



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France

Décembre 2023



Édito



A l'heure où le monde est engagé dans une course contre-la-montre existentielle face à l'urgence climatique, **le Gouvernement agit pour accélérer la décarbonation de notre économie et de notre société.**

L'objectif ? Sortir de notre dépendance aux énergies fossiles, principales responsables des émissions de gaz à effet de serre, afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

La France a construit une stratégie ambitieuse pour y parvenir, qui repose sur des axes clairs rappelés par le Président de la République à l'occasion des deux ans de France 2030 : la sobriété et l'efficacité énergétiques, les énergies renouvelables, l'augmentation des capacités de stockage et la relance du nucléaire y compris grâce aux solutions les plus innovantes. Ces piliers, défendus avec succès au niveau européen et à la COP28, sont au cœur de la planification écologique que je pilote, et du plan présenté par le Président de la République fin septembre, qui nous met sur la trajectoire pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre de plus de 33% en 2030 par rapport à 2022.

Afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050, le programme France 2030 - qui consacre 50% de ses moyens à la décarbonation - agit comme un catalyseur puissant et concret de l'innovation de rupture en faveur de chacun de ces axes, avec plus de 3 200 projets accompagnés à date à travers tout le territoire.

Il nous faut aujourd'hui poursuivre nos efforts en la matière et accélérer, en simplifiant les procédures et en déployant plus rapidement et plus massivement ces innovations à l'échelle industrielle pour en faire baisser les coûts. **C'est en ce sens que la transition écologique est avant tout une révolution industrielle**

Dans cette quête d'accélération, nous retrouvons bien sûr l'hydrogène décarboné. Dès 2020, le Gouvernement s'est mis en ordre de bataille pour ne pas rater le train de son déploiement et devenir un pionnier de cette technologie clé pour la décarbonation de l'industrie. Nous nous sommes ainsi engagés à déployer neuf milliards d'euros, d'ici 2030, pour soutenir son développement.

Cette action précurseuse porte d'ores et déjà ses fruits : plus de 150 projets de R&D, d'industrialisation des équipements et de production d'hydrogène décarboné ont déjà été soutenus par le Gouvernement. Nous disposons maintenant, ici en France, d'acteurs innovants, motivés et performants, qui ont positionné la France sur le podium de tête européen et mondial de l'innovation dans cette filière.

Mais, face à l'intensification de l'action à mener face à l'urgence climatique et face à la concurrence internationale sur les technologies clés de la transition, nous ne pouvons pas nous arrêter en si bon chemin.

C'est pourquoi, aujourd'hui, le Gouvernement propose un nouveau cap pour accélérer le déploiement de l'hydrogène décarboné et faire de la France un *leader* industriel mondial de cette technologie d'avenir, sur l'ensemble de sa chaîne de valeur. Avec cette nouvelle étape, nous apportons les solutions aux industriels pour soutenir durablement leurs projets d'utilisation d'hydrogène et leur garantir la visibilité nécessaire pour enclencher leurs investissements de décarbonation.

Pour accélérer davantage, l'Etat s'engage à investir quatre milliards d'euros sur 10 ans pour soutenir la production d'hydrogène électrolytique et garantir un prix compétitif, sur le long terme, de l'hydrogène bas carbone par rapport à l'hydrogène fossile. La mise en œuvre de la loi industrie verte et de la programmation pluriannuelle de l'énergie consolidera par ailleurs la structuration de notre filière.

Nous sommes déjà sur la voie de la concrétisation de nos objectifs. Quatre nouveaux projets de gigafactories d'électrolyseurs renforcent notre position dans la concurrence internationale pour la maîtrise de cette technologie. Entre 2 et 3 GW de capacité d'électrolyse ont d'ores-et-déjà été sécurisés grâce aux investissements stratégiques que nous avons portés avec France 2030 et nos champions nationaux.

Enfin, nous allouons des financements inédits pour explorer les potentiels de l'hydrogène naturellement présent dans notre sous-sol. Un premier permis de recherche vient d'être octroyé dans les Pyrénées-Atlantiques, et ce n'est que le début. Nous allons poursuivre les études pour évaluer le potentiel d'extraction en France, son intérêt économique et ses impacts environnementaux. La France a les moyens de devenir un pays pionnier de cette énergie du futur.

La stratégie que nous mettons en consultation aujourd'hui allie pleinement nos objectifs de transition énergétique et de réindustrialisation verte et souveraine : grâce à elle, nous construisons un modèle économique de l'hydrogène bas-carbone produit en France et compétitif. Ce modèle est en ligne avec notre ambition d'une transition énergétique qui ne saurait être réussie sans renforcer notre industrie, sans nourrir l'innovation, ni sans créer de la valeur et des emplois dans tous nos territoires.

Je vous donne rendez-vous pour finaliser cette consultation lors d'un Conseil National de l'Hydrogène début 2024 qui sera l'occasion d'entériner cette révision de notre stratégie hydrogène.

Souveraineté énergétique et industrielles, lutte contre le changement climatique, plein-emploi et réindustrialisation : notre stratégie nationale hydrogène actualisée doit nous donner les moyens de concilier tous ces enjeux !

Elisabeth Borne
Première ministre



Sommaire

Synthèse.....	5
Introduction - L'hydrogène décarboné, une priorité énergétique et industrielle.....	12
I - Bilan - Une stratégie 2020 qui a lancé la filière hydrogène française.....	14
II - Pourquoi une mise à jour de la stratégie nationale hydrogène ?	20
III - Les priorités de la nouvelle stratégie.....	21
1 - Objectifs de déploiement : installer 6,5GW de capacité de production électrolytique d'hydrogène bas-carbone en 2030 et de 10 GW en 2035	21
2 - Coordonner le développement des réseaux d'hydrogène économiquement pertinents en tenant compte des particularités des territoires.	23
3 - Favoriser la production d'hydrogène compétitive en France	24
4 - Une stratégie ouverte sur le monde, assumant l'émergence d'un marché mondial de l'hydrogène et ses dérivés	25
5 - Une diplomatie hydrogène française à l'international.	27
6 - Renforcer la maîtrise de la chaîne de valeur hydrogène et ses technologies	28
7 - Faire du déploiement de l'hydrogène une opportunité pour flexibiliser notre système énergétique : une capacité d'effacement des électrolyseurs et des stockages à développer ainsi qu'une priorisation des usages d'hydrogène	31
8 - Déployer une approche intégrée à l'échelle nationale pour les mobilités hydrogène	31
9 - Garantir les conditions cadres nécessaires au développement de la filière hydrogène française	33

Synthèse

La Stratégie Française Energie Climat, rendue publique le 22 novembre 2023 et en cours de consultation en vue d'une inscription législative début 2024, met à profit les efforts déjà engagés dans la Stratégie Nationale Hydrogène de 2020 pour donner un rôle particulier à l'hydrogène comme solution de décarbonation de notre économie. Cet effort s'inscrit dans le cadre de l'action européenne de la France – aux côtés de 17 Etats-membres – par le soutien au titre des Projets Importants d'Intérêt Européen Commun pour l'hydrogène à des projets d'industrialisation des briques technologiques et à de premiers déploiements. Il tire également partie d'un cadre de marché révisé dans le cadre du paquet Gaz, et des objectifs inscrits dans le cadre du paquet *Fit for 55*, qui accordent une place à l'hydrogène bas-carbone aux côtés de l'hydrogène renouvelable.

L'hydrogène décarboné fait partie des solutions clés pour atteindre la neutralité carbone à plusieurs égards :

- **Pour remplacer l'hydrogène fossile utilisé dans l'industrie :** l'hydrogène est un intrant nécessaire dans des secteurs industriels tels que ceux du raffinage, de la chimie ou encore de la production d'engrais. Nous devons donc produire de l'hydrogène décarboné pour remplacer l'hydrogène fossile aujourd'hui utilisé dans ces secteurs en France (430 kilotonnes d'hydrogène produits chaque année à partir de sources fossiles, soit cinq millions de tonnes de CO₂ chaque année). Sortir de l'hydrogène fossile, c'est sortir de la dépendance aux énergies fossiles et réduire drastiquement les émissions de notre industrie lourde.
- **Pour développer de nouveaux usages dans le cadre de la décarbonation de l'industrie, des mobilités et de l'agriculture :** la décarbonation de notre économie engendrera un besoin accru en France d'hydrogène décarboné. Dans l'état des technologies disponibles, l'hydrogène peut s'avérer un vecteur énergétique plus approprié que l'électricité dans de nombreuses situations, typiquement pour les usages intensifs des mobilités, ou pour les besoins industriels où une calcination à haute température ou un traitement de surface nécessite son usage. Il est par ailleurs un réactif chimique clé pour certains procédés industriels comme certaines réactions de réduction, notamment dans la sidérurgie. L'hydrogène permet en outre de produire des e-carburants qui auront un rôle à jouer dans la décarbonation du secteur des transports et des engrais azotés décarbonés pour le secteur agricole.

Le Gouvernement publie aujourd'hui pour consultation ses nouvelles orientations stratégiques pour le développement de l'hydrogène décarboné en France. Un Conseil National de l'Hydrogène sera réuni début 2024 pour entériner cette révision de la stratégie hydrogène française.

Dans le cadre de la planification écologique, ce document propose un cap pour les années à venir, dans le prolongement de la première stratégie nationale de 2020 qui a permis de structurer une filière industrielle en France et de déployer de premiers pilotes technologiques au service de la décarbonation de sites industriels et du développement de mobilités locales. Il vise à positionner la France comme un leader technologique mondial de l'hydrogène décarboné, et à maximiser l'usage de ce vecteur énergétique pour décarboner l'économie française.

Maîtriser la production de l'hydrogène, ses technologies comme ses équipements, offre des opportunités fortes pour réindustrialiser la France. Par ailleurs, le déploiement large de ces technologies contribue à la décarbonation de certains usages et secteurs et participe de la réduction de nos dépendances externes, notamment aux énergies fossiles.

Le Gouvernement a prévu d'engager près de 9 Mds€ d'ici 2030 pour soutenir le déploiement de l'hydrogène décarboné, avec un double objectif de transition écologique et de souveraineté énergétique, technologique et industrielle. Concrètement, ce sont plus de 150 projets de recherche, de développement, d'industrialisation des équipements et de production d'hydrogène décarboné qui ont déjà été soutenus pour faire émerger une filière d'excellence. Ces efforts ont doté notre pays de 4 projets de gigafactories d'électrolyseurs et d'une maîtrise des principales briques technologiques, permettant à la filière française de faire face à la concurrence internationale. Par son action, la France a sécurisé à date entre 2.5 et 3 GW d'installations de capacités d'électrolyse, représentant 8 000 emplois directs.

Après cette première étape, le déploiement des technologies hydrogène est clé pour confirmer la maîtrise des briques technologiques présentes sur le territoire, et pour accélérer la décarbonation et la sortie des énergies fossiles.

Cette mise à jour de notre stratégie nationale constitue, après un premier temps de structuration de la filière, un deuxième temps placé sous le signe du **déploiement d'une technologie plus mature. Cette stratégie crée les outils de soutien aux projets d'utilisation d'hydrogène et prépare la mise en œuvre des infrastructures dédiées, tout en maintenant une attention particulière au développement industriel des briques technologiques de l'hydrogène.**

À retenir de la nouvelle stratégie hydrogène française

- **Un objectif : installer une capacité de production électrolytique d'hydrogène bas-carbone de 6,5 GW en 2030 et de 10 GW en 2035.**

Cette production sera alimentée par le mix électrique français, bas-carbone, ou par des installations de production d'électricité nucléaire ou renouvelable, en fonction des choix d'approvisionnement de chaque installation, et en cohérence avec le principe de neutralité technologique entre hydrogène renouvelable et bas-carbone. En outre, le développement de contractualisations de long terme dans le cadre de la réforme du marché de l'électricité participera à la compétitivité de l'hydrogène bas-carbone par rapport à l'hydrogène fossile.

