

Trajectoire pour une grande ambition hydrogène à 2030

VOLET 2



Résumé
exécutif

Industriels et territoires concrétisent les ambitions

Étude – Décembre 2022

En 2020, la France s'est engagée pour le développement de l'hydrogène décarboné avec une Stratégie nationale ambitieuse. Dotée de 9 milliards d'euros (9 Md€) de soutien public pour faire décoller la filière industrielle et son déploiement sur le territoire national, elle vise à déployer 6,5 GW d'électrolyse à l'horizon 2030 et éviter ainsi l'émission de 6 millions de tonnes (Mt) de CO₂ par an.

En 2021, France Hydrogène publiait l'étude « Trajectoire pour une grande ambition hydrogène » qui déclinait cette stratégie en deux scénarios : le scénario « Ambition 2030 » avec un déploiement de capacités de production de 680 000 tonnes d'hydrogène renouvelable ou bas carbone et un second scénario « Ambition+ 2030 » avec une augmentation significative de ces quantités pour atteindre 1 090 000 tonnes d'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour répondre aux contraintes réglementaires du paquet Fit for 55. Sept grands bassins géographiques étaient identifiés, points d'ancrage d'un déploiement massif où la mutualisation de la production et des usages permettraient de réduire les coûts.

Dans la présente étude - volet 2 de la Trajectoire pour une grande ambition hydrogène à 2030, France Hydrogène confronte les scénarios prospectifs Ambition et Ambition+ à la réalité des projets engagés par les industriels et les collectivités dans les territoires. L'étude mesure le déploiement de la filière grâce aux indicateurs suivants à date et jusqu'à l'horizon 2030 :

- Les capacités de production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone installées,
- Les différents usages de l'hydrogène (industrie, énergie, mobilité),
- L'état des ressources et facteurs limitants nécessaires à l'exploitation de ces capacités.

Une méthode basée sur une collecte de données de très grande ampleur

Forte de sa représentativité et grâce à ses implantations dans toutes les régions, France Hydrogène a réalisé une collecte de données inédite dans les 12 régions métropolitaines permettant de faire remonter **plus de 250 projets et écosystèmes territoriaux**. Les entretiens qualitatifs organisés avec les Délégations régionales de France Hydrogène et les Conseils régionaux ont à la fois permis la collecte de données, mais également leur analyse et leur validation.

Les quantités affichées plus avant dans l'étude cumulent des projets dont les statuts sont très variables en maturité et en sécurisation, tandis que certains projets n'apparaissent pas car confidentiels à l'époque de la collecte de données.

France Hydrogène a également fait appel à des sources ouvertes pour les différentes catégories de données collectées (rapports et études, observatoires régionaux et nationaux, schémas directeurs régionaux, etc.) Les paramètres clés ont été étudiés **aux échelles nationale et régionale**.

Les usages de l'hydrogène

Les projets recensés totalisent une consommation d'hydrogène renouvelable et bas carbone d'environ **1 070 000 tonnes par an à 2030 en France**, soit des volumes supérieurs à ceux des objectifs de la Stratégie nationale hydrogène et similaires à ceux du scénario Ambition+ 2030. Les principales zones de consommation d'hydrogène se concentrent autour des bassins industriels et à l'intérieur des « bassins » géographiques définis par l'étude 2021.

Résumé exécutif

La décarbonation de l'industrie permet la massification des volumes...

Conformément aux scénarios 2021, la décarbonation de l'industrie reste la voie de massification privilégiée avec dans le même temps une diffusion des usages de mobilité et l'émergence des solutions de stockage énergétique de la filière mais avec des ordres de grandeur très différents :

	Scénario Ambition (en tH ₂ /an)	Scénario Ambition+ (en tH ₂ /an)	Déploiements projetés à 2030 (en tH ₂ /an) – décembre 2022
Industries	475 000	635 000	815 000
Mobilités	160 000	325 000	230 000
Energie	45 000	130 000	25 000
Total	680 000	1 090 000	1 070 000

Un focus sur la segmentation des usages industriels fait apparaître d'une part les usages « conventionnels » comme le raffinage ou la production d'ammoniac, conforte la **part de la sidérurgie mais met en lumière une part considérable et nouvelle dans la production de molécule de synthèse : plus de la moitié de la production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone est consommée par des projets visant la fabrication de e-méthanol ou d'e-carburants par exemple.**

