



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

POUR UN PLAN NATIONAL HYDROGÈNE AMBITIEUX & COHÉRENT

**LES
PROPOSITIONS
DE LA FILIÈRE
HYDROGÈNE**

21 Juillet 2020

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	3
Les investissements nécessaires au développement d'une filière française de l'hydrogène	5
Les bénéfices environnementaux	6
Les conditions de la réussite : 12 recommandations pour un Plan national ambitieux	7
Un nécessaire soutien à la demande pour amorcer le marché	8
Un soutien à la production d'hydrogène	8
Un soutien aux infrastructures hydrogène	9
Un soutien au développement d'une offre technologique française	10
Gouvernance	10
Partie 1 : L'hydrogène est la "clé de voute" de la transition énergétique	11
I. L'hydrogène est indispensable à la Transition Energétique de la France	12
II. L'hydrogène est au cœur de la stratégie énergétique européenne	14
Partie 2 : La France peut tirer les bénéfices d'un investissement rapide et massif	16
I. Les technologies sont prêtes et le passage à l'échelle peut démarrer	16
II. La France possède des atouts singuliers pour s'imposer comme un leader sur l'hydrogène	16
III. Un marché total de plus d'1 million de tonnes accessible économiquement dès 2030 en France	18
IV. Quels bénéfices pour la France ?	19
Partie 3 : Les conditions de réussite pour un Plan national ambitieux et cohérent	21
I. Un nécessaire soutien à la demande pour amorcer le marché	21
II. Un soutien à la production d'hydrogène	22
III. Les infrastructures au cœur du marché de l'hydrogène.	24
IV. Un soutien au développement d'une offre technologique française	28
V. Maintenir l'excellence en matière de recherche et d'innovation, développer les formations et les compétences	28
VI La France doit se positionner dans le futur marché international de l'hydrogène renouvelable	32
VII Une nécessaire gouvernance pour structurer le développement	33

Résumé

RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EST UN IMPÉRATIF, QUE L'HYDROGÈNE PERMET DE TRANSFORMER EN OPPORTUNITÉ.

En effet, ce vecteur énergétique permet de conjuguer décarbonation et réindustrialisation. Les premiers à investir significativement seront les grands gagnants d'une compétition mondiale récemment engagée.

Il est désormais acquis que l'hydrogène constitue un levier incontournable de la transition énergétique : il permet de décarboner des secteurs entiers de l'économie, en particulier ceux pour lesquels l'électrification est impossible, dans l'industrie, la mobilité, ou les usages du gaz. Il participe également à la montée en puissance des énergies renouvelables.

L'Union européenne a publié le 8 juillet dernier une stratégie hydrogène ambitieuse, fléchant les politiques publiques - à travers le Green Deal -, et ses outils de financement, dans le déploiement d'une filière considérée comme stratégique.

Plus largement, au niveau mondial, de nombreux pays lancent des plans d'investissement massifs dans le déploiement de l'hydrogène.

La transition générale vers des sociétés neutres en carbone rebat les cartes de la géopolitique de l'énergie, en redistribuant la valeur économique des vecteurs d'énergie entre les différents acteurs. L'hydrogène renouvelable ou bas carbone produit crée ainsi de la valeur localement, compte tenu de la part importante du capital dans les actifs de production (électrolyseurs, reformeurs équipés d'unités de captage et conditionnement du CO₂), valeur d'autant plus importante que ces technologies seront françaises et fabriquées en France, ou potentiellement en lien avec des partenaires européens ou proches de l'Europe (Maroc, Espagne, par exemple) dans le cadre de partenariats commerciaux, technologiques et économiques.

DANS CE CONTEXTE, LA FRANCE EST EN MESURE DE PRENDRE UNE PLACE DE LEADER, EN TIRANT BÉNÉFICE DE SES ATOUTS ET À CONDITION D'UN INVESTISSEMENT RAPIDE ET MASSIF.

Tandis qu'aujourd'hui peu de nations sont en capacité de décarboner efficacement la production d'hydrogène sur leur territoire, la maîtrise des technologies de production par électrolyse, biomasse, ou de captage et séquestration du CO₂ par les industriels français permet à la France de créer une filière compétitive de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone.

Elle dispose en effet :

- D'une communauté scientifique française de haut niveau, organisée et mobilisée sur la R&D pour des systèmes ou équipements hydrogène de haute valeur ajoutée ;
- D'un grand nombre d'acteurs industriels positionnés sur toute la chaîne de valeur : grands groupes (énergéticiens, constructeurs ou équipementiers) de rang mondial, champions industriels capables de se positionner sur des technologies clés, start-ups innovantes ;
- D'un potentiel de marché national captif pouvant servir de tremplin à la filière pour se projeter à l'export ;
- D'un mix électrique faiblement intensif en carbone ;
- De gisements renouvelables conséquents : hydroélectricité, éolien terrestre et maritime, photovoltaïque et biomasse ;
- D'infrastructures énergétiques et de transport de qualité ;
- D'une position géographique, lui permettant de profiter des opportunités offertes par le commerce international de l'hydrogène, au carrefour des grands axes européens, ainsi que d'une façade maritime favorisant, autour de hubs énergétiques, la création de nouvelles activités, par exemple dans les zones portuaires.

En s'appuyant sur ses atouts, et sur le cadre européen favorable qui se met en place, la France pourra tirer de larges bénéfices du déploiement de sa filière hydrogène : bénéfices environnementaux et renforcement de son indépendance énergétique, mais également bénéfices industriels et économiques. Le développement d'une filière française couvrant une part significative de la chaîne de valeur, ainsi que l'émergence de nouveaux marchés de l'hydrogène, contribuera à créer des emplois industriels et de services sur le territoire français.

LA RÉUSSITE EST CONDITIONNÉE À LA MISE EN ŒUVRE D'UNE STRATÉGIE AMBITIEUSE MOBILISANT RAPIDEMENT ET DE MANIÈRE COORDONNÉE LES ACTEURS PRIVÉS ET PUBLICS.

Pour investir en France, les acteurs industriels ont besoin d'un marché domestique, ce qui nécessite d'attirer les utilisateurs d'hydrogène (déploiement dans le transport et utilisateurs de la matière première dans l'industrie). Or, en 2030, la demande en France d'hydrogène renouvelable ou bas carbone représente un potentiel de plus d'1 Mt* dans les secteurs de l'industrie, de la mobilité, ou des réseaux de gaz. Pour déclencher ces marchés, un soutien de l'Etat dans les premières années est nécessaire, doit se porter simultanément sur plusieurs axes et se mettre en place rapidement si l'on veut être au rendez-vous des objectifs de décarbonation fixés au niveau national, et des opportunités de positions industrielles fortes pour les technologies et acteurs français.

* Mt : million de tonnes

AINSI LE NÉCESSAIRE SOUTIEN À LA FILIÈRE DOIT SE PORTER À 4 NIVEAUX :

- Un soutien à la demande pour amorcer le marché
- Un soutien à la production d'hydrogène
- Un soutien aux infrastructures
- Un soutien au développement d'une offre technologique française

Enfin un plan national hydrogène ambitieux pour la France ne peut faire l'économie d'outils de gouvernance dédiés, rassemblant les acteurs, afin de déployer cette vision stratégique de manière coordonnée.

Le plan que propose l'AFHYPAC, exprime la vision de l'ensemble des acteurs de la filière hydrogène en France. S'appuyant sur les projets de développement des industriels et des collectivités ainsi que sur les études menées récemment, il propose un ensemble de recommandations ainsi qu'un montant consolidé des investissements nécessaires pour atteindre les objectifs de la loi Energie-climat. Les bénéfices identifiés sont à la hauteur de l'effort financier requis et répondent parfaitement aux enjeux de la transition écologique et de réindustrialisation.

*Ce plan conduit à une trajectoire de déploiement des solutions hydrogène avec une cible à 2030 de près de **700 000 tonnes** d'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour un marché global estimé à cette date à environ **1,35 millions de tonnes**.*

*Cette production d'hydrogène nécessite la mise en exploitation, sur la période 2020-2030, de **7GW** d'électrolyseurs, ainsi que d'unités de CCS* associés aux vaporeformeurs actuels permettant de traiter **130 000 tonnes** par an. D'autres solutions pourront également contribuer à une production bas carbone d'hydrogène comme la thermolyse de biomasse.*

*Pour être en capacité de concrétiser ces objectifs, conformes à la PPE, les acteurs industriels et de la recherche doivent investir près de 24 milliards d'euros (**24 Mds€**) sur la période 2020-2030. Ils requièrent de la part de l'Etat un soutien à l'investissement à hauteur de **6,7 Mds€** et un soutien de **3,6 Mds€** à la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone.*

*Cette trajectoire permettrait de réduire les émissions dans tous les domaines (mobilités, réseaux de gaz, industries) pour atteindre plus de **4 Mt de CO2** évitées pour l'année 2030 et plus de **21 Mt de CO2** cumulées sur la décennie.*

*Sur la base des chiffres d'affaires estimés, cette filière en plein développement pourrait générer entre **120 000** et **250 000** emplois directs et indirects en France**, soit sous la forme de création d'emplois nets, soit sous la forme de requalification d'emplois existants à plus haute technicité.*

* Carbone Capture and Storage

** Source EY : 1 M€ investi génère entre 11 et 14 emplois directs et indirects (variables selon les secteurs). Selon les industriels, 1 emploi direct créé génère 4 emplois indirects.

LES INVESTISSEMENTS NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT D'UNE FILIÈRE FRANÇAISE DE L'HYDROGÈNE

Montants exprimés
en millions d'Euros

	PÉRIODE 2020-2023		PÉRIODE 2024-2030		TOTAL PÉRIODE 2020-2030	
	Investisse- ments (M€)	Montants Aides (M€)	Investisse- ments (M€)	Montants Aides (M€)	Investisse- ments (M€)	Montants Aides (M€)
R&D	380	300	402	324	782	624
Industrialisation	216	108	1 334	667	1 550	775
CAPEX Usages	1 910	776	19 417	4 575	21 327	5 351
TOTAL INVESTISSEMENTS	2 507	1 184	21 152	5 566	23 659	6 750
en complément de ce volet investissement il faut ajouter un soutien à la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone						
SUBVENTION DE SOUTIEN		578		3 031		3 609

Hypothèses de calcul des aides

R&D amont : 100%

R&D finalisée : 75%

Industrialisation : 50%

Soutien aux usages (hors véhicules) : 50%

Soutien à l'achat de véhicules : 50% du surcoût par rapport aux véhicules thermiques

Mécanisme de soutien : calculé en tenant compte de 50% d'aide à l'achat d'électrolyseurs

LES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

Réduction des émissions de CO2...	RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO2 CUMULÉES SUR LA PÉRIODE 2020-2030		RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO2 POUR L'ANNÉE 2030	
	Hydrogène consommé (t _{H₂})	t _{CO₂} évitées	Hydrogène consommé (t _{H₂})	t _{CO₂} évitées
... sur les mobilités	1 105 280	5 655 100	342 550	1 865 900
... sur les réseaux de gaz naturel	116 000	609 250	43 000	225 800
... sur les marchés de substitution (raffinage, ammoniac, autres...)	1 564 450	12 392 500	195 000	1 544 700
... sur la sidérurgie	400 000	2 464 600	100 000	616 200
TOTAL Réduction des émissions de CO2	3 185 730	21 121 450	680 550	4 252 600

LES CONDITIONS DE LA RÉUSSITE : 12 RECOMMANDATIONS POUR UN PLAN NATIONAL AMBITIEUX ET COHÉRENT

Le contexte international est dorénavant marqué par une reconnaissance du rôle incontournable de l'hydrogène dans une transition vers une économie neutre en carbone. De nombreux pays mettent en place des stratégies nationales pour prendre des positions sur les marchés en pleine croissance. La France a également des atouts à faire valoir : des initiatives territoriales nombreuses et variées ; des champions industriels sur des technologies clés ainsi que des grands groupes, présents sur toute la chaîne valeur et capables de tirer une filière créatrice de valeur localement ; une capacité de recherche et d'innovation parmi les meilleures au monde.

Son mix énergétique très décarboné lui offre une valeur ajoutée certaine pour lancer rapidement une filière compétitive de production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone, en priorité pour des secteurs industriels intensifs et difficiles à décarboner (chimie, sidérurgie, mobilités lourdes, etc.), avant de passer à une production de plus en plus renouvelable pour répondre à des usages variés.

La France est en mesure de prendre une position de leader, à condition que l'investissement dans les prochaines années soit particulièrement ambitieux. Aux côtés des investisseurs et des industriels, le soutien des pouvoirs publics pour donner le coup d'envoi nécessaire au passage à l'échelle se décline sur quatre volets :

- **Un soutien à la demande pour amorcer le marché**
- **Un soutien à la production d'hydrogène**
- **Un soutien à l'infrastructure**
- **Un soutien au développement d'une offre technologique française**

UN NÉCESSAIRE SOUTIEN À LA DEMANDE POUR AMORCER LE MARCHÉ

● Recommandation 1 : Coordonner la massification de la demande pour tirer les économies d'échelle d'acteurs industriels majeurs

La massification de l'achat public et privé est un levier central pour déclencher rapidement des économies d'échelle afin de donner de la visibilité aux industriels, dans le secteur de la mobilité comme dans l'industrie :

- Dans le secteur de la mobilité, à la coordination des clients finaux, publics ou privés, pour atteindre un pivot de rentabilité au niveau de la plateforme embarquée dans divers véhicules et la taille critique pour l'infrastructure de distribution afin de baisser le coût de l'hydrogène à la pompe ;
- Favoriser la mise en place de consortiums regroupant producteurs et consommateurs sur les territoires ;
- Favoriser l'implantation de solutions d'hydrogène renouvelable ou bas carbone sur les hubs industriels déjà consommateurs d'hydrogène comme les raffineries, la production d'ammoniac ou la sidérurgie (Fos/Berre/Lavéra, Le Havre/Port-Jérôme/Gravenchon, Dunkerque, Lyon/Vallée de la Chimie, Haut-Rhin, Nantes-Saint-Nazaire, etc.) ;
- Amorcer de nouveaux marchés chez les industriels fortement émetteurs de CO₂ (exemple des cimentiers) ;
- Promouvoir des procédures de dialogue compétitif sur des volumes massifs multi-acheteurs.

● Recommandation 2 : Aider à l'acquisition de véhicules à hydrogène et donner de la visibilité aux utilisateurs

- Maintenir, voire renforcer les aides existantes à l'acquisition de véhicules hydrogène, en particulier les dispositifs adoptés dans les précédents projets de loi de Finance afin d'encourager la mobilité à faibles émissions :
 - . Maintenir la spécificité accordée au véhicule à hydrogène dans le barème du bonus écologique ;
 - . Proroger le dispositif de suramortissement aux camionnettes de plus de 2,6t et aux poids lourds – en le transformant éventuellement en crédit d'impôt pour aider les entreprises à faire face aux conséquences économiques de la crise du Covid-19 ;
 - . Étendre ces dispositifs d'aide aux bus ou bennes à ordures ménagères (BOM) qui ne bénéficient d'aucune aide à l'acquisition ;
- Mettre en place des objectifs de décarbonation par type de marché consommateur d'hydrogène (raffinerie, ammoniac, etc.), ainsi que des incitations pour encourager

les industriels à utiliser de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone.

● Recommandation 3 : Faire évoluer la réglementation

Un certain nombre de textes d'application sont attendus à la suite de la loi d'Orientation des mobilités adoptée en décembre 2019 :

- Inclure un quota spécifique pour des véhicules à très faibles émissions dans le décret attendu sur le quota de verdissement des flottes des centrales de réservation (taxi et VTC) ;
- Rehausser les ambitions de l'ordonnance prévue par le gouvernement pour transposer la directive 2019/1161 du 20 juin 2019 relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie : les quotas prévus pour la part des véhicules à très faibles émissions constituent des leviers pertinents pour amorcer un volume minimal et conséquent de véhicules hydrogène en circulation, en ciblant les flottes d'entreprises et de collectivités territoriales ;
- Poursuivre les travaux engagés avec les services de l'Etat dans le cadre des Engagements pour la croissance verte, afin de créer un cadre réglementaire favorable pour le développement des technologies de l'hydrogène ;
- Instruire et accompagner sans tarder la création de centres internationaux de qualification, par exemple pour la certification de composants hydrogène haute pression pour la mobilité routière, l'aéronautique, le maritime, le fluvial, le ferroviaire ;
- Soutenir et faciliter le déploiement des stations multi-énergies à travers les règles régissant la configuration des stations de distribution pour carburants alternatifs.

UN SOUTIEN À LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

● Recommandation 4 : Transposer dans les meilleurs délais la directive RED II

Celle-ci doit être transposée au plus tard en 2021 en France. Elle va jouer un rôle structurant dans l'ensemble du secteur du transport en imposant un objectif contraignant de 14% de carburants renouvelables aux fournisseurs de carburants :

- Assurer la pleine reconnaissance, comme une option éligible de mise en conformité, de l'hydrogène renouvelable utilisé pour la désulfuration dans les raffineries ;
- Affecter à l'hydrogène renouvelable produit par électrolyse et utilisé directement dans le transport un coeffi-



cient multiplicateur de 4, comme c'est le cas pour l'électrification directe d'un véhicule ;

- Mettre en avant ammoniac décarboné, e-méthanol, méthane de synthèse, carburants de synthèse et biocarburants intégrant de l'hydrogène renouvelable pour lancer une industrie nationale sur de nouveaux usages, tandis qu'une demande de marché pour ces nouveaux carburants est déjà en train d'apparaître en Europe en réponse à la RED II.