Le Gouvernement a présenté le 22 novembre 2023 sa stratégie énergétique¹ pour relever le défi du siècle : la fin de la dépendance aux énergies fossiles. En cohérence, il conviendra d'anticiper l'obsolescence graduelle des vaporéformeurs, sur lesquels une trajectoire dynamique de prix du carbone conduira à une perte progressive de compétitivité. La stratégie hydrogène proposée vise donc à accompagner, sans impact sur la compétitivité des sites concernés, le déploiement de méthodes nouvelles de production d'hydrogène.

Enfin, afin de ne négliger aucun potentiel, le gouvernement va lancer dans le cadre de France 2030 une étude exploratoire sur l'hydrogène naturel permettant d'évaluer d'ici à 2025 le potentiel d'extraction en France, son intérêt économique et ses impacts environnementaux. Un premier permis de recherche vient d'être octroyé dans les Pyrénées-Atlantiques. La France va accélérer massivement ces recherches, pour cartographier notre sous-sol et développer les techniques extractives les plus respectueuses de l'environnement qui nous permettront de mobiliser pleinement le potentiel français en hydrogène naturel. La France a les moyens de devenir un pays pionnier dans cette énergie du futur.

- **Le déploiement en France de l'hydrogène décarboné et de ses infrastructures de transport**

Grâce à son mix électrique bas-carbone, la France peut déployer une production d'hydrogène à proximité des zones de consommation. Ce déploiement continuera donc de s'articuler autour de trois axes : des pôles de consommation centralisés massifs que sont les hubs industriels (notamment les Zones Industrielles Bas Carbone de Fos-sur-Mer, Dunkerque, Le Havre-Estuaire de Seine, Vallée de la Chimie), des pôles semi-centralisés autour des villes moyennes ou des plateformes industrielles de plus petite taille, et des pôles diffus.

- 1) La stratégie française prévoit qu'à horizon 2030, les principales zones industrielles françaises bénéficient de capacités de production d'hydrogène. En conséquence, la priorité sera donnée au développement d'un réseau au sein de hubs hydrogène (infrastructures dites « intra-hubs »), notamment les hubs de Fos-sur-Mer, Dunkerque, Havre-Estuaire de la Seine, et Vallée de la chimie, et de leur connexion aux infrastructures de stockage. Cela représente à court terme environ 500 km de canalisations.
- 2) Les déploiements locaux resteront nécessaires, y compris pour alimenter les usages intensifs de mobilité. Cela implique de réaliser le maillage territorial de ravitaillement prévu par le

¹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23242_Strategie-energie-climat_def2.pdf

règlement européen sur le déploiement des infrastructures de carburants alternatifs (AFIR), en lien avec les principaux hubs industriels lorsque cela est possible.

- 3) A plus long terme, dans le cadre du développement d'un réseau européen de transport d'hydrogène et notamment dans le cadre du projet H2Med, et sous condition d'un cofinancement de ces infrastructures à vocation continentale par tous leurs utilisateurs potentiels, le développement d'un réseau de transport entre les hubs (infrastructures dites « inter-hubs ») pourra être approfondi en veillant à limiter le risque d'actifs échoués.

Les premiers éléments de ce réseau d'hydrogène devront être développés indépendamment des réseaux méthane existants, au regard des caractéristiques distinctes des deux gaz et de la nécessité de continuer à dédier la quasi-totalité des réseaux existants à l'acheminement du méthane, notamment renouvelable. Le tracé envisagé pour ces réseaux d'hydrogène sera achevé à l'horizon 2026, ainsi que les options réglementaires afférentes et envisageables.

Le Gouvernement a confié à la Commission de Régulation de l'Énergie la mission de proposer les grandes orientations du cadre de régulation et de soutien à ces infrastructures d'ici 2026 afin de créer un environnement propice aux investissements dans ces réseaux tenant compte de leurs enjeux particuliers (coûts échoués), qui permettront à terme le développement d'un marché de l'hydrogène compétitif cohérent avec le cadre issu du Paquet Gaz.

► **La France continuera de soutenir sans équivoque le déploiement de la production de l'hydrogène en France en assurant à ses industriels le modèle économique nécessaire pour accélérer leur décarbonation.**

L'État lance un **mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné** qui prévoit la mise en place de contrats pour différence attribués par appel d'offres, représentant 4 Mds€ de soutien public pour le déploiement de 1 GW de production électrolytique. Ce mécanisme permettra d'assurer pendant 10 ans la compétitivité de l'hydrogène décarboné par rapport à l'hydrogène fossile. Le gouvernement a consulté la filière sur un projet de cahier des charges et lancera début 2024 la procédure de mise en concurrence en vue d'un premier appel d'offres.

La **Taxe Incitative Relative à l'Utilisation des Energies Renouvelables dans le Transport (TIRUERT)** sera étendue à l'ensemble des vecteurs énergétiques et la quasi-totalité des modes de transport. L'hydrogène renouvelable est éligible à crédits dans ce dispositif depuis le 1er janvier 2023. À partir du 1er janvier 2024, l'hydrogène bas carbone sera lui aussi éligible, avec une incitation pouvant aller jusqu'à 4,7 €/kg d'hydrogène (montant de pénalité envisagé).

Un **mécanisme de bonus-malus Incitatif à la Baisse d'Impact Climatique de l'Azote** sera étudié pour encourager l'adoption progressive de solutions moins carbonées tout en instaurant une concurrence équitable entre les engrais produits en France et à l'étranger et en assurant un soutien aux pratiques agricoles vertueuses. Une attention particulière sera portée à la compétitivité de nos filières agricoles.

Le mécanisme de soutien à la production et la TIRUERT sont exclusifs l'un de l'autre et viennent en complément des dispositifs déjà engagés. Le gouvernement clôturera dans les prochains mois l'instruction des 10 dossiers français restants dans le PIIEC pour l'hydrogène et continuera à assurer le suivi de son déploiement, parachevant le lancement de derniers projets pilotes

technologiques massifs pour l'usage d'hydrogène électrolytique. Différents Appel à Projets de l'État portant sur l'hydrogène (Ecosystèmes Territoriaux de l'Hydrogène et Briques Technologiques de l'Hydrogène) ont de nouvelles relèves en cours qui permettront de continuer à soutenir tant la politique de déploiement de l'hydrogène que ses briques technologiques et industrielles.

► **Une stratégie ouverte sur le monde, accompagnant la filière française dans son développement commercial à l'international, et assumant l'émergence d'un marché mondial de l'hydrogène et ses dérivés**

Des échanges commerciaux sont amenés à se développer en matière d'hydrogène, et de nombreux acteurs industriels et financiers se positionnent actuellement sur le sujet. Si les technologies de transport international d'hydrogène sont encore émergentes, l'existence de flux d'hydrogène entre continents à horizon 2040 paraît plausible en l'état des connaissances disponibles.

La France est ouverte aux importations d'hydrogène ou de ses produits dérivés dès lors que ceux-ci sont disponibles de manière compétitive et décarbonée. Le recours aux importations d'hydrogène décarboné ou de ses produits dérivés à moyen terme pourrait présenter des opportunités. Le Gouvernement a donc demandé à l'Inspection Générale des Finances, à l'Inspection Générale de l'Environnement et du Développement Durable, et au Conseil Général de l'Economie, d'analyser l'opportunité et les modalités d'importation de cet hydrogène en prenant en compte un ensemble de paramètres, dont les modèles économiques de l'hydrogène produit en France versus l'hydrogène importé et les contraintes sur le bouclage énergétique français. **Leur rapport doit être remis au Gouvernement au premier trimestre 2024.** Il permettra de tirer les conséquences sur le déploiement d'éventuelles infrastructures d'importation et sur la régulation de ces importations. **Les soutiens financiers publics resteront quant à eux centrés sur la production locale.**

Par ailleurs, **le gouvernement déploiera une diplomatie hydrogène française à l'international.** Face à une concurrence internationale dynamique, le développement de la filière française à l'export (notamment en termes d'équipements, de standardisation et de normalisation) est indispensable pour lui permettre d'atteindre une taille critique suffisante et sécuriser durablement des parts de marché à l'international. Assurer l'objectif d'autonomie stratégique passe par la promotion de notre outil industriel à l'export, de notre expertise scientifique et technologique, de notre savoir-faire en matière de réglementations, de standards et de normes.

La France portera ainsi les besoins de son industrie au travers d'une diplomatie d'influence dédiée. Le gouvernement mobilisera à ce titre les dispositifs existants de soutien français pour l'accompagnement à l'export. **Une subvention aux investissements, qui permette de soutenir directement l'installation d'équipements d'origine française, sera également créée au cours de l'année 2024.**

La France renforcera son action en faveur de la diplomatie hydrogène tant au plan bilatéral que dans les organisations multilatérales où elle siège, en se dotant au premier semestre 2024 d'une doctrine transverse relative à l'hydrogène décarboné et en s'impliquant dans la mise en place de nouveaux partenariats énergétiques stratégiques. L'ensemble de la chaîne de diplomatie à l'export sera mis en tension avec une approche globale mobilisant l'ensemble des outils disponibles : prêts aux politiques publiques de l'AFD, accompagnement de Business France, prêts

du Trésor mixés, ou encore garanties export. Cette approche intégrée sera déployée dans un premier temps dans trois marchés pilotes avant une éventuelle généralisation à l'ensemble des marchés prioritaires.

► **La France continuera à renforcer sa maîtrise de l'ensemble des équipements de l'hydrogène et de ses technologies**

La priorité des autorités françaises ira (i) à assurer l'industrialisation des projets précédemment soutenus (ii) à renforcer l'intégration de l'écosystème autour des fleurons français et (iii) à assurer la couverture de l'ensemble des produits et technologies clés de la chaîne de valeur. A cette fin, les autorités françaises continueront à s'appuyer à moyen terme sur les canaux déjà déployés depuis septembre 2020, en finalisant le PIIEC Hydrogène, et en accompagnant de la R&D jusqu'à l'industrialisation des équipements hydrogène par les différents canaux de soutien (PEPR H2, Briques Technologiques, Première Usine...).

Les autorités françaises engageront par ailleurs des actions plus spécifiques sur la maîtrise des matières premières nécessaires à l'amont de la chaîne de valeur hydrogène, notamment les platinoïdes, et sur le développement du bilan carbone des équipements utilisés dans l'hydrogène. La France se félicite enfin des initiatives portées par la filière en faveur du développement du couplage entre l'électrolyse haute température et le nucléaire, pendant industriel de la stratégie bas-carbone française qui permettra d'améliorer les rendements électriques de l'électrolyse.

► **Faire du déploiement de l'hydrogène une opportunité pour flexibiliser notre système énergétique : une capacité d'effacement des électrolyseurs et des stockages à développer**

Le développement de l'hydrogène produit par électrolyse conduira à une augmentation de la demande d'électricité. Pour favoriser l'équilibre du système électrique, RTE a mis en évidence, dans son Bilan prévisionnel récent, l'intérêt de développer la flexibilité de la demande en électricité. Il s'agit d'une part d'atténuer les pointes de consommation, en encourageant les possibilités de réduction de consommation des électrolyseurs (effacement) sur ces périodes. Il s'agit d'autre part de favoriser le fonctionnement lors des périodes où l'électricité est peu coûteuse et où la production bas-carbone est abondante.

L'effacement des électrolyseurs implique la mise en place de stockages suffisants ou la mobilisation de capacités excédentaires de production non-électrolytique, pour permettre de maintenir l'approvisionnement en continu en hydrogène des clients industriels. Les principaux sites potentiels identifiés pour ce stockage se situent à proximité des hubs de Fos-sur-Mer et de Lyon.

► **Garantir les conditions cadres nécessaires au développement de la filière hydrogène française**

La disponibilité du foncier, l'obtention des autorisations environnementales, les raccordements électriques structurants pour les projets hydrogène ; le cadre normatif et réglementaire national doit être simple, lisible et facilitateur tout en garantissant les conditions nécessaires de sécurité et de fiabilité pour l'hydrogène. L'accès à de la main d'œuvre qualifiée est un levier clé de

développement de cette filière comme pour toute autre nouvelle filière « durable » (batteries électriques, énergies renouvelables...).

