

L'HYDROGÈNE : DÉFI NATIONAL, ENJEUX TERRITORIAUX

Septembre 2018

AFHYPAC

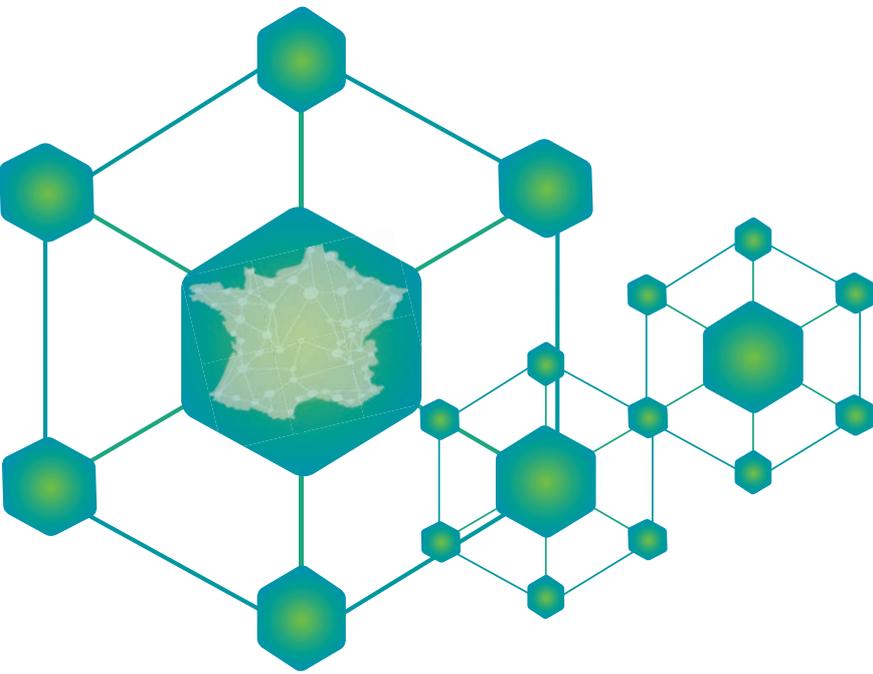
Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Sommaire

1 : ATOUTS ET ENJEUX DES TERRITOIRES : L'HYDROGÈNE AU SERVICE D'UNE VISION GLOBALE	p.2
• Industrie manufacturière	p.2
• Logistique	p.5
• Accessibilité et transport des personnes	p.8
• Energie	p.10
• Economie circulaire	p.13
2 : L'HYDROGÈNE DANS LA (RE)STRUCTURATION D'ÉCOSYSTÈMES	p.16
• Ecosystèmes : quelle définition ? quelles interactions ?	p.17
• Cartographie et exemples d'écosystèmes d'importance nationale	p.17
• Construire un consortium : vers qui se tourner ?	p.22
<i>Annexes</i>	p. 24
• <i>Le Plan national hydrogène en bref</i>	

En juin 2018, le lancement du Plan national hydrogène, signal fort du gouvernement, a offert une visibilité inédite à la filière hydrogène et a conforté l'AFHYPAC dans ses orientations : l'hydrogène s'inscrit comme un défi national au cœur d'enjeux territoriaux. Pour relever ce défi, le déploiement à l'échelle nationale doit se structurer en tenant compte des initiatives territoriales. Les territoires ont tous leur spécificité mais certaines situations analogues peuvent être identifiées et, par conséquent, des solutions répliquables envisagées. Ancrés localement, certains écosystèmes à forts enjeux occupent une place particulière dans cette démarche. Nous avons souhaité initier leur identification dans les pages qui suivent et partager cette réflexion avec vous.

Bonne lecture !
Philippe Boucly, Président de l'AFHYPAC



Croissance accélérée de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, utilisation des énergies de récupération et décarbonation des usages : nos systèmes énergétiques connaissent aujourd'hui des bouleversements profonds qui nécessitent de revoir nos modèles.

Au croisement des flux d'énergies, d'hommes et d'informations, des polarités émergent, des nœuds (ou *hubs*) se structurent et dessinent progressivement un canevas nouveau.

Dans la perspective de mise en cohérence des infrastructures nationales et locales et d'interconnexion des vecteurs énergétiques (électricité, gaz, chaleur, etc.), l'hydrogène s'impose comme un "vecteur passerelle" incontournable.

Au cœur de ces changements, les territoires présentent à la fois des similitudes et des spécificités qu'il faut intégrer pour établir des scénarii optimaux de déploiement. Un des grands enjeux des prochaines années repose donc sur la capacité de conduire un aménagement des territoires qui soit à la fois efficient localement sur le plan énergétique et en adéquation avec les décisions prises à l'échelle nationale.

Pour contribuer à la structuration d'un déploiement cohérent et pérenne, l'identification de certains espaces où les "services rendus" par l'hydrogène sont les plus pertinents apparaît nécessaire. De ces espaces peuvent émerger de véritables écosystèmes qui vont amener une diversité d'acteurs à être directement impliqués dans le déploiement de l'hydrogène.

Afin d'avoir une projection complète du potentiel des applications de l'hydrogène, il convient donc d'identifier ces écosystèmes qui permettent de :

- valoriser le potentiel des différents territoires et bâtir une stratégie pluriannuelle à même de fédérer les acteurs locaux ;
- mettre en évidence les lieux nationaux stratégiques avec une concentration d'usages et de besoins, où l'hydrogène trouve une pertinence.

Conjuguant une connaissance des développements industriels et des enjeux territoriaux, **L'AFHYPAC** a souhaité initier cette projection à partir d'exemples significatifs regroupés en 5 thématiques identifiées comme structurantes. Si cette projection n'est pas exhaustive, elle constitue néanmoins un excellent point d'entrée pour élaborer une stratégie de déploiement de départ pour élaborer une stratégie à même de faciliter le déploiement des solutions hydrogène au bénéfice de la transition énergétique et de la vitalité des territoires.

» Industrie manufacturière

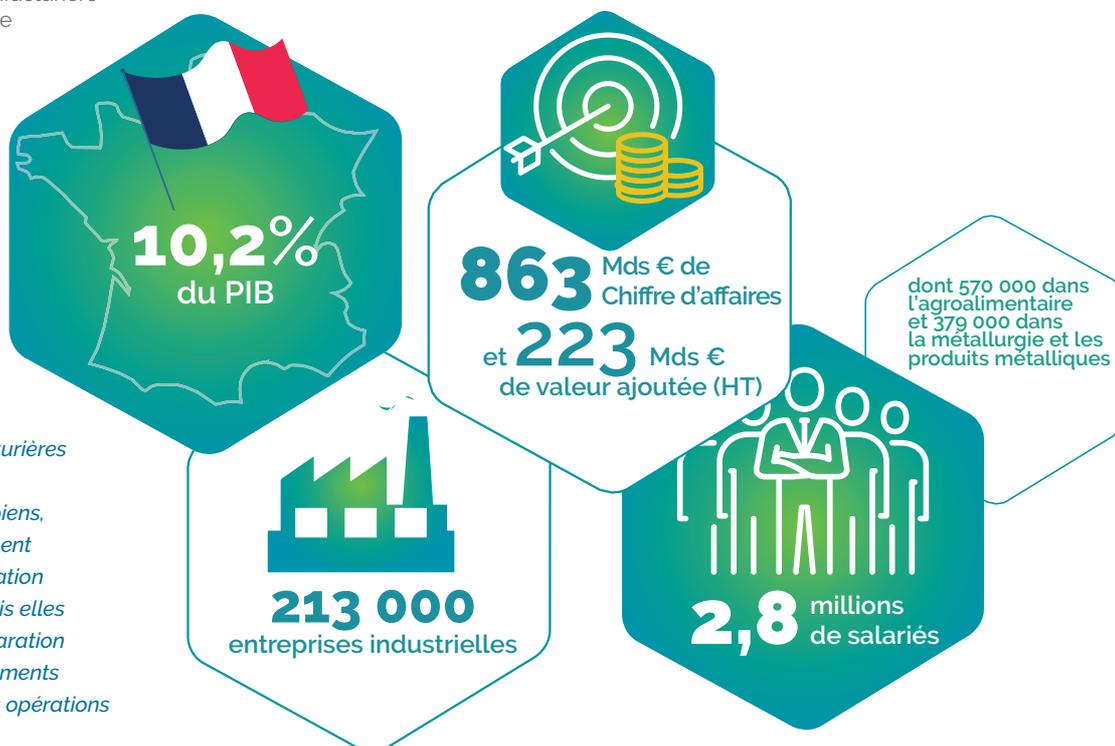
Raffinage
Production d'ammoniac
Pétrochimie