● **Recommandation 5 : Garantir la traçabilité de l'hydrogène produit et établir un dispositif de garanties d'origine**

Le Plan National Hydrogène, présenté par le Gouvernement en juin 2018, prévoit de *"mettre en place dès 2020 un système de traçabilité de l'hydrogène, s'inscrivant dans le cadre européen en cours de discussion (révision de la directive relative aux énergies renouvelables)"* (mesure 2). Les acteurs de la filière travaillent aux côtés des services de l'Etat pour élaborer un mécanisme de traçabilité de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone ainsi que le futur cadre des garanties d'origine, comme le prévoit la loi Energie-climat de novembre 2019.

- Adopter le système existant de Garanties d'Origines soutenu par l'ensemble des industriels au niveau européen dans le cadre du projet CertifHy, financé par le FCH JU, qui offre aux Etats une infrastructure de gestion complète et une porte vers un marché européen plus liquide.

● **Recommandation 6 : Etablir sans délai un mécanisme de soutien à la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone**

Un outil de soutien public est nécessaire au déploiement de l'hydrogène renouvelable et bas carbone compte tenu de son coût de production encore supérieur au coût de l'hydrogène d'origine fossile. L'article 52 de la loi Energie-climat prévoit l'établissement d'un cadre de soutien, afin de réaliser les objectifs fixés de décarboner 20 à 40% de l'hydrogène consommé à 2030. L'AFHYPAC propose de privilégier des procédures de mise en concurrence, sous la forme d'appels d'offres annuels avec subvention de soutien.

- Travailler dans les meilleurs délais avec les acteurs de la filière sur la base de la proposition formulée par l'AFHYPAC à l'automne 2019.

UN SOUTIEN AUX INFRASTRUCTURES HYDROGÈNE

● **Recommandation 7 : Mettre en place l'infrastructure de recharge nécessaire pour le déploiement à grande échelle de la mobilité hydrogène**

En l'état actuel de l'avancement des projets, les objectifs de déploiement des véhicules et stations prévus dans la

PPE à 2023 (5000 VUL, 200 VL et 100 stations) seront largement atteints, voire dépassés. Accélérer le déploiement à grande échelle exige de :

- S'appuyer sur la révision de la directive sur les infrastructures pour carburants alternatifs (AFID) et du règlement sur les réseaux transeuropéens de transport (RTE-T) en 2021 pour renforcer les ambitions dans le déploiement de la mobilité hydrogène en France ;
- Dé-risquer le business model des infrastructures grâce à une logique de contractualisation de l'achat d'hydrogène par des mécanismes de type 'take or pay' sur le long terme avec les clients lors de l'achat des véhicules, ou grâce à tout autre mécanisme permettant de dé-risquer les investissements.

● **Recommandation 8 : Créer le cadre de déploiement des infrastructures gazières dédiées à l'hydrogène**

Pour faciliter le passage à l'échelle des écosystèmes hydrogène territoriaux, la mise à disposition d'infrastructures de transport d'hydrogène dédiées connectées et en accès ouvert pour les producteurs et les consommateurs, permettra de relier les zones de production aux zones de consommation. La réutilisation d'actifs gaziers existants faciliterait un déploiement de l'hydrogène au meilleur coût pour l'ensemble des acteurs et limiterait les risques de voir apparaître des coûts échoués. Une telle vision des réseaux de transport d'hydrogène issus de pipelines de gaz naturel s'appuie sur l'existence de nombreuses artères "doublées" du réseau de gaz, qui pourront être converties à l'hydrogène au fur et à mesure, lorsque les besoins d'alimentation des clients gaz naturel viendront à diminuer. Dès 2030, en fonction de l'évolution du marché du gaz et en complémentarité avec d'autres solutions logistiques (transport routier, fluvial, ferroviaire), certaines portions du réseau de gaz pourraient être converties à l'hydrogène et venir consolider les premiers écosystèmes territoriaux.

- Définir et mettre en place un cadre favorable pour l'expérimentation du développement et de l'exploitation d'infrastructures d'hydrogène énergie, y compris par la conversion d'infrastructures gaz ;
- Prendre en charge dans la régulation économique des opérateurs gaziers la préparation et la réalisation de la conversion d'une partie de leurs infrastructures du gaz vers l'hydrogène ;
- Préparer un cadre d'accès des tiers et de régulation économique de ces infrastructures d'hydrogène énergie au bénéfice du développement de toutes les formes de production et de consommation susceptibles de s'y connecter ;
- Définir une spécification à 10% d'hydrogène en mélange à horizon 2030 comme cible pour l'ensemble de la filière gaz, afin de permettre aux opérateurs d'infrastructures d'adapter leurs ouvrages et leurs modes d'exploitation pour atteindre cette cible ;

- Déterminer les différentes opportunités logistiques de transport de l'hydrogène par route, voies fluviales ou ferroviaires ;
- Mobiliser et aider les équipementiers, et les consommateurs de gaz, pour définir et déployer les solutions d'adaptation.

UN SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT D'UNE OFFRE TECHNOLOGIQUE FRANÇAISE

● Recommandation 9 : Construire et soutenir une vision industrielle française ambitieuse dans le cadre de l'IPCEI hydrogène

La participation de la France au Projet important d'intérêt européen commun (IPCEI) Hydrogène offrira un cadre pour développer une offre technologique française en accompagnant nos industriels dans l'industrialisation des outils de production sur le territoire national et permettra d'assurer le soutien à l'investissement

- Organiser les travaux avec les acteurs positionnés sur les différents segments de la chaîne de valeur afin de consolider une "équipe de France" de l'hydrogène.

● Recommandation 10 : Maintenir l'excellence en matière de R&D&I, développer la formation et les compétences associées au déploiement des solutions de la filière

Pour se positionner dans la course mondiale, les industriels français doivent continuer à innover pour renforcer leur différenciation et leur excellence technologique sur certaines technologies clés. Pour cela, ils peuvent s'appuyer sur des centres de recherche reconnus, de haut niveau et structurés comme le CNRS avec la fédération de recherche FRH2 et le CEA avec notamment le LITEN qui leur garantissent des innovations à court et long terme.

- Soutenir les initiatives IFHy et H2Lab mises en place par les acteurs de la recherche et les industriels pour renforcer le continuum recherche-industrie et mutualiser les outils de développement et qualification des solutions ;
- Soutenir les actions de R&D amont, notamment via un programme pluri-annuel de grande ampleur de l'ANR fléché sur l'hydrogène pour produire des connaissances scientifiques et technologiques nouvelles ;

- Identifier avec les acteurs de la filière les technologies clés sur lesquelles la France peut prendre des positions stratégiques ;
- Soutenir le développement de nouvelles filières de formation autour de l'hydrogène, de l'infra-bac au doctorat.

● Recommandation 11 : Soutenir la filière française à l'exportation dans les futurs marchés de l'hydrogène

La France doit s'appuyer sur sa filière d'excellence pour saisir les opportunités de nouveaux marchés internationaux : marché des technologies d'une part et commerce international de l'hydrogène et ses dérivés d'autre part -, et les coupler à une stratégie de partenariats ciblés entre Etats. Pour cela l'Etat français doit se saisir rapidement du sujet pour définir son positionnement dans le cadre de ces futurs échanges internationaux :

- Co-construire avec les acteurs, une "équipe de France" alliant grands groupes et PME, accompagnés par un dispositif de soutien à l'exportation ;
- Construire des partenariats étatiques stratégiques avec certains pays-cibles.

GOVERNANCE

● Recommandation 12 : Mettre en place une gouvernance pour structurer le déploiement de l'hydrogène en France

La structuration et la promotion en Europe et à l'international d'une filière française compétitive de l'hydrogène nécessite la mise en place d'une gouvernance, alliant les pouvoirs publics nationaux et les acteurs de la filière. La mise en place d'une Task force interministérielle est une première étape positive qu'il faut maintenant consolider :

- Bâtir un cadre clair et transparent fondé sur la stratégie nationale ;
- Coordonner le déploiement sur les territoires en s'appuyant sur les outils de planification existants, en les articulant entre eux.

L'HYDROGÈNE, "CLÉ DE VOUTE" DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

L'hydrogène est un des leviers essentiels de la transition énergétique car il permet de flécher d'importantes quantités d'énergies renouvelables vers les secteurs difficiles à décarboner :

LA MOBILITÉ

Alimentés en hydrogène produit à partir de sources renouvelables ou bas carbone, les véhicules électriques à pile à combustible (FCEV) n'émettent aucun polluant tout en apportant les mêmes performances que les véhicules thermiques (autonomie, rapidité du temps de recharge). Complémentaires des véhicules électriques à batterie (BEV), les FCEV permettent d'adresser les segments de la mobilité sur lesquels la batterie ou l'infrastructure de recharge électrique atteignent leurs limites : usages intensifs ou longue distance, sollicitation excessive du réseau, mobilité lourde ou de forte puissance, etc.

L'INDUSTRIE

L'hydrogène produit à partir de sources renouvelables ou bas carbone peut remplacer l'hydrogène issu des combustibles fossiles utilisé dans l'industrie (raffineries, ammoniac, produits chimiques, etc.) mais également offrir une solution à des applications fortement émettrices de CO₂, avec éventuellement des modifications de processus industriels (sidérurgie, etc.). Dans le cadre d'un plan de relance et de réindustrialisation, il peut également permettre de lancer de nouvelles activités industrielles (molécules de synthèse par exemple).

LES APPLICATIONS GAZIÈRES

L'hydrogène produit à partir d'énergies renouvelables ou bas carbone est un gaz propre qui peut être injecté dans les canalisations en substitution du gaz naturel fossile. A court terme, cette application peut permettre de déclencher des investissements dans des capacités de production d'électrolyseurs et constituer pour les opérateurs d'électrolyseurs une source de revenu complémentaire aux ventes pour les applications industrielles et de mobilité, améliorant ainsi la rentabilité économique de leurs installations.

LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

L'hydrogène peut également servir à la production électrique à diverses échelles, à travers une pile à combustible (de quelques kW à quelques MW*) ou dans des moyens thermiques classiques (substitution, mélange ou électro-fuels / efuels). Les applications de ces systèmes incluent la production électrique pour injection sur le réseau, la fourniture d'électricité pour des sites isolés en remplacement de générateurs diesel (en combinaison avec des énergies re-

nouvelables et des batteries), la fourniture d'électricité de secours pour les applications critiques, l'alimentation à quai des navires dans les ports, la production d'énergie autonome pour des bâtiments, etc.

L'hydrogène est également un facilitateur pour l'intégration massive de sources d'électricité renouvelable variable (éolien, solaire PV, ...) dans le système énergétique. En effet, les électrolyseurs sont des moyens de flexibilité et peuvent fournir des services d'équilibrage au réseau électrique (réserve primaire, etc.), en complément de la fourniture d'hydrogène pour des applications industrielles ou de mobilité.

Dans un système énergétique alimenté par une contribution élevée d'énergies renouvelables variables, l'hydrogène permet de renforcer la résilience du système grâce au couplage sectoriel permettant de relier les secteurs électriques, les réseaux de gaz naturel, le secteur de la mobilité et les débouchés industriels. Cette particularité permet de bénéficier de la flexibilité intrinsèque des secteurs en aval pour mieux absorber les variabilités de la production d'énergies renouvelables, notamment sur des pas de temps longs (semaines, mois, années) pour lesquels les batteries ou l'effacement sont inopérants.

En outre, les débouchés de l'hydrogène (mobilité, industrie, etc.) constituent de nouveaux marchés adressables pour les producteurs d'énergies renouvelables dans un contexte de sortie progressive des obligations d'achats. Certains de ces segments (grande industrie, alimentation de flottes captives...) peuvent en outre offrir une visibilité à long-terme sur les prix et les volumes réduisant l'exposition des producteurs à la volatilité des marchés de l'électricité.

Dans un modèle plus global, tel que l'a présenté l'AIE dans son rapport pour le G20, et s'appuyant sur les coûts très bas des énergies renouvelables dans certaines parties du monde (entre 10 et 15 €/MWh) et des technologies d'électrolyse, l'hydrogène ou ses produits dérivés (méthanol, ammoniac...) feront l'objet d'un commerce international entre les régions bénéficiant de gisements d'énergie renouvelable abondante et bon marché - solaire PV dans le Sud de l'Europe, éolien off-shore en mer du Nord, Scandinavie ou au delà : Afrique du Nord, Chili, Australie, Pays du Golfe... et des consommateurs à très grande échelle en Europe ou ailleurs (raffineries, centrales à cycle combiné, etc.).

* MW : mégawatt

L'établissement d'un cadre partenarial bilatéral de long terme sera souvent une condition nécessaire à l'établissement de relations commerciales et d'opportunités à l'exportation. C'est déjà le cas entre l'Allemagne et le Maroc, le Japon et l'Australie, la nouvelle Zélande ou Brunei etc. Dans cette vision, également mise en avant récemment par Hydrogen Europe¹, et reprise par la Commission européenne dans sa Stratégie Hydrogène, l'hydrogène pourrait être transporté via les réseaux existants de gaz naturel, la construction de canalisations dédiées, sous forme liquide ou grâce à d'autres vecteurs tels que l'ammoniac, le méthanol de synthèse ou les LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier).

I. L'HYDROGÈNE EST INDISPENSABLE À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE

Selon une étude réalisée par le cabinet McKinsey publiée en avril 2018², l'hydrogène renouvelable ou bas carbone pourrait répondre à 20 % de la demande finale d'énergie à 2050 en France, et contribuer à décarboner l'ensemble des secteurs de l'économie française pour passer de 0,9 Mt – la demande actuelle – à 5,5 Mt en 2050, et ce dans sept domaines d'application.

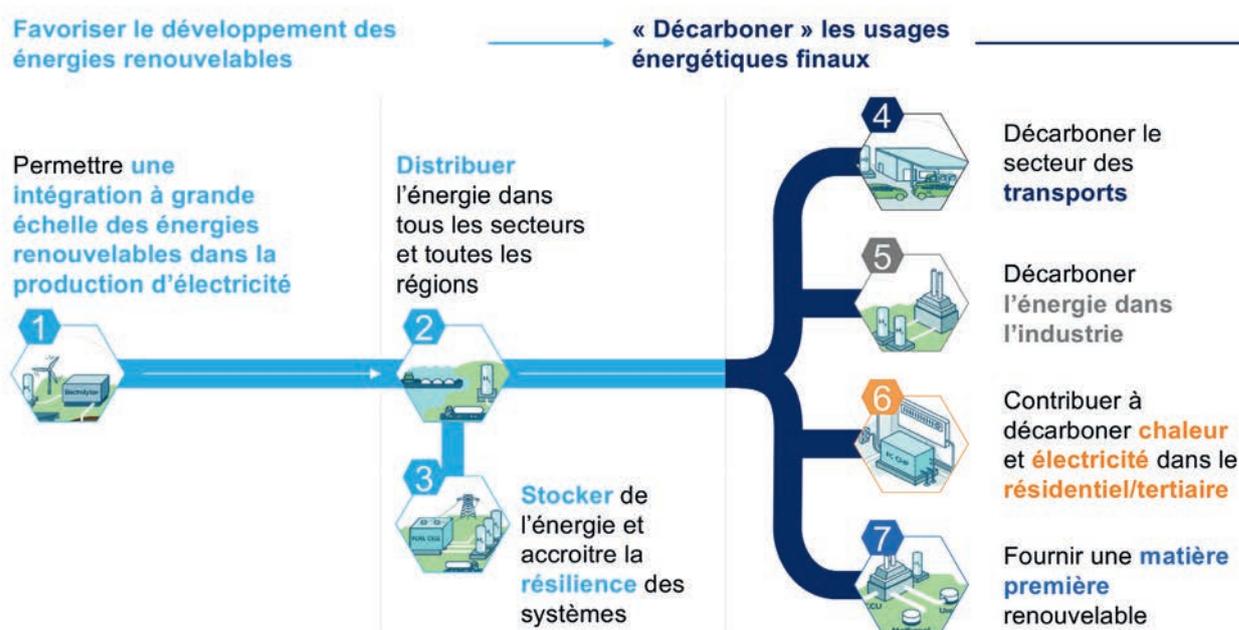
TRANSPORTS

D'ici 2050, l'hydrogène pourrait alimenter pas moins de 18 % du parc des véhicules pour le transport de passagers et de fret, en complémentarité avec les véhicules électriques à batterie. S'agissant des autobus et des camions, en 2050, environ un bus sur quatre et un camion sur cinq pourraient fonctionner à l'hydrogène. Concernant les voitures particulières, la technologie FCEV sera complémentaire de la technologie BEV, pour répondre aux différentes préférences des clients (environ 20 % du parc d'ici 2050), et les taux d'adoption seront probablement les plus élevés dans les zones à densité de population très forte ou, à l'inverse, très faible.

CHAUFFAGE ET ALIMENTATION EN ÉNERGIE DES BÂTIMENTS

Dans le secteur du bâtiment, l'adoption de l'hydrogène pourrait être portée par son introduction dans le réseau de transport et de distribution du gaz naturel. A cet égard, le Code de l'énergie français a porté à 10 % la part que devra représenter le gaz renouvelable dans la consommation globale de gaz à l'horizon 2030, objectif que certaines entreprises françaises de service public envisagent de porter à 30 % pour 2030 et 100 % pour 2050. En 2050 l'hydrogène (pur ou sous forme de méthane de synthèse) pourrait ainsi représenter près d'un tiers du mix de gaz et environ 12 % de la demande d'énergie des bâtiments.

FIGURE 1 - LES RÔLES DE L'HYDROGÈNE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE (source : "Développons l'hydrogène pour l'économie française", McKinsey, avril 2018)



¹ https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Europe_2x40%20GW%20Green%20H2%20Initiative%20Paper.pdf

² https://www.afhyprac.org/documents/actualites/pdf/Afhyprac_Etude%20H2%20Fce_VDEF.pdf

^{*} GW : gigawatt

ÉNERGIE ET MATIÈRE PREMIÈRE POUR L'INDUSTRIE

L'hydrogène constitue une option pour décarboner les procédés difficiles à électrifier directement, telle que la chaleur industrielle à haute température. Selon cette vision, l'hydrogène a le potentiel pour constituer en 2050 près de 10 % de l'énergie dans l'industrie. L'hydrogène propre pourrait aussi servir à décarboner les utilisations actuelles de l'hydrogène en tant que matière première du secteur du raffinage et de la chimie, associé au captage de carbone. L'hydrogène pourrait également servir de réducteur, pour des procédés d'élaboration décarbonée de l'acier (DRI), et pourrait être employé dans la production de plus de 11,5 Mt d'acier. Elle pourrait également permettre de développer de nouvelles activités industrielles.

INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Le gouvernement français a fixé des objectifs ambitieux de production renouvelable (40% en 2030). Certains scénarios vont jusqu'à envisager une part des énergies renouvelables variables (VRE) de 70 % du mix énergétique français. L'hydrogène pourra contribuer à l'intégration de ces nouvelles capacités en tant que nouveau gisement de flexibilité.

STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Le système énergétique de la France dispose actuellement d'une capacité de stockage correspondant à près de 20 % de la demande finale de gaz naturel. L'hydrogène, comme moyen de stockage de longue durée de l'électricité, pourrait aussi servir de réserve dans un système énergétique

intégrant massivement les énergies renouvelables variables. L'hydrogène peut être stocké dans des cavités souterraines, comme c'est le cas aujourd'hui pour le gaz naturel.

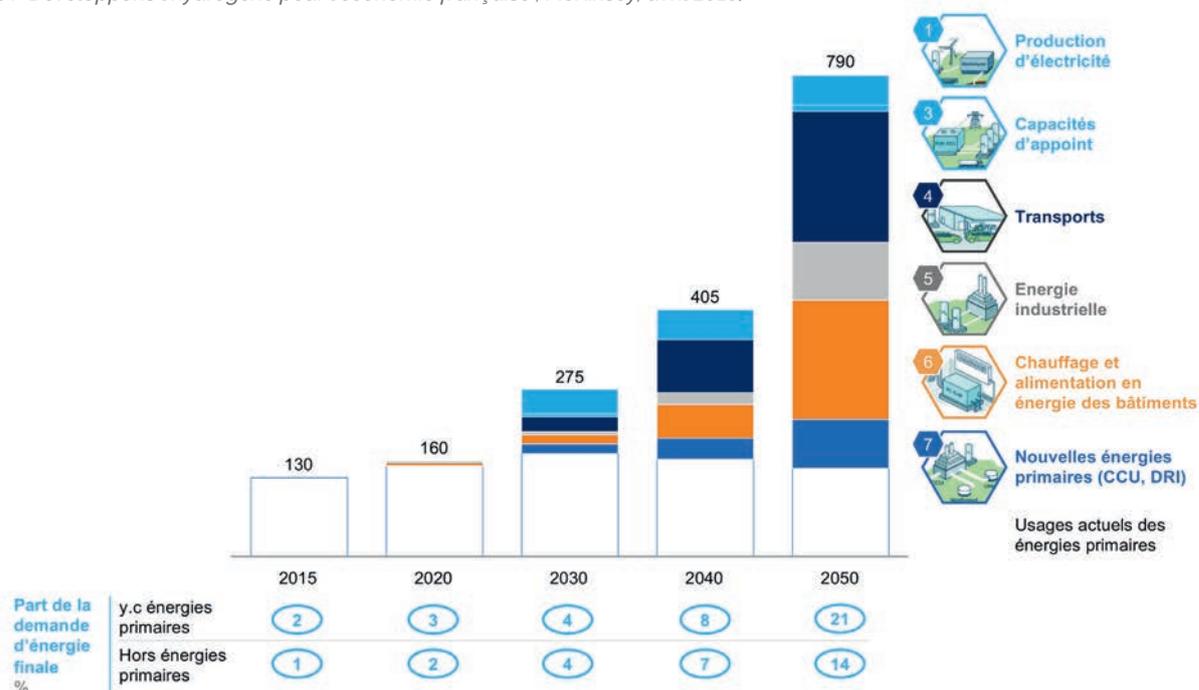
CONQUÊTE DE NOUVEAUX MARCHÉS À L'EXPORTATION ET IMPORTATIONS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

Comme évoqué précédemment, l'hydrogène pourrait permettre à la France d'importer des énergies renouvelables depuis le Sud de l'Europe, l'Afrique du Nord ou d'autres régions du globe bénéficiant de gisements d'énergies renouvelables abondants et bon marché. Cette éventualité devra être associée étroitement à des partenariats avec le pays ciblé en co-développant avec lui les capacités humaines et technologiques et en contribuant à les déployer industriellement en fournissant les technologies françaises.

PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE

l'hydrogène renouvelable ou décarboné peut être produit par de nombreux moyens : électrolyse centralisée ou distribuée, thermolyse et pyrolyse de biomasse, vaporé-formage du biométhane ou du gaz naturel allié au captage du carbone, pyrolyse du méthane, photocatalyse. Cette production est appelée à monter en puissance rapidement pour alimenter les nouveaux usages et se substituer à l'hydrogène d'origine fossile ("gris") dans l'industrie. Conformément aux objectifs de la loi Energie-climat, 20 à 40% de la consommation française d'hydrogène en 2030 devra provenir d'une source renouvelable ou bas carbone.

FIGURE 2 - ÉVOLUTION PROJETÉE DE LA DEMANDE EN HYDROGÈNE EN FRANCE JUSQU'À 2050
(source : "Développons l'hydrogène pour l'économie française", McKinsey, avril 2018)



II. L'HYDROGÈNE EST AU CŒUR DE LA STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE EUROPÉENNE

LA STRATÉGIE EUROPÉENNE EN FAVEUR DE L'HYDROGÈNE

La Stratégie hydrogène publiée par l'Union européenne le 8 juillet 2020 fixe une feuille de route d'ici 2050 pour garantir un passage à l'échelle de la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone et assurer le déploiement d'infrastructures de transport, de stockage et de distribution. L'hydrogène y est positionné comme un vecteur essentiel pour la décarbonation de secteurs clés n'ayant pas d'autres alternatives.

Ainsi dès 2024, la Commission européenne vise 1 Mt de production d'hydrogène par électrolyse à l'échelle de 6 GW. D'ici 2030, cet objectif passe à 10 millions de tonnes et 40 GW d'électrolyse, avec des investissements totalisant entre 24 et 42 milliards d'euros, en cohérence avec l'initiative 2x40 GW proposée par Hydrogen Europe³. Ce passage immédiat à l'échelle est la clé pour la compétitivité de la filière, vers des prix de production de l'hydrogène autour de 1 à 1,5 €/kg compétitifs avec l'hydrogène fossile, voire dans une phase ultérieure avec le gaz naturel fossile pénalisé par la taxe carbone. C'est aussi la clé pour affirmer le leadership de l'Europe sur l'industrie de l'électrolyse, axe majeur de réindustrialisation potentielle pour le continent avec à terme 1 million d'emplois directs et indirects estimés.

La Stratégie met également l'accent sur la possibilité d'importer vers les principaux centres européens de demande des énergies renouvelables sous forme d'hydrogène à partir de pays tiers disposant d'énergies renouvelables abondantes et potentiellement bon marché (Afrique du nord, Ukraine...) et sur l'utilisation des infrastructures existantes de gaz naturel pour assurer le transport.

LA CLEAN HYDROGEN ALLIANCE

Pour atteindre ces objectifs, l'Alliance pour l'Hydrogène Propre (Clean Hydrogen Alliance) également été lancée officiellement le 8 juillet 2020, comme partie intégrante de la nouvelle Stratégie Industrielle Européenne. Cette alliance réunit des investisseurs et des partenaires gouvernementaux, institutionnels et industriels, en s'appuyant sur le modèle réussi d'alliances industrielles existantes et sur le travail effectué dans le cadre du FCH JU⁴. Elle a pour vocation d'accélérer la réalisation de projets concrets afin de maintenir le leadership européen.

LE PLAN DE RELANCE EUROPÉEN ET LE GREEN DEAL

Le plan de relance écologique de l'Union Européenne (Next Generation EU) prévoit d'allouer plusieurs milliards d'euros sur la rénovation des bâtiments, les énergies renouvelables et l'hydrogène, ainsi que sur le ferroviaire et l'économie circulaire.

Elaboré par la Commission européenne, ce plan doit aider l'économie de l'UE à sortir de la crise du COVID-19. Doté au total d'environ 1 000 milliards d'euros, le "Green Deal" devrait se situer au cœur de l'effort de relance de l'UE.

Le plan de relance propose de se concentrer en parallèle sur les énergies renouvelables et sur l'hydrogène, indiquant que les deux sont nécessaires pour une décarbonation en profondeur. « Sans une croissance durable du marché des énergies renouvelables, il n'y a pas d'avenir pour l'hydrogène propre en Europe, alors que la technologie de l'hydrogène durable a un rôle crucial à jouer dans la décarbonation de l'économie », souligne le document.

Les fonds attribués à l'hydrogène, qui s'élèvent aujourd'hui à 650 M€, vont doubler, et 10 Mds€** seront investis dans le développement de cette technologie sur les 10 prochaines années.

Afin d'augmenter la production d'hydrogène propre, la Commission Européenne a également l'intention de prendre un "engagement pour 1 Mt d'hydrogène propre". Cela comprendra un projet pilote de "contrats carbone pour la différence" (CCfD) destinés à soutenir la production d'hydrogène propre. Ce système aurait vocation à combler la différence entre le prix d'exercice du CO₂ et le prix réel du CO₂ dans le système ETS⁵ afin de réduire l'écart de coût entre l'hydrogène conventionnel et l'hydrogène propre. La filière française doit bien entendu se positionner par rapport à cet outil dès qu'il sera mis en place.

LES NOUVEAUX INSTRUMENTS DE SOUTIEN À LA FILIÈRE

Un IPCEI spécifique à l'hydrogène est actuellement en cours de développement au niveau européen, à travers des Appels à Manifestations d'Intérêt lancés par plusieurs Etats membres, dont la France. Si le mécanisme a déjà été utilisé par le passé pour les batteries et la micro-électronique, l'IPCEI hydrogène s'annonce d'ores et déjà historique en taille. En effet, de nombreux projets à l'échelle (> 100MW, voire > 1GW) ont été déposés, ou sont en cours de dépôt et permettent d'anticiper une taille globale inédite par rapport aux précédents IPCEI.

³ Cette initiative propose le déploiement simultané d'ici à 2030 de capacité d'électrolyse à hauteur de 40 GW sur le sol européen (essentiellement dans les zones bénéficiant de gisements d'énergies renouvelables abondantes et bon marché), et 40 GW dans les pays tiers (Ukraine, Afrique du Nord)

⁴ Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking ; partenariat public privé associant la Commission européenne, les industriels (Hydrogen Europe), et le secteur de la recherche (Hydrogen Europe research) pour financer les projets hydrogène (budget total : 1,33Md€ sur la période 2014-2020).

⁵ Emissions Trading System

* M€ : million d'euros

** Mds€ : milliards d'euros



En parallèle, de nouveaux mécanismes de soutien sont élaborés au niveau européen pour accélérer la transition énergétique en dé-risquant les projets à très grande échelle, susceptibles de générer des impacts environnementaux très importants. C'est le cas de l'ETS Innovation Fund, ouvert le vendredi 3 juillet 2020 par la DG CLIMA pour une date limite de dépôt fixée à octobre 2020. Ce guichet, alimenté par les revenus du marché carbone, disposera de 10 milliards d'euros jusqu'à 2030 pour soutenir des projets dans les secteurs industriels intensifs en énergie, les renouvelables, le stockage d'énergie et le Capture, Utilisation et Sequestration du Carbone (CCUS).

PLAN DE RELANCE

L'Allemagne affirme sa volonté d'être un leader mondial sur l'hydrogène

A la faveur de l'effort budgétaire post-coronavirus, Berlin a décidé d'investir 9 milliards des 130 milliards d'euros de son plan de relance dans le développement des technologies hydrogène. L'objectif clairement annoncé est de faire de l'Allemagne le numéro Un mondial de l'hydrogène d'ici une décennie. La feuille de route présentée par le gouvernement s'articule autour de deux volets :

- 7 Mds€ mobilisés afin de développer la recherche, les infrastructures et la mise en place des conditions-cadres nécessaires à la production de 5 GW d'hydrogène issu de sources d'énergies renouvelables d'ici à 2030, avec un objectif de 10 GW d'ici 2035-2040 ;
- 2 Mds€ d'euros supplémentaires pour développer et sécuriser son approvisionnement au travers de partenariats internationaux.

Souhaitant privilégier la production d'hydrogène par électrolyse, le gouvernement estime que les 5 GW prévus à l'horizon 2030 produiront 20 TWh d'électricité renouvelable soit 14 TWh d'hydrogène propre. Cette ambition nécessitera donc un fort développement des énergies renouvelables. Des mesures spécifiques sont, à ce titre, prévues pour créer un cadre plus attractif pour le développement des énergies renouvelables et l'éolien offshore en particulier.

Conscient des limites de ses ressources renouvelables, le gouvernement allemand a d'ores et déjà prévu de faire appel à des pays tiers pour s'alimenter en hydrogène propre et méthanol de synthèse. Dans cette perspective, un premier partenariat a été signé avec le Maroc pour la construction d'une usine de 100 MW. Au total, 2 Mds€ seront donc mobilisés pour multiplier ce type d'initiative. Un système présenté comme "gagnant-gagnant" : l'Allemagne apportera ses technologies aux pays partenaires, aidera aux applications domestiques de l'hydrogène dans un premier temps et pourra ensuite importer de l'hydrogène propre

Un Conseil National de l'Hydrogène de 25 membres composé de représentants de l'industrie, de la recherche et de la société civile fournira des conseils réguliers au gouvernement.

En termes d'applications visées, Berlin a choisi de concentrer ses efforts sur les secteurs les plus proches de la viabilité économique ou qui ne peuvent être décarbonés autrement. Il s'agit en premier lieu de la sidérurgie, représentant environ 30 % des émissions de CO₂ du secteur industriel allemand. Le gouvernement vise aussi la chimie, le transport de marchandises et le transport collectif. Le plan fait également la part belle aux voitures particulières à l'hydrogène : il prévoit 2,1 Mds€ de subventions à leur achat sur une enveloppe totale de 3,6 Mds€.

LA FRANCE VA TIRER DES BÉNÉFICES D'UN INVESTISSEMENT FORT ET RAPIDE

I. LES TECHNOLOGIES SONT PRÊTES ET LE PASSAGE À L'ÉCHELLE PEUT DÉMARRER

Le secteur de l'hydrogène s'appuie sur des décennies d'expérience, sur un grand nombre d'acteurs mondiaux établis et sur des technologies et des processus matures. Aujourd'hui, les technologies clés de l'hydrogène sont prêtes pour la commercialisation : le passage à l'échelle va permettre de réaliser les réductions de coût nécessaires.

Les technologies d'électrolyse et de mobilité hydrogène sont en train de passer le cap critique : des déploiements commerciaux ont commencé dans plusieurs régions du monde (Japon, Californie, Europe...) et des acteurs clés de l'industrie prennent le relais (industriels de l'énergie, industriels du gaz, constructeurs automobiles, etc.).

Les premiers efforts devraient se concentrer sur les applications à grande échelle capables de générer de rapides baisses de coûts, avec des exigences minimales d'infrastructures et dans les secteurs où l'hydrogène renouvelable ou bas carbone ressort comme la meilleure option pour atteindre les objectifs climatiques : grande industrie et véhicules de transport lourd (grandes flottes de bus, bennes à ordures, camions, trains, etc.).

Nous assistons indéniablement au début du passage à l'échelle de la filière hydrogène au niveau européen, avec une augmentation constatée très significative de la taille des projets en l'espace d'un ou deux ans. Aujourd'hui, les projets les plus emblématiques en développement au niveau européen vont d'une échelle allant de plusieurs centaines de MW à plusieurs GW, dans la lignée de la vision européenne précitée, s'appuyant sur des modèles économiques rentables (découlant souvent de RED II notamment), et combinant les nouveaux instruments de financement mis en place par l'UE avec la finance privée. Ils créent un environnement favorable à l'industrialisation des technologies, ce qui se traduit par l'apparition de plusieurs projets de *giga-factories* d'électrolyseurs, sur le modèle des batteries, à même de fournir les projets en développement à la cadence et à l'échelle requise, avec des coûts radicalement plus faibles que ceux d'aujourd'hui.