Dans ce contexte, l'Etat poursuivra les actions suivantes :

- Pour l'ensemble des projets industriels, déployer au travers des lois d'accélération des énergies renouvelables (APER) et Industrie Verte, les dispositifs appropriés pour faciliter les autorisations environnementales et d'urbanisme, les raccordements électriques, et l'accès au foncier pour les projets stratégiques dans le domaine de l'hydrogène ;
- Adapter, avec les parties prenantes, le cadre réglementaire national, notamment en matière de sécurité, aux spécificités de la production d'hydrogène, et sensibiliser l'écosystème à ces obligations ;
- Soutenir le déploiement rapide des normes et des systèmes de certification nécessaire au développement du marché national, européen, et mondial de l'hydrogène, en veillant en particulier à assurer le même respect des règles européennes pour l'hydrogène produit localement comme importé de pays tiers sur la qualité de l'hydrogène produit et sa contribution à nos objectifs de décarbonation ;
- Continuer à soutenir le développement des formations et des compétences nécessaires à la filière de l'hydrogène pour disposer d'une main d'œuvre qualifiée par l'intermédiaire de son programme Compétences et Métiers d'Avenir, qui permettra déjà d'assurer la sensibilisation de 100 000 travailleurs à l'hydrogène et des formations allant de niveau bac à bac +5 pour 50 000 d'entre eux.

Introduction

L'hydrogène décarboné, une priorité énergétique et industrielle

Face à l'urgence climatique, il est indispensable de mettre à profit toutes les technologies pertinentes pour une décarbonation rapide et efficace de l'économie. Nos objectifs climatiques et l'impératif de souveraineté énergétique, technologique et industrielle sont les fils rouges de la politique choisie par la France de maîtrise de la chaîne de valeur de sa décarbonation. Cette nouvelle stratégie nationale hydrogène s'inscrit dans cette dynamique.

L'hydrogène décarboné est à la croisée des enjeux énergétiques, industriels, environnementaux, et de souveraineté.

- L'hydrogène décarboné permet de remplacer l'hydrogène produit chaque année en France à partir de sources fossiles (430 kt en 2021, chaque kilogramme d'hydrogène produit par vaporéformage de méthane émettant en moyenne 11,2 kgCO₂éq sur l'ensemble du cycle de vie, soit cinq millions de tonnes de CO₂ chaque année). Sortir de l'hydrogène fossile, c'est sortir de la dépendance aux énergies fossiles et contribuer fortement à la décarbonation de notre industrie lourde. Cet hydrogène alimente aujourd'hui principalement les activités de raffinage, de production d'engrais ou encore de chimie.
- L'hydrogène décarboné apporte une solution de décarbonation pertinente à d'autres secteurs industriels, notamment la sidérurgie, et concourt au développement des mobilités propres. Ce sont de nouveaux usages pour l'hydrogène.

Pour atteindre les objectifs de neutralité carbone, il est donc essentiel de **basculer les usages d'hydrogène existants vers une production décarbonée et compétitive et de déployer les nouveaux usages d'hydrogène décarboné**, à partir de l'ensemble des moyens de production d'énergie à disposition. Maîtriser la production de l'hydrogène, ses technologies comme ses équipements, offre également des opportunités pour la réindustrialisation de la France et contribue à la réduction de nos dépendances externes, en particulier aux énergies fossiles.

La révision de la stratégie hydrogène s'inscrit dans une actualité européenne riche sur les sujets énergie et climat avec les travaux sur plusieurs textes du Paquet « Fit for 55 » depuis 2021, notamment : la directive énergie renouvelable révisée, le paquet gaz (en fin de négociation), ou encore des textes sectoriels comme ceux encadrant le secteur maritime (FuelEU Maritime), l'aviation (Refuel Aviation) et les infrastructures pour carburants alternatifs (règlement AFIR). Ces textes prévoient des objectifs ambitieux pour l'Europe, à l'instar de la position de la France qui défend le rôle de l'hydrogène décarboné pour atteindre la neutralité carbone. La stratégie

française de l'hydrogène permettra d'atteindre ces différents objectifs notamment en termes d'intégration de l'hydrogène dans l'industrie et, dans le secteur du transport.

De nombreuses initiatives sur l'hydrogène se développent à travers le monde, se traduisant par des développements technologiques et industriels concrets de l'hydrogène. Conjugés avec les effets de la crise énergétique faisant suite à l'invasion russe de l'Ukraine, et l'exigence de la neutralité carbone, **une mise à jour de la stratégie nationale pour l'hydrogène décarboné est aujourd'hui nécessaire.**

I - Bilan

Une stratégie 2020 qui a lancé la filière hydrogène française

La stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné de 2020 a défini des objectifs au service des souverainetés industrielle et énergétique de la France, en prenant appui sur les atouts de notre pays en termes de mix électrique bas-carbone, d'écosystème industriel et d'excellence en matière de recherche.

La France a adopté en 2020 une stratégie ambitieuse pour accélérer le déploiement de la production d'hydrogène par électrolyse et son utilisation. Le plan de relance puis le plan d'investissement France 2030 ont fait de l'hydrogène et de ses technologies un pilier de la relance écologique et industrielle française, avec près de 9 milliards d'euros mobilisés par le Gouvernement d'ici 2030.

La France dispose d'un **mix électrique décarboné**, fondé sur le nucléaire et les renouvelables (hydroélectricité, éolien et photovoltaïque) et d'un **réseau électrique sûr et résilient**. Les caractéristiques de notre système électrique ont permis de déployer une stratégie nationale fondée sur la production locale d'hydrogène décarboné par électrolyse, approche permettant de réduire les besoins d'investissements en infrastructures de grand transport d'hydrogène pendant l'amorce et la montée en puissance des nouveaux usages de l'hydrogène. Ainsi, soutenir la production nationale constitue un axe stratégique majeur confirmé par l'opportunité d'accroître notre **indépendance énergétique**, de même que viser une production proche des lieux de consommation et un maillage territorial.

Dans le même temps, la France a choisi de valoriser ses atouts dans la compétition mondiale, notamment son **excellence en matière de recherche** et son **écosystème industriel et technologique foisonnant**. Le développement d'une filière industrielle innovante et compétitive dédiée à l'hydrogène présente des opportunités importantes en matière d'emplois et de compétences en France et rejoint le besoin d'une **souveraineté industrielle** maintes fois démontrée depuis la crise sanitaire : l'indépendance énergétique assurée par la production domestique de l'hydrogène va de pair avec la maîtrise de ses technologies et équipements.

La stratégie a défini l'objectif d'installer 6,5 GW d'électrolyseurs en 2030 et de maîtriser l'ensemble des briques de la chaîne de valeur hydrogène, étant attendue la création à terme de 50 000 à 150 000 emplois directs et indirects.

Sur l'ensemble des actions de la stratégie, et 30 mois après son lancement le 8 septembre 2020, un tiers du budget de 9 Md€ attribué à la stratégie a été engagé pour soutenir des projets d'usines de composants hydrogène, de production d'hydrogène décarboné, d'écosystèmes territoriaux, de recherche, d'innovation et de développement ou des actions de formation. **Par son action, la France a sécurisé à date entre 2.5 et 3 GW d'installation de capacités d'électrolyse sur les 6,5 GW prévus par sa stratégie nationale, pour 8000 emplois directs sécurisés par les projets déjà soutenus.**

Un soutien conséquent à la structuration de la base industrielle et de recherche française pour l'hydrogène

En amont, la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné a soutenu la recherche et préparé la future génération des technologies de l'hydrogène au travers d'un **Programme et Équipements Prioritaires de Recherche (PEPR)** dédié. Ce programme a permis de consacrer 83 M€ sur 8 ans à 19 projets qui couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur, la production (électrolyse basse et haute température, photo électro-catalyse), le stockage (sous forme solide, gazeuse et liquide), les usages (Piles à combustibles à membrane échangeuse de protons ou PEMFC, Pile à combustibles à oxydes solides ou SOFC, ...) et l'intégration système, ainsi que des analyses socio-économiques et des analyses de cycle de vie. En complément, pour anticiper et contribuer à répondre aux besoins en emplois et compétences de demain, 9 projets de formation ont été retenus en tant que lauréats à l'**AMI Compétence et métiers d'avenir**.

En amont de la chaîne de valeur, l'appel à projets « **Briques technologiques et grands démonstrateurs** » avec 350M€ provenant du plan investissement d'avenir (PIA4), soutient l'innovation et la démonstration de technologies hydrogène sur les électrolyseurs, les piles à combustible, les réservoirs hautes pressions et autres systèmes complexes dédiés à l'utilisation de l'hydrogène décarboné dans une logique d'accompagnement de l'offre (équipements, services). Vingt-cinq projets ont été sélectionnés qui s'achèveront, pour la majeure partie, sur la période 2024-2026.

Les premières industrialisations en préparation d'une production de masse future ont été soutenues dans le cadre des différentes vagues de « **projets importants d'intérêt européen commun** » (PIIEC) pour l'hydrogène dans son volet équipementier et politique industrielle. Ont déjà été approuvés par la Commission la construction de quatre usines (gigafactories) de production d'électrolyseurs (McPhy, Elogen, John Cockerill, Genvia) positionnées sur les trois grandes technologies de l'électrolyse (alcaline, par membranes à échange de protons, haute température), mais aussi les véhicules hydrogène (Hyvia pour les véhicules utilitaires, Alstom pour les locomotives), les piles à combustible pour des usages routiers (Symbio), et l'ensemble des composants clés de l'amont de la chaîne de valeur (Plastic Omnium et, Forvia sur les réservoirs, Arkema sur les membranes). Par l'intermédiaire du PIIEC, ce sont plus de 2,7 Mds€ d'aides qui ont déjà été apportés à l'industrialisation des futurs acteurs français majeurs de l'hydrogène, avec d'autres projets en cours de finalisation d'instruction avec la Commission.



Un projet : la gigafactory d'électrolyseurs haute température Genvia

Issu des travaux du CEA, Genvia se positionne sur la technologie de rupture de l'électrolyse haute température (EHT), qui prévoit des rendements de l'électrolyse de 25% supérieurs à ceux des technologies matures aujourd'hui (alcaline, membrane à échange de protons). Symbole de l'excellence française en matière de recherche, Genvia est aujourd'hui soutenue au titre du PIIEC en

faveur de la construction d'une gigafactory d'électrolyseur haute température à Beziers qui lui permettra d'atteindre une capacité de production de 1 GW par an dès 2028. Ses efforts de R&D sont soutenus pour améliorer la qualité et les rendements de l'EHT, avec l'appui de l'Appel à Projets Briques Technologiques (projet Reversi).

Par ces canaux et d'autres programmes de soutien tels que les appels à projet du comité d'orientation pour la recherche automobile et mobilité (CORAM), du Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile (CORAC), du Conseil d'Orientation de la Recherche et de l'Innovation de la filière Ferroviaire (CORIFER), ce sont au total plus de 150 projets de recherche, développement, et industrialisation des équipements de l'hydrogène qui ont été soutenus par les autorités françaises.

Les capacités de production d'hydrogène ont été amorcées sur les territoires.

Les premiers projets liés à l'hydrogène dans les territoires s'amorcent dès 2018 grâce au Plan national de déploiement de l'hydrogène. Avec l'appel à projets « **écosystèmes territoriaux** » lancé en octobre 2020, ce sont 46 projets, représentant 35 écosystèmes dans les territoires métropolitains et outre-mer qui ont été sélectionnés pour un investissement de 1,2 Md€ et un montant d'aide cumulé d'environ 320 M€. Ces écosystèmes concernent majoritairement des projets de mobilité lourde.

- Environ 80 MW de capacité d'électrolyse fourniront 8 000 tonnes par an d'hydrogène décarboné distribuées par une centaine de stations d'hydrogène, en vue d'alimenter plus de 820 bus ou véhicules lourds.
- Les projets ainsi soutenus permettront d'éviter 103 000 tonnes de CO2 par an.

