarboné. Son déploiement arrive à un point d'étape, avec l'annonce, l'année dernière, de sa révision par les ministres de tutelle (transition énergétique et industrie). Il est légitime de faire un premier bilan des réalisations et de combler les éventuelles lacunes du dispositif initial. Il est également crucial de conserver l'ambition initiale, condition sine qua non de la structuration d'une filière souveraine et pérenne, créatrice de valeur et d'emplois dans les territoires. Une ambition fondée sur l'alliance décarbonation-réindustrialisation, où le déploiement d'une filière

robuste et d'une offre compétitive va de pair avec la stimulation de la demande et l'essor des technologies favorisant les différents usages.

Deux projets de loi relatifs à l'accélération des capacités décarbonées.

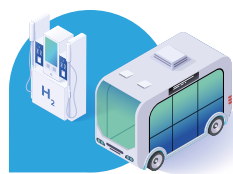
Face à une urgence climatique de plus en plus pressante, l'Agence Internationale AIE prône l'adoption de politiques plus ambitieuses en faveur du développement des énergies décarbonées, dans la dernière édition de son rapport « *World Energy Outlook* » publié en octobre. En France les deux lois d'accélération relatives au nucléaire et aux énergies renouvelables devraient y concourir, notamment à travers la réduction des délais administratifs d'autorisation et de « permitting ».

Mise en œuvre du soutien public Soutien à la production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone.

Alors que le nouveau cadre d'objectifs de la Stratégie nationale révisée se fait attendre, le gouvernement met en œuvre son engagement vis-à-vis de la filière. Fin août, la ministre de la transition énergétique a annoncé la mise en place d'un mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné produit par électrolyse. Objectif: déployer un gigawatt d'électrolyse par des appels d'offres par tranches de 150, 250 et 600 MW, entre 2024 à 2026. Un montant de 4 milliards d'euros est consacré à ce dispositif dans le cadre de l'enveloppe globale de 9,2 milliards d'euros destinée à la filière d'ici 2030.

Les appels à projets de l'ADEME

L'Agence nationale a financé 35 écosystèmes hydrogène depuis 2018, dans le cadre de deux volets d'appels à projets. Pour un montant de 320 millions d'euros, ces écosystèmes vont faire naître 100 stations hydrogène et représentent



35

Ecosystèmes
hydrogène soutenus
par l'Ademe depuis 2018
dans les territoires

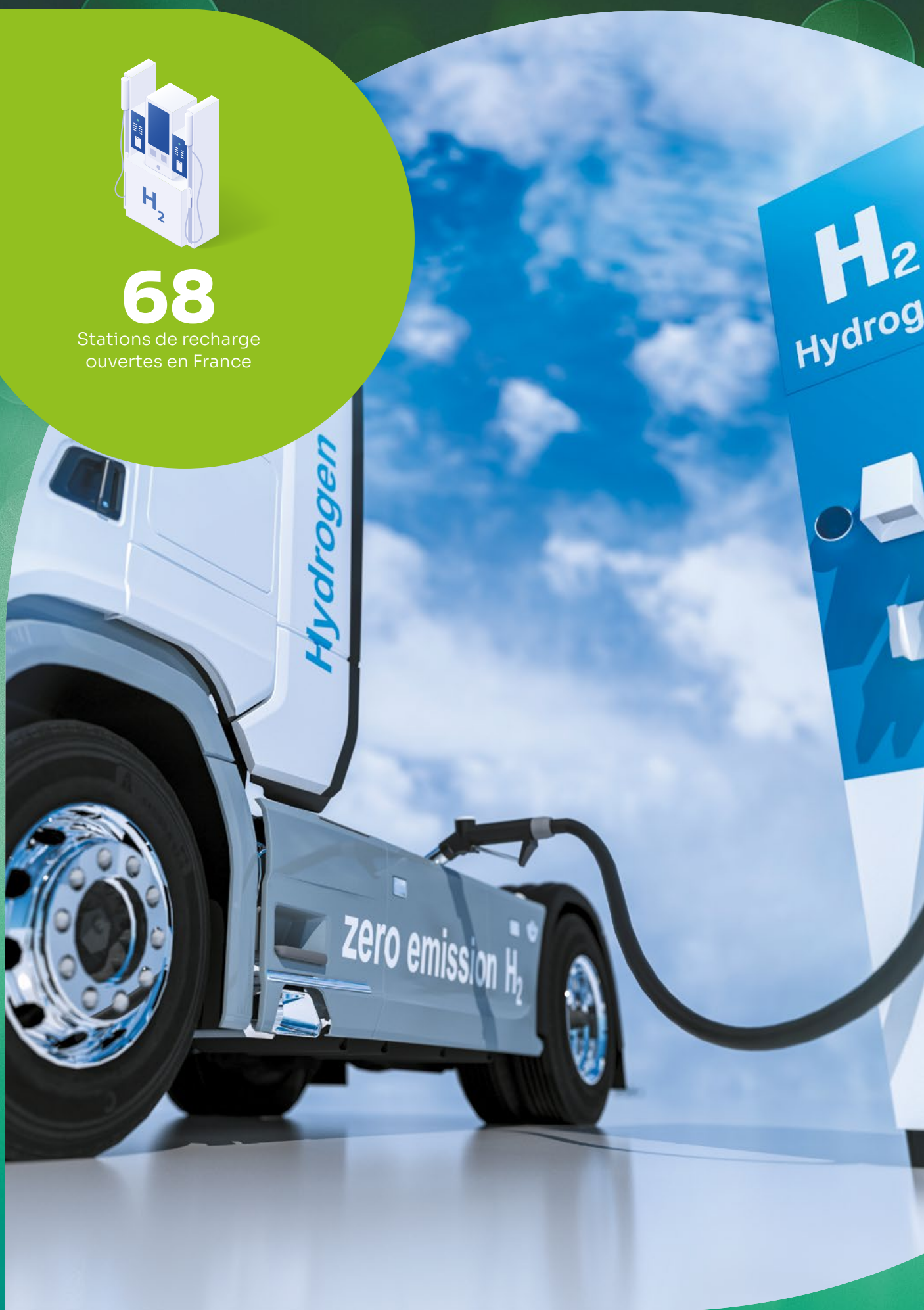
plus de 80 MW d'électrolyse. Le troisième volet de cet appel à projets Ecosystèmes territoriaux a été relancé en mai pour un montant d'aide de 175 millions d'euros. Cette nouvelle vague a pour objectif de favoriser la mise en place et l'exploitation de nouvelles infrastructures de production d'hydrogène (par électrolyse de l'eau ou pyrogazéification de biomasse) et de nouvelles infrastructures de distribution. Il couvre également l'extension d'écosystèmes hydrogène existants (avec de nouveaux usages transport). Il intègre par ailleurs l'acquisition ou la location d'équipements (véhicules, navires, engins) nécessitant l'utilisation de l'hydrogène dans des activités de transport de personnes, de marchandises ou pour de la manutention de matériaux ou marchandises.





68

Stations de recharge
ouvertes en France



2

Marchés et usages

Pilier majeur de la décarbonation de l'économie et de l'indépendance énergétique nationales, les technologies de l'hydrogène font progressivement leur entrée dans le paysage, entre capacités de production massive, infrastructures de transport et de distribution et développement des usages, notamment en termes de mobilité lourde et intensive. Si l'on y ajoute les démonstrateurs de stockage massif, les filières aéronautiques et maritimes, ainsi que les projets de production de e-fuels, tous les maillons de la chaîne de valeur se mettent en place.