II. LA FRANCE POSSÈDE DES ATOUTS SINGULIERS POUR S'IMPOSER COMME UN LEADER SUR L'HYDROGÈNE

Dans le cadre sa transition énergétique, la France présente de nombreux atouts pour faire de l'hydrogène un levier décisif sur le plan économique et environnemental :

DE NOMBREUX ACTEURS INDUSTRIELS TRÈS BIEN POSITIONNÉS SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR DE L'HYDROGÈNE

Les segments plus prometteurs à court et moyen termes (horizon 2025-2030), sur lesquels les acteurs français sont favorablement positionnés, compte-tenu de leur potentiel de création d'emploi et de valeur ajoutée en France concernent :

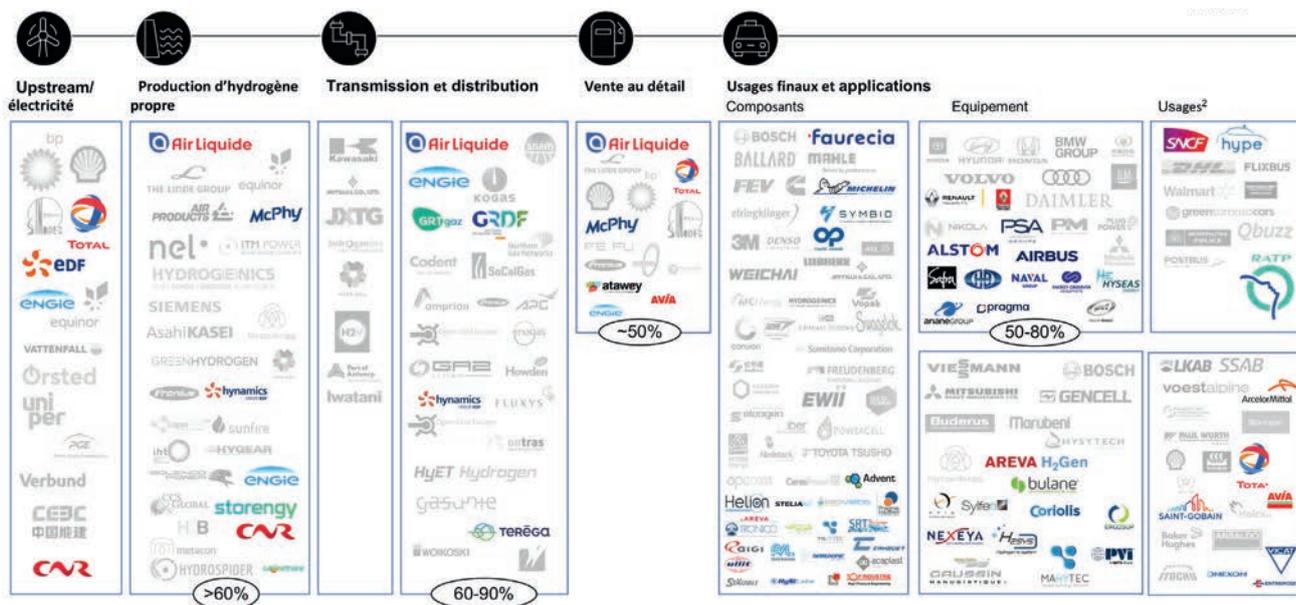
- La fabrication de matériaux et composants stratégiques pour les applications hydrogène au sens large : piles à combustible (stacks, membranes, etc.) et réservoirs ;
- La fabrication et l'exploitation d'équipements de production d'hydrogène (en particulier électrolyseurs) ;
- La fabrication et l'exploitation d'équipements spécialisés pour le transport et la distribution d'hydrogène (compresseurs, réservoirs, camions de transport d'hydrogène, tubes et unités de liquéfaction, stations). A noter en particulier que l'expertise française sur la liquéfaction d'hydrogène est un levier fort pour le conditionnement et le transport de l'hydrogène renouvelable.

Cependant, leur caractère prometteur n'implique pas pour autant que la France sera leader sur ces segments.

Les investisseurs de solutions intégrées (Engie, EDF, TOTAL, Air Liquide, Valorem, etc.) très actifs tant dans l'ingénierie que dans l'exploitation de solutions, ont tous des projets dans l'hydrogène. A tous les niveaux, l'offre industrielle se consolide à travers des prises de participation, créations de JV, rachats de sociétés, partenariats, etc.

Les ETI/PME françaises peuvent prendre part avec succès à la compétition mondiale, pour offrir les technologies et équipements nécessaires pour produire de l'hydrogène bas carbone ou renouvelable. En lien étroit avec les centres de recherche français, ces acteurs industriels développent les technologies de pointe nécessaires pour couvrir des besoins de plus en plus importants. Les projets en cours d'exécution et en développement se basent sur des plateformes d'électrolyse dans l'industrie de 20 MW, 100 MW et plus. Certains clients industriels évoquent des plateformes d'électrolyse de 1GW, ce qui était inimaginable il y a 3 ans.

Dans le domaine de la mobilité, les équipementiers s'organisent. Michelin et Faurecia se sont associés pour faire de Symbio, leur filiale commune, un fournisseur de premier plan dans le domaine de l'hydrogène pour la mobilité. Plastic Omnium a créé en 2019 une capacité globale de R&D sur les produits hydrogène, et a été le premier fournisseur à certifier un réservoir 700 bars (R134) en Europe. Du côté des constructeurs automobiles français, Renault a annoncé le 22 octobre 2019 la commercialisation de véhicules utilitaires hydrogène (Kangoo ZE hydrogène dès



Liste non exhaustive

Source : Etude "Pour une politique de filière hydrogène ambitieuse au service du Pacte productif" McKinsey, janvier 2020

2019 et Master ZE hydrogène (Jumpy, Expert) pour 2021. Enfin, des entreprises de moindre taille, et notamment le constructeur de bus SAFRA à Albi ou PVI (filiale de Renault) en région parisienne, sont prêts à lancer des chaînes de production de bus, camions ou bennes à ordures à hydrogène dès lors que des commandes significatives seront identifiées.

UNE COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE FRANÇAISE ORGANISÉE ET MOBILISÉE SUR LA R&D POUR LES SYSTÈMES À HYDROGÈNE

La France bénéficie de l'expertise des acteurs de recherche principalement regroupés au sein de la Fédération de recherche FRH2 du CNRS et des laboratoires du CEA. L'interfaçage entre la recherche publique et l'industrie est au cœur du Groupement d'Intérêt Scientifique "Initiative Française pour l'Hydrogène (IFHy)" actuellement en cours de montage dont l'objectif est de développer et coordonner des partenariats public-privé permettant d'assurer un continuum entre découvertes scientifiques et produits commerciaux, afin de participer à la structuration de la filière et de contribuer ainsi à la montée en puissance du tissu industriel français.

On compte actuellement près de 350 chercheurs et ingénieurs reconnus au niveau international travaillant dans le domaine de l'hydrogène. Entre 2014 et 2019 ils ont produit pas moins de 2500 publications dans des journaux à comité de lecture, déposés plus de 200 brevets et formé 290 nouveaux docteurs. Ces équipes conduisent leurs travaux de recherche sur l'ensemble de la chaîne hydrogène depuis la production d'hydrogène décarboné, sa purification, son stockage gazeux, liquide ou solide, à sa conversion en électricité à travers les piles à combustible. Un grand nombre de résultats ont été obtenus au meilleur niveau international grâce à l'ensemble des compétences réunies et structurées en chimie des matériaux, complétées par

l'existence de plusieurs plateformes technologiques complémentaires au sein des laboratoires du CNRS et au CEA.

UN MIX ÉLECTRIQUE FAIBLEMENT INTENSIF EN CARBONE

Celui-ci permet la production, propre et abordable, d'hydrogène par électrolyse. En même temps, les systèmes énergétiques insulaires des Zones Non Interconnectées (ZNI), fortement carbonés et très coûteux, contraints par des objectifs de transition énergétique ambitieux, offrent un terrain théoriquement idéal pour développer des systèmes énergétiques 100% renouvelables intégrant l'hydrogène, en complément aux batteries, pour l'équilibrage du système.

DES ENGAGEMENTS FORTS DE DÉCARBONATION AUSSI BIEN AU NIVEAU NATIONAL QU'À L'ÉCHELLE TERRITORIALE

La réalisation des objectifs de décarbonation en matière de transport, notamment prévus par la loi de Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) et par des politiques très volontaristes de villes françaises, impose de favoriser la mise en œuvre d'un large ensemble de technologies propres, l'hydrogène étant l'une des composantes majeures.

L'Appel à projets Territoires Hydrogène de 2016 a mis en évidence le rôle des territoires et des élus pour déployer des écosystèmes structurants.

Le plan national de 2018 a confirmé la stratégie de déploiement par des Vallées hydrogène, tel que le projet Zero Emission Valley, qui propose le déploiement de 20 stations et 1200 véhicules dans les trois prochaines années.

LA FRANCE EST EN POSITION DE CRÉER UNE FILIÈRE COMPÉTITIVE D'HYDROGÈNE RENOUVELABLE ET BAS CARBONE

Le groupe de travail "Décarbonation" du Pacte Productif⁶ a rapidement mis en évidence le rôle important que pourrait jouer l'hydrogène dans la réduction des émissions de CO₂ de notre économie, comme cela a également été démontré à l'échelle européenne ou planétaire dans le cadre des travaux du Green Deal, de l'Hydrogen Council ou de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE). Le fait que l'hydrogène intervienne dans de nombreuses feuilles de route de décarbonation (énergie, mobilités, chimie et matériaux, construction, etc..) permet d'envisager, pour sa seule contribution, des réductions des émissions de CO₂ en France de plus de 4 Mt sur l'année 2030 et pouvant monter à 80 MtCO₂ sur l'année 2050. Aujourd'hui, peu de nations sont en capacité de décarboner efficacement la production d'hydrogène sur leur territoire. En effet, la production mondiale est à près de 95% d'origine fossile (gaz naturel, pétrole et charbon) et les voies de réduction des émissions de CO₂ sont :

- Le captage du CO₂ sur les vaporeformeurs de gaz naturel avec séquestration (CCS) ou valorisation du CO₂ (CCU), solutions en cours d'exploration et d'évaluation par les raffineurs et les gaziers industriels ;
- Le recours aux bio ressources, soit en reformant du biogaz, soit en pyrogazéifiant directement les déchets forestiers, agricoles et ménagers ;
- L'électrification de la production d'hydrogène par l'électrolyse de l'eau Cette dernière solution présente probablement le plus fort potentiel de croissance et gagnera en compétitivité dès lors que les marchés liés aux usages industriels de l'hydrogène, puis de la mobilité, auront permis de massifier la demande.

Cette dynamique représente une réelle opportunité pour des pays comme la France où l'électricité a un contenu carbone faible, grâce notamment au nucléaire et à la montée en puissance des énergies renouvelables. C'est pourquoi une mobilisation concertée des acteurs privés et des autorités publiques peut permettre à notre pays d'intégrer le peloton de tête des nations développant et commercialisant des solutions à base d'hydrogène apportant une réelle contribution aux enjeux climatiques. Atteindre la neutralité carbone en 2050 est techniquement réalisable à condition d'une transformation profonde de l'économie, avec l'accroissement de la part de l'électrification, provenant notamment du déploiement des énergies renouvelables⁷. Tous les industriels de la filière, qu'ils soient positionnés sur l'amont de la chaîne de valeur en qualité de fabricants de technologies d'électrolyse ou de procédés de production d'hydrogène bas carbone, jusqu'à l'aval de cette chaîne en proposant des technologies adaptées aux usages, doivent tirer bénéfice de cette opportunité en proposant des solutions compétitives.

Dans la mobilité, les constructeurs et équipementiers automobiles en France représentent aujourd'hui un chiffre d'affaires de plus de 100 Mds€ et emploient quelque 225 000 personnes. Dans une société décarbonée, l'offre du secteur automobile français doit être adaptée aux nouvelles mobilités zéro-émissions, sous peine de se voir à terme marginalisé par des concurrents maîtrisant les technologies-clés et bénéficiant de marchés domestiques pour monter en puissance et en gamme. Développer les équipements hydrogène pour le marché domestique, européen et international contribuera à pérenniser la création de valeur et d'emplois dans ces secteurs.

Dans l'industrie, l'hydrogène permet également d'inscrire l'industrie lourde dans une perspective de long terme en Europe et notamment en France. En contribuant activement à la décarbonation de ces industries conventionnelles (acier, ciment, etc.), l'hydrogène s'avère être incontournable pour atteindre la neutralité carbone visée en 2050. Le cas de la sidérurgie est emblématique d'un secteur qui couple décarbonation et industrie du futur permettant de conserver de l'emploi en France : en modifiant le procédé de réduction du minerai – avec de l'hydrogène bas carbone comme intrant. L'hydrogène peut être également un vecteur de réindustrialisation de nouvelles activités industrielles décarbonées, soit dans les zones industrielo-portuaires soit proches des lieux de production ou de stockage massif d'hydrogène.

III. UN MARCHÉ TOTAL DE PLUS D'1 MILLION DE TONNES ACCESSIBLE ÉCONOMIQUEMENT EN 2030 EN FRANCE

En 2030, l'hydrogène renouvelable ou bas carbone constituera une solution compétitive sur plusieurs secteurs économiques pour un volume total de plusieurs centaines de milliers de tonnes, soit un ordre de grandeur similaire au marché national actuel de l'hydrogène industriel :

- Certaines industries (sidérurgie, traitement des métaux, verre, microélectronique et peroxyde d'hydrogène) en substitution d'hydrogène gris (714 kt). L'utilisation de l'hydrogène dans les raffineries sera également très proche de la compétitivité à cette échéance ;
- Pour les nouveaux usages de la mobilité : véhicules légers (utilitaires, taxis), poids lourds, chariots élévateurs (266 kt).

En outre, en réponse à la Directive RED II, de nouveaux sites industriels pour la production de carburants de synthèse pourraient également s'implanter, sur des bases économiques rentables augmentant encore considérablement le marché de l'hydrogène propre de plusieurs centaines de milliers de tonnes.

⁶ Groupe de travail mis en place dans le cadre des travaux du Pacte productif sur le volet filières émettrices (pilotage DGE / DGECE / ADEME / CEA)

⁷ Dans son rapport "Global energy transformation : A roadmap to 2050 (2019)", l'IRENA estime qu'en 2050, l'électricité couvrira jusqu'à 50% de la demande d'énergie



Le secteur de la sidérurgie, fort de sa stratégie de décarbonation, représente à lui tout seul un marché de 700kt si le secteur basculait dans un nouveau procédé de production, avec un énorme potentiel de réduction des émissions de CO₂ de 22 Mt, dans lequel l'hydrogène serait un intrant de première importance⁸.

A partir de 2030 un marché encore plus vaste apparaît accessible économiquement, représentant un nombre croissant de secteurs clés :

- Industrie : raffinage, ammoniac (330kt) ;
- Dans la mobilité de forte puissance : ferroviaire, maritime, aéronautique – à condition que le coût de la molécule ait baissé via la décarbonation de l'industrie pour rendre le coût total de possession compétitif ;
- Injection en mélange dans les réseaux de gaz naturel (blending) (720 kt).

L'ETAT DOIT ENVOYER UN SIGNAL FORT

Dans la période d'amorçage, entre 2020 et 2025, un soutien affirmé de l'Etat est nécessaire, pour permettre à la filière d'être au rendez-vous de l'objectif 2030 de 20-40% d'hydrogène renouvelable ou bas carbone fixé par la loi Energie-climat. Grâce à ce soutien, cet hydrogène pourra être compétitif à partir de 2025 face aux alternatives que sont l'hydrogène d'origine fossile pour l'industrie ou le diesel pour la mobilité.

Il est ainsi essentiel que les premiers déploiements de taille industrielle interviennent dans les toutes prochaines années. Pour cela, l'affirmation d'un cap politique clair et de long-terme (2030, 2050) et la mise en place d'un cadre d'accompagnement pour la filière lisible, cohérent avec les orientations et outils mis en place au niveau européen, et stable dans le temps est une condition absolument nécessaire, dans un contexte international d'accélération générale des investissements publics et privés dans la filière et de concurrence exacerbée.

De grands pays industriels, l'Allemagne, la Chine, le Japon, la Corée, viennent de mettre en place une stratégie ambitieuse accompagnée d'un investissement public d'accompagnement conséquent. Un défaut d'investissement de la France à ce niveau d'ambition pourrait conduire à une dépendance technologique et un accroissement du déficit de la balance commerciale.

Plusieurs grandes entreprises françaises font partie des leaders mondiaux sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène et des piles à combustible, et les principaux composants et équipements nécessaires peuvent être produits en France ou par des entreprises françaises. La potentielle valeur ajoutée sur le territoire français devrait dépasser 50 % sur l'ensemble de la chaîne de valeur, et atteindre 60 %

environ pour les électrolyseurs, près de 80 % des systèmes embarqués pour les véhicules lourds et 90 % ou plus pour les projets portant sur l'hydrogène liquide⁹.

BESOIN D'UN MARCHÉ DOMESTIQUE

Pour investir en France, les acteurs industriels français ont besoin d'un marché domestique, ce qui implique d'attirer les utilisateurs d'hydrogène (déploiement dans le transport et utilisateurs de la matière première dans l'industrie). Cela nécessite de combler l'écart de coût entre l'hydrogène renouvelable ou bas carbone et l'hydrogène « gris » produit par vaporeformage pour déployer les applications liées à l'hydrogène et, pour la mobilité, de mettre en place un schéma de type public/privé permettant l'investissement dans l'infrastructure de recharge. Dans le domaine de la mobilité, les constructeurs et équipementiers dimensionnent actuellement leurs lignes de production pour le marché mondial, mais ils ont aussi, avant tout, besoin d'une demande domestique pour pouvoir implanter leurs lignes de production en France plutôt qu'à l'étranger, en particulier parce que les autres pays cherchent également à attirer les investissements pour se positionner sur ces chaînes de valeur à forte valeur ajoutée. Il faut par exemple un carnet de commande de plus de 100 MW d'électrolyseurs par an pour rentabiliser une usine de montage ou de production de stacks en France.

IV. QUELS BÉNÉFICES POUR LA FRANCE ?

La France peut tirer de larges bénéfices du déploiement de la filière hydrogène, et ceux-ci sont de plusieurs ordres : bénéfices environnementaux, retour économique et création de valeur, cohésion territoriale et plus généralement politique énergétique et volet géopolitique.

BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

Le premier impact majeur de l'introduction de l'hydrogène est la contribution significative aux objectifs français de lutte contre le changement climatique et de ses engagements vers la neutralité carbone. A long terme, l'hydrogène pourrait contribuer à hauteur de 15 à 20 % de l'effort total de décarbonation, selon l'étude conduite en 2018 par McKinsey en France. Les mesures que nous proposons pourraient aboutir à une réduction de plus de 4 Mt de CO₂ sur la seule année 2030, soit plus de 21 Mt sur la période 2020-2030.

Un autre impact important de l'introduction de l'hydrogène est la réduction significative des polluants locaux dus à la mobilité, en particulier des NO_x. On estime en 2030 que l'hydrogène permettrait de réduire de 40 kt les émissions de NO_x par an, soit environ 5 % des émissions totales de NO_x et 8 % de celles dues à la seule mobilité.