Une nouvelle levée en septembre 2023 de l'appel à projets « écosystèmes territoriaux » permet de continuer à développer cette dynamique, combinant à l'échelle d'un territoire donné, les différents maillons de la chaîne : production d'hydrogène, distribution d'hydrogène et usages de l'hydrogène, qu'ils soient industriels ou de mobilité. Les lauréats de cette nouvelle levée seront annoncés en 2024.

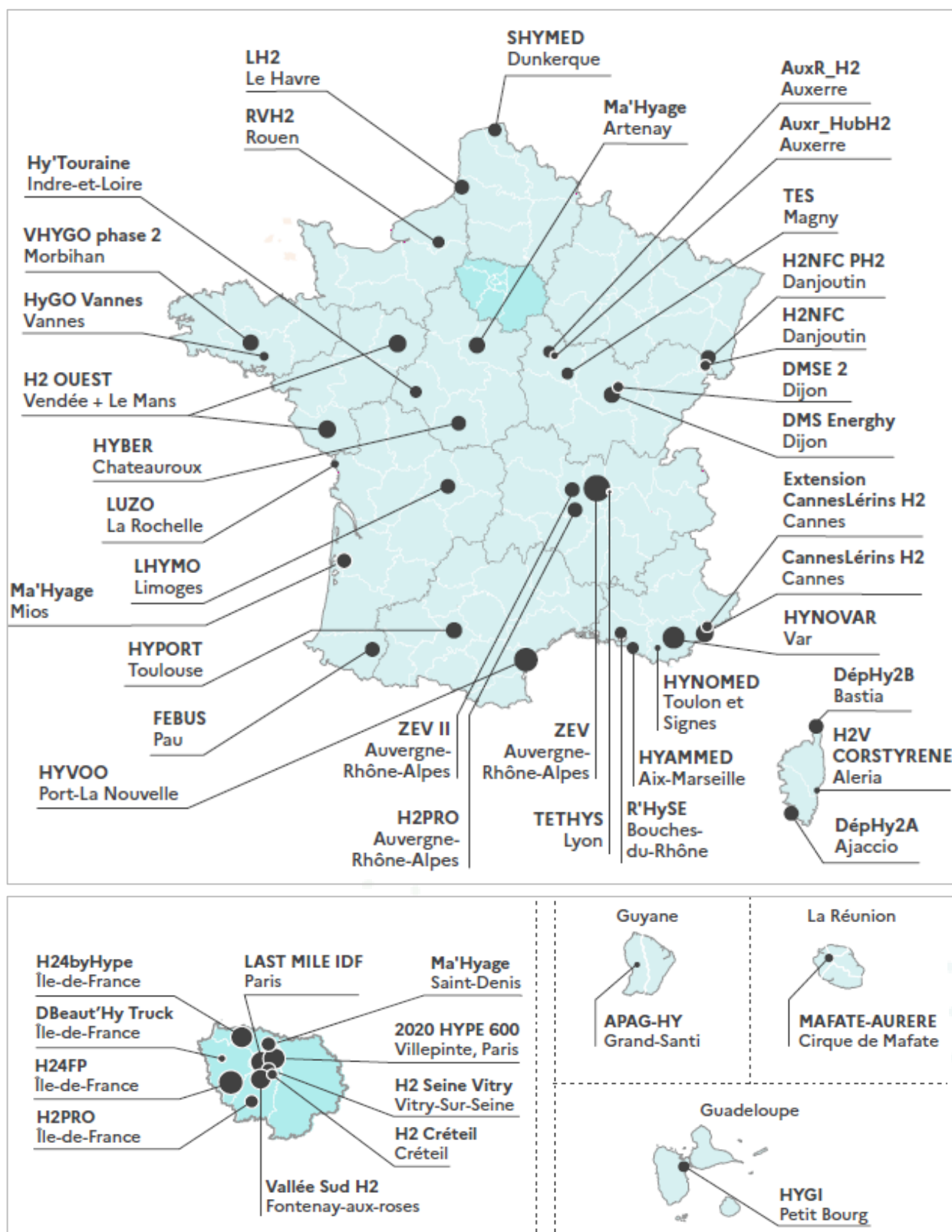


Figure 1 : Projets de l'AAP écosystèmes territoriaux



Un projet : la Zéro Emission Valley (ZEV1) en Auvergne Rhône-Alpes

Par ce projet intégré mis en service en 2023, 14 stations de distribution d'hydrogène sont implantées sur l'ensemble de la région, alimentées par une production de 1640 kg/jour d'hydrogène issue de 3 électrolyseurs fonctionnant avec une électricité d'origine renouvelable. Des stations d'une capacité de distribution de 200 à 400 kg/j par jour sont installées dans les grandes agglomérations : Lyon, Grenoble, Clermont-Ferrand, Saint-Étienne, Annecy, Chambéry... Ces stations desserviront 25 à 50 véhicules lourds et 500 utilitaires légers. Une aide de 14,3 M€ a permis de débloquer un investissement total de 60 M€ pour 17 000 tCO₂ évitées par an.

Le programme « projets importants d'intérêt européen commun » (PIIEC) dans son volet production d'hydrogène permettra également le déploiement sur notre territoire de 8 projets précurseurs de production massive d'hydrogène couvrant l'ensemble de ses usages industriels (chimie, ammoniac, acier, raffinage...). Des projets ont été sélectionnés qui permettront d'installer les premières briques de production d'hydrogène au sein des zones industrielles françaises à Fos-Sur-Mer, Dunkerque, Havre-Estuaire de la Seine, ou encore la « Vallée de la Chimie » à Lyon, qui représentent des pôles de consommation majeurs d'hydrogène pour l'avenir.

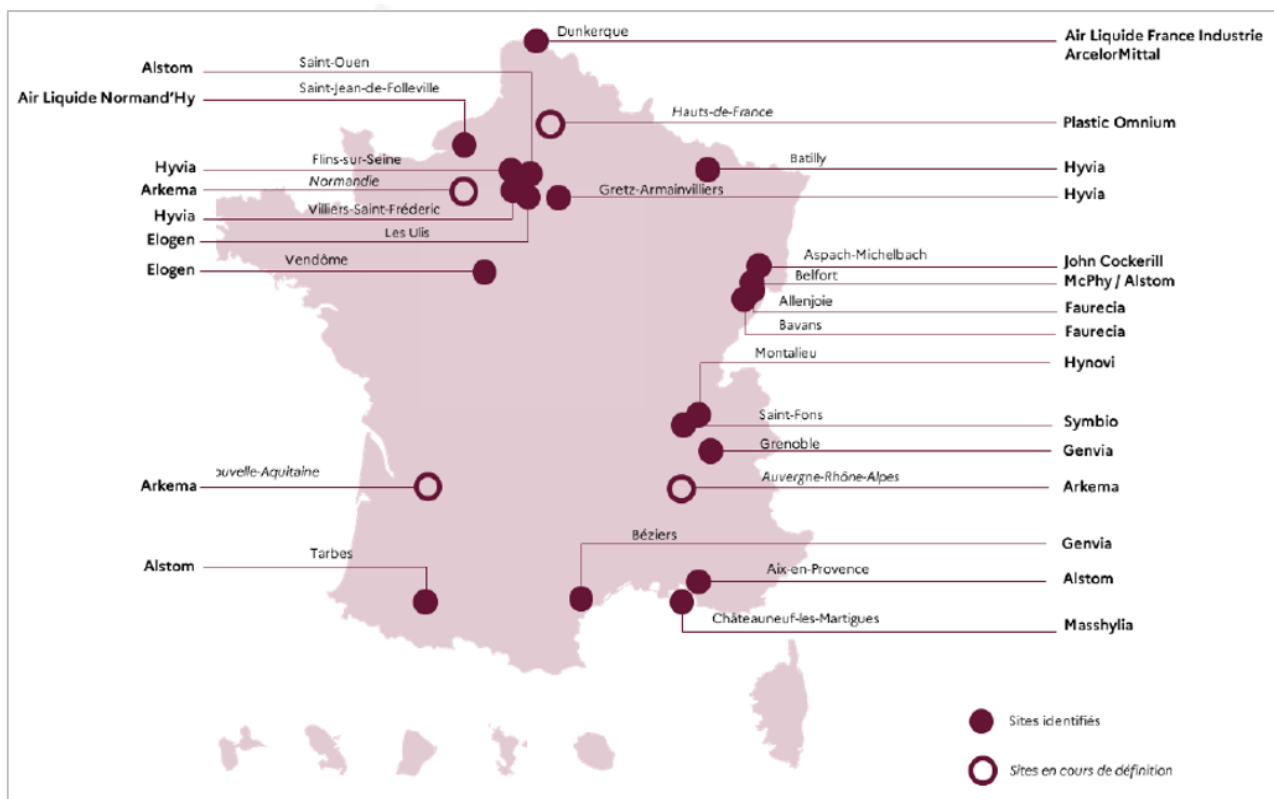


Figure 2 : Projets concernés par le PIIEC

Des initiatives de l'écosystème hydrogène français et des territoires maximisent le panorama d'actions des autorités françaises.

L'écosystème industriel et de recherche s'organise pour concrétiser les ambitions françaises. Les prises d'initiative des centres de recherche français, du secteur privé, et des acteurs locaux, sans lesquelles la filière de l'hydrogène ne pourrait se développer, impulsent une dynamique vertueuse au service de notre souveraineté et de nos objectifs de décarbonation. Les coopérations entre différents acteurs de l'écosystème et leur organisation en coalitions sont essentielles et doivent continuer à prospérer, s'appuyant sur un cadre réglementaire, normatif, et financier adapté de l'État et de ses régions. Cette dynamique devra encore s'accroître dans les prochaines années.



Un projet : la barge Elementa H2

Améthyste, le CETIM, HDF Energy, Rubis Terminal et Sofresid s'allient pour développer une solution modulaire et mobile pour la décarbonation du transport maritime, dénommée Elementa® H2. Embarquant un stock d'hydrogène pressurisé, une pile à combustible et un dispositif de raccordement électrique aux navires, Elementa H2 offre une

solution zéro-émission (CO₂, NO_x, SO₂, bruit) aux générateurs conventionnels polluants. Le 1er déploiement est envisagé sur l'Axe Seine dès 2026, en collaboration avec l'écosystème H2 local, soutenu par Haropa Port et les autorités régionales (Région, agence de développement normande). Ce projet labellisé par le Pôle Mer Bretagne Atlantique est soutenu dans le cadre du programme d'investissement d'avenir (PIA), désormais intégré à France 2030, opéré par l'ADEME.

II - Pourquoi une mise à jour de la stratégie nationale hydrogène ?

Le 8 novembre 2022, le Président de la République a présenté, dans son discours sur la décarbonation de l'industrie française, un plan d'action fondé sur (i) l'élaboration de feuilles de route pour réduire les émissions des 50 sites industriels les plus émetteurs de CO₂, et (ii) par la construction de stratégies technologiques pour l'hydrogène et pour la capture de carbone et sa séquestration (CCS), technologies clé de cette décarbonation.

La filière hydrogène est encore en cours de structuration, avec plusieurs évolutions significatives depuis 2020. À l'international, des plans conséquents ont été mis en place par les États-Unis (*Inflation Reduction Act*), la Chine (XIV^e Plan Quinquennal) et plus largement, le Japon, la Corée du Sud, le Chili et les pays d'Afrique du Nord et du Moyen d'Orient en faveur de la production d'hydrogène ou de ses dérivés vers l'export et/ou le développement de ses équipements. Le paquet européen climat « Fit For 55 » adopté sous présidence française de l'Union Européenne a de son côté défini des objectifs structurants à l'échelle de l'Union européenne. 3 ans après ses premières mises en œuvre, la stratégie française pour l'hydrogène décarboné doit donc être mise à jour pour tenir compte de ce contexte et des opportunités à court et à moyen terme qu'il est susceptible de créer.