200 MW

Capacité de l'électrolyseur
qui sera installé dans
le cadre du projet
Air Liquide Normand'Hy

18 — Produire de l'hydrogène pour décarboner l'industrie

- Des avancées notables en Normandie et en Occitanie
- Des projets d'envergure à Fos-sur-Mer

20 — Développement des infrastructures en aval

- Transport et stockage : des projets d'envergure
- L'Île-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes renforcent le maillage de stations

22 — Montée en puissance des usages

- Sur la route
- Les technologies alternatives
- La propulsion hydrogène
- Sur l'eau
- Dans les airs
- Une feuille de route qui met l'accent sur les carburants durables
- Des aéronefs nouvelle génération et des infrastructures aéroportuaires qui s'adaptent
- L'intégration des EnR dans les systèmes énergétiques



Pose de la première pierre du projet Hyd'Occ à Port-La-Nouvelle

Produire de l'hydrogène pour décarboner l'industrie

En ligne avec la Stratégie nationale hydrogène et la feuille de route de l'Union européenne pour une transition énergétique qui visent à assurer la souveraineté industrielle et énergétique, plusieurs sites de production d'hydrogène bas carbone et renouvelable sont identifiés, la plupart se situant dans des bassins industriels à fort enjeu de décarbonation. Le caractère massif des investissements implique un temps long pour des projets dont certains sont déjà en phase de concrétisation.



5 MT

de CO₂ par an = potentiel de décarbonation des raffineries européennes de TotalEnergies à horizon 2030. C'est l'objectif de l'énergéticien qui a lancé cette année un appel d'offres pour la fourniture annuelle de 500 000 tonnes d'hydrogène renouvelable

En fonction des spécificités et impératifs territoriaux, le déploiement de l'hydrogène bas carbone ou renouvelable pour l'industrie va suivre différents formats : de systèmes centralisés autour d'industries fortement consommatrices (raffineries) ou émettrices du fait de processus énergivores (aciérie, cimenterie), à des écosystèmes mixant les usages (industrie, énergie, mobilité), comme dans les zones portuaires par exemple.

Des avancées notables en Normandie et en Occitanie

L'acteur historique Air Liquide franchit une nouvelle étape dans son déploiement des technologies hydrogène dans la Vallée de la Seine, avec l'annonce d'un investissement de plus de 400 millions d'euros pour le projet Air Liquide Normand'Hy, d'une capacité de 200 MW d'électrolyse. Cet équipement, le plus grand électrolyseur PEM* jamais construit, s'inscrit dans le cadre d'un accord avec TotalEnergies pour livrer, à horizon 2026, de l'hydrogène renouvelable et bas carbone à la raffinerie de Gonfreville, à hauteur de 100 MW. Les 100 MW restants seront utilisés par d'autres industries locales ainsi que pour des usages de mobilité.

*Proton Exchange Membrane, une technique d'électrolyse adaptée à la production d'hydrogène à partir d'EnR intermittentes.

PRÉVISIONNELS

**HYVENCE
À HORIZON
2025**

15 000 T/an

d'hydrogène renouvelable

105 000 T/an

d'émissions de CO₂ évitées

**GRAVITHY
À HORIZON
2027**

2 MT

annuelles de minerai de fer bas carbone

500

emplois directs

Le producteur indépendant d'énergie renouvelable Qair et l'Agence Régionale Energie Climat (AREC) d'Occitanie ont lancé en juin la construction de leur unité de production d'hydrogène renouvelable Hyd'Occ*, avec la pose de la première pierre. Ce projet s'inscrit dans la dynamique locale qui vise à faire de Port-La Nouvelle le port de la transition énergétique en Occitanie. À terme, 6000 t/an d'hydrogène renouvelable seront produites via un électrolyseur d'une capacité de 50 MW alimenté en énergie renouvelable locale. Le site alimentera les usages énergie, industrie et mobilité dans un rayon de 250 km (alimentation de la Drague Hydromer pour l'entretien du port, avitaillement de stations de distribution pour des VUL et poids lourds à remorque réfrigérée.)

Des projets d'envergure à Fos-sur-Mer

Avec ses installations industrielles fortement émettrices de CO₂ et son ensoleillement propice à la production d'électricité photovoltaïque, le bassin de Fos-sur-Mer présente un potentiel

remarquable pour le déploiement des technologies et des usages d'hydrogène renouvelable. En plus du projet massif de 600 MW d'H2V sur le port, les projets Gravithy et HyVence en donnent deux nouvelles illustrations. Le premier concerne l'installation de la première gigafactory de fer pré-réduit à l'hydrogène en substitution du charbon qui permettra de répondre aux objectifs de décarbonation de l'industrie sidérurgique. Le second se distingue par l'intégration, sur un même site, d'une production photovoltaïque raccordée aux électrolyseurs, et d'un transport de l'hydrogène vers les principaux sites industriels du bassin via les pipelines existants.

*Lauréat des appels à projets « Ecosystèmes territoriaux hydrogène » de l'ADEME et « Corridor H2 » porté par la Région Occitanie, la Banque européenne d'Investissement et l'Union européenne via le Mécanisme d'Interconnexion pour l'Europe (MIE)



**600
T/an**

Capacité de production d'hydrogène renouvelable du projet Hyd'Occ

Au-delà de l'industrie, la mobilité constitue un axe qui va structurer des dispositifs de production et de distribution d'hydrogène

Lhyfe poursuit son développement avec ses sites de production d'hydrogène renouvelable, dans le cadre de la dynamique des écosystèmes régionaux. Ces nouvelles unités alimenteront des usages de mobilité et industriels. À l'Ouest, après la Vendée et son berceau de Bouin, Lhyfe s'implante en Bretagne dans le cadre du projet Vallée Hydrogène Grand Ouest (VHyGO). L'hydrogène produit alimentera notamment 2 stations d'avitaillement opérées par HyGO sur Lorient Agglomération d'ici fin 2023. En Grand Est, dans une région transfrontalière en pleine réindustrialisation, l'hydrogène produit sur le site d'Épinal servira à la fois les usages locaux, transrégionaux et transfrontaliers, au service d'une filière hydrogène prévue pour être opérationnelle fin 2027. Au Sud, Lhyfe Occitanie a mis en service en décembre son site de Bessières qui, grâce à un électrolyseur de 5 MW, livrera les différentes stations d'avitaillement prévues dans le cadre du projet Corridor H2 Occitanie, un projet qui vise la décarbonation du transport routier (personnes et marchandises) sur le tronçon Albi – Toulouse.

Station hydrogène de La Roche-sur-Yon, alimentée par l'hydrogène produit par Lhyfe à Bouin. En 2023, les stations de Saint-Gilles-Croix-de-Vie et des Sables-d'Olonne ont été ouvertes.



Développement des infrastructures en aval

Différents projets d'infrastructures et d'équipements se développent pour stocker, transporter et distribuer l'hydrogène et ainsi renforcer la chaîne de valeur : infrastructures de transport et de stockage massif, stations de distribution et de recharge au plus près des usages de mobilité publique et professionnelle, le développement est en cours à différentes échelles d'investissement et de temps.



Transport et stockage : des projets d'envergure

Le déploiement de l'hydrogène s'articule en France autour de 7 grands bassins géographiques (les ports, les Vallées de la Seine et du Rhône et les frontières avec l'Espagne et l'Allemagne) rendant la mise en service d'infrastructures de transport et de stockage massif indispensable. Le réseau de transport est essentiel à plus d'un titre : d'une part pour interconnecter ces bassins et acheminer l'hydrogène jusqu'aux différents usagers, et d'autre part pour se relier aux réseaux transfrontaliers pour des besoins éventuels d'importation, dans le cadre de la dorsale européenne. GRTgaz et Teréga en sont des acteurs majeurs.