▪ Raffinage	50 000
▪ Ammoniac « conventionnel »	20 000
▪ Molécules de synthèse	425 000
e-méthanol	205 000
e-carburants type SAF ou e-kérosène	165 000
autres besoins (e-methane, etc.)	55 000
▪ Sidérurgie	250 000
▪ Industrie diffuse	12 000
▪ Chaleur industrielle	6 500
▪ Autres (non précisés)	51 500

... quand les projets de mobilité permettent à l'hydrogène de se développer partout sur le territoire

L'étude montre que les **projets de mobilités notamment routière permettent un développement de l'hydrogène étendu à l'ensemble du territoire. 225 stations de recharge hydrogène ouvriront d'ici 2025 en France avec un minimum d'une dizaine de stations prévues dans chaque région**, généralement autour des principales agglomérations. Les projets de mobilités hydrogène représentent **environ 230 000 tH₂** d'ici 2030, soit environ 20 % des potentiels de production en France, dans la continuité des estimations réalisées en 2021.

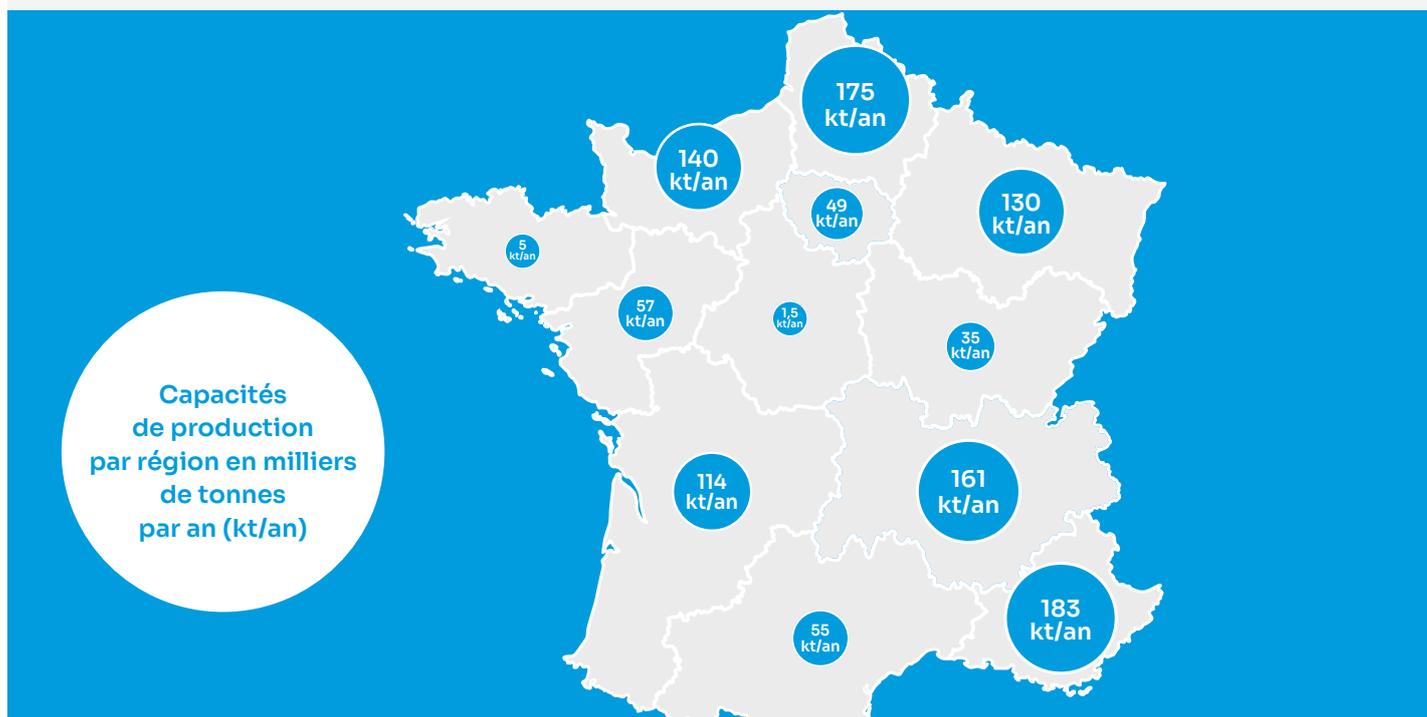
En ce qui concerne les usages ferroviaires, la mise en service de trains régionaux hydrogènes s'inscrit pleinement dans un développement territorial, via des lignes régionales non électrifiées. Les 14 rames de Régiolis H₂ commandées par 4 régions et déployées d'ici 2025 viendront remplacer les rames fonctionnant aujourd'hui au diesel grâce à des solutions zéro émission à l'usage et aux performances similaires : autonomie totale de 1 000 km dont 600 km grâce à 184 kgH₂ embarqués et un système pile à combustible d'environ 300 kW. Pour l'ensemble des **mobilités maritimes et fluviales**, l'hydrogène et les piles à combustible peuvent répondre à de nombreux besoins et cas d'usages comme en témoigne la trentaine de projets recensés sur l'ensemble du territoire : propulsion de navettes de passagers, de navires portuaires ou de bateaux dédiés à la navigation intérieure mais également des solutions de recharge à quai. Les solutions aujourd'hui en développement correspondent à des puissances allant de 200 kW à 2,5 MW avec plusieurs centaines de kilogrammes d'hydrogène comprimé ou cryogénique embarqués. Les défis techniques et réglementaires sont encore nombreux. Quant à la **décarbonation du secteur aérien**, il s'agit d'un enjeu majeur pour la pérennité de la filière. Même si le défi technique est de taille, les acteurs français de l'aéronautique misent sur plusieurs leviers de décarbonation, dont l'hydrogène que ce soit pour la propulsion (turboréacteur ou motorisation électrique alimentée par pile à combustible), les applications d'énergie à bord auxiliaires ou de secours ou encore la substitution du kérosène par du e-kérosène produit à partir d'hydrogène renouvelable ou bas carbone.