⁸ Etude "Potentiel de la demande d'hydrogène renouvelable ou bas carbone en France à 2030", réalisée par EY et Hincio pour l'AFHYPAC, juillet 2020

⁹ Etude "Pour une politique de filière hydrogène ambitieuse au service du Pacte productif", réalisée par le cabinet McKinsey, janvier 2020



CRÉATION DE VALEUR ÉCONOMIQUE, D'EMPLOIS ET D'UNE FILIÈRE D'EXCELLENCE À L'EXPORT

Le développement d'une filière française couvrant une part significative de la chaîne de valeur ainsi que l'émergence et le déploiement des nouveaux marchés de l'hydrogène va contribuer à créer des emplois industriels et de services sur le territoire français, à la condition d'accompagner la mise en place de qualifications et de formations adéquates.

Les emplois directs sur les technologies clés (électrolyse, réservoirs, piles etc.) seront complétés par les emplois indirects, tant sur la partie amont (développement de capacités renouvelables supplémentaires, dédiées ou non, ou d'autres capacités de production électrique bas carbone), le déploiement de grands projets, que sur les usages aval (transport, industrie etc.).

Dans le cadre d'une politique d'accompagnement des entreprises à l'export, une activité exportatrice pourra se développer dans un marché européen très dynamique mais également compétitif, et plus généralement dans un marché mondial en expansion. Outre la création d'emplois, elle aura également un impact positif sur la balance commerciale, avec des produits à haute valeur ajoutée et une exportation du savoir-faire français. Enfin il est à noter que, grâce à l'hydrogène, la préservation et l'utilisation des actifs gaziers français, fruit d'un investissement de plusieurs décennies permettra de préserver des emplois et de l'activité économique.

COHÉSION TERRITORIALE

Les caractéristiques de production et d'usage dans de nombreux secteurs de l'hydrogène permettent à tous types de territoires, qu'ils soient des métropoles, villes moyennes ou territoires ruraux, de bénéficier de son déploiement et de la création d'emploi. Il apporte à la mobilité la même flexibilité que l'on connaît aujourd'hui. En ce sens il répond aux attentes des citoyens et contribue à la cohésion territoriale.

Les régions sont aujourd'hui presque toutes dotées de feuilles de route hydrogène, conçues en lien avec leurs politiques de développement économique. Ainsi, des écosystèmes vertueux de la production d'énergie aux usages locaux se mettent en place dans les territoires.

POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE ET VOLET GÉOPOLITIQUE

L'utilisation de l'hydrogène dans les différents secteurs permet d'accroître la pénétration des énergies renouvelables dans le mix énergétique, et de générer de nouvelles capacités de production d'énergies renouvelables et bas carbone. A ce titre, l'hydrogène va permettre de substituer une partie des énergies fossiles par des énergies produites sur le sol français. Il est un élément permettant de renforcer la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Par ailleurs son caractère stockable et le découplage entre sa phase de production et sa phase d'utilisation apporte un élément clé de stabilisation et de fiabilité au système énergétique français, en complément du réseau électrique.

Il permettra également de contribuer à la construction de réseaux énergétiques européens et d'échanges plus fluides dans la construction du marché unique de l'énergie.

Sur le plan de la politique de l'Union européenne, la constitution d'un pilier français solide et de marchés attractifs, un potentiel d'innovation et de R&D parmi les meilleurs en Europe permettent à la France de peser pour influencer l'une des politiques principales, la transition énergétique, le Green Deal et tirer les bénéfices des outils mis en place.

Sur le plan international, la transition énergétique va induire de nouvelles relations géopolitiques fondées sur le commerce et l'échange des matériaux (terres rares, métaux, lithium, silicium, etc.) nécessaires au déploiement massif de la transition énergétique, mais également de nouveaux échanges d'énergie décarbonée, notamment entre de vastes régions où l'énergie renouvelable est disponible et à bas coût vers les zones d'intense consommation, notamment dans les pays développés européens où le potentiel réel disponible est notablement inférieur au potentiel théorique, du fait de contraintes sociétales.

La France par sa position géographique en Europe, par la qualité de ses infrastructures énergétiques et de transport, pourra profiter des opportunités offertes par ce commerce international comme hub hydrogène pour ses propres besoins si la totalité de sa consommation n'est pas couverte par la production domestique, mais aussi comme plaque tournante et favorisant la création de nouvelles activités, notamment dans les zones portuaires.

Dans ce contexte, la France doit profiter de l'essor de cette filière pour définir ou relancer des partenariats stratégiques clés, et l'hydrogène peut faire partie des armes de la diplomatie française, au même titre que l'a été ou l'est le nucléaire.

LES CONDITIONS DE RÉUSSITE POUR UN PLAN NATIONAL AMBITIEUX ET COHÉRENT

Le soutien à la filière doit se porter à 4 niveaux :

- Un soutien à la demande pour amorcer le marché
- Un soutien à la production d'hydrogène
- Un soutien aux infrastructures
- Un soutien au développement d'une offre technologique française

I. UN NÉCESSAIRE SOUTIEN À LA DEMANDE POUR AMORCER LE MARCHÉ

Dans la première phase, de 2020 à 2023, l'objectif consiste à installer **870 MW** d'électrolyseurs et produire environ **113 000 tonnes** d'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour décarboner les usages existants et alimenter une mobilité à hydrogène qui se développe.

SUBVENTIONS À L'ACHAT DE VÉHICULES HYDROGÈNE

Pour ce faire, les aides existantes à l'acquisition de véhicules hydrogène doivent être maintenues et renforcées. La spécificité accordée aux véhicules hydrogène dans le barème du bonus écologique doit être préservée, afin de maintenir l'aide d'au moins 3 000 € aux particuliers, entreprises et collectivités territoriales achetant un véhicule particulier ou un VUL de plus de 45 000 € (cas des Renault ZEH2 et du Renault Master H2). Suivant les propositions formulées par la Convention Citoyenne pour le climat, cette aide pourrait être adaptée pour les ménages modestes avec la création d'un prêt à taux zéro pour l'achat d'un véhicule hydrogène ou pour une location en longue durée. Des baisses temporaires de TVA pourraient également être appliquées pour encourager l'achat de ces véhicules, à l'instar des mesures mises en place en Allemagne pour le véhicule électrique. Par ailleurs, les aides à l'acquisition de camionnettes de plus de 2,6 tonnes et de poids lourds, sous forme de suramortissement, doivent être prorogées au-delà du 31 décembre 2021 pour ce qui concerne les véhicules hydrogène, certains constructeurs prévoyant la commercialisation de ces gammes à partir de 2022. Le mécanisme gagnerait par ailleurs à être transformé en crédit d'impôts, compte tenu des pertes de chiffre d'affaires de nombreuses entreprises liés aux conséquences économiques de la crise du Covid-19. Il en va de même pour les mécanismes de suramortissement en vigueur pour d'une part l'achat de navires et bateaux de transport de marchandises ou de passagers fonctionnant à l'hydrogène, d'autre part les engins non routiers à hydrogène pour les activités minières, aéroportuaires ou du BTP, à consolider dans la durée. Angle mort de ces dispositifs, les bus et les bennes à ordures ménagères ne bénéficient d'aucune aide à l'acquisition, et devraient au contraire pouvoir

être éligibles à certains des dispositifs existants pour stimuler notamment l'essor des technologies à hydrogène pour ces gammes de véhicules.

Au cours de cette phase, le passage à l'échelle est indispensable pour la production d'électrolyseurs de grande taille. En outre le déploiement des stations de recharge doit aller de pair avec le déploiement des véhicules légers, véhicules utilitaires légers et des poids-lourds (bus et camions).

La production d'hydrogène par électrolyse (91 000 tonnes environ) sera complétée par la production d'hydrogène bas carbone issu d'installations de CCS/CCUS (pour 22 000 tonnes).

La réalisation de cette première phase (2020-2023) exige un investissement de 2,5 Mds€. Pour atteindre des conditions de rentabilité acceptables et développer les usages, un soutien aux CAPEX à hauteur de 1,18 Md€ ainsi qu'un soutien de 580 M€ pour la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone est nécessaire.

Au cours de la seconde phase, de 2024 à 2030, la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone se poursuivra pour atteindre **680 000 t** à l'horizon 2030.

Cette production d'hydrogène renouvelable et bas carbone sera assurée par **7 GW** d'électrolyseurs (550 000 t) et par des unités de captage et séquestration/utilisation du CO2 pour 130 000 t.

En matière de mobilité, à l'horizon 2030, le parc devrait atteindre **300 000** véhicules légers, **5 000** véhicules lourds, **250** trains et **1 000** bateaux alimentés par un total de **1 000** stations de recharges.

Cette deuxième phase (2024-2030) exige un investissement de **21,15 Mds€**.

Pour atteindre des conditions de rentabilité acceptables et développer les usages, un soutien aux CAPEX à hauteur de 5,57 Mds€ d'euros ainsi qu'un soutien de 3 Mds€ pour la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone est nécessaire.

Au-delà des soutiens financiers, il est nécessaire qu'un certain nombre de conditions complémentaires soient réunies.

COORDONNER LA MASSIFICATION ET LA MUTUALISATION DE LA DEMANDE POUR TIRER LES ÉCONOMIES D'ÉCHELLE D'ACTEURS INDUSTRIELS MAJEURS

Une coordination (groupement d'achat par exemple) des clients finaux pour massifier la demande est nécessaire. Collectivités (Régions, Conseils départementaux, mairies, SDIS, etc.), flottes professionnelles et flottes d'entreprises, ainsi que les diverses parties prenantes au déploiement de l'hydrogène, doivent se rassembler sur quelques



"Vallées" principales. Organisées autour de flottes (VUL, camions, bus, puis bennes à ordures ménagères, taxis, etc.) elles pourront atteindre le pivot de rentabilité au niveau de la plate-forme embarquée dans les divers véhicules, et la taille critique pour l'infrastructure afin de baisser le coût de l'hydrogène à la pompe.

La massification de l'achat public et privé est un levier central pour accélérer les économies d'échelle afin de donner une visibilité aux industriels. C'est la logique qui a été adoptée dans l'IPCEI batterie (nombre de clients limités) ou dans le lancement du train hydrogène (nombre de clients plus importants). Les procédures de dialogue compétitif sur des volumes massifs multi-acheteurs pourraient être éventuellement utilisées.

DONNER DE LA VISIBILITE AUX INDUSTRIELS ET AIDER À L'ACHAT DES VÉHICULES

Il est nécessaire de donner de la visibilité aux industriels sur un carnet de commande suffisant pour leur permettre d'investir, réaliser des économies d'échelle et passer un pivot de rentabilité.

La constitution de commandes groupées pour les flottes publiques de collectivités (également possible pour celles privées) permettra d'offrir une plus grande visibilité à l'ensemble des industriels engagés – fournisseurs, équipementiers et constructeurs – pour accélérer l'industrialisation de leurs solutions et donc faire baisser les coûts rapidement. Le premier exemple est le bus à hydrogène avec un objectif fixé de 1 000 bus en France commandés ou déployés dès 2024, qui regroupe les acteurs industriels présents sur cet usage. Des initiatives similaires sont en cours sur les bennes à ordures ménagères ou les poids-lourds, avec des opérateurs publics et privés. La coordination de la demande en aval donne, en effet, aux industriels de l'hydrogène une vue complète sur la profondeur du marché et les rythmes d'acquisition d'équipement et, dans l'autre sens, elle accélère l'industrialisation et donc la baisse des coûts ainsi que l'amélioration des services associés.

FAIRE ÉVOLUER LA RÉGLEMENTATION

En matière de mobilité, le contexte réglementaire et législatif doit évoluer :

Un certain nombre de textes d'application sont attendus à la suite de la loi du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités (LOM). Tout d'abord, les quotas de renouvellement des flottes publiques et privées en véhicules à faibles et très faibles émissions (moins de 20 gCO₂/km) sont à renforcer. Cela concerne d'une part le décret attendu sur le quota de verdissement des flottes des centrales de réservation (taxi et VTC), qui gagnerait à inclure un quota spécifique pour des véhicules à très faibles émissions. D'autre part, l'ordonnance prévue par le Gouvernement pour transposer la directive 2019/1161 du 20 juin 2019 relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie, doit être l'occasion de

rehausser les ambitions. Cette directive fixe des seuils minimaux dans les marchés publics pour la part de véhicules légers à faibles émissions jusqu'à 2025 (37,4 %) puis de véhicules légers à très faibles émissions à partir de 2026 (37,4 %), ainsi que des seuils pour la part de bus (43 % d'ici 2025 puis 61 %) et de camions (10 % d'ici 2025 puis 15 %) à faibles émissions. Ces quotas constituent des leviers pertinents pour amorcer un volume minimal et conséquent de véhicules hydrogène en circulation, en ciblant les flottes d'entreprises et de collectivités territoriales.

En outre, les règles pour la distribution d'hydrogène dans des stations multi-carburants doivent être révisées. Des décrets de la LOM sont attendus pour définir les règles de création, configuration, installation et approvisionnement des infrastructures de ravitaillement en carburants alternatifs. Le décret doit permettre de préparer la généralisation de stations multi-carburants alternatifs capables de distribuer à la fois de l'hydrogène, du GNV, de l'électricité et des carburants conventionnels. Concilier les règles de sécurité, sans complexifier significativement la distribution et les coûts associés, constitue un enjeu fort pour le succès du déploiement à l'échelle des carburants alternatifs dans les stations-services.

Enfin, en complément de ces mesures, il sera nécessaire de déployer la formation autour de l'hydrogène, notamment pour l'entretien des véhicules, ainsi que pour l'évolution des différents métiers (équipementiers, ingénierie, etc.).

II. UN SOUTIEN À LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

TRANSPOSITION DE LA DIRECTIVE RED II

La directive européenne RED II, qui sera transposée au plus tard en 2021 en France, va jouer un rôle structurant dans l'ensemble du secteur du transport en imposant un objectif contraignant de 14% de carburants renouvelables aux fournisseurs. Si l'utilisation de l'hydrogène en tant que carburant pour la mobilité sera favorisée par cette directive, l'impact le plus important est à attendre dans les raffineries où la substitution de l'hydrogène carboné par de l'hydrogène renouvelable pour la désulfuration des carburants conventionnels constitue une option relativement accessible en termes de coûts et simple à mettre en œuvre pour les obligés (pas besoin de conversion du parc). Cette directive pourrait également favoriser la production d'hydrogène renouvelable pour la production de méthanol de synthèse en mélange avec les carburants conventionnels (fabriqué à partir de production d'hydrogène renouvelable par électrolyse et de CO₂ capté d'origine renouvelable) ou d'ammoniac, utilisés comme carburants dans le maritime. D'autres carburants de synthèse ou les biocarburants de deuxième génération, impliquant la production d'hydrogène renouvelable par électrolyse, constituent également des options de mise en conformité



dans certains secteurs où les alternatives sont très limitées tels que l'aviation avec le kérosène de synthèse.

La Directive RED II jouera un rôle clé pour initier les premiers déploiements à l'échelle de systèmes d'électrolyse d'hydrogène dans les toutes prochaines années sur des bases compétitives dans le cadre d'un nouveau marché de mise en conformité. Bien qu'elle ne soit pas encore d'application, l'effet de RED II sur les déploiements au niveau européen est déjà visible, avec une nette augmentation ces derniers mois du nombre de projets en développement de taille industrielle, appuyés sur des modèles économiques rentables, pour la production de carburants de synthèse ou d'hydrogène renouvelable dans les raffineries.

Au niveau français, aucune entrave ne doit être créée dans le cadre de la transposition de la directive quant à la reconnaissance, comme une option éligible de mise en conformité, de l'hydrogène renouvelable utilisé pour la désulfuration dans les raffineries. La mise en avant du e-méthanol, de l'ammoniac vert et des autres carburants de synthèse ou biocarburants pourrait également s'avérer très pertinent pour lancer l'industrie nationale, alors qu'une demande de marché pour ces nouveaux carburants est déjà en train d'apparaître en Europe en réponse à la RED II.

A côté des segments applicatifs concernés par la RED II, la mise en place d'autres mécanismes de soutien à la demande est nécessaire pour l'amorçage industriel de la filière entre 2020 et 2025.

CERTIFICATION, DISPOSITIF DE GARANTIE D'ORIGINE

La traçabilité de la production d'hydrogène étant un élément important pour donner confiance aux clients et susciter leur propension à valoriser cet hydrogène, il est important de mettre en œuvre un dispositif de garanties d'origine pour la production d'hydrogène renouvelable, ainsi que pour l'hydrogène bas carbone. L'hydrogène co-produit doit également être tracé.

Un tel système constituera la base d'un marché volontaire de l'hydrogène vertueux et devra prendre en compte les spécificités de l'approche française reposant à la fois sur l'hydrogène renouvelable et l'hydrogène bas-carbone.

Nous préconisons au gouvernement français d'adopter le système existant de garanties d'origines soutenu par l'ensemble des industriels au niveau européen dans le cadre du projet CertifHy financé par le FCH JU. Plusieurs gouvernements à travers le monde ont également manifesté leur intérêt pour le dispositif ainsi que le Groupe de Travail sur l'hydrogène du G20 et l'Hydrogen Council. CertifHy offre une totale flexibilité sur les définitions des typologies d'hydrogène (renouvelable, bas-carbone) qui restent à la discrétion des Etats en fonction de leurs politiques nationales, mais offre une infrastructure complète (IT, procédures, liens avec d'autres plateformes, etc.), et ouvre la porte à un marché européen et mondial plus liquide.

MÉCANISME DE SOUTIEN À LA PRODUCTION

Un outil de soutien public est nécessaire au déploiement de l'hydrogène renouvelable et bas carbone compte tenu de son coût de production encore supérieur au coût de l'hydrogène d'origine fossile, produit par la technologie traditionnelle, le vaporeformage du gaz naturel avec émission à l'atmosphère de CO₂ (10 kg de CO₂ par kg d'hydrogène produit soit 83,38 gCO₂/GJ PCI d'hydrogène produit).