Le projet d'infrastructure de transport et de stockage d'hydrogène HySow*, porté par Teréga, est un élément essentiel de ce futur réseau européen d'hydrogénoducs au cœur du grand sud-ouest français, entre Nouvelle-Aquitaine et Occitanie. Il a fait l'objet d'un appel à manifestation d'intérêt au printemps. Parallèlement aux 600 km de canalisations dont 30 % pourront être converties du gaz naturel vers l'hydrogène, le projet prévoit le développement de capacités de stockage en cavité saline qui contribueront à assurer la flexibilité et la sécurité d'approvisionnement européenne. Le 15 septembre dernier marque une nouvelle étape dans l'industrialisation de cette technologie de stockage. Storengy, la filiale d'Engie, a officiellement

30 nouvelles stations

hydrogène en Île-de-France d'ici 2030



inauguré HypSTER, le premier démonstrateur de stockage d'hydrogène renouvelable en cavité saline sur son site d'Étrez, en région Auvergne-Rhône-Alpes. L'installation qui présente une capacité de stockage de 50 t (à terme) pourra produire 400 kg d'hydrogène renouvelable par jour à partir d'un électrolyseur de 1 MW alimenté en EnR locales. Le site permettra de ravitailler les industriels et les stations de distribution d'hydrogène de la région.

L'Île-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes renforcent le maillage de stations

La mobilité est plus que jamais le fer de lance du déploiement sur tout le territoire et le réseau hexagonal de stations commence à se structurer. L'Île-de-France occupe une place de choix, avec à date, sept stations opérationnelles recensées : la plus grande station de production d'Europe exploitée par HysetCo qui produit 1 tonne d'hydrogène par jour à la Porte de Saint-Cloud et six stations de distribution, notamment sur les aéroports d'Orly et Roissy - Charles-de-Gaulle ou encore à Issy-les-Moulineaux. Hynamics, dans le cadre d'un programme piloté par Vallée Sud Hydrogène dans les Hauts-de-Seine, a posé la première pierre du plus grand projet de station de production-distribution d'hydrogène à Châtenay-Malabry avec une production prévisionnelle de 2,2 tonnes par jour grâce à un électrolyseur de 5 MW.

En Auvergne-Rhône-Alpes, 12 stations sont actuellement opérationnelles : à travers le projet Zero Emission Valley, la société Himpulsion et ses partenaires ont inauguré en juillet la quatrième station de distribution du réseau à Clermont-Ferrand Gravanches. Le site assure la production, le stockage et la distribution d'hydrogène renouvelable destiné aux véhicules légers, poids lourds et aux industriels. D'ici mi-2024, six stations renforceront le maillage de la région notamment sur l'axe nord-sud.



Inauguration du démonstrateur HypSTER à Étrez

AUJOURD'HUI :
68 stations en exploitation*

2025 : 127 stations en projet*

* Source Vig'Hy

10 %

Part de l'hydrogène nécessaire à la consommation européenne transportée à terme via H2Med, le réseau d'hydrogénéoducs qui reliera le Portugal, l'Espagne et la France aux autres pays de l'UE





Air Liquide et Iveco Group ont inauguré la première station haute pression pour poids lourds longue distance en Europe, à Fos-sur-Mer. Cet équipement fait partie du projet HyAMMED et du projet européen H2Haul, cofinancé par le Clean Hydrogen Partnership.

Montée en puissance des usages

Parallèlement à la mise en place des infrastructures de production, la demande se structure autour de la mobilité, levier fondamental de la transition énergétique. Vecteur d'énergie particulièrement adapté à la mobilité lourde et intensive, les technologies et les infrastructures montent progressivement en puissance dans les secteurs routiers et maritimes. Quant à l'aérien, il franchit une étape en affirmant une volonté stratégique commune à tous les acteurs du secteur.



42 %

C'est la part du transport routier de marchandises dans les émissions de GES des transports en France au global

Sur la route

Particulièrement adaptée aux besoins de fortes puissances motrices et/ou de longue autonomie, la mobilité hydrogène s'adresse en premier lieu aux véhicules de flottes professionnelles fonctionnant en usage intensif: utilitaires légers/médium et berlines, véhicules urbains (bus et bennes à ordures ménagères), poids lourds, chariots élévateurs.

Les bus à hydrogène investissent le paysage urbain.

Après Pau, Lens ou Auxerre, c'est au tour de Belfort de passer à l'hydrogène pour ses transports en commun. Opérés par Optymo, sept nouveaux bus fonctionnant à l'hydrogène y sont testés en exploitation depuis juillet, pour une mise en service programmée au dernier trimestre. L'ambition affichée est d'équiper la moitié de la flotte d'ici 2025, atteignant ainsi un total de 27 bus à hydrogène.

Le lourd au service de la décarbonation du routier

Amorcer et massifier en France le développement des véhicules hydrogène lourds ou intensifs est un levier-clé pour décarboner le transport routier et les recommandations de l'Union Européenne vont dans ce sens. Forte de sa présence sur le segment de VUL, la France a les atouts nécessaires pour créer une chaîne de valeur souveraine et exportatrice sur le secteur du transport de marchandises. Dans son plan Mobilité, destiné à alimenter la Stratégie nationale révisée, France Hydrogène propose une combinaison de dispositifs ciblés pour déployer de manière optimale d'ici 2030 les VUL, les poids-lourds de distribution régionale et les poids-lourds long-courriers à hydrogène. Avec notamment une mobilisation efficace de la TIRUERT (taxe incitative relative à l'utilisation d'énergie renouvelable dans le transport), levier extrabudgétaire existant.

Concernant le transport de voyageurs, l'étude réalisée par France Hydrogène en partenariat avec l'Avere-France révèle le potentiel de décarbonation du segment des autocars en identifiant freins et pistes d'action.

Objectif affiché : agir pour que les solutions électriques à batteries et à hydrogène pénètrent plus rapidement ce marché.



500

C'est le nombre de Mirai, berlines à hydrogène de Toyota, en service actuellement en Île-de-France dans la flotte de taxis HysetCo

Multiplication des offres de solutions « clés en main ».

Alors que l'offre des véhicules utilitaires à hydrogène continue de s'étoffer, le manque de disponibilité de stations d'un réseau en cours de déploiement peut freiner l'adoption de la mobilité hydrogène par les acteurs professionnels. Forts de ce constat, les constructeurs accélèrent dans la fourniture

de solutions clés en main (véhicules et stations), en partenariat avec les acteurs « historiques » de la filière. Parallèlement à son véhicule hydrogène conçu sur la base du Renault Master, Hyvia a lancé sa solution d'avitaillement à l'automne. En partenariat avec Ataway, la joint-venture de Renault et Plug a lancé Hywell une offre de stations de ravitaillement en hydrogène de capacité intermédiaire, destinées à sa clientèle professionnelle et qui pourront alimenter jusqu'à 20 véhicules par jour. À l'occasion de Hyvolution en février, Hyvia et HysetCo opérateur de stations de recharge publiques ont annoncé leur nouveau partenariat. Objectif ? Optimiser le développement d'un écosystème hydrogène complet et progresser en termes d'expérience client sur un marché où beaucoup reste à inventer. Toujours à Hyvolution, Stellantis et Engie ont officialisé une alliance visant à offrir aux gestionnaires de flottes une offre globale incluant station et véhicules hydrogène. Misant sur la disponibilité d'une offre large de véhicules sur le segment du « medium van » en 2024, les deux partenaires proposent trois niveaux de capacité pour les stations de leurs solutions packagées, de 20 à 400 véhicules/jour.