L'hydrogène a également un rôle à jouer pour des usages énergétiques. Il représente notamment une solution concrète pour répondre aux besoins de flexibilité du réseau électrique mais également pour les usages hors-réseau (boucles énergétiques locales et autonomes, sites isolés, groupes électrogènes, systèmes de secours, etc). Le segment correspondant à cet usage énergie est peu représenté à court et moyen terme dans les projets collectés dans le cadre de l'étude mais plusieurs expérimentations et projets de démonstration sont en cours. L'évolution du contexte énergétique et l'intégration croissante des EnR dans le mix électrique français pourraient faire évoluer le besoin à court terme, tandis que les infrastructures de transport et de stockage de l'hydrogène se développent.



Un potentiel de production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone identifié qui dépasse les objectifs de la Stratégie nationale

Au rythme actuel des projets déclarés, l'objectif de la Stratégie nationale Hydrogène établi à 6 500 MW de production en France à l'horizon 2030 pourrait être atteint, voire même dépassé. Le potentiel de production estimé se situe, en termes de tonnages, sur la trajectoire du scénario Ambition + avec environ **1 070 000 tonnes d'hydrogène à 2030**. L'électrolyse est très largement privilégiée par les acteurs de la filière (à plus de 95 %) mais au moins une dizaine de projets d'écosystèmes reposent sur la pyrogazéification de biomasse, autre technique de production permettant de s'intégrer dans une dynamique d'économie circulaire. Les fortes perspectives de déploiement sont identifiées sur l'ensemble du territoire français, avec **entre 15 et 25 projets de production d'hydrogène recensés par région**.



Une vraie **polarité apparaît dans la production d'hydrogène en France** avec, d'un côté, une large majorité de projets inférieurs à 3 MW_{eq.} (70 % de l'ensemble des projets collectés) et, de l'autre, des quantités d'hydrogène produites principalement par des projets supérieurs à 100 MW_{eq.} (80 % de l'ensemble des volumes pour seulement 24 projets).

Les projets de taille intermédiaire, malgré leur pertinence en termes de mutualisation des infrastructures et d'effets d'échelle, apparaissent, à ce stade, peu privilégiés.

La densité de plus en plus forte de projets importants ainsi que la **structuration d'écosystèmes territoriaux confirment l'émergence progressive de « bassins » hydrogène** comme démontré dans l'étude "Trajectoire pour une grande ambition hydrogène 2021".