Electrochimie
Métallurgie, sidérurgie
Agroalimentaire

Pharmaceutique
Verrerie
Chimie fine et de spécialité

PANORAMA

Poids de l'industrie manufacturière¹
dans l'économie française
en 2017



Définition² :

Les industries manufacturières sont des industries de transformation des biens, c'est-à-dire principalement des industries de fabrication pour compte propre mais elles concernent aussi la réparation et l'installation d'équipements industriels ainsi que des opérations en sous-traitance pour un tiers donneur d'ordres.

Le secteur de l'industrie manufacturière a connu de nombreuses crises au cours des dernières décennies : entre 2006 et 2015, 530 000 emplois ont été supprimés³. Cependant, il s'agit toujours d'un secteur majeur de l'activité économique française, avec plus de 11% des actifs. Depuis cinq ans, la valeur ajoutée générée par l'industrie manufacturière est en constante augmentation. En 2017, cette croissance a même atteint 1,7 % et permis de créer plusieurs milliers d'emplois, une première depuis 2000⁴. La fabrication de matériel de transport – dont l'automobile –, les activités pharmaceutiques ou la chimie spécialisée sont des secteurs porteurs. L'agroalimentaire, malgré son importance quantitative, connaît des difficultés liées aux fluctuations dans la production agricole et de produits transformés (vin, beurre, etc.).

Ce regain de forme reste fragile et dépend en partie de la commande publique (médical, transport,

armement, etc.). L'évolution vers de nouveaux marchés liés aux usages des nouvelles technologies ou à la transition énergétique, constituent des perspectives de croissance importantes.

LA FILIÈRE HYDROGÈNE-CHIMIE

En France, la production d'hydrogène industriel représente plus de 900 000 tonnes par an. Les trois marchés les plus importants sont la désulfuration de carburants pétroliers (60%), la synthèse d'ammoniac principalement pour les engrais (25%) et la chimie (10%). **Il est produit à 94% à partir d'énergies fossiles** (gaz, charbon, hydrocarbures). La production d'hydrogène est responsable de l'émission de 11,5 Mt de CO₂ en France, soit environ **3% des émissions nationales**⁵.

1-Direction Générale Entreprises (DGE), Etudes économiques ; Chiffres clés de l'industrie manufacturière ; édition 2017. 2- INSEE.

3-INSEE, "L'industrie manufacturière de 2006 à 2015 : l'agroalimentaire et la construction aéronautique et spatiale résistent au répli du secteur" ; INSEE Première, N° 1689, Février 2018.

4- INSEE ; L'industrie manufacturière en 2017 ; INSEE Première ; N° 1706 ; Juillet 2018. 5- "Plan de déploiement de l'hydrogène de l'hydrogène pour la transition énergétique", juin 2018, p1.



© Air Liquide

Parmi ces 900 000 tonnes, les cycles de production et de consommation d'hydrogène industriel comportent deux segments principaux : des usages intensifs, pour les très gros consommateurs (raffineries...), et des "usages industriels diffus" (verrière, agroalimentaire, métallurgie, électronique). Dans le premier cas, l'hydrogène est produit sur site pour environ 2 euros/kg et dans le second, il est acheminé par camion avec un prix allant de 8 à 20 euros le kg⁶. Le Plan national hydrogène souhaite avant tout développer une offre compétitive d'hydrogène décarboné sur ce second segment. Dans une fiche technique l'ADEME cible plus précisément les industriels consommant "moins de 10 000 t d'hydrogène par an"⁷.

L'INDUSTRIE HYDROGÈNE DANS LE PLAN NATIONAL

Le Plan national fixe des objectifs clairs : décarboner 10% de l'hydrogène utilisé en milieu industriel d'ici à 2023, soit environ 100 000 tonnes, et 20 à 40% en 2028.

L'objectif est double : à l'ambition écologique s'ajoute un enjeu économique pour réduire le coût de l'hydrogène décarboné. "L'hydrogène produit par électrolyse revient aujourd'hui aux environs de 4€/kg à 6€/kg en fonction de la technologie d'électrolyse et pour une durée d'utilisation de l'ordre de 4 000 à 5 000 h par an avec un coût de l'électricité autour de 50€/MWh. Ce coût pourrait atteindre, à l'horizon 2028 de la PPE (Programmation Pluri-annuelle de l'Energie), 2 à 3€/kg, ordre de grandeur comparable au prix aujourd'hui payé par les grands industriels consommateurs d'hydrogène"⁸.

L'axe "industrie" s'inscrit donc dans une vision à moyen terme capable d'amorcer une production massive d'hydrogène décarboné, principalement par électrolyse. La finalité est de faciliter l'intégration des énergies renouvelables dans les années à venir en disposant d'une filière hydrogène robuste offrant des solutions de flexibilité et de stockage lorsque les réseaux en auront le plus besoin.

ET DEMAIN ? CHIMIE VERTE ET BIOÉCONOMIE⁹

Les mutations économiques en cours obligent à revoir le positionnement industriel de la France vers de nouveaux secteurs de pointe : numérique pour les réseaux intelligents, micro et nanotechnologie pour améliorer les solutions de la filière mais également de s'orienter vers la chimie verte et la bioéconomie. La bioéconomie est bâtie sur une vision globale de l'impact sur les ressources à la gestion des déchets, et la France dispose de nombreux atouts à valoriser. A ce titre, un plan d'action a ainsi été publié début 2018 pour orienter les priorités et décisions stratégiques d'ici 2020. D'ores et déjà, le projet VABHYOGAZ initié par le syndicat de gestion des déchets Trifyl est régulièrement cité en exemple des principes de la bioéconomie appliquée à l'hydrogène¹⁰ et demain, l'hydrogène pourrait intégrer la production de biomolécules (phénol, etc.).



"Verdissement" de l'hydrogène sur le site Michelin de Vannes

Le 5 avril 2018, à l'occasion du salon HyVolution, un accord de partenariat a été signé entre Morbihan Energies, ENGIE Cofely et la Caisse des Dépôts et Consignation en vue de créer une société de projet pour développer les nouveaux usages de l'hydrogène. L'hydrogène renouvelable produit sur le site sera utilisé par l'usine Michelin pour les besoins de son processus de traitement thermique et alimentera également une station de distribution pour véhicules à hydrogène située à proximité du site pour des utilisateurs externes : collectivités, professionnels ou personnes privées.

Acteurs : Morbihan Energies, ENGIE Cofely, Caisse des Dépôts, Région Bretagne, Michelin. - Source : CP 5 avril 2018

6- Idem p.6. 7- ADEME ; Fiche technique : l'hydrogène dans la transition énergétique ; mars 2018.