Les technologies alternatives

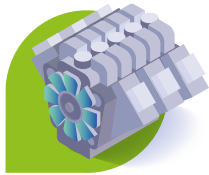
Le rétrofit. Sur certains segments, l'offre de véhicules neufs équipés de technologies à faible émission est encore émergente. Le rétrofit peut constituer une alternative techniquement fiable et économiquement avantageuse, de plus en plus sollicitée. La technique consiste à remplacer le moteur thermique par un moteur électrique avec batterie. C'est le cas à Dunkerque où la Communauté Urbaine a mandaté GCK pour le rétrofitage de sa flotte de camions polybennes et bennes à ordures ménagères.



Camion polybenne rétrofité par GCK destiné à la Communauté Urbaine de Dunkerque

Une coalition pour le rétrofit

Dans un contexte marqué par l'urgence climatique et la crise économique, la filière du transport routier se mobilise en faveur du rétrofit, la voie la plus rapide vers la décarbonation du secteur. Industrialiser la technique pour convertir des camions diesel à l'hydrogène, c'est l'objectif de Coalition Retrofit H2, lancée en janvier dernier, qui réunit l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur - chargeurs, transporteurs et logisticiens, équipementiers, rétrofiteurs, financeurs, leasers et institutions.



100

C'est le nombre de moteurs à combustion hydrogène que la start-up EHM prévoit de produire dans les deux ans à venir, pour tout type d'usage (autocars, camions, bus, navettes maritimes et groupes électrogènes)

La propulsion hydrogène

Une solution qui mobilise toujours la recherche-développement, comme l'illustrent les deux démonstrateurs qui ont fait la une cette année. Pour les 100 ans des 24h du Mans en juin, le groupe Green Corp Konnection (GCK) a dévoilé la Foenix H2, l'une des premières GT de compétition propulsée par un moteur à combustion hydrogène.

Sur route et dans un autre style de véhicule, c'est en septembre au forum BrittanHy Day de St Brieuc que Transdev a annoncé un partenariat avec la start-up brestoise EHM. Le moteur à combustion hydrogène à haut rendement conçu par la toute jeune société va remplacer le moteur thermique gasoil d'un autocar Crossway IVECO Euro 6. Après la phase démonstrateur, cet autocar nouvelle génération sera affecté en 2025 à une ligne régulière de transport de voyageurs dans le Morbihan.

Sur l'eau

Fortement énergivores et émetteurs de CO₂, les secteurs maritime et fluvial s'intéressent de près aux solutions hydrogène avec des démonstrateurs de petite capacité déjà opérationnels. Les projets plus ambitieux se multiplient, avec notamment Pilothy, lancé en mars au Guilvinec (Bretagne), portant sur la conversion hydrogène des navires de pêche à propulsion diesel. Concrètement, le projet vise à intégrer une pile à

combustible dans un chalutier existant – l'Anita Conti, construit en 1985. Après une étude de faisabilité en cours, le concept devra obtenir la validation des autorités compétentes. Loin de la mer, Les Canalous, premier loueur et constructeur de bateaux fluviaux en France basée à Digoïn (Bourgogne-Franche-Comté) propose désormais de naviguer sur un bateau fonctionnant à l'hydrogène.

Dans les airs

Cette année a marqué une nouvelle étape dans la mise en ordre de bataille de la filière aéronautique pour atteindre la neutralité carbone du secteur aérien à horizon 2050, dans la ligne de l'objectif fixé par l'Organisation de l'Aviation civile internationale en octobre 2022.

Une feuille de route qui met l'accent sur les carburants durables (les SAF*)

Signe de sa mobilisation, l'aérien est le premier secteur industriel à remettre officiellement au gouvernement sa feuille de route de décarbonation « au titre de l'article 301 de la Loi climat et résilience ». En étroite collaboration avec les principaux acteurs du secteur et les représentants de la filière énergétique, le document rendu public en février précise les actions à mettre en œuvre afin d'atteindre les objectifs de baisse des émissions de CO₂ fixés par la stratégie nationale de développement bas-carbone (SNBC). Cette feuille de route identifie notamment les leviers à activer, dont la conception et le déploiement d'avions de nouvelles technologies, l'adaptation des infrastructures aux nouvelles énergies et le recours massif aux

Le potentiel des carburants alternatifs

Adressant les secteurs fortement consommateurs de l'aérien et du maritime, la grande famille des carburants alternatifs présente un très gros potentiel pour la filière hydrogène. Il s'agit de développer des quantités significatives d'ammoniac, de méthanol et de Carburant Aérien Durable (CAD ou SAF *) pour satisfaire les exigences des règlements FuelEU Maritime et ReFuelEU Aviation. Les quantités en jeu sont telles qu'il faudra probablement recourir à l'importation.

*sustainable aviation fuel

carburants décarbonés. Elle pointe également le caractère indispensable d'un soutien public au regard des investissements nécessaires. Pionnière de la production de molécules bas-carbone, la PME industrielle Elyse Energy s'est associée à Teréga Solutions afin de développer de l'hydrogène bas-carbone et des carburants de synthèse dans le bassin de Lacq. Une unité de production d'hydrogène renouvelable ainsi que des infrastructures de transport des différents gaz concrétiseront ce partenariat.

Des aéronefs nouvelle génération et des infrastructures aéroportuaires qui s'adaptent

Les start-ups relèvent le défi de l'hydrogène pour l'aviation légère. Au dernier Salon du Bourget, l'hydrogène s'est révélé comme tendance de fond de l'aérien avec deux start-ups françaises à l'honneur. Blue Spirit Aero a présenté son Dragon Fly, équipé de 12 moteurs électriques, chacun alimenté par une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène. Le premier test en vol de ce modèle destiné aux écoles de pilotage est prévu fin 2024 pour une mise en service de la première unité fin 2026. Lauréat du programme France 2030, l'avion à hydrogène de Beyond Aero cible l'aviation d'affaires. Aujourd'hui au stade de prototype, le modèle



Dragon Fly de Blue Spirit Aero

330 kT/an

C'est la quantité d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone pouvant être utilisée pour produire des carburants dans les secteurs du maritime et de l'aérien

accueillant de 4 à 8 passagers devrait entrer en service à la fin de la décennie. Parmi les nombreux partenaires annoncés figurent des aéroports français et européens, une manière pour eux de se préparer à l'arrivée de plus gros porteurs

Vers le développement des infrastructures ad hoc au sol.

Parallèlement aux appareils, la réussite du passage du secteur à l'hydrogène passe aussi par la création d'écosystèmes favorisant la massification de la production et des usages à proximité des aéroports, qui comme les ports, constituent des zones d'activité à fort potentiel de décarbonation. Air Liquide et ADP se sont associés sous le nom d'Hydrogen Airport, une co-entreprise d'ingénierie et de conseil pour accompagner les aéroports au déploiement d'une aviation mondiale décarbonée. En Occitanie, Engie et l'AREC ont inauguré la 1ère station en Europe de production et de distribution d'hydrogène implantée en zone aéroportuaire, à Toulouse-Blagnac.

L'intégration des EnR dans les systèmes énergétiques

Vecteur d'énergie particulièrement souple, l'hydrogène présente l'intérêt de pouvoir stocker et restituer une partie de l'électricité « à la demande ». Cette flexibilité est essentielle d'une électrification croissante de l'économie et des usages, avec un mix énergétique

comportant une part grandissante d'énergies renouvelables, intermittentes par nature.