Considérer la disponibilité des ressources

Sans être exhaustive sur les ressources à considérer, l'étude produit des enseignements qualitatifs sur le foncier et quantitatifs sur les énergies primaires renouvelables et bas carbone et les ressources en eau nécessaires à la production de plus d'un million de tonnes d'hydrogène par an à l'horizon 2030.

• Disponibilité des énergies primaires

En considérant que la production potentielle de plus de 1 million de tonnes d'hydrogène renouvelable et bas-carbone se ferait majoritairement par électrolyse, **cela requiert plus de 50 TWh d'électricité, soit 10% de la consommation totale d'électricité prévue par RTE dans son scénario de référence (M23) à 2030 (500 TWh)**, ce qui représente une part non-négligeable d'électricité allouée à la production d'hydrogène. Il est donc nécessaire de favoriser la production d'hydrogène par électrolyse à partir du réseau électrique français, accélérer le déploiement des énergies renouvelables (EnR) mais aussi soutenir la valorisation de la biomasse et des déchets afin de diversifier les modes de production d'hydrogène et les intrants nécessaires.

▪ Ressources en eau

Les prélèvements et la consommation d'eau générés par la production d'un million de tonnes d'hydrogène renouvelable et bas carbone sont compris entre 10 et 20 millions de mètres cubes d'eau². Quant à la consommation nette d'eau associée, elle représente donc 10 millions de mètres cubes. En comparaison des niveaux de prélèvement et de consommation d'eau totaux en France³, ces scénarios représentent moins de 0,1% des prélèvements et moins de 0,2% de la consommation d'eau. De tels **niveaux sont donc significatifs, mais pas particulièrement massifs** à l'échelle de la France, ainsi qu'à celle du secteur de l'énergie qui représente la moitié des prélèvements totaux et le tiers de la consommation en France⁴. L'impact de la filière hydrogène sur le stress hydrique n'est donc pas prépondérant à l'échelle nationale mais les spécificités territoriales et saisonnières doivent faire l'objet de la plus grande attention notamment pour les risques d'impact sur la chaîne d'approvisionnement de la production d'hydrogène.

▪ Disponibilité du foncier

Les stations de distribution et les usines de production ont besoin de surface au sol pour s'implanter. A titre d'exemple, une station de recharge pour une flotte de plusieurs dizaines de bus a une empreinte au sol moyenne comprise entre 900 et 1200 m². De plus, les surfaces nécessaires au développement de la filière hydrogène se trouvent régulièrement dans **des espaces déjà sous contrainte parfois avec des réglementations spécifiques** : zones industrielles denses, espaces portuaires ou aéroportuaires, agglomérations, etc. La disponibilité du foncier est donc une forte contrainte pour les projets de la filière hydrogène.

2 - Suivant la technologie d'électrolyse considérée, un prélèvement de 9 à 20 litres d'eau par kilogramme d'hydrogène produit est nécessaire, dont 9 litres de consommation nette (non rendue directement au milieu prélevé).

3 - 32 milliards de mètres cubes d'eau prélevés en 2017 et 5 milliards de mètres cubes consommés sur une moyenne 2008-2017, Eau et Milieux aquatiques, Edition 2020, Ministère de la Transition Ecologique

4 - D'après statistiques du Ministère de la Transition Ecologique, en moyenne entre 2008 et 2018 l'agriculture est le premier poste de consommation d'eau en France (45%), suivi du refroidissement des centrales électriques (31%) puis de l'eau potable (21%).



Conclusion et recommandations de la filière pour réaliser la trajectoire 2030

L'étude illustre le dynamisme des acteurs de la filière hydrogène – industriels et territoires – et la diversité des approches adoptées dans le cadre des projets. **La trajectoire de déploiement est en ligne avec les objectifs de la Stratégie nationale hydrogène avec un scénario correspondant à « l'Ambition+ » à 2030.** Néanmoins, les projets développés sur l'ensemble du territoire national dans le cadre d'écosystèmes territoriaux et recensés dans cette étude sont pour nombre d'entre eux, conditionnés par la mise en œuvre d'un cadre législatif et réglementaire complètement défini et stabilisé.