8- Idem p.5. 8- Ministère de la Transition écologique et solidaire ; Une stratégie bioéconomie pour la France – enjeux et vision, Février 2018.

9- Ministère de la Transition écologique et solidaire ; Une stratégie bioéconomie pour la France – enjeux et vision, Février 2018. 10- Idem, p.10.



RÉPERTOIR LES SITES INDUSTRIELS HYDROGÈNE EN FRANCE

En s'appuyant sur la base ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) éditée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, il est possible d'obtenir une première cartographie des sites industriels où de l'hydrogène est présent.

Un premier maillage apparaît avec, à la fois, une répartition des sites sur l'ensemble du territoire français et des zones denses de concentration industrielle.

ET MAINTENANT, QUE FAIRE ?

Les résultats obtenus par la base de données ICPE nécessitent d'être croisés avec d'autres sources d'information issues de diverses sources (DREAL, agences d'urbanisme, services régionaux, etc.) afin d'obtenir une photographie à jour des sites industriels. Ensuite, il convient de spécifier la nature du site : distinction entre lieux de production/consommation ; typologie d'usages (hydrocarbures, chimie, agroalimentaire, métaux, verres, etc.) ; quantités produites/utilisées ; covalorisations possibles.

A ce titre, l'AFHYPAC travaille à améliorer la cartographie nationale et souhaite mobiliser les collectivités sur cette question. L'**Union des Industries Chimiques (UIC)** constitue également un interlocuteur prioritaire, tout comme les **DREAL** pour bâtir une stratégie hydrogène. Sur des questions d'emploi et de formation liées à la chimie, il est pertinent de prendre contact avec l'**Observatoire prospectif des métiers, des qualifications, des compétences et de la diversité des industries chimiques**. Depuis 2004, cet organisme

assure une veille sur l'évolution des métiers du secteur de la chimie. Ainsi, un "tableau de bord" a été réalisé pour chaque région en 2017. En fonction des sites, et notamment ceux consommateurs diffus, la dimension industrielle pourra devenir l'élément clé pour un déploiement local massif ou bien un complément pour assurer un taux d'utilisation constant de l'hydrogène produit.

>> Logistique

Routier
Maritime
Fluvial

Ferroviaire
Aéroportuaire
Multimodalité

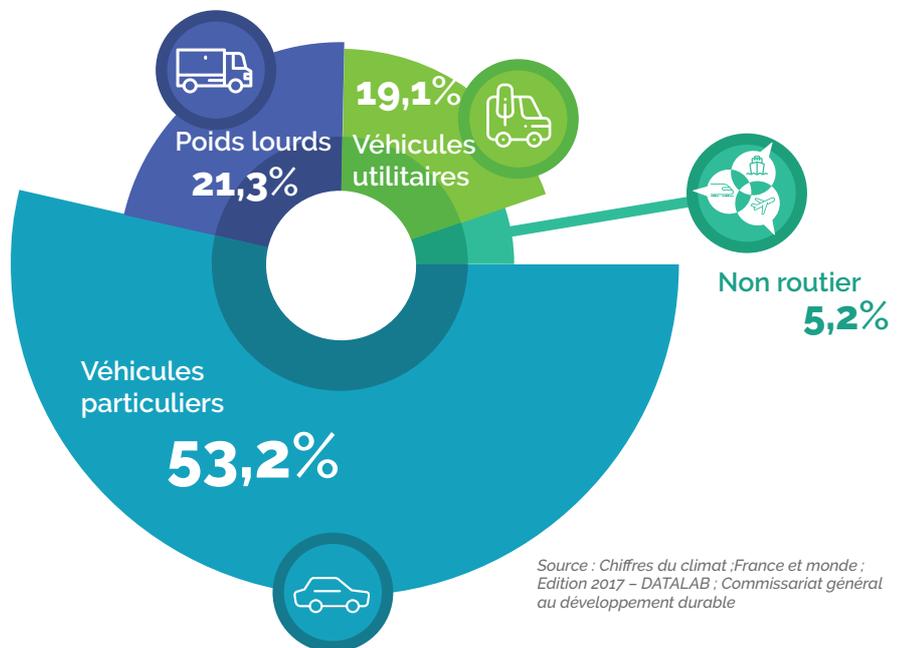
La mobilité recouvre à la fois toutes les activités de transport de marchandises, de matières premières et résiduelles (la logistique), mais également le transport de personnes, qu'il soit individuel, collectif et/ou partagé. Cette dernière thématique sera l'objet du prochain chapitre.

PANORAMA

Emissions de gaz à effet de serre par mode de transport en France en 2016 (DOM inclus)

Définition de Logistique¹⁰ :

Série d'opérations physiques portant sur des produits agricoles ou industriels et complétant leur fabrication : transport, entreposage, manutention, emballage, notamment, constituant une part substantielle de la valeur finale des produits. Dans le même temps, on appelle également logistique une branche des sciences de gestion, considérant l'entreprise et les relations entre entreprises comme un système de flux (flux de produits et flux d'informations) qu'il faut gérer comme tel et utiliser comme un moyen d'optimisation d'ensemble des chaînes d'approvisionnement (supply chain management).



Source : Chiffres du climat ; France et monde ; Edition 2017 - DATALAB ; Commissariat général au développement durable

Sous le terme générique de "logistique" sont donc regroupées de nombreuses activités avec de multiples maillons entre, d'un côté, des flux de véhicules et d'informations, et de l'autre, des centres comme des entrepôts (stockage) ou des plateformes (distribution). La logistique est devenue une activité indispensable au fonctionnement de l'économie. En France la production du secteur des transports (hors transport de personnes) et de l'entreposage représente 137,9 milliards d'euros et plus de 880 000 emplois en 2014.

Commerce en ligne, livraisons urbaines, développement durable, report modal, logistique inverse (recyclage et économie des ressources) : les professionnels de la logistique tendent à suivre et anticiper les évolutions des structures économiques et sociales pour adapter au mieux leurs activités.

L'APPORT DES SOLUTIONS HYDROGÈNE

L'offre de véhicules et la taille croissante des stations de distribution permettent d'envisager un déploiement massif des solutions hydrogène pour répondre aux différents besoins logistiques, en suivant notamment le modèle des flottes captives. Les véhicules utilitaires légers (VUL) et chariots-élévateurs sont aujourd'hui rejoints par des VUL de plus gros gabarit (jusqu'à 3,5 t), et même des camions, avec des projets allant jusqu'à 44 tonnes. Des poids-lourds à usages spécifiques sont en cours de développement, comme des bennes à ordures ménagères ou camions réfrigérés. Des travaux sont également en cours dans le maritime, fluvial et ferroviaire.

10- France Logistique 2025.



© McPhy

L'hydrogène fait son entrée à Rungis

Grâce à une station multi-carburants installée en plein centre du Marché International de Rungis, ENGIE Cofely va pouvoir exploiter une flotte de 50 utilitaires Renault Kangoo Z.E. à prolongateur d'autonomie hydrogène. Ces véhicules vont permettre aux techniciens du groupe d'effectuer l'ensemble de leurs opérations en Ile-de-France. "Avec un flux de plus de 25 000 véhicules par jour, le Marché de Rungis [...] est un endroit stratégique pour le développement de la mobilité verte pour le transport de marchandises en Ile-de-France"¹¹.