Cette révision est concomitante à celle de la stratégie française énergie climat dans le cadre de la planification écologique et des concertations menées depuis 2021 avec les différentes filières pour préciser leurs stratégies de décarbonation, permettant d'affiner et revoir les besoins en hydrogène de la France, sa capacité énergétique à y répondre, et son organisation territoriale. Elle doit pouvoir intégrer tant la substitution des usages de l'hydrogène produit par vaporéformage existant que les nouveaux usages pertinents, industrie comme mobilités. Ce faisant, elle doit s'inscrire dans une optique de renforcement de la maîtrise des technologies et équipements clés pour le déploiement de l'hydrogène, pour contribuer à la souveraineté nationale et limiter les risques de dépendances industrielles et technologiques. La stratégie française, enfin, doit pouvoir s'ouvrir à l'international et s'adapter aux développements du marché mondial tant pour ce qui concerne la production d'hydrogène que ses équipements.

Les autorités françaises annoncent aujourd'hui leurs grandes orientations pour les prochaines années et annoncent de nouveaux outils venant compléter le panorama des nombreuses actions déjà engagées.

III - Les priorités de la nouvelle stratégie

1 - OBJECTIFS DE DÉPLOIEMENT : INSTALLER 6,5GW DE CAPACITÉ DE PRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE D'HYDROGÈNE BAS-CARBONE EN 2030 ET DE 10 GW EN 2035

La France se fixe pour objectif d'être la première grande nation à sortir des énergies fossiles. Cette décision suppose de faire évoluer les pratiques, que ce soit dans le transport ou l'industrie en maximisant l'électrification directe ou les usages de la biomasse. Dans le cas de certains processus industriels ou encore pour certains usages de mobilité lourde, ces deux alternatives ne sont pas possibles ou ne constituent pas la solution la plus adaptée, nécessitant le développement de nouveaux usages reposant sur l'utilisation d'hydrogène décarboné.

En 2021, la France consommait environ 430 kt d'hydrogène issue d'une production dédiée. Les estimations des besoins en hydrogène produit spécifiquement pour l'industrie et la mobilité lourde, en tenant compte des nouveaux usages, sont d'environ 770 kt en 2030, puis de 1 000 kt en 2035. La stratégie hydrogène vise à assurer le recours à une part significative et croissante d'hydrogène décarboné dans les usages existants et un recours total à celui-ci pour les nouveaux usages. **La stratégie prévoit ainsi de recourir à 600 kt d'hydrogène décarboné en 2030, puis 1 Mt en 2035.** Cette production d'hydrogène par électrolyse de l'eau représente des besoins en électricité décarbonée de 30 à 35 TWh en 2030 et de 50 à 60 TWh en 2035.

Ces cibles s'appuient sur les travaux d'objectivation des besoins en hydrogène en France. Les feuilles de route élaborées pour les 50 sites industriels les plus émetteurs, par exemple, permettent de déterminer sur leur seul périmètre un besoin pour des usages pertinents de 500 kt/an d'hydrogène bas carbone. Les résultats des études lancées au titre des Zones industrielles Bas Carbone (ZiBAC) permettront également au cours de l'année 2024 de compléter ces résultats par une estimation des besoins en hydrogène des zones industrielles majeures françaises au-delà des seuls grands sites industriels. Par ailleurs, des projets de nouvelles unités de production décarbonée sont envisagés par certains industriels, comme le projet d'unité de production d'acier vert GravitHy à Fos sur Mer, envisagent des besoins d'hydrogène pouvant représenter au total 100 à 200 kt supplémentaire.

En conséquence, la stratégie française prévoit une capacité de production d'hydrogène décarboné en France de 6,5 GW en 2030 et de 10 GW en 2035.

Ces électrolyseurs seront alimentés par le mix électrique français, bas carbone, ou par des installations de production d'électricité renouvelable, en fonction de l'optimum économique qui sera trouvé pour chacune des installations. La stratégie repose sur le principe d'une pleine neutralité technologique entre l'hydrogène renouvelable et l'hydrogène bas-carbone. La France pourra en effet valoriser son mix électrique qui est l'un des plus faiblement émetteur d'Europe, avec environ 15,7 gCO₂/MJ_{élec} pour la France continentale. **La situation française permet ainsi aux producteurs d'assurer le développement de leur production électrolytique au plus près des usages en s'appuyant sur l'électricité disponible dans le réseau.** En outre, le développement de contractualisations de long terme dans le cadre de la réforme du marché de l'électricité participera à la compétitivité de l'hydrogène bas-carbone par rapport à l'hydrogène fossile.

Pour répondre à la demande, la France s'appuiera également sur des importations d'hydrogène ou de ses produits dérivés, dès lors que celui-ci est disponible de manière compétitive et décarbonée.

Le Gouvernement a présenté le 22 novembre 2023 sa stratégie énergétique² pour relever le défi du siècle : la sortie de la dépendance aux énergies fossiles. En cohérence, il conviendra d'anticiper l'obsolescence graduelle des vaporéformeurs, sur lesquels l'impact d'une trajectoire dynamique de prix du carbone aura un impact certain. Au-delà de l'impératif climatique, c'est aussi un sujet de souveraineté énergétique pour la France, la production d'hydrogène gris impliquant des importations de méthane et donc des dépendances externes d'approvisionnement.

La stratégie hydrogène proposée vise donc à accompagner, sans impact sur la compétitivité des sites concernés, le déploiement des méthodes nouvelles de production d'hydrogène.

En complément du soutien à la production par électrolyse, l'État continuera à suivre les développements des technologies de production d'hydrogène par voie de biomasse (pyrogazéification, pyrolyse, et plasmalyse). Ces technologies peuvent en effet trouver toute leur pertinence dans des situations locales précises, en prenant en compte la hiérarchie des usages de la biomasse.

Enfin, afin de ne négliger aucun potentiel, le gouvernement va lancer dans le cadre de France 2030 une étude exploratoire sur l'hydrogène naturel permettant d'évaluer d'ici à 2025 le potentiel d'extraction en France, son intérêt économique et ses impacts environnementaux. Un premier permis de recherche vient d'être octroyé dans les Pyrénées-Atlantiques. La France va accélérer massivement ces recherches, pour cartographier notre sous-sol et développer les techniques extractives les plus respectueuses de l'environnement qui nous permettront de mobiliser pleinement le potentiel français en hydrogène naturel. La France a les moyens de devenir un pays pionnier dans cette énergie du futur.

² https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23242_Strategie-energie-climat_def2.pdf

2 - COORDONNER LE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX D'HYDROGÈNE ÉCONOMIQUEMENT PERTINENTS EN TENANT COMPTE DES PARTICULARITÉS DES TERRITOIRES.

La production de l'hydrogène par électrolyse sur la base de l'électricité décarbonée disponible dans le réseau permet de pouvoir optimiser l'organisation territoriale de la production en fonction des usages.

Du fait de la géographie des usages, la production d'hydrogène doit répondre à une organisation territoriale, entre des pôles de consommation « centralisés » massifs (notamment les Zones Industrielles Bas Carbone de Fos-sur-Mer, Dunkerque, Le Havre-Estuaire de la Seine, Vallée de la Chimie), des pôles « semi-centralisés » autour des villes de taille moyenne ou des plateformes industrielles de plus petite taille (par exemple Chalampé, Saint Avold, Lacq, Saint Nazaire) et des pôles « diffus » en dehors des grands axes industriels français, notamment sur le réseau autoroutier pour la réponse aux objectifs du règlement AFIR :

- Le déploiement de nos capacités de production d'hydrogène doit continuer autour de ces trois axes.
- **Un effort particulier doit être fait pour assurer dans le même temps, à horizon 2030, que les principales zones industrielles françaises bénéficient toutes de premières capacités de production d'hydrogène. C'est sur ces zones industrielles que se situeront en particulier les grands sites consommateurs stratégiques pour la souveraineté française (sidérurgie, chimie).**

La priorité française en matière de développement du réseau hydrogène reste donc l'accélération du déploiement de ces infrastructures au sein de hubs hydrogène (dites « intra-hubs »), et leur connexion aux infrastructures de stockage, afin d'assurer au plus tôt la possibilité de décarbonation de ces zones. Cela représente à court terme environ 500 km de canalisations. Ces hubs hydrogène seront déployés en priorité sur les bassins industriels, notamment de Fos-Marseille, de Dunkerque, du Havre-Estuaire de la Seine et de la Vallée de la chimie. Pour cela, le développement des réseaux connectant les producteurs et les consommateurs, en boucles locales, sera favorisé. Par ailleurs, la connexion de ces réseaux hydrogène intra-hubs vers des capacités de stockage devra être recherchée pour apporter la flexibilité nécessaire à l'utilisation du réseau. Le dimensionnement de ces capacités de stockage sera finement corrélé avec les dynamiques de production et de consommation locales, nationales et européennes, et devra combiner les enjeux en termes de besoin de sécurité d'approvisionnement en hydrogène ainsi que la valeur pour la flexibilité du système électrique. La stratégie nationale hydrogène accompagnera le développement de ces infrastructure prioritaires, comme c'est déjà le cas par exemple via l'appel à projets pour des « Zones Industrielles Bas Carbone » (ZIBAC).

Les premiers éléments de réseau d'hydrogène devront vraisemblablement être développés indépendamment des réseaux de gaz naturel existants, au regard des caractéristiques distinctes des deux gaz, et de la nécessité de continuer à dédier la quasi-totalité des réseaux existants à l'acheminement du gaz naturel, notamment renouvelable.

Le tracé envisagé pour ces premiers réseaux d'hydrogène sera achevé à l'horizon 2026, ainsi que les options réglementaires afférentes envisageables.

Au-delà des hubs hydrogène déployés en priorité dans des bassins industriels, les déploiements territoriaux locaux resteront nécessaires, y compris pour alimenter les usages intensifs de mobilité. En termes d'infrastructures, ceci implique que l'État travaillera au maillage territorial de ravitaillement prévu par le règlement européen sur le déploiement des infrastructures de carburants alternatifs (AFIR) en lien avec les principaux hubs industriels lorsque cela est possible.

Le Gouvernement a demandé à la Commission régulation de l'énergie (CRE) de proposer des modèles d'une régulation des réseaux hydrogène, en particulier pour construire le cadre de déploiement des réseaux assurant une juste incitation des investisseurs.



Figure 3 : Carte des principaux hubs hydrogènes en France

3 - FAVORISER LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE COMPÉTITIVE EN FRANCE

La France continuera de soutenir sans équivoque dans les années à venir le déploiement de la production de l'hydrogène en assurant à ses industriels le modèle économique nécessaire pour assurer leur décarbonation. La stratégie française mettra une attention particulière sur le modèle économique de l'hydrogène décarboné produit en France, de sorte à assurer sa compétitivité.

Le gouvernement annonce à ce titre de nouveaux outils pour assurer la viabilité au long terme de l'hydrogène bas carbone et ses dérivés en France :

- **Un mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné qui prévoit la mise en place de contrats carbonés pour différence attribués par appels d'offres, représentant 4 Mds€ de soutien public pour le déploiement de 1 GW d'électrolyseurs** : un décret pour lancer la procédure d'appel d'offres a été publié le 1^{er} septembre 2023, et le gouvernement a consulté sur une première version du cahier des charges du mécanisme concurrentiel qui aura pour objectif de soutenir les projets non seulement en CAPEX mais aussi en OPEX. Ce mécanisme vise à permettre d'assurer sur 10 ans un prix du kilogramme d'hydrogène bas carbone compétitif avec l'hydrogène produit à partir de gaz fossile, apportant la stabilité nécessaire aux investissements. Le Gouvernement lancera la phase de dialogue concurrentiel début 2024 sur la base des retours reçus à la consultation.
- **Un mécanisme de bonus-malus Incitatif à la Baisse d'Impact Climatique de l'Azote** sera étudié pour encourager l'adoption progressive de solutions moins carbonées tout en instaurant une concurrence équitable entre les engrais produits en France et à l'étranger et en assurant un soutien aux pratiques agricoles vertueuses. Une attention particulière sera portée à la compétitivité de nos filières agricoles.