La nécessaire convergence des systèmes électriques et gaziers.

Les électrolyseurs peuvent être considérés comme des consommateurs souples pouvant fortement contribuer à la flexibilité indispensable du système électrique français, compte tenu de leur part croissante dans le système de production énergétique. Cette vision implique d'anticiper une synergie entre les différentes sources et vecteurs d'énergie (électricité, méthane et hydrogène) afin d'assurer une continuité de fonctionnement du système. Parue cet été, une étude conjointe des deux opérateurs français de réseaux, RTE et GRTgaz, montre l'intérêt de développer dans les meilleurs délais un réseau de gazoducs assurant un maillage entre sites de production et de stockages massifs d'hydrogène et points de consommation afin d'assurer une sécurité d'alimentation optimale.

Des sites autonomes.

Flexibilité, propreté, caractère silencieux, stabilité du courant fourni, les avantages des générateurs hydrogène sont nombreux en remplacement de la version diesel. Ils s'utilisent dans diverses situations parmi lesquelles l'alimentation de sites critiques tels que les data centers ou encore d'événements comme les chantiers

ou les festivals. C'est le cas dans le tiers lieu « Lascierie » à Avignon, équipé du système énergétique Hydrogen Power opéré par Helion qui alimente le data center et une partie des activités. L'ancienne cité des Papes abrite ainsi le premier centre de données urbain à hydrogène renouvelable 100 % décarboné au monde. Dans un autre secteur, la start-up belfortaine H2SYS, spécialiste des solutions de production d'électricité à partir d'hydrogène renouvelable pour des usages temporaires s'adosse au groupe immobilier IDEC Energy. Spécialiste de l'aménagement des ZAC et de la réhabilitation des friches d'activité, ce nouvel investisseur ouvrira sa clientèle à H2SYS et l'accompagnera dans son industrialisation.

Sur ce segment de l'alimentation temporaire, la filiale d'Energy Observer, la start-up EODev qui fabrique et commercialise des générateurs électriques à hydrogène, lève 46 millions d'euros pour financer son développement.



Générateur hydrogène d'EODev



37

Usines de production
d'équipement clés*

*Usines ouvertes ou en projet, source : Vig'Hy, l'Observatoire de l'hydrogène
**Source : DEF'Hy

3

Ré- industrialisation, recherche et formation

Au cœur de la transition énergétique, l'opportunité industrielle que constitue l'hydrogène se concrétise aujourd'hui avec le déploiement de capacités manufacturières d'envergure sur tout le territoire. Consolider et pérenniser cette filière créatrice de valeur et d'emplois exige de développer les compétences et les formations indispensables, dans un contexte où nombre de métiers industriels sont déjà en tension. Il est aussi impératif de rester à la pointe de la recherche afin de garantir la souveraineté technologique et énergétique française et européenne.



+220

Nombre de formations
liées à l'hydrogène**

- 28** — **Le tissu industriel s'étoffe**
 - Équipements et composants pour la mobilité
 - Piles à combustible
 - Électrolyse
- 30** — **L'essor de l'emploi et des formations**
 - Facteurs de succès et besoins en compétences
 - Structuration de l'offre de formations
 - Top 5 des métiers et part de l'ensemble des offres de la filière
- 32** — **Le rôle indispensable de la recherche**
 - L'Europe et la France se distinguent
 - En France, le soutien d'un dispositif public ambitieux
 - Percée de l'hydrogène renouvelable et de la mobilité
 - L'hydrogène natif, nouvelle frontière de la recherche



Pose de la première pierre de l'usine de piles à combustible de forte puissance de HDF Energy à Blanquefort de région Franck Robine, et de Bruno Bonnell, Secrétaire Général pour l'Investissement dans le cadre de France 2030.

Le tissu industriel s'étoffe

Reconnue industrie stratégique, l'hydrogène fait l'objet d'un IPCEI promulgué en 2021. La France est le premier pays bénéficiaire du volet « Hy2tech », portant sur les équipements-clés de la chaîne de valeur. Elle est également bien placée sur le volet « H2use » qui réaffirme le caractère stratégique des électrolyseurs tout en couvrant d'autres briques de la chaîne de valeur. Les projets retenus portent sur les équipements et technologies indispensables à la souveraineté industrielles et énergétique – française et européenne, en ligne avec la Stratégie nationale hydrogène et la feuille de route de l'Union européenne.



75 %

C'est au minimum la part des exportations pour les sites de production de piles à combustible de forte puissance de Inocel à Grenoble et de HDF Energy à Blanquefort

Équipements et composants pour la mobilité

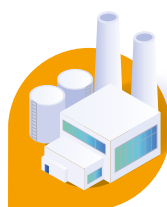
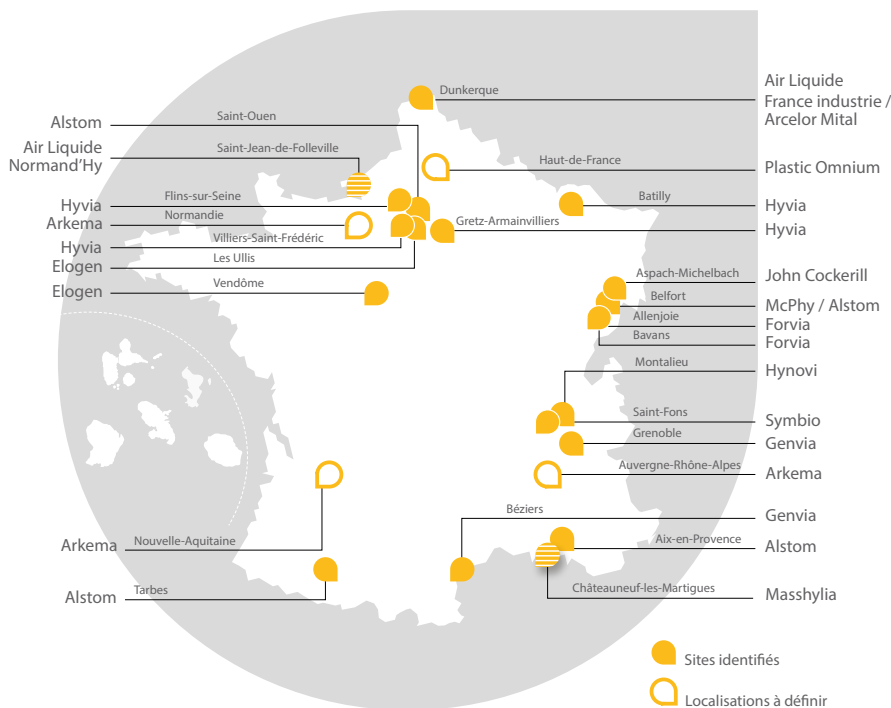
Systèmes de stockage

Deux semaines après la pose de la première pierre de l'usine de réservoirs de Plastic Omnium à Compiègne (Oise), c'est Forvia qui a officiellement ouvert les portes de son unité d'Allenjoie, dans le Doubs. Les réservoirs produits équiperont les véhicules utilitaires légers (VUL) de Stellantis et Hyvia, ainsi que des poids lourds, avec dans ce cas des contenances de grands volumes (25 kg). L'objectif de cette industrialisation est de produire 100 000 réservoirs par an d'ici 2030 et réduire par 5 les coûts de production d'ici deux ans.