Partenaires : ENGIE Cofely, Symbio, McPhy, Alphabet, Renault, Rungis Marché International

Les déploiements de ces différents types de véhicules logistiques sont complémentaires et peuvent être pensés simultanément car ils répondent chacun à une étape de la chaîne logistique. Certains espaces, véritables nœuds sont particulièrement concernés comme les plateformes, entrepôts, zones d'achalandage, multi-modalité, etc. Il s'agit de véritables interfaces où s'opèrent le groupage et dégroupage des produits qui sont ensuite redistribués.

L'association TLF (Transport et Logistique de France) a déjà identifié l'hydrogène comme l'un des nouveaux moyens de motorisation. Usages thermiques ou électriques, l'hydrogène requiert, selon TLF, "une attention particulière dans son développement futur pour le secteur".

LA LOGISTIQUE DANS LE PLAN NATIONAL

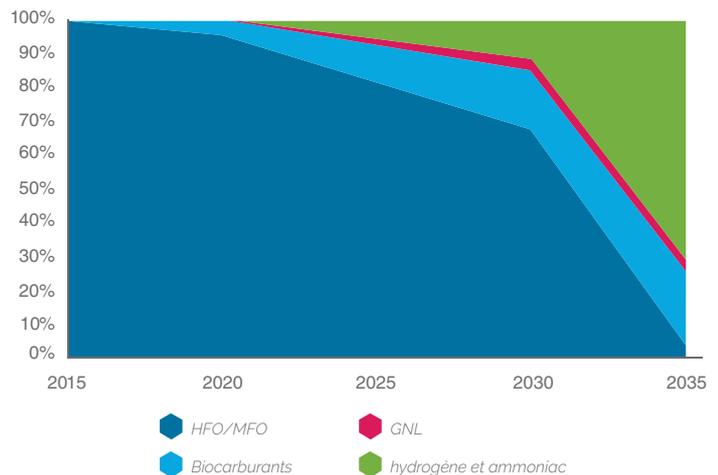
Les véhicules lourds à hydrogène sont présentés comme une "application clé" : ils proposent une solution entièrement décarbonée pour des niveaux de puissance et d'autonomie importants tout en permettant d'assurer rapidement aux stations un taux d'utilisation élevé. Pour aider les industriels dans la réalisation de produits commercialisables, un soutien au développement par la R&D et la certification des composants (réservoirs, etc.) semblent prioritaires.

ET DEMAIN ? LES NAVIRES "GÉANTS" (PORTE-CONTENEURS ET PAQUEBOTS)

Le 13 avril 2018, l'Organisation maritime internationale (OMI) a pris des engagements pour réduire l'impact environnemental de ses activités et respecter l'Accord de Paris. Ces émissions de CO₂ devront être réduites de 50% d'ici 2050. En ce sens, l'armateur CMA-CGM a décidé de passer une partie de sa flotte au GNL. Mais certaines réflexions vont déjà plus loin. L'Organisation de Coopération de Développement Economique (OCDE) pense à des moyens de propulsion alternatifs comme l'hydrogène ou à des carburants composés en partie d'hydrogène comme l'ammoniac ou le méthanol¹² avec l'objectif de décarboner jusqu'à 95% du transport maritime en 2035.

Dès aujourd'hui, dans le domaine touristique certaines compagnies intègrent l'hydrogène dans leurs ferries et paquebots soit directement pour la motorisation soit pour des auxiliaires de puissance destinés à des usages précis (cuisines, etc.).

Evolution du mix de carburants entre 2015 et 2035 pour une réduction de 80% du taux de carbone



11 - Communiqué de presse ENGIE Cofely, "ENGIE inaugure la plus importante flotte utilitaire hydrogène et la première station multi-carburants alternatifs en France", 7 juin 2018.
12 - Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) ; Decarbonising Maritime Transport – Pathways to zero-carbon shipping by 2035 ; Mars 2018.

Des investissements croissants dans les véhicules lourds à hydrogène

En France, les projets de développement industriel autour des mobilités de forte puissance hydrogène se multiplient. La gamme de véhicules s'accroît de plus en plus. GAUSSIN Manuistique, spécialiste des engins de manutention, a reçu le premier POWERPACK Hydrogène en provenance du CEA-Liten. Ce système pile à combustible pourra alimenter en électricité des véhicules allant jusqu'à 70 tonnes.

De son côté, l'entreprise "Green GT va concevoir un groupe moto-propulseur de forte puissance hybride électrique / hydrogène (610 CV) et développer son intégration sur une plateforme camion remorque de 44 tonnes¹³. Enfin, CHEREAU, en lien avec plusieurs partenaires, va intégrer à sa flotte des camions frigorifiques à hydrogène. La pile à combustible embarquée doit alimenter la remorque en froid, avec une autonomie de 2,5 jours pour une durée de vie de plusieurs dizaines de milliers d'heures¹⁴.



Zero Emission Valley : un plan de financement novateur

La région Auvergne-Rhône-Alpes a souhaité capitaliser sur les projets HyWay I et II pour lancer une démarche mobilité hydrogène plus large. A l'échelle régionale, il s'agit de déployer 20 stations, 15 électrolyseurs pour 1 000 véhicules en 2020. Il s'agit d'encourager l'emploi de solutions hydrogène autour du modèle de flottes captives (VUL et véhicules plus lourds notamment les bus) alimentées par un système de distribution semi-centralisé.

Sur un investissement estimé à 70 millions d'euros, plusieurs aides vont soutenir ce projet : 10 millions par le FCH-JU¹⁵ et 15 millions par la région. Plusieurs villes régionales se sont déjà positionnées : Annecy, Bourg-en-Bresse, Chambéry, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, Roussillon, Saint-Etienne, Valence devront accueillir une ou plusieurs stations d'ici 2020. En plus de ces aides, les acteurs régionaux souhaitent accélérer – par un partenariat public/privé – le déploiement de la mobilité hydrogène en assurant aux investisseurs un coût de revient des flottes (coût de l'hydrogène à la pompe, prix d'achat des véhicules, etc.) équivalent aux modèles thermiques.

ET MAINTENANT, QUE FAIRE ?

La logistique est un élément clé de l'attractivité et du développement économique au niveau national mais également des territoires. Dans le cadre de la Stratégie nationale "France Logistique 2025"¹⁶ de nombreux documents de référence et outils sont mis à disposition. Deux seront particulièrement utiles aux collectivités pour déterminer avec précisions leurs caractéristiques en la matière : Atlas des entrepôts et des aires logistiques en France en 2015 ; Fonds de cartes des aires logistiques et données associées (compatibles avec la plupart des logiciels cartographiques)¹⁶.

L'ADEME travaille sur cette thématique afin de réduire l'impact environnemental de la logistique et notamment les émissions de CO₂. A ce titre, plusieurs documents ont été publiés récemment¹⁷.

Il convient également de se rapprocher des acteurs directement impliqués comme SNCF-Réseau, SNCF, VNF ou les sociétés autoroutières et des structures comme les DREAL ou encore le CEREMA, l'INSEE et l'IFSTTAR, qui pourront étayer une démarche logistique de l'hydrogène.

Le Commissariat Général au Développement Durable dispose également d'une importante base de données sur les transports et mobilités en France.

13- ADEME ; Fiche technique : l'hydrogène dans la transition énergétique ; mars 2018. 14- Des semi-remorques frigorifiques à hydrogène chez CHEREAU ; février 2018.

15- Fuel Cells and Hydrogen – Joint Undertaking ; partenariat public-privé en charge du soutien au déploiement des solutions hydrogène en Europe.

16- La Logistique, Tour d'horizon – Edition 2016 ; Atlas des entrepôts et des aires logistiques en France en 2015 ; etc. Tous les documents nécessaires sont disponibles sur le site France Logistique 2025. 17- ADEME, "Optimiser la logistique", Juillet 2018.