Ces mécanismes de soutien viennent en complément des dispositifs déjà engagés. Le gouvernement clôturera en outre dans les prochains mois l'instruction des 10 dossiers français restants dans le PIIEC pour l'hydrogène et continuera à assurer le suivi de son déploiement, parachevant le lancement de derniers projets pilotes technologiques massifs pour l'usage d'hydrogène électrolytique. Différents Appel à Projets de l'État portant sur l'hydrogène (Ecosystèmes Territoriaux de l'Hydrogène et Briques Technologiques de l'Hydrogène) ont de nouvelles relèves en cours qui permettront de continuer à soutenir tant la politique de déploiement de l'hydrogène que ses briques technologiques et industrielles.

4 - UNE STRATÉGIE OUVERTE SUR LE MONDE, ASSUMANT L'ÉMERGENCE D'UN MARCHÉ MONDIAL DE L'HYDROGÈNE ET SES DÉRIVÉS

Des échanges commerciaux sont amenés à se développer en matière d'hydrogène, et de nombreux acteurs industriels et financiers se positionnent actuellement sur le sujet. Si les technologies de transport international d'hydrogène sont encore émergentes, l'existence de flux d'hydrogène entre continents à l'horizon 2040 paraît plausible en l'état des connaissances disponibles, tout en laissant dans l'intervalle le temps de faire grandir la filière française et de poursuivre le déploiement compétitif d'hydrogène produit localement au service de notre décarbonation.

Le recours aux importations d'hydrogène décarboné à moyen terme pourrait présenter des opportunités en complément de la production nationale, dans une économie ouverte. Les limites technologiques du transport d'hydrogène à l'état liquide (cf *infra*) ou du déploiement de canalisations à très grande distance, ainsi que les temps caractéristiques de déploiement de ces

infrastructures, conduisent en tout état de cause à considérer que d'ici l'horizon 2030 les volumes d'import d'hydrogène seront très limités. **Le Gouvernement a donc demandé à l'Inspection Générale des Finances, à l'Inspection Générale de l'Environnement et du Développement Durable, et au Conseil Général de l'Economie, d'analyser l'opportunité et les modalités d'importation de cet hydrogène en prenant en compte un ensemble de paramètres dont les modèles économiques de l'hydrogène produit en France versus l'hydrogène importé, et les contraintes sur le bouclage énergétique français.**

Cette étude permettra de proposer une analyse des potentiels besoins structurels d'import de l'hydrogène, au regard des besoins formulés en France et en Europe pour les différents usages de l'hydrogène, des enjeux de compétitivité, et plus largement des enjeux de bouclage offre-demande électricité identifiés dans la stratégie française énergie-climat publiée le 22 novembre 2023.

L'hydrogène étant difficile à transporter, l'étude comportera également une analyse des modalités d'importation pertinentes de l'hydrogène (liquide, gazeux, sous forme d'ammoniac, de carburants de synthèse ou de minerai de fer) pour en tirer les conséquences en termes d'infrastructures.

	Caractéristiques	Infrastructures nécessaires
Hydrogène liquide	<ul style="list-style-type: none"> • Liquéfié au prix d'une perte d'énergie de 30% (contre 10% de perte pour le méthane par exemple) • Nombreux défis techniques (notamment gaz ne devenant liquide qu'à -252°C). 	Installation de terminaux de déchargement de navires et de regazéification dans les ports industriels (à titre de comparaison, un petit terminal d'importation de GNL nécessite 1Mds€ d'investissement et 5-8 ans de délais)
Hydrogène gazeux	<ul style="list-style-type: none"> • Inflammable, explosif • Traversant de nombreux types de parois 	Suppose le développement de canalisations de transport et distribution dédiées selon les usages futurs et la consultation des territoires traversés par la canalisation nécessaire
Ammoniac (NH₃)	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement de la conversation H₂ -> NH₃ : 70% • Rendement de la conversation H₂ -> NH₃ -> H₂ : 45% • Toxique en cas de fuite • Aujourd'hui, les échanges d'ammoniac sont limités (3% de la production mondiale). La France importe déjà 47% de ses besoins en ammoniac. 	Infrastructures existantes
Carburants de synthèse	<ul style="list-style-type: none"> • Liquides à température ambiante • Intégration dans les chaînes logistiques existantes 	Infrastructures existantes

Le rapport doit être remis au Gouvernement au premier trimestre 2024. Il permettra de tirer les conséquences pour anticiper d'éventuelles infrastructures supplémentaires, ainsi que la régulation de ces importations.

Bien que la France soit ouverte aux importations d'hydrogène décarboné ou de ses produits dérivés dès lors que ceux-ci sont disponibles de manière compétitive et décarbonée, les soutiens financiers publics à la production d'hydrogène resteront quant à eux réservés à la production nationale.

5 - UNE DIPLOMATIE HYDROGÈNE FRANÇAISE À L'INTERNATIONAL.

La réussite de la stratégie française pour l'hydrogène décarboné passera par l'international. Face à une concurrence internationale dynamique, le développement de la filière française à l'export est indispensable pour lui permettre d'atteindre une taille critique suffisante et sécuriser durablement des parts de marché à l'international. Assurer l'objectif d'autonomie stratégique passe par la promotion de notre outil industriel à l'export, de notre expertise scientifique et technologique, de notre savoir-faire en matière de réglementations, de standards et de normes.

La France a focalisé ses efforts ces deux dernières années sur une première projection de la filière hydrogène française sur le territoire national, pour lui permettre (i) d'avoir de premières références crédibles (ii) valider les choix technologiques clés et (iii) assurer des processus de production efficaces. Les entreprises françaises ont dans le même temps débuté leur projection à l'international pour répondre à un phénomène de croissance rapide et exponentielle des besoins en hydrogène et de tous les segments de la chaîne de valeur. Les sites de production accompagnés par l'État français ont dès leur conception été dimensionnés pour répondre aux marchés européen et international et sont en capacité aujourd'hui de répondre à ces besoins ; dans le même temps, les développeurs de solution français historiques (Air Liquide, Hynamics, Total Energies...) comme *pure players* (Lhyfe, Hydrogène de France...) sont d'ores et déjà présents à l'international dans le développement de projets structurants impliquant l'hydrogène. Ces efforts, dans la nouvelle donne internationale, se doivent d'être accompagnés par les pouvoirs publics.

La France doit également jouer un rôle actif dans la définition des standards internationaux et des processus de normalisation, compatibles avec les technologies d'excellence des entreprises françaises du secteur de l'hydrogène. Le marché mondial de l'hydrogène décarboné et ses dérivés est naissant et sa maturation sera fonction de l'établissement de normes transparentes, inclusives et adoptées par tous. La France s'implique déjà dans les négociations relatives aux méthodologies de comptabilisation des émissions de gaz effet de serre de l'hydrogène et aux certifications de l'hydrogène qui seront nécessaires à l'atteinte des ambitions de l'Accord de Paris: elle promeut une vision réaliste pour la production d'hydrogène décarboné et de ses principaux dérivés, à partir notamment d'électricité de source renouvelable et nucléaire, dans le but d'assurer une production fiable et ininterrompue. Elle soutiendra financièrement à ce sujet les travaux de l'IPHE – International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, instance intergouvernementale de référence sur ces sujets depuis 20 ans.

Dans ce contexte, la France déploiera une stratégie ambitieuse à l'international afin de porter les besoins de la France et de son industrie au travers d'une diplomatie de l'hydrogène dédiée, d'optimiser l'accompagnement à l'export de la filière, et de promouvoir la vision française en faveur d'un terrain de jeu équitable pour les différents acteurs s'impliquant à l'international. En particulier :

- Le gouvernement continuera de mobiliser les dispositifs existants de soutien français (crédit-export, FASEP) pour l'accompagnement à l'export des produits français. Le Gouvernement élargit également, dès à présent, le dispositif de « garantie interne » au secteur de l'hydrogène afin de financer de manière compétitive les entreprises françaises cherchant à acquérir des technologies liées à la filière hydrogène et soutenir les fournisseurs au sein de cette dernière.
- Le gouvernement soutiendra directement l'investissement permettant l'exportation d'équipements industriels français.
- L'ensemble des ministères concernés se mobiliseront avec une approche globale mobilisant l'ensemble des outils disponibles : prêts aux politiques publiques de l'AFD, accompagnement de Business France, prêts du Trésor mixés, ou encore garanties export. Cette approche intégrée sera déployée dans un premier temps dans trois marchés pilotes avant une éventuelle généralisation à l'ensemble des marchés prioritaires : dans ces marchés pilotes, les FASEP pourront également et au besoin être déplafonnés.
- La France renforcera son action tant au plan bilatéral que dans les organisations intergouvernementales et multilatérales où elles siègent. Elle y portera une position de neutralité en matière de choix technologiques sur la production de l'électricité à l'origine de l'hydrogène, à la fois bas-carbone et renouvelable. Elle promouvra cette vision auprès des organisations internationales et des Banques multilatérales. La France s'impliquera également dans la mise en place de nouveaux partenariats énergétiques stratégiques, incluant une vision partagée des standards pour l'hydrogène, et sur la signature d'accords intergouvernementaux chaque fois que nécessaire pour proposer un soutien technique. Elle s'engage à ce titre à déployer et financer des experts techniques internationaux pour faire bénéficier d'autres pays des opportunités économiques offertes par la transition écologique.
- Un pilote de la stratégie internationale de l'hydrogène sera chargé de mettre en œuvre, en concertation avec la filière, et à brève échéance un plan d'action opérationnel appelé à être décliné au sein de l'ensemble des opérateurs de l'État. Pour renforcer l'action de la France dans certains pays, le déploiement de conseillers hydrogène sera également testé sur quelques marchés prioritaires.

6 - RENFORCER LA MAÎTRISE DE LA CHAÎNE DE VALEUR HYDROGÈNE ET SES TECHNOLOGIES

La France a fait du développement de l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène et de ses technologies sur son territoire un des objectifs clés de sa stratégie de septembre 2020. **Une stratégie réellement souveraine sur la production de l'hydrogène ne peut faire l'économie de la maîtrise de ses équipements ; un tel axe offre également des opportunités de réindustrialisation forte, une part conséquente des emplois pouvant être créés sur la filière provenant de la fabrication d'objets clés, comme les électrolyseurs et les piles à combustible, et de leurs composants.** La

France, dans ce domaine, peut enfin s'appuyer sur certaines de ses forces historiques, notamment son excellence en matière de recherche : des entreprises clés comme Genvia (électrolyseurs haute température) sont par exemple issues de la recherche du CEA.

Le bilan des actions entreprises entre septembre 2020 et septembre 2023 et la progression technologique d'un écosystème de l'hydrogène décarboné encore naissant confirme la pertinence de pérenniser une stratégie soutenant les projets allant de la recherche fondamentale jusqu'à l'industrialisation des équipements (TRL 1 à 9) : l'amélioration des rendements des électrolyseurs et des piles à combustible comme de leur cible de prix contribuera significativement au déploiement massif du marché de l'hydrogène. Si cette stratégie doit avant tout être portée par la filière elle-même, avec l'attente que les majors français et les donneurs d'ordre participent à l'essor des PME et ETI françaises, l'État peut toutefois continuer à accompagner cet effort et renforcer la constitution de la chaîne de valeur française en confirmant et complétant ses actions déjà engagées dans le domaine.