Piles à combustible

Début septembre, les 700 collaborateurs de Symbio ont pris possession du site intégré dénommé SymphonHy (siège social, gigafactory de piles à combustible et centre de formation) situé à Saint Fons près de Lyon. Une montée en puissance industrielle rapide pour ce site de production de stacks et de systèmes de piles pour la mobilité routière avec la production de 15 000 systèmes par an dès 2024, puis 50 000 systèmes annuels dès 2026. Fruit de la collaboration de Mike Horn et du CEA-Liten, la start-up grenobloise INOCEL est devenue grande et s'installe à Belfort.

Prévu pour être mis en service fin 2024, son site de production de piles de forte puissance (300 kW) cible les marchés de la mobilité lourde, routière, maritime et ferroviaire ainsi que les usages stationnaires de l'hydrogène. Sur les mêmes segments de mobilité, auxquels s'ajoute la production d'électricité pour les réseaux, HDF Energy a posé, fin février, la première pierre de son usine de piles à combustible de forte puissance à Blanquefort, près de Bordeaux. Elle doit démarrer la production en 2024 avec une capacité de 100 MW par an, l'objectif industriel à 2030 étant d'atteindre une capacité de production annuelle de 1 GW, dans une usine qui emploiera plus de 500 salariés. L'industrialisation s'opère aussi sur les composants clés avec la start-up toulousaine Hycco qui investit 8 millions d'euros pour développer sa première ligne de production industrielle de plaques bipolaires en matériau composite pour les piles à combustible. Objectif : produire 165 000 plaques bipolaires à horizon 2027, avec la création, dans un délai de 3 ans, d'une trentaine d'emplois supplémentaires.



10 sur 41

Part des projets français retenus dans Volet Hy2tech des IPCEI Hydrogène (Important Project of Common European Interest)

Les équipements français s'exportent

La dynamique du marché mondial est propice à l'affirmation de l'excellence technologique française sur toute la chaîne de valeur : les équipements s'exportent aussi bien pour les grands groupes que pour les PME.

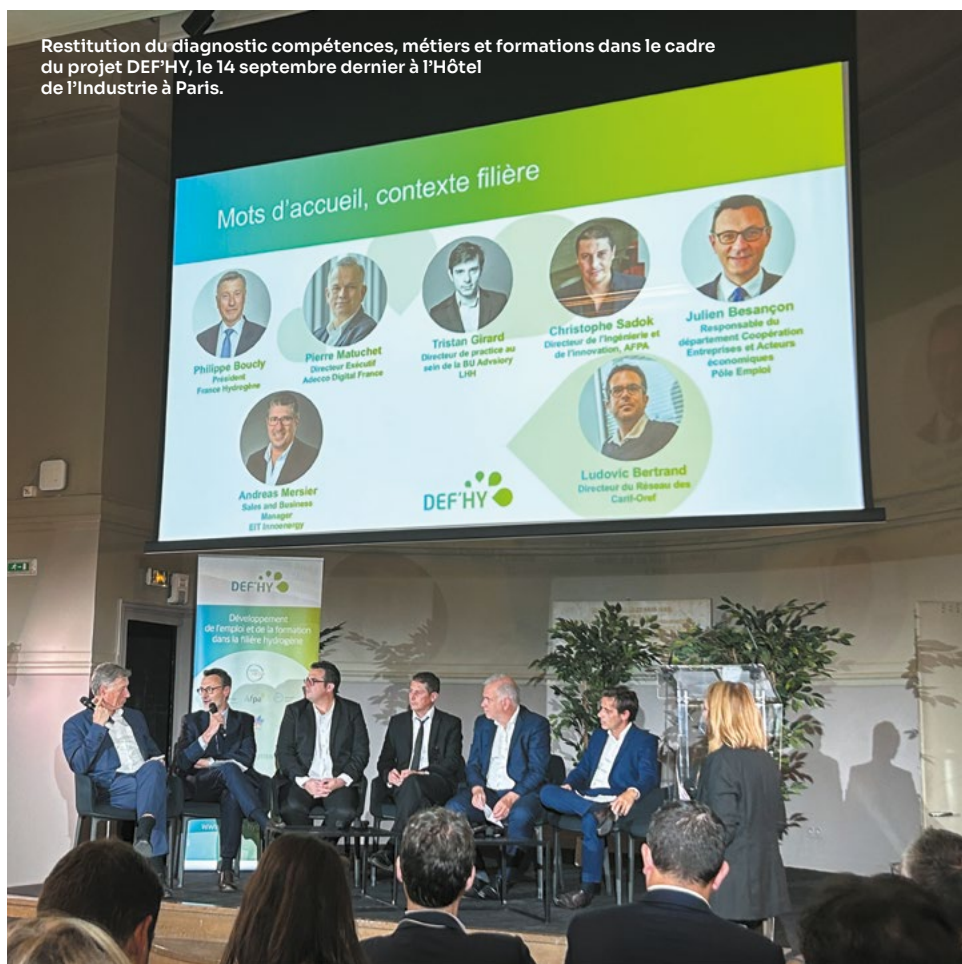
HDF, développeur de grandes infrastructures d'hydrogène renouvelable et fabricant de piles à combustible de forte puissance, a signé au printemps trois protocoles d'accords avec des acteurs majeurs du secteur de l'énergie en Asie. Aux Philippines, d'une part avec pour objectif de développer des centrales électriques à hydrogène pour améliorer l'approvisionnement en électricité stable dans les zones hors réseau du pays. En Indonésie, d'autre part, l'accord permettra de coopérer avec la compagnie d'électricité publique locale afin de faciliter l'établissement de projets de centrales électriques à hydrogène - Renewstable®. Cap au Sud pour HRS, le fabricant grenoblois de stations d'avitaillement qui a lancé sa première filiale internationale en Espagne. Au programme, l'ouverture de 9 stations dont 8 seront opérées par pHYnix, fournisseur indépendant d'hydrogène renouvelable et de services. Elogen, leader de l'électrolyse PEM, a signé deux contrats pour la conception et la fabrication d'un électrolyseur d'une puissance de 2,5 MW : d'une part dans le cadre d'un projet de mobilité à Pyeongchang avec son partenaire coréen Valmax et d'autre part pour un projet d'éoliennes en mer au large des Pays-Bas, avec Crosswind.

Électrolyse

Au cœur des besoins de décarbonation de l'industrie, les projets de gigafactories d'électrolyseurs se structurent autour de champions des différentes technologies. Les deux années à venir devraient voir l'éclosion de capacités manufacturières à la hauteur des enjeux de souverainetés technologique et industrielle sur ce segment. McPhy et John Cockerill sur les électrolyseurs alcalins de forte puissance, avec des sites de production situés respectivement à Belfort et à Aspach près de la frontière allemande ; Elogen sur l'électrolyse PEM (membrane à échange de protons) avec une gigafactory de stacks PEM et l'internalisation progressive de la production des composants associés à Vendôme, Genvia et les électrolyseurs à oxyde solide à Béziers ; nouveau venu dans le cercle fermé des projets IPCEI, Gen-Hy et son usine d'électrolyseurs AEM (membrane à échange d'anions) dans l'agglomération de Montbéliard, viendront soutenir la réindustrialisation en Bourgogne Franche-Comté.

L'essor de l'emploi et des formations

Les bonnes perspectives se confirment, la filière recrute et l'offre de formation se structure. Un double défi perdu : pouvoir répondre à court et moyen terme au besoin accru en compétences adaptées aux métiers de l'hydrogène et attirer les talents, dans un contexte où l'industrie en général peine à recruter. À la croisée de nombreux enjeux d'avenir, l'hydrogène peut jouer un rôle moteur pour redonner envie d'industrie.



Restitution du diagnostic compétences, métiers et formations dans le cadre du projet DEF'HY, le 14 septembre dernier à l'Hôtel de l'Industrie à Paris.