» Accessibilité et transport de personnes

Mobilité individuelle et partagée
Transports en commun
Sites isolés

Dessertes et activités touristiques
Milieux ruraux

PANORAMA

La mobilité des personnes, représente la majeure partie du trafic national. En 2017, sur les 41 millions de véhicules routiers que compte la France, plus de 78% sont des véhicules particuliers, 19% des véhicules utilitaires et environ 3% de véhicules lourds et spécialisés¹⁸. A cela, il convient d'ajouter les mobilités ferroviaires et, dans une moindre mesure, fluviales et maritimes (à vocation touristique notamment).

Ainsi, la mobilité des personnes est une part essentielle de l'activité économique mais également de l'organisation spatiale de notre pays. Elle oblige à réfléchir aux déplacements pendulaires, à l'intermodalité ou encore aux pratiques nouvelles (covoiturage, etc.). Il s'agit là d'un sujet complexe où les repères traditionnels (distinction urbain/rural notamment) s'estompent de plus en plus.

Aires urbaines, bassins d'emplois, bassins de vie, territoires vécus, l'INSEE et les organismes en charge d'apporter une expertise sur ces questions tentent de cerner au mieux ces enjeux. En 2012, l'INSEE a dégagé une méthodologie pour préciser la notion de "bassin de vie" qui *"constitue le plus petit territoire sur lequel les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants"*. Elle se définit autour de "pôle de services" proposant un certain nombre d'équipements et dont *"Les zones d'influence [...] sont ensuite délimitées en regroupant les communes les plus proches, la proximité se mesurant en temps de trajet, par la route à heure creuse"*. Avec cette méthode, 1 666 bassins de vie ont été identifiés en France, permettant de mieux comprendre la structuration du territoire national.

Cette notion de "bassin de vie" a été critiquée¹⁹ mais elle offre l'avantage de dégager des critères pour proposer un maillage et ainsi exprimer la complexité des interactions territoriales. Si le périmètre de compétence des collectivités territoriales ne recouvre pas entièrement celui des différents bassins de vie ou territoires vécus, leur rôle est crucial dans la définition d'une stratégie, appuyée d'un accès renforcé à l'information et aux outils disponibles (INSEE, Commissariat Général à l'Egalité des Territoires, CEREMA, etc.).

L'APPORT DES SOLUTIONS HYDROGÈNE

Face aux enjeux considérables soulevés par la mobilité des personnes, les solutions hydrogène disposent d'atouts majeurs : grande autonomie, temps de recharge réduit, adaptabilité à tout niveau de puissance, etc.

Dans le monde²⁰, près de 6 500 véhicules particuliers à hydrogène sont en circulation en 2018. Plus de 50% roulent aux Etats-Unis et trois grandes sociétés se partagent le marché : Toyota, Honda et Hyundai. Mais de nombreux constructeurs se tournent vers l'hydrogène : GM, Daimler, Great Wall, Mercedes, BMW et dernièrement PSA qui a annoncé *"travailler très activement"* dans le domaine des véhicules à piles à combustible.

Dans le Plan national, le déploiement massif de véhicules pour particuliers est un objectif à moyen voire long terme (2040) lié notamment à l'arrêt des ventes de véhicules diesel et essence. Cependant en réponse à des besoins spécifiques, les mobilités hydrogène à destination des personnes se multiplient, notamment pour des usages intensifs, contraints, où la continuité d'usage des véhicules est essentielle.



Le Navibus H2, précurseur français des applications hydrogène dédiées au transport de personnes

Depuis une douzaine d'années, la Semitan, Société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération nantaise, et la Mission Hydrogène, en partenariat avec un consortium d'industriels et d'acteurs publics, portent le projet novateur du NavibusH2 "Jules Verne 2". Pionnière des applications fluviales à hydrogène en France, cette navette fluviale, cofinancée par l'ADEME, Nantes Métropole, la Région des Pays de la Loire et les partenaires du consortium, prévue pour transporter jusqu'à 25 personnes, a été mise en service en avril 2018. Elle assure une fonction de passeur sur l'Erdre. Elle est en phase d'expérimentation pour traiter les dernières mises au point et assurer une qualité de service optimale. Une seconde étape devrait permettre d'aboutir à la mise en service d'un navire capable de transporter une centaine de personnes sur la Loire, voire plus, en régime maritime.

18- Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) ; Observation et statistiques – Thèmes : "Transport", "Véhicules routiers", "Parc".

19- Commissariat Général à l'Egalité des Territoires (CGET) ; Rapport sur les EPC – La taille des EPCI, un levier d'action pour la politique d'égalité des territoires ; 2014.

20- Hydrogène : déjà 6 500 véhicules en circulation dans le monde ; 13 février 2018.

LA MOBILITÉ DANS LE PLAN NATIONAL

Le Plan Climat fixe la fin des ventes de véhicules émettant des gaz à effet de serre à l'horizon 2040. Les principales agglomérations de France multiplient les législations pour réduire les émissions de GES dans les centres-villes. Ainsi, les solutions hydrogène viennent en complément des véhicules électriques à batterie et ceux roulant au gaz naturel (GNV). L'objectif est de s'appuyer sur les flottes captives pour amorcer le marché de la mobilité hydrogène : aussi bien les véhicules utilitaires à prolongateur d'autonomie (Kangoo Z.E. par exemple) que des véhicules dits "full-power" pour les voitures particulières notamment.

Aujourd'hui, le prix à la recharge en station de l'hydrogène se répartit entre 7 euros/kg à environ 20 euros/kg dans les situations les moins favorables. Cette différence de prix est fonction des procédés de production, de stockage et de distribution. D'ici 2030, le prix de l'hydrogène décarboné disponible en station

pourra s'établir à moins de 5 euros/kg HT, un coût équivalent à une motorisation thermique.

A titre indicatif, répondre aux objectifs fixés par le Plan en matière de mobilité et d'industrie nécessite l'installation de 728 MW d'électrolyseurs d'ici 2023 et plus de 1,5 GW en 2028. Rapidement, l'hydrogène ne se résume plus à des applications mais devient une brique constitutive des nouveaux systèmes énergétiques.

ET DEMAIN ? LE VÉHICULE AUTONOME

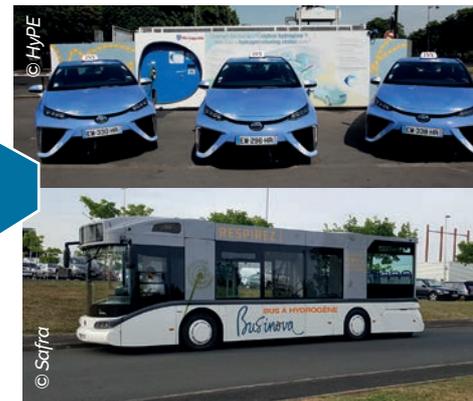
Les questions restent nombreuses et les développements encore à l'état de prototype mais le véhicule autonome quitte la science-fiction pour intégrer notre quotidien. Probablement plus cher, il exigera de maximiser le temps d'utilisation : là encore, la solution hydrogène permettant une recharge rapide assurera une bonne alimentation en énergie et une durée maximale d'utilisation.