En amont sur la R&D, les 19 projets lancés par le PEPR pour l'hydrogène adressent la majorité des verrous technologiques et non technologiques connus pour le développement de la filière à long terme. L'analyse des autorités françaises permet d'identifier de nouveaux segments, par ailleurs soutenus par le PIIEC Hydrogène, sur lesquels approfondir les efforts de R&D nationaux. Ces segments sont notamment les technologies d'électrolyse à membrane échangeuse d'anions (AEMEL), aux rendements supérieurs aux technologies PEM et sans matières premières rares, et les nouvelles générations de membranes pour les mobilités, deux produits clés adressés respectivement par les projets Gen-Hy et Michelin soumis à l'instruction de la Commission Européenne au sein du PIIEC par ailleurs. Les questions de l'utilisation des matériaux critiques, du recyclage et de l'écoconception resteront au cœur des enjeux. Enfin, à l'interface avec les acteurs industriels pour lesquels la combinaison performances/durée de vie est un enjeu majeur, le développement de tests de vieillissement accélérés pour éprouver au plus vite les dégradations attendues des équipements doit être une thématique renforcée pour les travaux de R&D françaises.

Les travaux de R&D doivent par ailleurs s'intensifier sur le **couplage entre l'électrolyse haute température et la production d'énergie nucléaire** : la récupération de la chaleur fatale des centrales nucléaires peut permettre à cette technologie de production d'hydrogène d'atteindre des rendements de 85% (contre 60% en moyenne en 2023). Une feuille de route ambitieuse sera portée par la filière française autour d'EDF, du CEA, et de Genvia pour lever les verrous technologiques propres à ce couplage pour un déploiement en synergie avec les réacteurs nucléaires modulaires et les futurs réacteurs EPR2 à horizon 2035.

A l'aval sur l'industrialisation, l'attention sera concentrée sur la constitution et la maîtrise de la chaîne de valeur autour des futurs majors français de l'hydrogène soutenus par le PIIEC. L'administration française a lancé et approfondira avec la filière dans les prochains mois un travail de cartographie de l'ensemble de la chaîne de valeur hydrogène à cette fin. Cette cartographie permettra d'identifier plus finement les chaînons peu ou pas couverts par l'écosystème français et, en fonction de leur criticité, assurer un accompagnement vers les guichets de soutien de l'État : elle permettra également de cibler des produits et compétences (assemblage métallique, stacking) avec des besoins inter-filières pouvant profiter à l'hydrogène comme au photovoltaïque, aux semi-conducteurs, ou encore aux batteries. Cette maîtrise de la chaîne de valeur, in fine, impose d'étendre l'action de l'État jusqu'aux matières premières, avec des enjeux forts à maîtriser comme l'approvisionnement en platinoïdes, notamment en irridium, pour les produits de

l'hydrogène de technologie PEM. L'ambition climatique des autorités françaises, enfin, doit s'étendre jusqu'aux équipements utilisés dans la chaîne de valeur hydrogène : cette cartographie devra intégrer un volet de suivi du contenu carbone des équipements fabriqués.

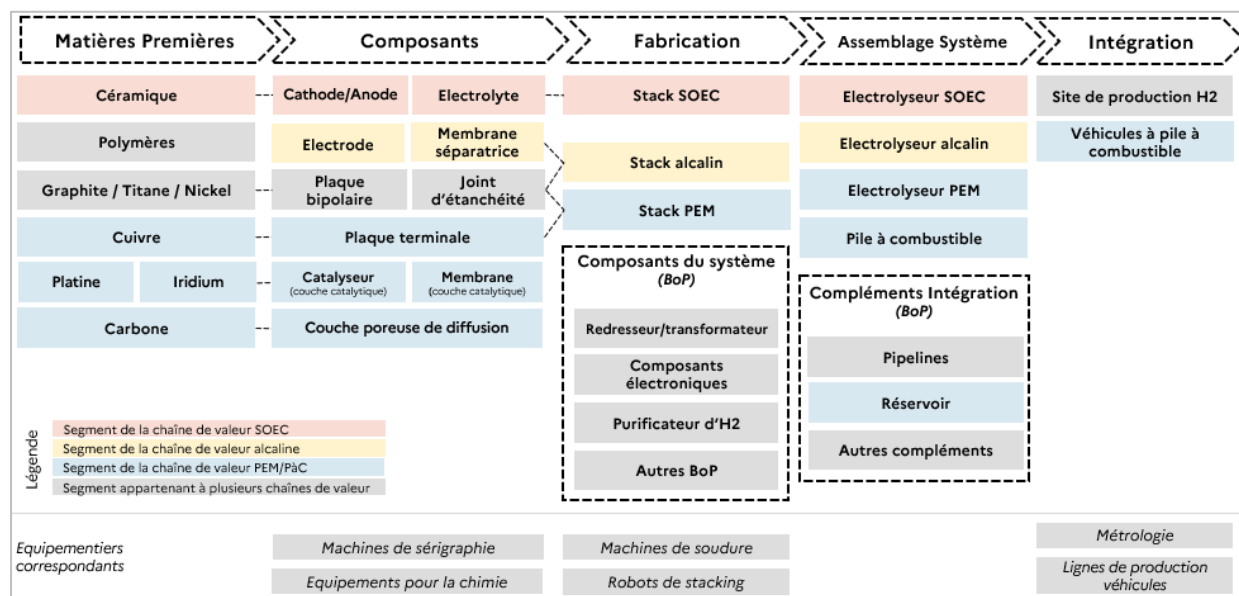


Figure 4 : Cartographie simplifiée de la chaîne de valeur hydrogène

En application de ces orientations en faveur de la maîtrise de la chaîne de valeur hydrogène, la stratégie révisée vise en priorité (ii) à assurer l'industrialisation des projets précédemment soutenus et (ii) à renforcer l'intégration de l'écosystème autour des fleurons français et la couverture de l'ensemble des produits et technologies clés de la chaîne de valeur. A cette fin, les autorités françaises continueront à s'appuyer à moyen terme sur les canaux déjà déployés depuis septembre 2020, en finalisant le PIIEC Hydrogène d'une part, et par les différents appels à projets pertinents pour les projets de TRL 1 à 9 d'autre part (PEPR H2, Briques Technologiques de l'Hydrogène, Première Usine...). Elle guidera son action sur la base de la cartographie qu'elle effectuera de la filière. Les autorités françaises, en complément :

- S'impliqueront dans la maîtrise des **matières premières** nécessaires à la chaîne de valeur hydrogène à son amont, comme les platinoïdes pour les technologies PEM et piles à combustible, par l'intermédiaire du Fonds Métaux Stratégiques ou, en fonction des projets, des dispositifs d'aide adéquats ;
- Lanceront les travaux sur l'élaboration d'un **bilan carbone des équipements** utilisés dans l'hydrogène (électrolyseurs, piles à combustible...), sur le modèle des travaux et mesures déployées pour d'autres produits clés de la décarbonation comme les batteries électriques.
- Accueillent favorablement les initiatives portées par les filières de l'hydrogène et du nucléaire française vers le déploiement d'une feuille de route technologique sur le **couplage entre l'électrolyse haute température et le nucléaire**. Cette initiative, pendante industrielle de la stratégie bas carbone française, permettra à terme en assurant la réutilisation de la chaleur perdue des réacteurs nucléaires nouveaux d'améliorer les rendements électriques de l'électrolyse jusqu'à 85%.

7 - FAIRE DU DÉPLOIEMENT DE L'HYDROGÈNE UNE OPPORTUNITÉ POUR FLEXIBILISER NOTRE SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE : UNE CAPACITÉ D'EFFACEMENT DES ÉLECTROLYSEURS ET DES STOCKAGES À DÉVELOPPER AINSI QU'UNE PRIORISATION DES USAGES D'HYDROGÈNE

Les analyses publiées par RTE dans son Bilan prévisionnel 2023 mettent en évidence l'intérêt de développer la flexibilité, notamment du côté de la consommation électrique, pour favoriser l'équilibre du système électrique.

Il s'agit d'une part d'assurer la sécurité d'approvisionnement en électricité. Le développement de l'hydrogène produit par électrolyse conduira à une augmentation de la demande d'électricité et pourrait avoir un impact notable sur la pointe de consommation. Pour atténuer ces pointes, les possibilités de réduction de consommation des électrolyseurs (effacement) sur ces périodes seront encouragées.

L'effacement des électrolyseurs implique la mise en place de stockages suffisants ou la mobilisation de capacités excédentaires de production non électrolytiques (vaporeformeurs existants en surcapacité connectés à un réseau hydrogène dans un hub centralisé) pour permettre de maintenir l'approvisionnement en continu en hydrogène des clients industriels.

Au-delà de l'intérêt de développer la possibilité d'effacements ponctuels des électrolyseurs, des modes de fonctionnement flexibles permettraient de concentrer le plus possible la production d'hydrogène lors des périodes où l'électricité bon marché et décarbonée est abondante et ainsi d'optimiser le fonctionnement du système électrique. Cette flexibilité contribuerait également à limiter les émissions de CO₂ du système électrique européen et pourrait faire baisser le coût de l'hydrogène produit par électrolyse en France.

Cette flexibilité nécessite l'accès à des stockages massifs d'hydrogène, en cavités salines. L'étude publiée par RTE et GRTgaz à l'été 2023 puis le Bilan prévisionnel 2023 de RTE ont confirmé l'intérêt économique de développer des premières capacités de stockage et de les connecter aux bassins hydrogène les plus proches.

Ces stockages sous-terrain et les éléments de réseau nécessaires à leur desserte prennent plusieurs années à être développés, ce qui implique d'initier rapidement les premières études pour leur réalisation. Les principaux sites potentiels identifiés pour ce stockage se situent à proximité des hubs de Fos-sur-Mer et de Lyon.

8 - DÉPLOYER UNE APPROCHE INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE NATIONALE POUR LES MOBILITÉS HYDROGÈNE

La France a engagé plus de 2 milliards d'euros d'aide pour assurer le développement en France d'une offre structurée sur l'ensemble des mobilités hydrogène de demain dans les domaines du routier, du ferroviaire, du maritime et de l'aérien (PIIEC Hydrogène) ainsi que l'amorçage de la

demande avec le déploiement de premiers écosystèmes d'hydrogène pour les mobilités sur l'ensemble du territoire (AAP Ecosystèmes Territoriaux de l'Hydrogène). Les véhicules hydrogène seront plus massivement déployés d'ici la fin de la décennie sur nos routes et nos rails. Dans le même temps, la France étudie le recours et les besoins en électro-carburants, qui constitueront une des voies de décarbonation des secteurs aériens et maritimes, ainsi que l'usage direct de l'hydrogène dans ces deux secteurs.

Les dernières analyses sur l'utilisation de l'hydrogène sur le routier confirment que la pertinence de cette solution devra se mesurer non par segments (mobilités lourdes vs. autres) mais avant tout aux usages qui pourront en être faits face aux opportunités offertes par d'autres motorisations, dont en particulier les batteries électriques. Les trajectoires de baisse de coûts de possession des différentes technologies anticipées et la performance des technologies batteries prouvée à de nombreux usages permet d'identifier que l'hydrogène ne sera pas pertinent dans tous les cas d'usage, mais quand les performances requises ne permettent pas le recours à la technologie batteries, et quand le coût des biocarburants (qui pourrait être élevé dans un contexte de rareté croissante au regard du besoin) serait dirimant sur le plan économique. Seraient concernés les usages nécessaires aux professionnels, notamment sur des usages intensifs sur une même journée de véhicules utilitaires ou de bus avec des impératifs de continuité de service ou des kilométrages journaliers très importants pour les poids lourds ou les autocars ; des cas d'usage favorables pourraient également se dessiner sur des engins de chantier ou agricoles et les véhicules off-road. A contrario, aucun cas d'usage pertinent ne peut se dessiner sur les véhicules particuliers, pour lesquels les motorisations électriques à batterie seront donc « sans regrets ».

L'affirmation des cas d'usage pour l'hydrogène comparé à l'électrification directe ou aux batteries électriques sera également clé dans le domaine du ferroviaire, avec des solutions matures d'ici la fin de la décennie. Les locomotives hydrogène, soutenues dans leur industrialisation par le PIIEC, pourront être déployées là où leurs usages pourront être pleinement pertinents sur la durée : pourraient être concernés la mobilité ferroviaire régionale opérant sur des lignes fréquemment non électrifiées et, en particulier, le fret ferroviaire au regard des distances parcourues.