Un mécanisme incitatif doit assurer aux technologies de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone la viabilité économique nécessaire à leur déploiement dans la durée, entraîner une réduction des coûts par économie d'échelle, et atteindre la cible d'un coût équivalent à celui de l'hydrogène fossile.

La mise en œuvre du soutien doit assurer une **prévisibilité** et une **lisibilité de long terme** aux investisseurs et à l'Etat, pour orienter le marché et piloter la dépense publique année après année, tout en évitant les effets d'aubaine. La durée proposée au cadre de soutien correspond aux périodes de la Programmation pluriannuelle de l'énergie, soit 2019-2028. Une clause de revoyure pour réviser le cadre de soutien pourrait être prévue en fin de période de PPE (2023) pour la période 2024-2028, afin d'adapter le dispositif compte tenu de l'évolution des paramètres économiques (notamment la trajectoire des prix de l'électricité et plus globalement la trajectoire de coûts des alternatives émettrices de CO₂) et de l'atteinte de l'objectif intermédiaire de décarbonation.

L'AFHYPAC propose de privilégier des procédures de **mise en concurrence, sous la forme d'appels d'offres avec subvention de soutien**. Les appels d'offre seraient pilotés par un commanditaire (entité désignée par l'Etat) sur une base annuelle et pourraient reposer sur des critères de sélection économiques et environnementaux, tels que les quatre critères suivants : la compétitivité de l'offre proposée (niveau de subvention demandée, en €/kg), son impact en termes industriels (emplois), son impact en termes de décarbonation (tonnes de CO₂ évitées sur la durée du projet) et son contenu renouvelable. Ce dernier critère doit permettre d'accorder un appui particulier au développement de l'hydrogène d'origine renouvelable. L'AFHYPAC propose en outre de ne pas segmenter les appels d'offres selon les usages liés aux productions d'hydrogène et de retenir une approche holistique dans le lancement des appels et la sélection des offres. En effet, conformément au Plan National Hydrogène, le développement de la filière repose sur des stratégies multi-usages dans le cadre d'écosystèmes territoriaux qui combinent et cumulent des volumes et débouchés dans la mobilité, l'industrie et les applications énergétiques.

Le montant de la subvention unitaire de soutien au kilogramme d'hydrogène renouvelable et bas carbone produit est calculé sur la base de la différence entre le coût de l'hydrogène propre produit par une technologie de ré-



férence (électrolyse de l'eau)¹⁰ et le coût de production par vaporeformage avec émission du CO₂ à l'atmosphère. Le coût de production de l'hydrogène par électrolyse dépend essentiellement de deux variables : le coût de l'installation d'électrolyse (CAPEX et OPEX) et le prix de l'électricité. Le coût de revient de l'hydrogène par vaporeformage est principalement tributaire du prix du gaz naturel, et se situe aujourd'hui entre 1,5 et 2,0 €/kg augmenté éventuellement du coût du carbone.

La subvention de soutien ainsi calculée pour l'année de mise en service du projet s'applique aux quantités produites dans le cadre du projet sur une période de quinze ans à partir de la mise en service des installations pour les projets lancés entre 2019 et 2023 puis de dix ans pour les projets lancés entre 2024 et 2028.

Comment la subvention s'applique-t-elle au projet ? Chaque porteur de projet établit son business plan en incluant le cumul des recettes de l'installation et des aides financières potentielles dont il pourrait bénéficier, et en déduit la subvention de soutien nécessaire pour obtenir la viabilité économique du projet. Le bénéfice de la subvention devra éventuellement s'établir en cohérence avec les aides financières ou fiscales octroyées par ailleurs au producteur, en vertu des règles européennes encadrant les aides d'Etat. Le commanditaire établit une sélection des projets sur la base d'un "merit order", à partir des quatre critères définis précédemment : compétitivité (subvention unitaire de soutien en €/kg), emplois, décarbonation, et contenu renouvelable. La hiérarchisation et la pondération de ces critères relèvent de la discrétion du commanditaire, compte tenu des objectifs prioritaires poursuivis par l'appel d'offre annuel.

III. LES INFRASTRUCTURES AU CŒUR DU MARCHÉ DE L'HYDROGÈNE

METTRE EN PLACE LES CONDITIONS POUR LE DÉPLOIEMENT À GRANDE ÉCHELLE DE LA MOBILITÉ HYDROGÈNE

Le succès du développement de la mobilité hydrogène repose sur le déploiement concomitant de véhicules pour des flottes commerciales et publiques et d'infrastructures de recharge appropriées. Aux côtés d'objectifs pour les véhicules, la Programmation pluriannuelle de l'énergie pour 2019-2023 et 2024-2028 définit deux cibles pour le déploiement des stations de recharge en hydrogène en France : une cible de 100 stations en 2023 et une fourchette comprise entre 400 et 1000 stations en 2028. Conformément à la stratégie retenue dans le Plan National Hydrogène de 2018, ces stations doivent pouvoir être ouvertes aux flottes captives, telles que les véhicules d'intervention, de maintenance, de livraison, de taxis, de bus,

ou les bennes à ordures, qui constituent la première cible de déploiement de la mobilité hydrogène, tout en assurant l'interopérabilité des moyens de paiement.

Près de 40 stations sont ouvertes en 2020 sur l'ensemble du territoire, hors stations pour vélos à hydrogène. Les 21 projets sélectionnés par l'ADEME lors de son appel à projets "écosystèmes de mobilité hydrogène" en 2019, financés pour un total de 80 millions d'euros, devraient permettre le déploiement de 43 nouvelles stations et l'atteinte de l'objectif PPE pour 2023, voire son dépassement.

La révision de la directive sur les infrastructures pour carburants alternatifs (AFID) et du règlement sur les infrastructures transeuropéennes de transport (RTE-T) en 2021 doit être l'occasion de redéfinir le cadre commun pour le déploiement des infrastructures de carburants alternatifs dans l'Union européenne. Un certain nombre de modifications et de prérequis sont attendus dans ce contexte pour assurer un développement optimal des stations à hydrogène.

Dans ce cadre, nous proposons les axes d'action suivants :

- Consolider l'ambition de l'AFID pour l'hydrogène, avec une cible de 1000 stations hydrogène en 2030 ;
- Fixer des objectifs de déploiement de stations pour véhicules lourds (bus, camions) en soutenant en particulier le déploiement de stations de recharge en hydrogène pour poids lourds sur le réseau central du RTE-T (autoroutes), à proximité de dépôts de logistiques, des hubs industriels et des centres urbains ;
- Renforcer le maillage en stations à hydrogène sur le réseau RTE-T pour parvenir à une distance entre les stations réduite de 300 à 150 kilomètres, conformément au règlement RTE-T ;
- Fournir une définition plus explicite des stations publiques qui a donné lieu à des interprétations différentes de la part des États membres, ce qui peut conduire à un accès discriminatoire aux stations ;
- Créer un statut de "stations semi-publiques" pour inclure les stations de recharge en hydrogène utilisées par différents utilisateurs privés, tout en s'attachant à ne pas imposer d'exigences techniques inadaptées aux flottes captives, en termes de normes pour la recharge, la qualité des carburants et les protocoles de recharge ;
- Elargir le champ de l'AFID au transport ferroviaire, pour lequel l'hydrogène constitue une solution de décarbonation très pertinente sur les lignes non électrifiées en remplacement des motrices diesel (20 % du trafic ferroviaire et 40 % du réseau des grandes lignes de l'UE) ;
- Elargir la liste des carburants alternatifs pour le transport maritime à l'hydrogène pour les petits navires (alimentant une pile à combustible) et aux carburants de synthèse fabriqués à partir d'hydrogène renouvelable ou bas carbone (tel que l'ammoniac) pour les grands navires ;

¹⁰ Pour l'évaluation du coût de production de l'hydrogène bas carbone, qui peut être obtenu par différents procédés (électrolyse, vaporeformage de biogaz, pyrogazéification de bioressources), il est proposé de retenir seulement le cas de l'électrolyse de l'eau qui est un cas enveloppe répondant à la politique industrielle affichée dans le cadre du Plan National Hydrogène



- Coordonner le déploiement de l'hydrogène entre les corridors RTE-T et RTE-E pour exploiter les synergies entre les réseaux (transport, électricité, gaz) dans une optique de couplage sectoriel.

Par ailleurs, il s'agit aujourd'hui de passer à la phase de déploiement industriel en augmentant significativement la taille des projets unitaires pour constituer des flottes de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de véhicules à même de justifier l'investissement dans une chaîne de fourniture amont de taille suffisante pour générer des économies d'échelle et rendre ainsi viable l'économie des écosystèmes. Cette stratégie permettra en outre d'initier l'industrialisation des filières associées à la fabrication des véhicules en générant un effet de masse critique offrant plus de visibilité aux acteurs industriels concernés.

Ainsi pour développer la mobilité hydrogène et donner toute confiance à l'utilisateur, il est nécessaire de déployer les infrastructures appropriées (stations de recharge et stockage optimisés) autour, dans un premier temps, de quelques grands hubs régionaux (bassins clés et grands ports). Le business model pourra être en partie dé-risqué grâce à une logique de contractualisation de l'achat d'hydrogène par des mécanismes de type 'take or pay' sur le long terme avec les clients lors de l'achat des véhicules, ou grâce à tout autre mécanisme permettant de dé-risquer les investissements tout en passant à l'échelle.

• Réglementation

Parallèlement, il s'agit de lever les barrières législatives et réglementaires qui freinent le développement des technologies de l'hydrogène et créer ainsi un cadre réglementaire favorable. Les travaux se poursuivent en étroite collaboration avec les services de l'Etat conformément aux engagements pris dans le cadre des ECV, Engagements pour la Croissance Verte.

Ces travaux concernent :

- Le déploiement des stations multi-énergies ;
- L'hydrogène carburant dans le fluvial ;
- Le stationnement dans les parcs de stationnement couverts ;
- Le déploiement des bus qui nécessite l'adaptation des dépôts de bus ;
- La circulation dans les tunnels ;
- En matière de ferroviaire, la levée des barrières, associant services de l'Etat, EPSF et SNCF, est en cours. Elle permettra la circulation de trains à hydrogène en 2022 conformément à l'objectif politique fixé. L'expérience acquise pourra servir pour d'autres domaines, l'aéronautique par exemple.

Par ailleurs, il convient de mettre en œuvre sans tarder la Mesure 14 du Plan National Hydrogène de 2018 "Instruire et accompagner la création d'un centre international de qualification - certification de composants hydrogène

haute pression pour la mobilité routière, l'aéronautique, le maritime, le fluvial, le ferroviaire".

Les industriels français doivent en effet pouvoir s'appuyer sur des plateformes de moyens d'essais nécessaires à la qualification, l'homologation et la certification de leurs technologies. Cela est particulièrement critique pour la filière des réservoirs embarqués dont l'homologation requiert des essais très spécifiques sous très haute pression et sous hydrogène, indispensable avant mise sur le marché. Ces plateformes ont d'ores et déjà été identifiées et doivent pouvoir être déployées très tôt pour répondre aux enjeux de positionnement des industriels français.

BÉNÉFICIER DES INFRASTRUCTURES GAZIÈRES EXISTANTES

L'infrastructure existante de transport, distribution et stockage de gaz naturel est un maillon essentiel d'un passage à l'échelle de la filière hydrogène car elle permet de transporter des quantités considérables d'énergies renouvelables sur de longues distances, avec des coûts d'adaptation modérés. En outre, l'utilisation de cette infrastructure contribue à la substitution progressive du gaz fossile par du gaz propre réduisant par la même le risque d'actif échoué pour les opérateurs gaziers.

Les travaux menés par les opérateurs français montrent qu'il est possible d'intégrer un volume significatif d'hydrogène dans le mix gazier à horizon 2050 avec des coûts limités d'adaptation des infrastructures, moyennant une utilisation coordonnée de l'injection, de la méthanation et de la conversion à 100% hydrogène de certaines mailles du réseau.

Si à court terme, le taux de 6% en volume d'hydrogène est atteignable en mélange dans la plupart des réseaux, les opérateurs préconisent de fixer un taux d'introduction cible à 10% à l'horizon 2030 et 20% au-delà afin d'être en mesure de planifier les investissements et les adaptations des équipements, notamment en aval.

Au-delà du mélange, pour faciliter le passage à l'échelle d'un écosystème hydrogène territorial, la mise à disposition d'infrastructures de transport d'hydrogène dédiées connectées et en accès ouvert pour les producteurs et les consommateurs, permettra de relier les zones de production aux zones de consommation.

La réutilisation d'actifs gaziers existants et convertis, en particulier, faciliterait un déploiement de l'hydrogène au meilleur coût pour l'ensemble des acteurs, une optimisation de la gestion entre les capacités de production, d'utilisation et de stockage de l'hydrogène et éviterait le développement de capacités excédentaires et les risques de voir apparaître des coûts échoués.

Les gestionnaires français de réseaux de transport de gaz naturel, en concertation avec leurs homologues européens, envisagent de convertir à moyen terme une partie



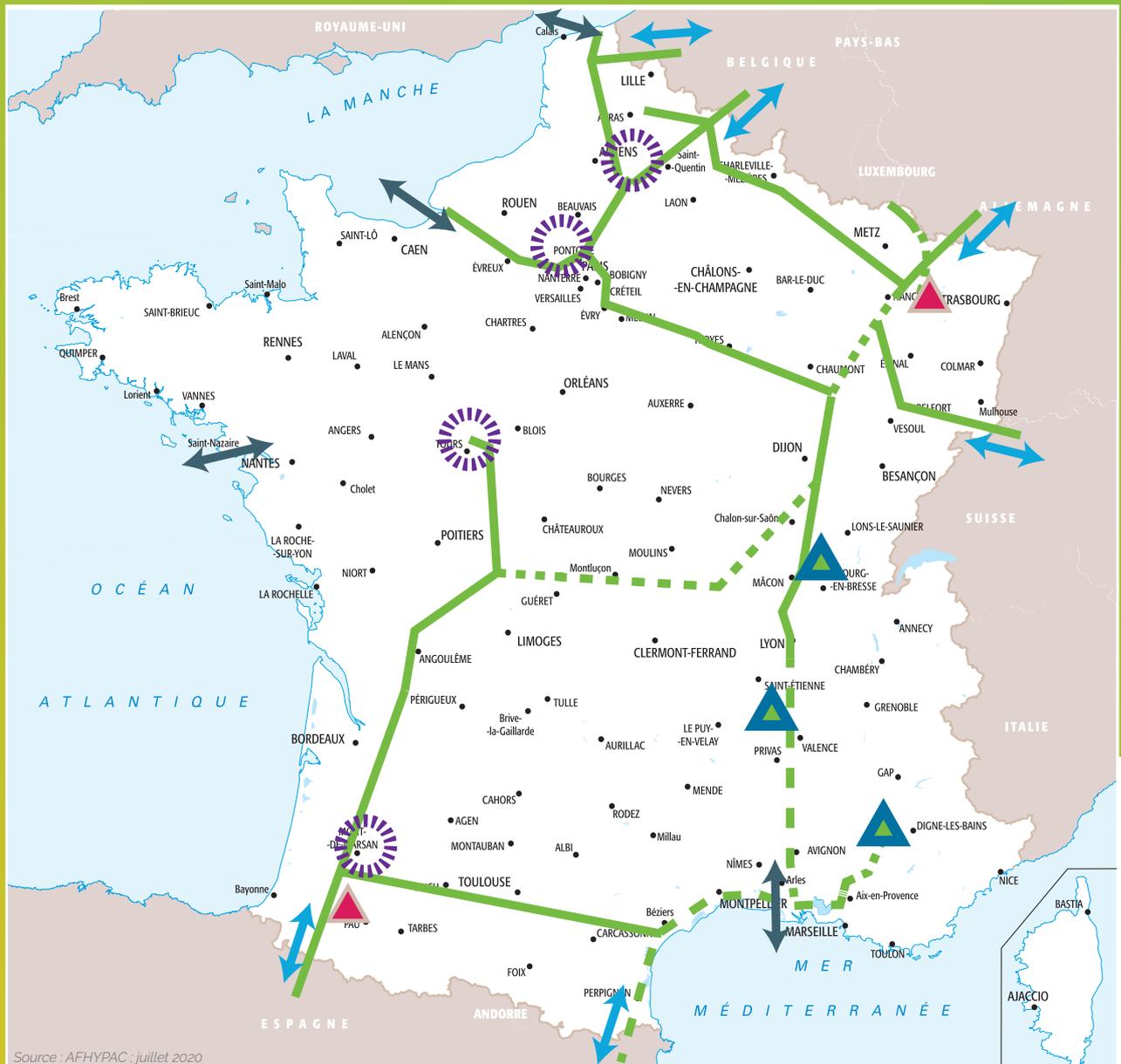
de leurs réseaux de gaz actuels pour transporter de l'hydrogène pur (en 100%) et connecter des zones de production massive d'hydrogène renouvelable ou bas carbone à des zones de consommation importante. Les infrastructures gazières existantes pourraient ainsi contribuer au passage à l'échelle du marché de l'hydrogène en assurant la connexion des écosystèmes territoriaux et en donnant accès à une ressource d'hydrogène bas carbone compétitive aux centres de consommation qui en sont potentiellement éloignés. A plus long-terme, lorsque les taux d'énergies renouvelables le rendront nécessaire, des réseaux dédiés devront être construits - la construction d'une canalisation hydrogène étant 10 à 20 fois moins intensive en capital que l'investissement dans une ligne de haute tension de capacité équivalente.

Une telle vision de réseaux de transport d'hydrogène issus de pipelines gaz naturel s'appuie sur l'existence de nombreuses artères "doublées" du réseau de gaz, qui pourront être converties à l'hydrogène au fur et à mesure où les besoins d'alimentation des clients gaz naturel viendront à diminuer.

Dès 2030, en fonction de l'évolution du marché du gaz, certaines portions du réseau de gaz pourraient être converties à l'hydrogène et ainsi contribuer à l'émergence des premiers écosystèmes territoriaux¹¹.