Bus et taxis : une accélération du déploiement

En France, la Société des Taxis Electriques Parisiens (STEP) a misé sur l'hydrogène au travers sa flotte HyPE. De 12 véhicules en 2015, la STEP compte 100 véhicules trois ans plus tard. Sur un usage très contraint, le véhicule à hydrogène permet de ne rejeter aucune particule ni polluant tout en assurant une continuité de service aux chauffeurs et clients

Partenaires : STEP, Air Liquide, Caisse des Dépôts, Mairie de Paris, FCH-JU, Région Ile-de-France, Move'o

Concernant les bus, plusieurs projets émergents et des collectivités se sont déjà positionnées pour intégrer des solutions hydrogène à leurs flottes. Plus de 25 bus à hydrogène devraient être mis en service d'ici la fin de l'année 2019/début 2020 : 8 bus à Pau, 6 entre Auchel et Houdain (Pas-de-Calais), 5 à Auxerre comme à Toulouse et 7 à Versailles. De nombreux acteurs industriels français sont prêts à répondre à la demande croissante (McPhy, GNVert, Air Liquide, Safra, Michelin, etc.).



ET MAINTENANT, QUE FAIRE ?

Les collectivités et leurs services sont les plus à même de définir et de prévoir la mobilité des personnes, via notamment leur Plan de Déplacements Urbains (PDU). Sujet structurant et essentiel, la mobilité des personnes évolue également en fonction des dynamiques dans l'aménagement territorial.

Ainsi, divers organismes peuvent apporter leur concours comme les agences d'urbanisme pour certaines villes (se renseigner auprès de la Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme) ou encore des structures publiques comme L'ADEME, ou la Caisse des Dépôts et Consignation.

Il s'agit également d'une mission des DREAL d'accompagner les acteurs locaux sur ces questions. Les Conseils régionaux constituent également des interlocuteurs pertinents, notamment en lien avec la mobilité interurbaine. Parmi les pôles de compétitivité et clusters, certains constituent des acteurs de référence comme le Pôle Véhicule du Futur ou Mov'eo.

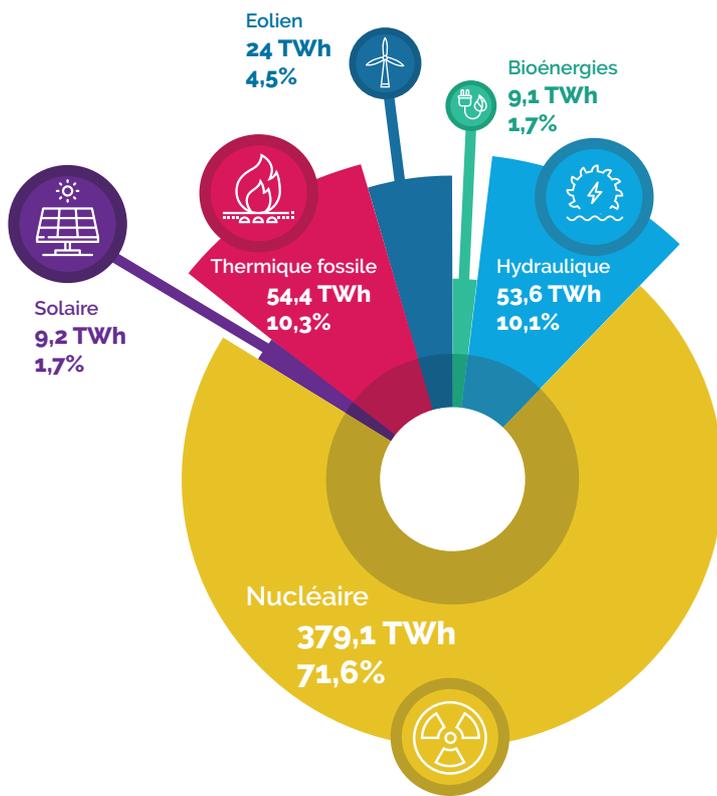
De plus en plus d'acteurs privés comme publics, ont recouru aux nouvelles pratiques (autopartage, etc.) notamment pour des parcs d'activités tertiaires, dans des zones rurales éloignées des centres

urbains ou encore des espaces multimodaux comme les gares SNCF. Dans ce cadre, des voitures particulières mais également des vélos à hydrogène développés par la société Pragma Industries peuvent être utilisés. Certains acteurs en charge de l'exploitation des réseaux de transport en commun comme Keolis, Transdev, la RATP s'intéressent de plus en plus aux solutions hydrogène. Il faut également noter que la CATP (Centrale d'Achat du Transport Public) a intégré plusieurs modèles de bus à hydrogène dans son catalogue de vente.

>> Énergie

Centrales thermiques
Centrales nucléaires

Energies renouvelables
Réseaux de transport et de distribution



Production électrique française
en 2017 (en TWh)²¹

L'APPORT DES SOLUTIONS HYDROGÈNE

A court et moyen terme, les solutions hydrogène apporteront surtout de la flexibilité : elles permettent d'"extraire" une partie de l'électricité présente sur les réseaux et ainsi éviter localement des points de congestion tout en répondant à de nombreux usages. A l'horizon 2030, l'hydrogène devient un élément indispensable pour l'interconnexion entre les différents réseaux et sources d'énergie. Selon l'ADEME, "la complémentarité du réseau gaz avec le réseau électrique constitue un facteur clé de succès de l'atteinte d'un mix énergétique renouvelable". Ainsi, à l'horizon 2050, les capacités d'injection d'hydrogène et/ou de méthane de synthèse dans les réseaux gaziers s'établiraient entre 34 et 135 TWh²⁵. Les quantités en jeu et le rôle de l'hydrogène évoluent. Il ne s'agit plus "seulement" de flexibilité mais de stockage énergétique. "Le Power-to-Gas est aujourd'hui considéré comme la seule technique de stockage d'importantes quantités d'électricité (plusieurs térawattheures) et sur des durées importantes (de quelques heures à quelques mois) sans nécessiter de rupture technologique".

PANORAMA

A l'horizon 2030, la consommation énergétique française devra être couverte à près d'un tiers par des sources renouvelables. Ces engagements pris dans le cadre de la Loi de Transition Ecologique pour la Croissance Verte, et confirmés par le Plan Climat, obligent à repenser l'ensemble de l'architecture énergétique de notre pays. La fermeture de la centrale nucléaire de Fessenheim (1 800 MW) prévue en 2020 devrait amorcer un mouvement, de réduction du parc électronucléaire.

En parallèle, l'un des autres objectifs fixés par le gouvernement est la fermeture, d'ici fin 2022, des dernières centrales thermiques à charbon. Elles sont au nombre de quatre : Cordemais, Le Havre, Meyreuil et Saint-Avoid. Si elles ne représentent que 1,8 % de la production annuelle d'électricité²², elles sont néanmoins indispensables en période de pointe.

La sécurisation de l'approvisionnement devient également un élément clé pour les systèmes énergétiques de demain. Avec le développement d'énergies renouvelables intermittentes, les besoins en flexibilité et stockage vont croître.

Usages tertiaires et data centers

"Au cœur d'Avignon, le magasin Biocoop sera prochainement rénové pour laisser place à un éco-ilôt tertiaire abritant plusieurs activités (commerces, restauration, hébergement, activités culturelles). Ce bâtiment à haute performance environnementale (label Bâtiment Durable Méditerranéen Or), comprendra un data center équipé d'un système de stockage hybride batterie / chaîne hydrogène pour proposer une offre d'hébergement numérique garantie 100% renouvelable pour les acteurs du territoire. Le système intégré comprend également un pilotage intelligent de l'énergie sur l'ensemble du bâtiment et de ses usages"²⁶

21- RTE ; Bilan électrique 2017. 22- Idem. 23- L'ADEME, en partenariat avec GrDF et GRTgaz ; "Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? – Synthèse de l'étude".