Pilier de la transition énergétique et environnementale au cœur des territoires, l'hydrogène présente un très fort potentiel de création et de conversion d'emplois (+ 100 000 à horizon 2030) qu'il s'agit d'appréhender de manière fine. C'est chose faite avec DEF'HY, lauréat de l'appel à manifestation d'intérêt « Compétences et Métiers d'Avenir ». Cette analyse des compétences, métiers et formations a été menée en 6 mois par France Hydrogène avec l'AFPA, EIT Innoenergy, Pôle emploi, RCO-le Réseau des Carif-Oref et Adecco Digital France. Ses résultats ont été publiés en septembre.

Facteurs de succès et besoins en compétences

Différents facteurs de succès apparaissent indispensables pour recruter l'ensemble des talents qui permettront à la filière de réaliser son potentiel : anticiper les besoins de manière précise, rendre les métiers visibles et attractifs, innover en créant notamment des passerelles avec des secteurs industriels en décroissance... les pistes d'action ne manquent pas. Au-delà, l'évolution des besoins en compétences s'inscrivent dans une dynamique industrielle structurée en trois phases distinctes, générant ainsi une « chronologie des profils ».

- **2023-2025 : innovation et développement**, reposant principalement sur des métiers d'ingénieurs et développeurs d'affaires (80 %), aux niveaux de qualifications élevés.
- **2026-2028 : démarrage et mise en service**, avec une montée progressive des besoins en techniciens (jusqu'à 40 %), spécialement pour la mobilité, fer de lance du déploiement marché (véhicules, stations)
- **2028-2030 : stabilisation**, avec des besoins de métiers d'exploitation et de maintenance, en lien avec des profils de techniciens (à 80 %) aux niveaux de qualifications moins élevés.

100 000

EMPLOIS DIRECTS ET INDIRECTS

à horizon 2030

+77%

CROISSANCE DES OFFRES D'EMPLOIS

liés à l'hydrogène depuis 2019

+220

FORMATIONS RECENSÉES

dont 35 % sont certifiantes

Structuration de l'offre de formations

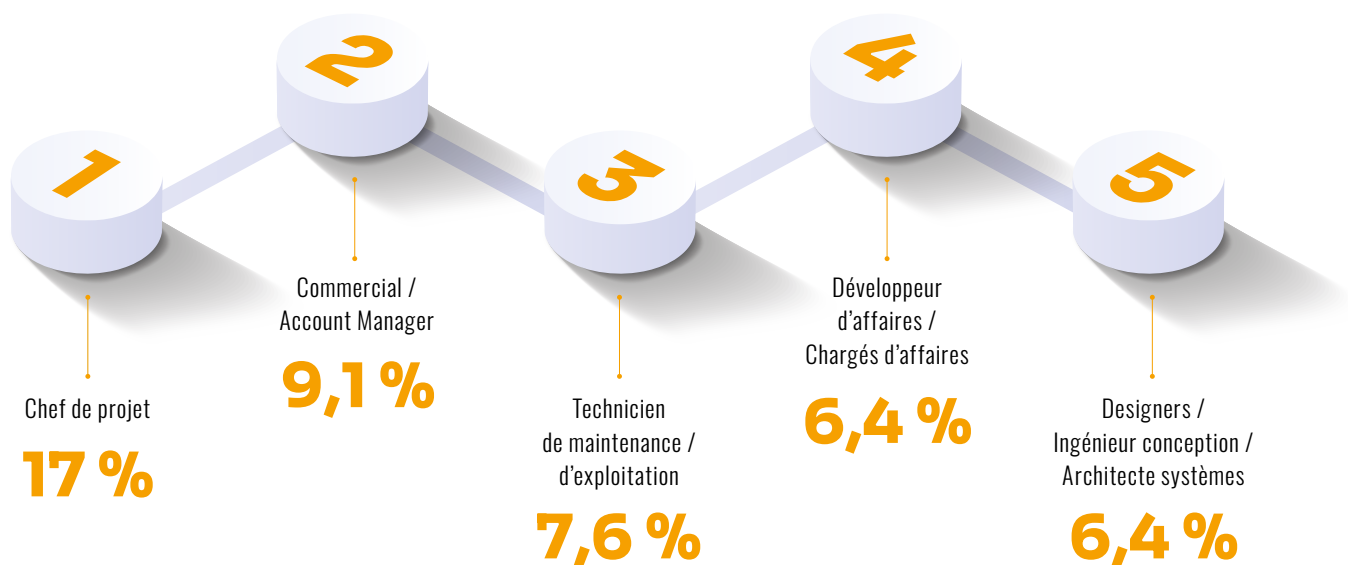
Les formations se développent également, avec plus de 216 officiellement recensées du CAP au doctorat, localisées à près de 40 % dans le Grand Est et en région AURA. Leur offre doit se structurer et être rendue plus lisible, à la fois pour les bénéficiaires et les industriels. Il incombe aux acteurs publics et privés de cibler l'ensemble des profils et de proposer, sur l'ensemble du territoire, des dispositifs adaptés sur la base d'un socle commun de connaissances : techniques (industrielles transversales et spécialisées hydrogène), réglementaires, sans oublier la dimension cruciale de la sécurité. Toutes les énergies doivent s'unir, à l'instar de ce qui s'est fait avec l'ambitieux GEN'HYO*, porté par l'Université de Toulouse et co-construit avec plus de 40 partenaires et le soutien de la Région dont l'objectif est de favoriser l'émergence de talents et d'accélérer l'adaptation des formations aux besoins de compétences de la filière de l'hydrogène décarboné. Le secteur peut aussi aider à la reconversion d'emplois dans des secteurs en perte de vitesse

*un projet lauréat de l'AMI « Compétences et Métiers d'Avenir »

ou appelés à évoluer (pétrole, gaz, sidérurgie, biens d'équipement). Initiative inspirante, la création de modules de formation ad hoc à Béziers, est le fruit d'une collaboration entre Genvia et Pôle emploi, sur la base de l'identification des besoins des demandeurs d'emploi locaux issus de l'industrie.

Résoudre le problème des métiers en tension passe également par des formations pilotées par les industriels eux-mêmes. Créée en 2021, la Symbio Hydrogen Academy ambitionne de former 300 personnes par an aux différents métiers de la filière. Les 8 membres de la première promotion, formés au métier d'agent de stockage – ont été appelés à intégrer les effectifs du site de Vénissieux en février 2022. Plus récemment, en septembre, HRS a ouvert son HRS School, école de formation interne visant à développer à la fois les compétences de ses collaborateurs et des nouveaux arrivants et, plus largement, à contribuer au développement de l'écosystème hydrogène.

Top 5 des métiers et part de l'ensemble des offres d'emploi de la filière



Représentation de la future usine de production d'électrolyseurs AEM de Gen-Hy dans l'agglomération de Montbéliard



Le rôle indispensable de la recherche

Le tissu industriel de pointe de la filière française et européenne s'appuie sur l'excellence de la recherche. Indispensable pour conserver notre avance technologique, la recherche est un atout précieux pour améliorer les rendements des équipements, explorer des technologies de rupture et également pour diminuer le recours aux matériaux critiques.



28 %

Part de l'Europe en termes de brevets « hydrogène » déposés au niveau mondial, à la première place devant le Japon (24 %)

Selon une étude conjointe de l'Office européen des brevets (OEB) et de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), l'hydrogène se caractérise par une intense activité de recherche. Les innovateurs du monde entier redoublent d'efforts et déposent de nombreux brevets dans des domaines divers, parmi lesquels la conversion des combustibles fossiles, le fractionnement électrochimique de l'eau, les moteurs à pile à combustible pour les avions et la réduction du minerai de fer.