Dans les domaines maritimes et fluviaux et l'aérien enfin, le développement des usages directs de l'hydrogène dans des solutions de motorisation est encore prospectif et ne devraient atteindre des perspectives plus conséquentes d'industrialisation dans la décennie en cours : des motorisations alternatives comme les biocarburants ou les carburants de synthèse (e-carburants) assureront dans l'intervalle la plus grande part de la décarbonation de ces secteurs, avec des besoins appelés à s'inscrire sur la durée. En préparation du plus long terme, l'État mettra également à l'étude les opportunités offertes par les solutions de motorisation maritimes offertes par l'ammoniac. S'agissant de l'utilisation de l'hydrogène dans la chaîne de propulsion des aéronefs, ces solutions font partie des leviers contribuant à la décarbonation du transport aérien. A cet égard, différents travaux de R&D sont soutenus, depuis 2020 dans le cadre du CORAC, en vue de lever les principaux verrous technologiques liés à l'utilisation de l'hydrogène comme combustible dans des moteurs aéronautiques. Le CORAC a soutenu depuis 2020, à hauteur de 180 millions d'euros l'exploration et la maturation du sujet hydrogène pour l'aéronautique civile, représentant plus de 360 millions d'euros d'activité de R&T pour la filière. Ces projets portent sur les réservoirs à hydrogène embarqués, la chaîne de distribution par hydrogène cryogénique et les configurations aéronefs propulsés par hydrogène. En outre, l'AAP « Avion bas carbone » de France 2030 soutien également, des projets liés à l'utilisation de l'hydrogène pour des appareils d'aviation générale (transport de 4 à 5 passagers).

Ces différents constats confortent la vision déployée par l'État français depuis septembre 2020 avec l'accompagnement du déploiement de l'hydrogène dans les mobilités sur les usages les plus matures pour lesquels les motorisations alternatives ne peuvent techniquement ou économiquement assurer aux professionnels leurs missions.

À la lumière de ces orientations, l'État déploiera, pour faire suite notamment aux premiers amorçages de la demande par l'Appel à Projets « Ecosystèmes Territoriaux de l'Hydrogène », une approche intégrée à l'échelle nationale pour les mobilités hydrogène, faisant correspondre le déploiement des véhicules aux usages pertinents sur le territoire, à des besoins en termes d'infrastructures de recharge, de tonnes d'hydrogène produites, de planification territoriale, et de financement privé et public estimé correspondant. En particulier :

- L'État mettra en œuvre les moyens nécessaires, pour atteindre un niveau de déploiement de stations d'approvisionnement en H2 décarboné conforme au règlement AFIR avec des stations le long des axes principaux de transport routiers (tous les 200 km) et une station par nœud urbain, d'ici à 2030.
- D'une capacité minimale de 1 t/j de distribution d'hydrogène et destinées en premier lieu aux futurs poids lourds hydrogène circulant sur les axes prioritaires du RTE-T français, une cinquantaine de stations pourront, selon leurs emplacements et la pertinence des usages, être également accessibles aux flottes de bus, de véhicules utilitaires, d'engins et de véhicules off-road des agglomérations ou infrastructures industrielles.
- Pour sécuriser le modèle économique de ces stations et assurer la disponibilité de l'hydrogène pour les véhicules, l'État assurera au bénéfice du prix à la pompe le déploiement sur la durée de la Taxe Incitative Relative à l'Utilisation des Énergies Renouvelables dans le Transport (TIRUERT), qui concernera l'hydrogène renouvelable comme bas carbone à partir du 1^{er} janvier 2024.
- L'État fait évoluer le bonus écologique à l'achat des véhicules électriques comme hydrogène en favorisant les véhicules les plus vertueux de leur production à leur utilisation ;
- Il continuera plus largement à accompagner le développement de nouvelles motorisations de rupture dans le domaine du maritime et de l'aérien en particulier, par le biais des différents canaux dédiés (CORIMER, CORAC, finalisation du PIIEC Hydrogène).

L'État, enfin, examinera des solutions de motorisation par combustion de l'hydrogène, en particulier dans le routier et, de manière plus secondaire, dans le maritime et le fluvial. Les résultats consolidés de projets de démonstrateurs accompagnés par l'État sont attendus pour 2024 : les opportunités économiques et industrielles de telles solutions aux coûts d'acquisitions moindres, y compris dans une perspective transitoire en parallèle de l'accélération du déploiement des piles à combustible, seront mises en balance avec les rendements énergétiques moins favorables de cette solution et ses désavantages environnementaux (émissions de particules fines à la combustion).

9 - GARANTIR LES CONDITIONS CADRES NÉCESSAIRE AU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE HYDROGÈNE FRANÇAISE

Le développement rapide de la filière hydrogène, enfin, est dépendant de la capacité d'adaptation du cadre réglementaire et de l'accès des entreprises aux profils adéquats. La disponibilité du foncier, les autorisations environnementales, les raccordements électriques sont autant de verrous

clés à lever pour la vie d'un projet dans le domaine de l'hydrogène ; le cadre normatif et réglementaire national doit être facilitateur tout en étant garant des conditions nécessaires de sécurité et de fiabilité pour l'hydrogène. L'accès à de la main d'œuvre qualifiée est un levier clé au développement de cette filière comme pour toute autre nouvelle filière « durable » (batteries électriques, énergies renouvelables...).

La France a adopté depuis début 2023 un ensemble d'évolutions de son cadre réglementaire pour faciliter les procédures d'accès au foncier, d'autorisations, et de raccordement électrique des projets stratégiques à sa décarbonation, dont ceux impliquant l'hydrogène. La loi Industrie Verte, en particulier, permettra, pour les projets nationaux d'intérêt majeur, de réduire de 9 à 6 mois les délais liés à l'autorisation environnementale, de faciliter les procédures d'urbanisme, ou encore de renforcer la sécurité juridique des projets autour des obligations liées à la biodiversité en assurant que ces enjeux puissent être adressés au plus amont possible de la vie des projets. Dans le même temps, la loi d'accélération pour les énergies renouvelables (APER) permettra d'accélérer et de prioriser les raccordements électriques des projets stratégiques, mais aussi de simplifier les procédures des demandes d'autorisations pour la construction ou la reconversion des infrastructures de transport de l'hydrogène. RTE a d'ores et déjà engagé des projets de renforcement des réseaux autour des zones industrielles de Fos-sur-Mer, Dunkerque et du Havre, nécessaires pour permettre les premières étapes de décarbonation de l'industrie. L'accueil de nouveaux projets d'électrolyse devra être planifié pour préparer l'adaptation future du réseau électrique.

Le cadre réglementaire national et le cadre normatif, dans l'intervalle, évoluent pour s'adapter aux réalités de l'hydrogène dans sa production comme son usage. Les caractéristiques physiques de l'hydrogène nécessitent de définir un cadre réglementaire et normatif garantissant la sécurité de son utilisation pour l'ensemble des acteurs impliqués dans la filière. Les autorités françaises, par l'intermédiaire d'une feuille de route signée conjointement avec France Hydrogène en octobre 2021, ont pu identifier les besoins d'évolution réglementaire et de sensibilisation des acteurs, et déploient depuis une feuille de route adaptée. Elles travaillent notamment :

- Sur la production, le stockage, et la distribution d'hydrogène au titre de la réglementation ICPE : des travaux sont engagés avec la filière depuis 2022 afin de mettre à jour les prescriptions de l'arrêté ministériel relatifs aux stations de distribution d'hydrogène et accompagner le développement des activités plus conséquentes de production et de stockage d'hydrogène.
- A la sensibilisation des acteurs au cadre réglementaire relatif à la mise en service et l'exploitation des équipements sous pression, fréquemment mis en œuvre dans la production, l'utilisation ou la distribution de l'hydrogène ;
- A la sensibilisation aux dispositions réglementaires de métrologie légale applicables au comptage (volume, masse ou énergie) de l'hydrogène dans le cadre d'une transaction commerciale ou d'une opération fiscale ;
- Aux ajustements du cadre réglementaire concernant la construction et l'exploitation de canalisations de transport, et aux suivis des actions menées par les opérateurs afin de lever les verrous techniques du fait des problématiques nouvelles apparaissant ces dernières années concernant notamment la conversion d'ouvrages actuellement exploités (typiquement, gaz naturel) pour transporter d'autres types de fluide comme l'hydrogène : l'aptitude de ces canalisations existantes à recevoir de l'hydrogène en toute sécurité sera ainsi évaluée. Les

opérateurs participent ainsi à des projets de recherches européens et procèdent aux essais nécessaires pour lever ces verrous.

L'essor du marché de l'hydrogène nécessite en complément un cadre de normalisation et de certification ambitieux, s'appliquant de manière équitable à l'hydrogène produit nationalement comme l'hydrogène importé. Ce cadre est essentiel pour faciliter la constitution d'un marché européen et mondial, favoriser le développement à grande échelle, réduire le risque des investissements, et permettre le plein développement de la filière française de l'hydrogène : la France s'implique à cette fin avec sa filière dans le Forum européen de Haut Niveau sur la Normalisation afin d'accélérer l'introduction des normes techniques nécessaires aux équipements comme à la production de l'hydrogène. Des systèmes de certification de l'hydrogène uniformisés à l'échelle européenne garantiront aussi que les qualités de l'hydrogène produit en Europe comme importé soient au niveau du cadre réglementaire européen et de nos ambitions de décarbonation : l'hydrogène importé devra par ce biais pouvoir démontrer qu'il respecte les mêmes règles et conditions que celles auxquelles répondent les producteurs domestiques.

La France a investi significativement dans le domaine de la formation et des compétences par l'intermédiaire de son programme Compétences et Métiers d'Avenir (CMA) pour l'hydrogène. 41,5 M€ ont permis de déployer des programmes de sensibilisation et de formation dans 11 des 15 régions françaises : ils permettront de sensibiliser 100 000 travailleurs aux enjeux de l'hydrogène et de délivrer des formations techniques à 50 000 d'entre eux à des niveaux allant du Bac à Bac+5. Ce dispositif est complémentaire à des projets de formation déployés par des acteurs clés de la filière française de l'hydrogène pour leurs besoins internes tout en ouvrant leurs programmes à l'extérieur, par exemple la Hydrogen Academy de l'entreprise Symbio. L'Etat continuera à court et à moyen terme à accompagner le développement de la main d'œuvre qualifiée nécessaire à la filière par la mise en œuvre du CMA hydrogène.

Dans ce contexte, l'Etat poursuivra les mesures suivantes :

- Pour l'ensemble des projets industriels, déployer au travers des lois d'accélération des énergies renouvelables (APER) et Industrie Verte, les dispositifs appropriés pour faciliter les autorisations, les raccordements, et l'accès au foncier pour les projets stratégiques dans le domaine de l'hydrogène ;
- Adapter, avec les parties prenantes, le cadre réglementaire national, notamment en matière de sécurité, pour l'adapter aux spécificités de la production d'hydrogène, et sensibiliser l'écosystème à ces obligations ;
- Sensibiliser les acteurs de la filière à leurs obligations réglementaires, notamment pour le comptage de l'hydrogène afin de garantir la loyauté des échanges ;
- Soutenir le déploiement rapide des normes et des systèmes de certification nécessaire au développement du marché national, européen, et mondial de l'hydrogène, en veillant en particulier à assurer le même respect des règles européennes pour l'hydrogène produit nationalement comme importé de pays tiers sur la qualité de l'hydrogène produit et sa contribution à nos objectifs de décarbonation ;
- Continuer à soutenir le développement des formations et des compétences nécessaires à la filière de l'hydrogène pour disposer d'une main d'œuvre qualifiée par l'intermédiaire de son programme Compétences et Métiers d'Avenir.

CONTACT PRESSE

Cabinet d'Agnès Pannier-Runacher,
ministre de la Transition énergétique
01 40 81 13 25
presse.mte@climat-energie.gouv.fr

Cabinet de Roland Lescure,
ministre délégué chargé de l'Industrie
01 53 18 46 19
presse@industrie.gouv.fr



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*