24- GrDF, GRTgaz, SGPNN et TIGF ; "Perspectives – gaz naturel et renouvelable : bilan pluriannuel prévisionnel 2017" ; p. 39. 25- ADEME, en partenariat avec GrDF et GRTgaz ; "Un mix de gaz..."; Synthèse ; p. 6. 26- ADEME ; "Fiche technique : l'hydrogène dans la transition énergétique" ; mars 2018.



Le Power-to-Gas en France

En quelques mois, les applications de Power-to-Gas ont connu d'importantes avancées. A Fos-sur-Mer, en décembre 2017, la première pierre de JUPITER1000 était posée et en août 2018, les électrolyseurs étaient livrés. A Dunkerque, en juin 2018, le démonstrateur GRHYD a été mis en service. De l'hydrogène va désormais "verdir" le gaz naturel alimentant un quartier de 100 logements à Capelle-la-Grande.

Si ces deux projets sont les plus emblématiques en France, d'autres maillent le territoire et viennent étendre les retours d'expérience. A Céré-la-Ronde (Indre-et-Loire), METHYCENTRE, également lancé au mois de juin, vise à expérimenter en condition réelle le couplage des activités de méthanisation et de méthanation. De l'hydrogène renouvelable sera combiné à du CO₂ issu d'unités de production de biogaz. Dans l'Yonne, à Saint-Florentin, du méthane de synthèse sera aussi produit dans le cadre du projet HYCAUNAIS mais, ici, le CO₂ est produit par un centre de gestion des déchets. Un projet similaire est également en étude dans le Val d'Alzette. Le projet MINERVE a été lancé près de Nantes. Un électrolyseur installé à côté d'une chaufferie biomasse permettra d'obtenir du méthane renouvelable pour la mobilité (GNV) ou pour alimenter des chaufferies collectives. La société H2V Product prévoit également d'implanter d'ici 2020 plusieurs centaines de MW d'électrolyseurs pour alimenter une consommation massive pour l'industrie et l'injection dans les réseaux, notamment.

Acteurs industriels impliqués les projets cités : Areva H2Gen, Atmosstat Alcen, Coved, CNR, ENGIE, GrDF, GRTgaz, H2V Product, Leroux & Lotz, McPhy, Prodeval, RTE, Storengy, TEREKA, Waga-Energy

LE CAS DES APPLICATIONS STATIONNAIRES

L'hydrogène est aujourd'hui vu comme une solution, à moyen voire long terme, de flexibilité, de stockage et d'interconnexion entre les réseaux électriques, gaziers voire de chaleur. Mais dès aujourd'hui, des applications à visée essentiellement énergétique sont matures et apportent des solutions à des problématiques particulières. C'est notamment le cas pour des territoires disposant d'un réseau moins robuste et pour les Zones Non-Interconnectées (ZNI), caractérisant les milieux insulaires et territoires ultra-marins.

Les ZNI sont dépendantes de sources d'énergies fossiles à la fois polluantes et chères (près de quatre fois plus élevé qu'en métropole). Cette situation incite les décideurs publics à accélérer la transition vers une production renouvelable locale. Ainsi, des objectifs PPE spécifiques ont été établis pour ces territoires. L'autonomie énergétique devra être atteinte vers 2030, avec un objectif intermédiaire de 50% d'énergies renouvelables d'ici 2020²⁷. Les applications hydrogène prouvent leur utilité dans ces territoires. Plusieurs projets sont déjà lancés ou à l'étude en Corse, Guyane ou Martinique.

Alors, quelle différence entre les approches stationnaire et Power-to-Gas ? Toutes deux concernent des solutions de stockage et de flexibilité énergétique mais la différence se répartit en trois points : puissance installée, échelle et temporalité.

Les applications dites "stationnaires" ciblent un périmètre défini avec un système complet (production renouvelable – stockage – distribution) à l'échelle d'un bâtiment, voire d'un quartier ou d'une collectivité de quelques centaines d'habitants. Les puissances installées correspondent donc à ces usages (KW voire MW), là où des applications de Power-to-Gas concernent des TWh pour des gisements renouvelables conséquents. Le "stationnaire" souhaite faciliter la déconnexion partielle (effacement) ou totale (autonomie) de bâtiments résidentiels ou tertiaires et ainsi encourager l'exploitation d'un potentiel énergétique très local. Le Power-to-Gas intègre davantage une logique à plus grande échelle, nationale (voire européenne), de gestion des réseaux et d'équilibrage entre l'offre et la demande énergétique sur l'ensemble du pays.

ET DEMAIN ? LES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR)

Le potentiel énergétique des mers est considérable. De nombreuses applications ont été testées et certaines sont déployées comme l'éolien. A titre d'exemple, la Mer du Nord représente l'un des principaux gisements renouvelables à l'échelle européenne. En France, les EMR semblent être une solution pour notre futur mix énergétique. La complémentarité avec l'hydrogène est dès aujourd'hui à l'étude, notamment par le groupement WEAMEC spécialisé sur les questions d'innovation, de recherche et de formation liées au développement des EMR.

27- "Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique – rapport CEA / DGEC ; juin 2017" ; p. 42



Le Cirque de Mafate, un avant-goût d'hydrogène en milieu insulaire

Le cirque de Mafate abrite plus de 300 familles et reçoit plus de 100 000 randonneurs par an. L'électricité y est produite par des installations photovoltaïques relayées par des générateurs diesel polluants et bruyants. Afin de réduire ces nuisances et d'améliorer l'alimentation électrique, plusieurs bâtiments, dont une école et un dispensaire, sont équipés de panneaux solaires, raccordés entre eux et couplés à un système de stockage combinant batterie électrique pour de courtes durées et solutions hydrogène et piles à combustible pour de plus longues durées. Ce système assure un accès continu à une électricité renouvelable propre et fiable quelles que soient les conditions météorologiques. Appliquée par la première fois sur un micro-réseau, cette innovation ouvre de nouvelles perspectives à l'alimentation de communautés entières sur des sites isolés.

Acteurs impliqués : EDF SEI, POWDIAN, SIDELEC, Parc national, ONF, collectivités territoriales

Hydrogène de France a lancé, le 28 mai 2018, un projet de stockage d'énergie photovoltaïque sous forme hydrogène en Guyane. Le projet prévoit l'implantation d'une centrale solaire de 55 MW et une capacité de stockage de 140 MWh. Dans les îles métropolitaines, l'intérêt est également croissant : en Corse, le projet HYPACORSICA souhaite prendre le relais de la station MYRTE et prévoit de déployer plusieurs stations d'ici 2020 ; l'île de Chausey réfléchit aux solutions hydrogène pour accroître son autonomie énergétique et des liaisons maritimes avec piles à combustible sont envisagées vers l'île d'Yeu ou celle du Ponant.

ET MAINTENANT, QUE FAIRE ?

Dans une logique de déploiement des énergies renouvelables, il est prioritaire de rentrer en contact avec les gestionnaires de réseaux :

RTE et ENEDIS pour les réseaux électriques, et notamment dans le cadre des "**Schémas régionaux de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelable**".

Ces Schémas reposent sur trois grands principes : offrir de la visibilité sur les besoins de raccordement et ainsi éviter les points de tension/congestion ; optimiser la gestion des réseaux ; mutualiser les coûts et éviter les surcoûts pour le premier projet renouvelable. Ainsi, un schéma est établi par région avec des projections à 2020 avec des investissements prévus et d'autres envisagés, notamment pour des "postes source" ou "transformateurs". L'hydrogène et les applications de la filière deviennent des solutions

crédibles et matures de stabilisation des réseaux. Leur pertinence s'en trouve renforcée dans des régions où le réseau est déjà contraint (forte présence renouvelable, faible densité structurelle, etc.).