Pour réaliser la trajectoire 2030, la filière propose de mettre en œuvre en priorité les recommandations suivantes :

- **Sécuriser l'approvisionnement en énergie primaire et les conditions pour une production d'hydrogène décarboné compétitive :**
 - **Accélérer sur le déploiement des énergies renouvelables et pérenniser les capacités de production d'électricité bas-carbone.** Des schémas d'approvisionnement et de contractualisation de long terme doivent être élaborés afin de donner visibilité, sécurité et assurer une production d'hydrogène compétitive.
 - **Etablir un cadre incitatif pour faire décoller les projets hydrogène de taille intermédiaire** – de production (10-50MW) comme d'usages –, maillon essentiel et particulièrement pertinent du développement de l'hydrogène par bassins. Cela passe en premier lieu par une conception du mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné adaptée et ne créant pas un désincitatif à l'investissement dans ce type de projets.
 - **Diversifier les voies de production d'hydrogène décarboné** pour augmenter la résilience de notre système, sa capacité d'approvisionnement à terme en énergie primaire, et sa compétitivité. L'intégration des modes de production d'hydrogène par biomasse ou déchets dans les différents appels à projets et mécanismes de soutien est à ce titre essentielle, tout comme le développement simultané de différents modèles de raccordement des électrolyseurs, permettant de mobiliser des gisements inexploités d'énergies renouvelables (terrestres et/ou marines).
- **Mettre en place un cadre propice au développement des usages de l'hydrogène pour le transport routier.** Cet effort est nécessaire pour adresser l'ensemble des segments et typologies d'usages, relever le défi de la mise en place des Zones à Faibles Emissions mobilités (ZFE-m), en complémentarité avec les véhicules à batterie ; et transformer l'essai des investissements industriels stratégiques réalisés par l'Etat sur les équipementiers de la mobilité routière hydrogène dans le cadre de la 1^{ère} vague PIIEC Hy2Tech. France Hydrogène proposera à ce titre, début 2023, une combinaison de dispositifs complémentaires visant à déclencher la commande des 50 000 premiers VUL à hydrogène d'ici fin 2026. Cela impliquera notamment de mettre en place des modes de coordination de la commande publique et privée dans des logiques d'achat groupé.



Conclusion et recommandations suite

- **Accélérer sur la planification et la construction des infrastructures de transport et stockage d'hydrogène, notamment transfrontalières**, et ce, en articulation avec le plan CCUS ainsi que la planification de la décarbonation de l'industrie par grandes zones industrialo-portuaires et fluviales, annoncés par le Président de la République le 8 novembre 2022.

- **Finaliser la mise en place du cadre réglementaire, enjeu majeur pour le démarrage des projets et la prise de décisions d'investissements :**
 - L'arrêté sur les définitions de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone, le décret sur les garanties d'origine et de traçabilité de l'hydrogène, ainsi que le décret portant application de l'inclusion de l'hydrogène bas-carbone dans la TIRUERT (après le 1^{er} janvier 2023), sont vivement attendus par la filière.

 - Des clarifications et adaptations au cadre ICPE applicable aux installations d'hydrogène, sont également attendues. Cela implique d'abord l'instauration d'un seuil à 6 MW_{ELY} sous lequel les projets de production par électrolyse (ICPE 3420) ne seraient pas soumis à une évaluation environnementale, et la création d'un régime d'enregistrement (autorisation simplifiée) au-delà d'une tonne stockée pour l'ICPE 4715 (réglementation relative au stockage d'hydrogène). De manière plus générale, les seuils applicables et procédures afférentes doivent être adaptés aux nouveaux usages de l'hydrogène, suivant les recommandations du « *Pack réglementaire* » en cours d'élaboration.

En parallèle, il est indispensable de garantir au niveau européen un traitement équitable de l'hydrogène bas-carbone avec l'hydrogène renouvelable, disposition pivot pour la reconnaissance de la légitimité de la stratégie hydrogène française. A ce titre, les cibles européennes d'utilisation d'hydrogène renouvelables définies dans la directive révisée sur les énergies renouvelables (RED III), doivent pouvoir être ouvertes à l'hydrogène bas-carbone. De la même manière, les critères de production doivent être appliqués uniformément à l'hydrogène produit domestiquement, et à l'hydrogène importé (renouvelable comme bas-carbone).