¹¹ A plus court terme, dix propositions prioritaires ont été identifiées dans le cadre du rapport commandé par le gouvernement aux opérateurs de réseaux de gaz : <http://www.grtgaz.com/fileadmin/plaquettes/fr/2019/Conditions-techniques-economiques-injection-hydrogene-reseaux-gaz-rapport-2019.pdf>

L'HYDROGÈNE ET LES INFRASTRUCTURES GAZIÈRES NATIONALES



Source : AFHYPAAC ; juillet 2020

-  Conversion de canalisations de gaz existantes pour accueillir de l'hydrogène (injection directe ou réseau dédoublé)
-  Nouvelles canalisations hydrogène potentielles
-  Interconnexions européennes
-  Ouvertures maritimes vers l'import-export d'hydrogène et de ses dérivés (liquide cryogénique, ammoniac, méthanol, LOHC, etc)
-  Conversion de cavités salines existantes pour stocker de l'hydrogène
-  Création de nouvelles cavités pour le stockage d'hydrogène
-  Stockage aquifère (potentiel hydrogène à confirmer)

IV. UN SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT D'UNE OFFRE TECHNOLOGIQUE FRANÇAISE

Les industriels tels que Symbio (Faurecia-Michelin), Plastic Omnium, Renault, PSA, PVI, Safra, HELION, etc. investissent sur l'hydrogène, pour la mobilité intensive (VUL) et lourde (Bus, BOM, train, bateaux, etc.). Ces acteurs ont la capacité de se positionner au niveau mondial ; ils localiseront leurs usines en proximité des premiers terrains d'expérimentation (par exemple, l'usine de Symbio s'installe à proximité de la Zéro Emission Valley en région Auvergne Rhône Alpes). Ils tirent un tissu important de sous-traitants implantés dans les territoires sur des compétences pointues comme l'électronique, l'emboutissage ou la machine outils voire la chimie (Nexeya, Coriolis, etc.). Ils tirent également la recherche, tant fondamentale qu'appliquée et industrielle.

Accompagner leur développement suppose un soutien à l'investissement dans l'outil productif des équipements autour notamment de la plate-forme embarquée (système global : pile, réservoir, électronique voire moteur électrique) afin de passer le seuil du pivot de rentabilité et des installations de la supply chain (logistique de l'hydrogène gazeux et liquide et infrastructure de stations de recharge).

Pour réaliser les capacités de production nécessaires au déploiement en France et également répondre aux besoins des marchés internationaux, les industriels de la filière estiment les besoins d'investissement d'ici 2030 à hauteur de 1,54 Mds€, 210 M€ pour la période 2020-2023, puis 1,33 Mds€ pour la période 2024-2030.

Ils attendent de l'Etat un soutien estimé à 770 M€ : 105 M€ de 2020 à 2023 puis 665 M€ de 2024 à 2030.

La mise en place d'un IPCEI et l'adhésion de la France à celui-ci offrira un cadre pour accompagner nos industriels dans l'industrialisation des outils de production sur le territoire français. Elle permettra d'assurer le soutien à l'investissement et de développer une offre technologique française.

Dans l'immédiat, par anticipation à la mise en place d'une gouvernance adaptée, les industriels français doivent se coordonner pour accompagner la Task Force interministérielle dans une vision française ambitieuse de ce futur IPCEI.

V. MAINTENIR L'EXCELLENCE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET D'INNOVATION, DÉVELOPPER LES FORMATIONS ET LES COMPÉTENCES

Pour se positionner dans la course mondiale, les industriels français doivent continuer à innover pour renforcer leur différenciation technologique sur certaines technologies clés. Ils doivent pouvoir s'appuyer sur la communauté scientifique française organisée et mobilisée sur la R&D pour les systèmes à hydrogène autour notamment de la

Fédération de recherche FRH2 du CNRS et des laboratoires du CEA. Afin d'accompagner au mieux les industriels, les acteurs de la recherche (CEA, CNRS) ont lancé deux initiatives, IFHy et H2LAB, conformément aux recommandations du Plan National Hydrogène de juin 2018.

SOUTENIR LES INITIATIVES IFHY ET H2LAB

• IFHy

À l'initiative du CEA et du CNRS, le groupement d'intérêt scientifique IFHy (l'Initiative Française pour l'Hydrogène) a pour première ambition de renforcer les liens entre acteurs industriels et la recherche publique et d'assurer un continuum entre découvertes scientifiques et produits commerciaux.

Ce groupement sera en charge de coordonner un partenariat public/privé pour :

- Engager des projets exploratoires sur des thématiques prioritaires qui seront à l'origine des prochaines ruptures technologiques. Cette recherche coordonnée doit assurer la filière industrielle et maintiendra le haut degré d'innovation de notre tissu industriel dans le domaine de l'hydrogène en France ;
- Constituer un véritable club et offrir à ses membres un accès privilégié aux innovations et licences issues des travaux scientifiques, l'opportunité de nouer des partenariats scientifiques et de structurer des programmes de recherche ;
- Soutenir des outils de structuration de filière et de mutualisation de compétences, et de moyens scientifiques et technologiques comme H2Lab ;
- Capitaliser la participation des chercheurs à des groupes de travail internationaux et constituer une force de proposition de référence aux orientations de la filière hydrogène au niveau national (ANR, Ministères, ADEME, etc.), européen (Horizon Europe, EERA, HER, Programme Franco-Allemand) et international (AIE, IPHE).

• H2Lab

Soutenir une filière industrielle de l'hydrogène en France nécessite de disposer d'outils de développement et de qualification de solutions qui doivent être structurés. Ces outils doivent être facilement accessibles aux acteurs économiques. Le foisonnement actuel d'équipements et de moyens mal connus, dispersés et insuffisants sur le territoire national, constitue un frein à l'exécution de programmes industriels ambitieux permettant l'émergence de leaders français au niveau mondial.

L'outil H2Lab, financé par la Banque Publique d'Investissement (Bpifrance), offre à ses adhérents un guichet d'accès unique et privilégié aux moyens d'essais les plus pertinents couplé à la meilleure expertise des laboratoires du CEA et du CNRS. Cet outil est indispensable à la filière industrielle de l'hydrogène pour réaliser rapidement des campagnes d'essais et de tests afin de lever les risques économiques et technologiques, et accélérer la mise sur le marché de leurs produits.



H2Lab mutualise à ce jour une soixantaine d'équipements répartis sur quatre sites pour, dans un premier temps, répondre aux besoins de tests de performance et d'endurance des industriels dans les domaines de l'électrolyse (principalement à haute température), de la pile embarquée PEMFC et des réservoirs sous pression d'hydrogène.

L'objectif de ce nouveau partenariat public-privé est de :

- Maintenir au meilleur niveau et rationaliser l'utilisation (coûts et disponibilité) des équipements de tests ;
- Proposer des services additionnels comme la certification ou l'exploitation d'une base de données dont les informations sur les performances évaluées sont anonymisées.

Par ailleurs, l'ensemble des projets déposés dans le cadre de l'AMI hydrogène lancé en janvier 2020 offre l'opportunité de progrès technologiques importants dans de nombreux domaines.

DES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES IMPORTANTS DANS PLUSIEURS DOMAINES

• Dans le domaine de l'électrolyse alcaline sous pression

Des projets de R&D inclus dans cette démarche commune ont pour but d'accélérer le développement de la technologie d'électrolyse alcaline sous pression. Cette technologie, déjà éprouvée, apporte actuellement au marché la meilleure réponse en termes de performances, de fiabilité et de sécurité pour les applications industrielles et de mobilité et permet le passage à l'échelle vers des plateformes multi-MW de 20, 50 et demain 100MW. En revanche, au-delà des économies d'échelle générées par des projets de taille de plus en plus importante et de plus en plus nombreux, une nouvelle génération d'électrolyseurs est à développer pour permettre d'atteindre au cours de la deuxième moitié de la décennie la parité avec les moyens de production d'hydrogène carboné, comme le vaporeformage (SMR). Ce saut technologique aura pour objectif de développer en particulier des stacks de grande capacité (5 MW ou plus) et de grande densité énergétique, permettant d'améliorer la compacité de la technologie et de réduire les coûts d'intégration, en particulier pour les électrolyseurs de grande taille (> 100MW), pour atteindre un coût cible de 300 k€/MW installé.

Le développement de cette technologie permettra par ailleurs l'accélération du ramp-up industriel d'une giga-factory en France dès 2024, permettant de répondre aux besoins croissants des différents écosystèmes en France et en Europe et de générer plus de 1000 emplois directs et indirects en France et en Europe.

• Dans le domaine de l'électrolyse PEM

La technologie PEM, par sa maturité industrielle se déploie sur de nombreux projets de taille toujours plus importante (10-20-50MW). Elle permet une empreinte au sol réduite répondant en particulier aux contraintes des in-

frastructures de mobilité, liées à la question du foncier en milieu périurbain. Elle fournit une solution écologique éprouvée qui ne repose pas sur l'usage de produits nocifs pour l'environnement et apporte un mode opératoire simple sûr, flexible et ultra dynamique (<2sec) des services systèmes au réseau électrique sur la réserve primaire.

Les efforts entrepris ont permis de démontrer le passage à l'échelle de mégaprojets de la technologie PEM. Ils doivent se poursuivre, au prix d'investissements soutenus en R&D pour permettre : le développement de modules de stack de grande taille (5MW puis 10MW) pour atteindre l'échelle de 100MW en 2025 à 1GW en 2030 ; la réduction de l'usage de catalyseur (platine) tout en augmentant la durée de vie des stacks ; la montée en pression ; l'augmentation des rendements (baisse de la tension aux bornes des cellules) ; l'industrialisation et l'amélioration des outils de production et la création de giga factories, passage également obligé pour réussir ce changement d'échelle. La résultante de ces actions permettra de réduire les coûts d'un facteur 2 à l'horizon 2025 et d'un facteur 3 en 2035.

L'accroissement du nombre de projets PEM dans l'écosystème hydrogène en France permet déjà la montée en puissance de compétences de sociétés d'ingénierie locales pour les déploiements, la gestion au quotidien et la maintenance, et l'implantation en France de nouveaux acteurs créateurs de valeur et générateurs d'emplois directs ou indirects qui profitent aux territoires.

• Dans le domaine de l'électrolyse haute température

Des projets de R&D ont également pour but de développer un système hautement innovant de Power-to-X, basé sur la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone utilisant la technologie d'électrolyse à haute température et sur des solutions catalytiques avancées pour la valorisation des émissions de CO2 inévitables des industries à forte intensité énergétique.

Pour ce faire, des démonstrateurs sont envisagés dans le domaine de la chimie et de la cimenterie avec des unités de production d'hydrogène basées sur un module d'électrolyse haute température de 300 kW.

Le système d'électrolyse haute température est très prometteur par ses rendements, notamment par l'utilisation de chaleur fatale disponible à proximité. Cette technologie peut également contribuer à l'émergence des procédés de CCU (Carbon Capture and Utilisation) en milieu industriel (source de CO2, chaleur fatale disponible). En outre, une deuxième brique technologique servira à valoriser le CO2 des cheminées industrielles.

Des groupements industriels pourraient se créer pour développer ces projets et, ultérieurement, lancer une ligne pilote afin de mûrir l'industrialisation de la technologie en préalable à l'implantation sur le territoire national d'une giga factory de stacks. Les investissements pressentis pour l'implantation de cette dernière sont très significatifs.



• Dans le domaine de la production d'hydrogène à partir thermolyse/vapocraquage de biomasse

Plusieurs acteurs français développent des technologies de production d'hydrogène renouvelable à partir de biomasse (par voie de pyrogazéification ou de thermolyse). Des projets de recherche mais également des projets de construction de premières unités à l'échelle industrielle sont prévus. Les efforts de R&D visent à réduire fortement les CAPEX par la livraison de modules 'containerisables' "plug & play" afin de faciliter l'implantation des nouvelles unités, en particulier en milieu urbain, avec l'objectif de proposer au marché des unités allant de 360 kg à 10 tonnes par jour. La production d'hydrogène à partir de biomasse présente une grande complémentarité avec l'électrolyse en utilisant notamment des ressources de biomasse locale existante en quantité sur le territoire et en permettant une production continue (plus de 8000 heures par an) d'hydrogène renouvelable. De plus certaines options technologiques présentent un bilan carbone négatif, par la coproduction d'hydrogène et de biochar, un charbon de bois, qui utilisé sous forme d'amendement pour les cultures permet une séquestration durable et importante en volume du CO₂ (30 % du carbone entrant dans le procédé est séquestré sous forme solide). Cette voie constitue un bénéfice supplémentaire majeur dans l'atteinte d'un objectif de neutralité carbone et devra également être appréciée dans la mise en place de futurs tarifs de rachat de l'hydrogène renouvelable basés sur le contenu carbone.

• Dans le domaine des infrastructures gazières

Les opérateurs gaziers étudient la faisabilité d'un projet de plateforme R&D sur l'hydrogène et les réseaux de gaz au bénéfice de l'ensemble de l'industrie française, voire européenne. Cette plateforme contribuera à la mutualisation à l'échelle nationale de l'effort de R&D, afin de mieux appréhender l'impact de l'hydrogène sur les réseaux gaziers et leur nécessaire adaptation pour garantir un fonctionnement sûr et efficace. Un premier travail d'identification et de priorisation des actions de R&D à mener pour permettre le développement différentes voies d'intégration de l'hydrogène dans les réseaux et les capacités de stockage de gaz en France a déjà été mené.

Parallèlement, différentes options de stockage souterrain sont à l'étude, avec le lancement de premiers projets pilotes. Au stockage en cavité saline, il convient d'ajouter le stockage en milieu poreux, sous forme d'hydrogène pur, ou mélangé à du méthane. Le stockage en milieu poreux a fait ses preuves pour le gaz naturel. Le mélange avec de l'hydrogène ne pose pas de difficulté majeure, mais nécessite néanmoins de mener quelques vérifications au cas par cas (étanchéité de la couverture géologique, compatibilité géochimique, corrosion des équipements des puits). En l'absence de gisements de sel ou de structure géologique réservoir ad-hoc, on pourra également considérer le stockage d'hydrogène dans des cavités minées revêtues. Des études de R&D et des démonstrateurs seront à réaliser.

• Dans le domaine des réservoirs d'hydrogène de grande capacité

La mise en place d'un réseau capable d'assurer la liaison entre les différents sites de production et de consommation d'hydrogène impose le recours à différentes solutions logistiques. Si l'utilisation des canalisations est une voie suivie de près par les différents acteurs, le transport gazeux par "modules" est d'ores et déjà nécessaire et prendra de plus en plus d'importance. Il sera particulièrement adapté dans un modèle semi-centralisé, où des consommateurs "satellites" seront alimentés à partir d'un point de production centralisé, de façon à avoir un tissu diffus autour des grandes artères. Des solutions homologuées de 200 à 500 bar existent déjà pour des capacités pouvant aller jusqu'à une tonne mais pour répondre aux nouveaux enjeux induits par le changement d'échelle, des travaux sont menés pour augmenter les quantités transportées, accélérer la standardisation des solutions (conteneurisation) ou encore assurer leur adaptation à différents types de transport (fluviaux, routiers ou ferroviaires). Les réservoirs dédiés aux usages mobilité nécessiteront également des efforts d'innovation pour les alléger, gagner en compacité, faciliter leur intégration dans le véhicule, simplifier leur conception, leur fabrication et ainsi réduire les coûts pour qu'ils puissent s'adapter à un nombre croissant d'usages.

• Dans le domaine des stations de recharge hydrogène

Le développement des flottes de véhicules pour la mobilité légère et la mobilité lourde (trains, camions, bateaux et navires, avions, hubs régionaux) nécessitera le déploiement de stations de recharge hydrogène de grande capacité (2 tonnes par jour ou plus) avec stockage sous forme gazeuse ou liquide et de stations de taille intermédiaire pour assurer une qualité de service optimale grâce à une proximité dans les territoires et une résilience des modèles de distribution logistique. Cela permettra une grande flexibilité de modes opérationnels pour faire face à la diversité des usages, et un coût opérationnel compétitif permettant la parité avec le diesel.

Ce développement devra faire face à différents défis liés à l'optimisation des flux dans la station (en particulier la compression et le stockage), au contrôle intelligent et digital de la station pour répondre à l'évolution des besoins en temps réel, et au développement des solutions de refroidissement de l'hydrogène nécessaires à la distribution rapide de grandes quantités d'hydrogène.

La mise en œuvre de cette technologie nécessitera le renforcement des capacités de production de stations en France pour servir le marché national et européen, représentant plus de 500 créations d'emplois en France et en Europe.

• Dans le domaine de l'interconnexion des réseaux

Par la constitution de hubs énergétiques territoriaux, l'hydrogène permettra d'assurer un équilibrage entre production et consommation d'énergie renouvelable tout en of-



frant une flexibilité nouvelle aux réseaux électriques français et en augmentant la quantité de gaz renouvelable disponible pour les réseaux de distribution et de transport - plusieurs projets sont d'ailleurs déjà menés en ce sens.

• Dans les domaines de l'intégration et électrification des systèmes

La composante électrique d'une installation de production d'hydrogène par électrolyse est un élément-clé de performance, de fiabilité et de création de valeur. Du raccordement au réseau jusqu'à l'alimentation des électrolyseurs, les besoins électriques peuvent être intégrés en une solution d'électrification globale, basée sur les objectifs de l'utilisateur.

Les piles à combustible peuvent également s'interfacer entre le réseau et les installations pour apporter des « services systèmes », stratégiques au réseau électrique ou à des boucles locales (stockage d'énergie, maintien de fréquence).

Le pilotage actif de l'énergie notamment en matière de logiciels et de solutions digitales adaptées à l'hydrogène renouvelable ou bas carbone, est une brique indispensable pour la pré-industrialisation des projets et la réussite de la massification.