L'Europe et la France se distinguent

À la première place des dépôts de brevets mondiaux, la recherche européenne se positionne sur l'ensemble de la chaîne de valeur : production, conversion, stockage, distribution, applications finales. Au sein de ce domaine d'excellence, la recherche française tire son

épingle du jeu : le CEA, l'IFPEN et le CNRS occupent les trois premières places du classement mondial des instituts de recherche en matière du nombre de brevets.

En France, le soutien d'un dispositif public ambitieux

2022 marque le premier anniversaire du PEPR* « Applications sur l'hydrogène ». Doté d'un budget de 83 M€ provenant du plan France 2030, ce programme piloté par le CEA et le CNRS coordonne la partie Recherche amont de la Stratégie nationale. À travers les 17 projets de R&D déjà financés, il adresse des enjeux scientifiques et technologiques sur toute la chaîne de valeur de l'hydrogène : de sa production bas carbone à son usage dans la mobilité lourde ou l'industrie, en passant par son stockage et/ou son transport sous formes gazeuse, liquide ou solide.

*PEPR : Programme et Équipements Prioritaires de Recherche

Percée de l'hydrogène renouvelable et de la mobilité

Si l'innovation dans les technologies établies de l'hydrogène est dominée par l'industrie chimique européenne, la production d'hydrogène renouvelable et la mobilité concentrent de plus en plus de projets de recherche. Pour preuve la focalisation des acteurs de la chimie sur les technologies de l'électrolyse et des piles à combustible ainsi que l'apparition des groupes asiatiques de l'automobile (Toyota, Hyundai, Honda) comme nouveaux géants des brevets. Ce rythme soutenu d'innovation ne concerne pas toutes les technologies liées à la mobilité. L'innovation dans le développement de carburants à base d'hydrogène a perdu de son élan au cours des dix dernières années et le niveau de recherche est encore faible sur les moteurs à combustion interne.

L'hydrogène natif, nouvelle frontière de la recherche

Face à l'explosion de la demande en hydrogène dans le contexte mondial de transition énergétique, l'idée

d'exploiter l'hydrogène natif monte en puissance. Formé de manière naturelle dans les sous-sols, il fait l'objet de plusieurs demandes de permis de recherche pour explorer des gisements potentiels en France et dans le monde. Un projet a déjà vu le jour au Mali et l'Australie est très active sur le sujet, dans le cadre de programmes de recherche gouvernementaux. Dans le monde entier, les énergéticiens se mettent en ordre de bataille. La France peut compter sur des gisements de forts volumes en Nouvelle Aquitaine et en Moselle, ouvrant des perspectives de souveraineté énergétique à long terme. Le potentiel réel de cette « nouvelle » ressource et l'impact écologique de son exploitation étant aujourd'hui incertains, la recherche devra répondre à de nombreuses questions avant de pouvoir s'assurer d'une exploitation à l'échelle industrielle. Dans cette attente, le développement et l'industrialisation des procédés de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone doit se poursuivre.



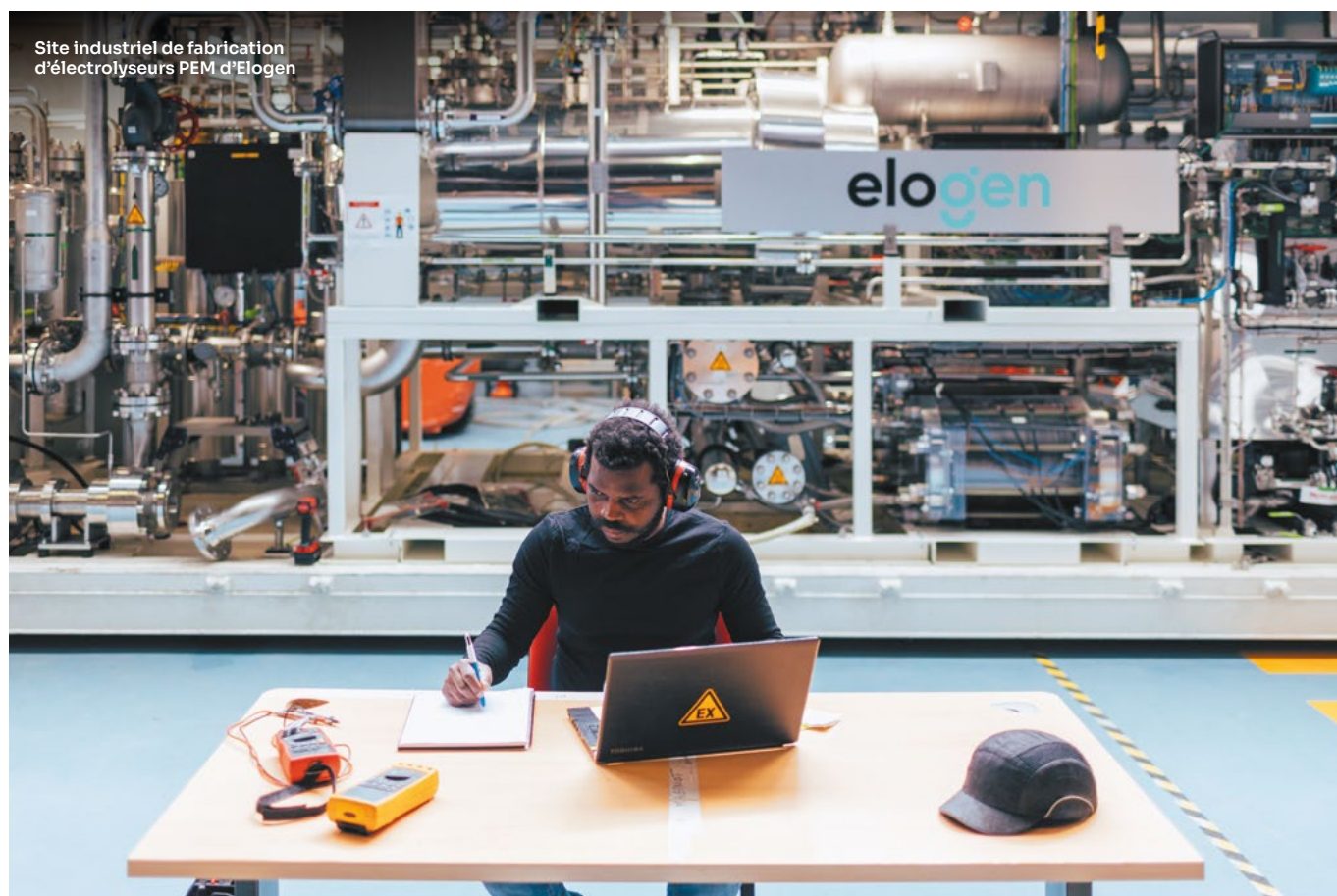
17

Projets de R&D financés dans le cadre du PEPR Hydrogène en France



10 Mds

de dollars d'investissements en capital-risque dans les entreprises liées à l'hydrogène au cours de la dernière décennie dont la moitié dans les start-ups détentrices de brevets





©Aurélié Botbol



La station HysetCo
de Paris-Porte de
St-Cloud avec
production
d'hydrogène sur site,
alimentant la flotte
de 500 taxis en
Ile-de-France

Édition : décembre 2023

Textes : France Hydrogène

Conception graphique : Cithea



FRANCE
HYDROGÈNE



VIG'HY,
L'OBSERVATOIRE
DE L'HYDROGÈNE