• Dans le domaine de la liquéfaction de l'hydrogène

Des projets de R&D ont également pour but de développer des cycles de liquéfaction optimisés pour atteindre une meilleure efficacité énergétique et donc une réduction du coût de production. Ces développements permettront l'activation de nouveaux marchés tels que la mobilité lourde et longue distance (routière, ferrée, maritime et fluviale, aéronautique) en augmentant les quantités d'énergie stockées par unité de volume et donc en répondant aux besoins d'autonomie et de puissance de ces usages.

• Dans le domaine des piles de forte puissance

Le développement de piles de forte puissance est essentiel pour le passage à l'échelle de la filière hydrogène. Dans la mobilité, ces piles pourront répondre à une très grande diversité d'usages et apporter une contribution majeure à des secteurs d'activité difficiles à décarboner : fluvial, maritime, ferroviaire, aéronautique, routier ainsi que celui du BTP (engins de chantiers, groupes électrogènes, etc.) pour lesquels les besoins en puissance dépassent souvent les 150 kW par engin pour atteindre parfois plusieurs MW. En outre, au-delà de la propulsion, de nombreux usages complémentaires existent, en tant qu'auxiliaires fixes ou embarqués.

Ces piles à combustible sont également développées pour des applications stationnaires afin d'assurer l'autonomie énergétique de bâtiments, d'éco quartiers ou encore des territoires isolés. Elles peuvent être aussi utilisées comme alternative zéro émission à des groupes électrogènes utilisant des énergies fossiles couramment utilisées pour l'événementiel ou l'alimentation (intermittente ou continue) de réseaux publics ou industriels. En outre, la multiplication des projets et l'industrialisation permettront de résoudre les difficultés liées aux contraintes techniques d'adaptation, d'intégration à l'architecture des véhicules (électronique de puissance) ou relatives au stockage embarqué. Le développement de ces usages, notamment dans la mobilité, favorisera une production massive d'hydrogène renouvelable ou bas carbone.

• Dans le domaine de la mobilité

Les projets développés dans le cadre de cette architecture hydrogène seront l'occasion de déployer des solutions hydrogène répondant aux besoins en mobilité légère pour le transport de personnes et de marchandises en zone urbaine dense et pour fournir de nouvelles offres de mobilités partagées. Des industriels français se proposent de mettre au point et de déployer une gamme complète de véhicules terrestres 2, 3 et 4 roues mais également de navettes fluviales avec un poids total chargé inférieur à 1 tonne et des motorisations d'une puissance inférieure à 10 kW pour la mobilité des personnes et pour la logistique du dernier kilomètre. Avec une autonomie accrue et un temps de recharge réduit, ces véhicules s'adaptent à de nombreuses situations. Il s'agit d'un marché à fort potentiel sur lequel plusieurs acteurs français se positionnent pour proposer des solutions originales dans le cadre de projets intégrés, de la production à l'usage. La volumétrie de ce marché au niveau européen permet à l'ensemble des partenaires le passage à l'échelle industrielle.

En outre, dans le domaine de la mobilité terrestre lourde, les volumes mis en évidence par l'AMI favoriseront la mise au point et le développement de solutions hydrogène pour la mobilité lourde : camions, cars, bus, bennes à ordures, engins de chantier.

• Dans le domaine aéronautique

D'un point de vue environnemental, le transport aérien, en croissance depuis de nombreuses années, est aujourd'hui au centre de l'attention du fait de son impact sur les émissions de CO₂ dans le monde (1,5% à 2% des émissions mondiales). Dans le plan annoncé par le gouvernement français, la volonté est forte de faire de la France un leader de l'aviation décarbonée. Dans ce contexte, le développement de l'hydrogène dans l'aviation apparaît particulièrement pertinent. L'hydrogène peut en effet jouer plusieurs rôles dans la décarbonation de l'aviation, que ce soit pour l'alimentation des auxiliaires (APU), l'alimentation totale de la propulsion de l'appareil qu'elle soit thermique ou électrique ou bien encore l'alimentation des unités au sol (GPU). Cependant, de nombreuses contraintes, telles que la masse volumique ou la sécurité des installations de stockage d'hydrogène, sont encore à surmonter afin d'atteindre l'objectif annoncé par le plan de relance visant le développement d'un avion à hydrogène à l'horizon 2035. Cet objectif complexe reste majeur pour le secteur aéronautique qui sera amené à concilier croissance du nombre



de passagers, attentes des consommateurs et contraintes réglementaires toujours plus fortes (notamment en Europe avec la neutralité carbone annoncé à horizon 2050). Les principaux acteurs de l'aéronautique en France se penchent déjà sur la question et des nombreux projets pilotes ont été lancés sur des appareils de petite taille, sur l'utilisation d'hydrogène liquéfié ou encore la production de carburant de synthèse ou de biocarburants dans le secteur aéronautique.

• Dans le domaine des électro-carburants (e-fuels) et les bio-carburants

Les électro-carburants apportent une solution d'électrification indirecte en complément de l'utilisation de l'hydrogène pur pour certaines applications qui exigent des densités énergétiques élevées, en particulier l'aviation et le transport maritime longue-distance. Les électro-carburants ont également l'avantage de fournir un débouché immédiat pour l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau qui s'affranchit des contraintes de disponibilité des équipements et des infrastructures, contribuant ainsi à la réduction de coût de production pour essayer sur les usages directs de l'hydrogène, pour l'industrie ou la mobilité. L'hydrogène peut aussi contribuer à maximiser la quantité de biocarburants notamment de deuxième génération. Plusieurs voies technologiques co-existent selon les produits finaux visés, en particulier les voies méthanol, synthèse Fischer-Tropsch et ammoniac. Ces voies de production rassemblent des briques technologiques à des niveaux de maturité variables, notamment pour le captage du CO₂ (à condition qu'il soit d'origine renouvelable), la séparation de l'azote et la synthèse chimique. Plusieurs projets de grande ampleur ont été annoncés dans le Nord de l'Europe, au Canada et en Australie, accompagnés notamment par des acteurs français. Ce domaine est porteur de création de nouvelles activités industrielles et donc de valeur économique et de création d'emplois. Dans ce cadre, il est important de soutenir les projets d'électro-carburants et de biocarburants, et de lever les verrous existants sur les vecteurs liquides de transport d'hydrogène (NH₃, méthanol, LOHC, et les formules de type polysilane développées par la start-up française HySiLabs).

MAINTENIR LA RECHERCHE AMONT À SON PLUS HAUT NIVEAU

Ces progrès technologiques s'appuient sur un effort soutenu de recherche, développement et démonstration (RD&D) sur l'ensemble de la chaîne de maturité technologique. Si la recherche à haut TRL (>5) accompagne sur le court terme le transfert d'innovations technologiques vers leur industrialisation, la recherche à bas TRL (1 – 4) a également un rôle primordial pour l'industrie à moyen et long terme et doit être aussi soutenue par des aides conséquentes. Elle se concentre en effet d'une part sur le déve-

loppement des prochaines générations de matériaux, composants et systèmes (plus durables, plus sûrs, plus respectueux de l'environnement, etc.) et d'autre part sur des recherches exploratoires potentiellement génératrices de ruptures susceptibles d'ouvrir de nouvelles filières industrielles.

Il apparaît donc essentiel que les acteurs de la recherche française continuent à cultiver une excellence scientifique et technique forte pour rester force de proposition au niveau européen. Ceci pourra se faire grâce à un soutien pluriannuel, de grande ampleur, fléché sur l'hydrogène-énergie via un programme spécifique de l'ANR. Ce programme pluriannuel devrait s'entendre sur une période minimale de 5 années.

UN SOUTIEN DE L'ETAT EST NÉCESSAIRE POUR ACCOMPAGNER CES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES

Les efforts de R&D et d'innovation indispensables pour maintenir le haut niveau de qualité de la filière sont estimés à hauteur de 780 M€ : 380 M€ et 400 M€ pour les périodes 2020-2023 et 2024-2030 respectivement.

L'aide nécessaire est estimée à 620 M€ : 300 M€ et 320 M€ pour chacune des 2 périodes.

VI LA FRANCE DOIT SE POSITIONNER DANS LE FUTUR MARCHÉ INTERNATIONAL DE L'HYDROGÈNE RENOUVELABLE

La France doit s'appuyer sur sa filière d'excellence pour saisir les opportunités des nouveaux marchés de l'hydrogène (marchés des technologies de l'hydrogène d'une part et commerce international de l'hydrogène et ses dérivés d'autre part) et les coupler à une stratégie de partenariat ciblés entre Etats. Pour cela l'Etat français doit se saisir rapidement du sujet pour définir son positionnement et sa stratégie en prenant également en compte les autres intérêts géopolitiques de la France. Une attention particulière devra notamment être portée aux opportunités de coopération avec l'Afrique francophone et le Maroc en particulier qui, comme en témoigne l'accord récent signé avec l'Allemagne, s'engage dans le développement des énergies renouvelables et de l'hydrogène et se positionne comme le point d'entrée pour certains pays africains. Le cas des coopérations transfrontalières avec les pays d'Europe du Sud, disposant de ressources solaires abondantes et bon marché, notamment l'Espagne, devra également être analysé attentivement, l'utilisation des canalisations existantes de gaz naturel puis le développement de gazoducs 100% hydrogène permettant potentiellement l'importation massive d'énergies renouvelables de manière compétitive, en évitant des investissements considérables dans des nouvelles lignes haute-tension.



Le passage vers des sociétés neutres en carbone rebat les cartes de la géopolitique de l'énergie, en redistribuant la valeur économique des vecteurs d'énergie entre les différents acteurs. Ainsi, contrairement aux combustibles fossiles dont la valeur est quasiment totalement importée, la valeur créée localement dans l'hydrogène bas carbone et/ou renouvelable est bien plus importante, puisque sa production est faite sur le territoire national ou potentiellement en lien avec des partenaires proches dans le cadre de partenariats commerciaux, technologiques et économiques. Compte tenu de la part importante du capital dans les actifs de production d'hydrogène (électrolyseur, vaporeformeur équipé d'une unité de captage et conditionnement du CO₂), cette valeur sera d'autant plus importante que ces technologies sont françaises ou fabriquées en France.

VII UNE NÉCESSAIRE GOUVERNANCE POUR STRUCTURER LE DÉVELOPPEMENT

Nous devons bâtir dans les meilleurs délais une équipe de France structurée et solide avec les acteurs de la filière, de l'amont à l'aval, aux côtés des pouvoirs publics français : chacun doit participer l'effort national pour positionner la France comme leader dans la compétition mondiale. Les travaux menés dans le cadre du Comité Stratégique de Filière "Industries des Nouveaux Systèmes Energétiques" ainsi que ceux des Engagements pour la Croissance Verte (ECV), ont dès à présent abouti à la signature du Contrat de filière et des contrats relatifs à la mobilité routière et à la décarbonation dans l'industrie (le contrat relatif au fluvial et maritime est prêt à la signature) et constituent une première avancée très prometteuse qu'il convient d'étendre et de consolider.

Cela ne nécessite rien de moins que la mise en place d'une gouvernance consacrée au passage à l'échelle de l'hydrogène en France.

Plusieurs schémas sont possibles, allant d'un secrétariat d'Etat à l'hydrogène, à une agence publique-privée. L'organisation retenue pouvant résulter d'un mix des mesures suivantes :

- Département du futur "Haut-Commissariat au Plan" qui serait chargé de la vision stratégique et de la coordination du déploiement dans le temps ;
- Consortiums d'acteurs pour développer les projets, couvrir le risque (schéma de type Exeltium) ;

- Agence d'Etat avec outils de dérisquage, comme le préconise le rapport Canfin-Zaouati¹² ;
- Coordination des acteurs financeurs : BEI, Banque des territoires, etc. en lien avec les banques privées.

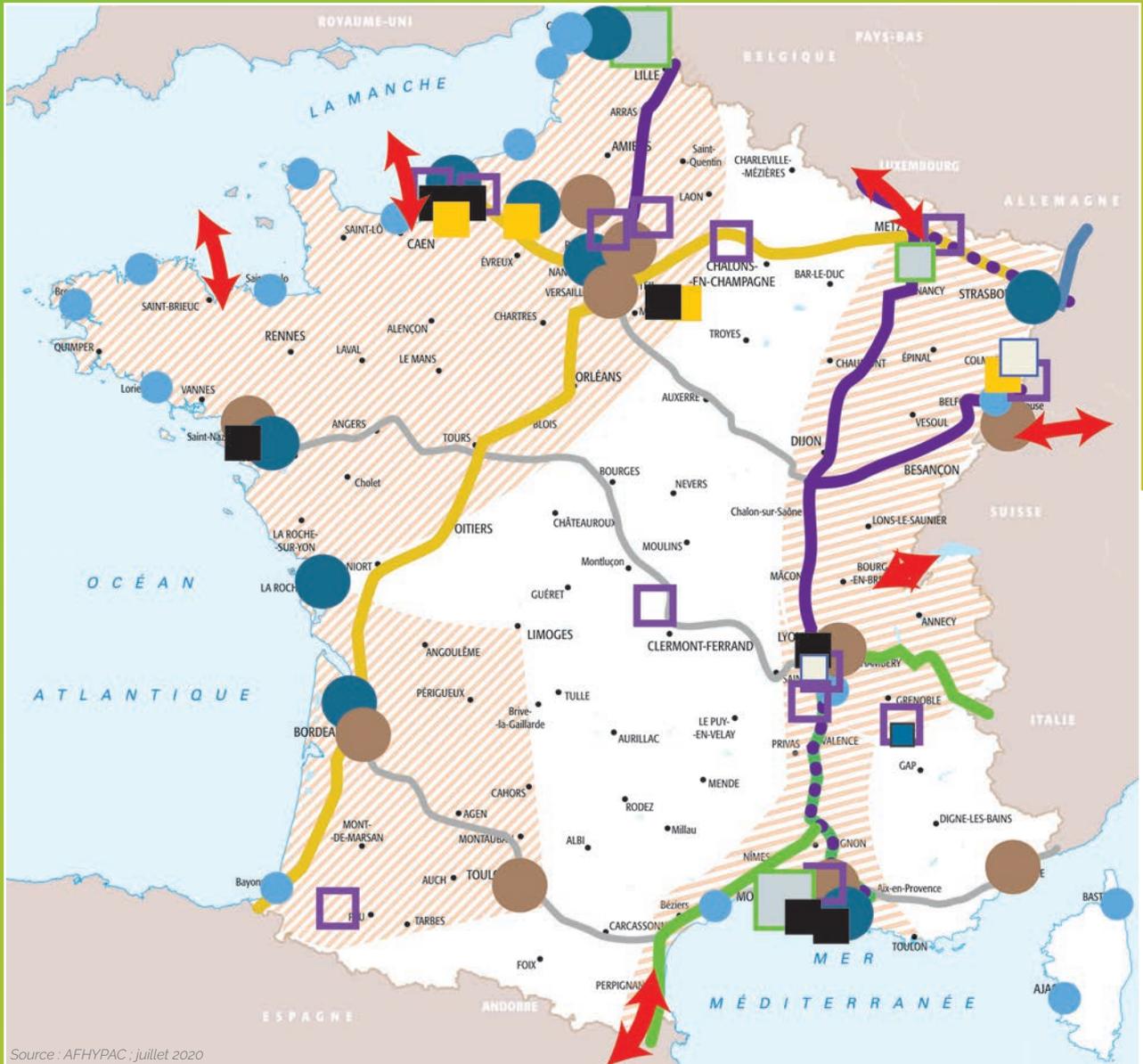
En parallèle une coordination du déploiement sur les territoires est nécessaire afin de :

- Faciliter l'identification et fédérer les utilisateurs afin d'atteindre les pivots de rentabilité sur les VUL, les camions, les bus (puis BOM...) et les infrastructures éventuellement en lien avec l'UGAP ;
- Suivre le contenu local des projets ;
- Favoriser les meilleurs emplacements d'installations de production d'hydrogène ;
- Favoriser les conditions de mise en œuvre de ces installations (fiscales, financières, administratives, etc.) en veillant à la massification de la demande pour renforcer le contenu local ;
- Veiller à la coordination des actions (formation, normes, sécurité, etc.) ;
- Atteindre les objectifs nationaux de décarbonation de l'hydrogène.

Le document "Structurer le déploiement de l'hydrogène en France à 2030 - AFHYPAC" analyse le rôle des territoires pour assurer la massification des projets et l'optimisation des coûts d'investissement. Il propose aussi de

- Définir des modalités de contractualisation entre acteurs pour accroître/concentrer les capacités de production ;
- Assurer la cohérence avec les flux et sites logistiques : corridors TEN-T et sites logistiques multimodaux ;
- Articuler les différents éléments de planification : Contrats de Plan Etat-Région / Interrégionaux (CPER / CPIER), Contrats de Développement Territorial et "Territoires d'industrie" pour des écosystèmes à forts enjeux, Documents de référence et outils de soutien financier des collectivités : SRADDET, SRDEII, PCAET, etc.

L'HYDROGÈNE POUR RÉPONDRE AUX ENJEUX DES TERRITOIRES : UNE OPPORTUNITÉ MAJEURE POUR LA FRANCE



Source : AFHYPAC ; juillet 2020

Usages industriels de l'hydrogène

- | | | |
|--|---|--|
|  Peroxyde d'hydrogène |  Principales plateformes chimiques identifiées par France Chimie |  Principaux bassins logistiques
<i>Forte densité d'Entrepôts et Plate-formes Logistiques (EPL) d'au moins 5 000 m²</i> |
|  Raffinage |  10 principaux aéroports (en trafic) |  Projets de mobilité hydrogène transfrontalière (terrestre et maritime) |
|  HMD |  Grands Ports Maritimes et ports autonomes |  Corridors européens TEN-T |
|  Ammoniac |  Autres ports maritimes et fluviaux | |
|  Sidérurgie | | |



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Informations

www.afhypac.org

Contact

info@afhypac.org

28, rue Saint-Dominique
75007 Paris

T. +33 (0)1 44 11 10 04