GRTgaz et GrDF pour les réseaux gaziers, avec les perspectives liées au *Power-to-Gas*. Même si des mesures et essais doivent encore être menés (notamment d'impact sur les canalisations), plusieurs projets sont déjà lancés, comme évoqué précédemment.

Un programme lancé par l'ADEME et GrDF teste des piles à combustible à usages résidentiels.

Les différents niveaux de collectivités, par la réalisation de stratégies et documents de planification à l'échelle locale comme les **SRADDET, PCAET, PLU, etc.** peuvent inscrire et

faciliter le déploiement des solutions hydrogène pour remplir leurs objectifs et ainsi faciliter la décarbonation des usages et du mix énergétique. Il est également possible d'anticiper les futures implantations, et donc les besoins en raccordement, grâce au Schéma éolien. Les pôles de compétitivité et cluster, comme **Capenergies** ou **Tenerdis**, sont également des structures à mobiliser.

En parallèle des usages de stabilisation des réseaux électriques et de *Power-to-Gas*, l'hydrogène pourra alimenter les centrales à gaz à cycle combiné ou venir en soutien des filières méthanisation et pyrogazéification. Sur ce dernier point, l'AFHYPAC a participé avec plusieurs partenaires sous l'égide de l'AFG à la construction d'une **feuille de route commune aux gaz renouvelables**.

>> Economie circulaire

Production d'hydrogène par biomasse
Méthanation (méthane, méthanol, efuel...)
Valorisation d'oxygène

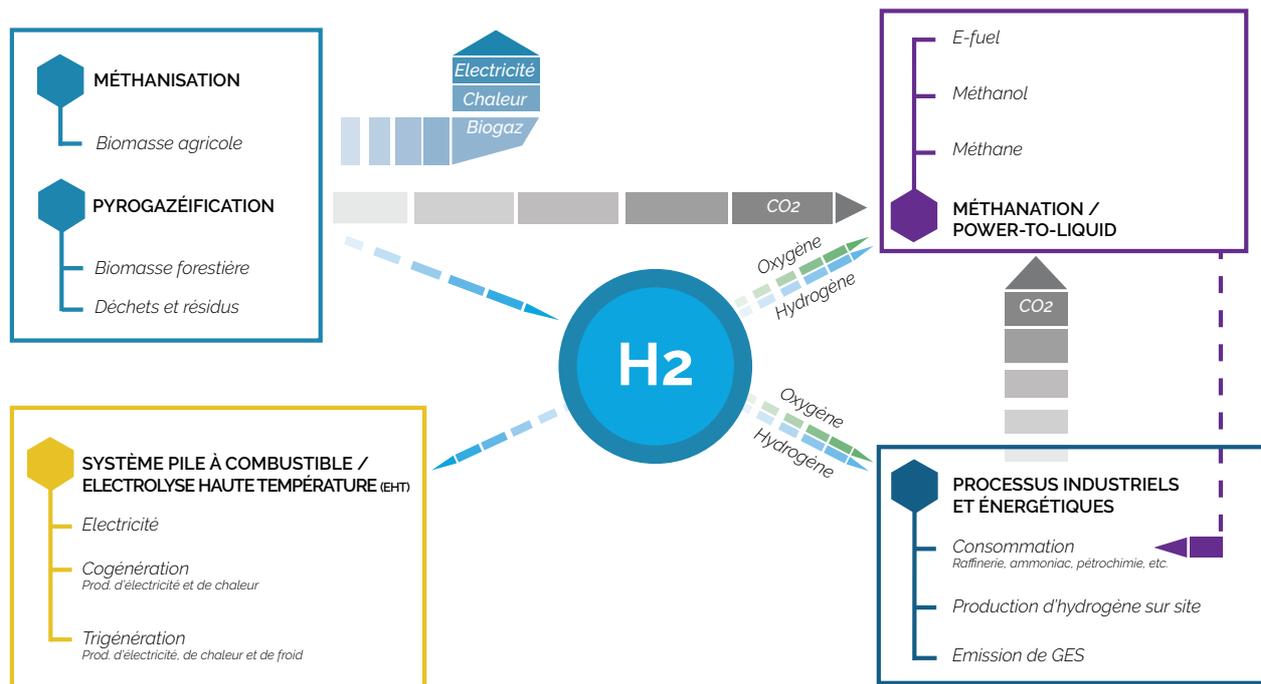
Cogénération
Trigénération

PANORAMA

Dans le Plan national, l'hydrogène est principalement perçu comme un élément d'intégration des énergies renouvelables électriques notamment photovoltaïques et éoliennes. Par conséquent, la composante "électricité", en plus d'arriver à des niveaux de maturité industrielle (électrolyseur et pile à combustible),

s'intègre davantage à une thématique "Energie" et occupe ainsi une place centrale dans le Plan.

L'ensemble des sujets évoqués ici ne constituent pas une filière ou un sous-ensemble cohérent par les usages, les technologies ou la finalité mais il offre la pleine mesure de la polyvalence des systèmes hydrogène et ouvrent vers d'autres débouchés potentiellement majeurs.



BIOMASSE ET HYDROGÈNE

Le potentiel des filières de pyrogazéification et méthanisation, recourant toutes deux à la biomasse, est considérable et représente une solution de premier ordre pour les systèmes énergétiques de demain. Les chaufferies collectives au bois se multiplient, les unités de méthanisation également et les autorités publiques souhaitent amplifier le mouvement. A titre d'exemple de ce potentiel, dans son scénario "Un mix gaz 100% renouvelable d'ici 2050 ?", l'ADEME estime que ces deux filières pourraient représenter

entre 131 et 266 TWh, en fonction de l'accès à la ressource²⁸. En effet, l'usage de la biomasse est confronté à diverses utilisations (alimentaire, construction, etc.), une gestion stricte des réserves (surtout pour le bois) et plusieurs valorisations énergétiques (biogaz, chaleur, biocarburants, etc.). Il s'agit d'une gestion complexe mais dont les débouchés et les avantages sont bien réels pour les territoires et collectivités soit pour la production d'hydrogène directement depuis la biomasse soit pour réaliser le processus de méthanation. Certaines n'ont d'ailleurs pas attendu pour sauter le pas.

28- ADEME ; "Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? - Synthèse de l'étude" ; p. 6.

INDUSTRIE DE L'OXYGÈNE EN FRANCE

Comme l'hydrogène, l'oxygène constitue un gaz industriel qui doit être produit, généralement par voie cryogénique (environ -118°C). Comme l'hydrogène, des sites producteurs et consommateurs d'oxygène maillent le territoire national et comme l'hydrogène les quantités en jeu sont considérables : en France, en 2011, ce sont plus de 1,6 millions de tonnes d'oxygène qui ont été produites soit près de deux fois plus que la production annuelle d'hydrogène²⁹ !

Les processus industriels recourant à de l'oxygène sont nombreux : sidérurgie, verrerie, raffinage, chimie (oxyde d'éthylène, de propylène, chlorure de vinyle, etc.), électronique, santé, papeterie, soudage, traitement de l'eau et de déchets chimiques, etc. Dans la base de données des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement), ce sont près de 2 400 sites industriels en fonctionnement qui sont référencés (soit près de quatre fois plus que l'hydrogène). A noter que de nombreux sites sont consommateurs à la fois d'hydrogène et d'oxygène. Avec une offre globale, il est possible d'adresser ces deux besoins grâce aux électrolyseurs.

DIOXYDE DE CARBONE ET HYDROGÈNE

Dioxyde de carbone et hydrogène réagissent dans de nombreuses combinaisons chimiques. En lien avec les technologies de CSC (Captage et Séquestration du Carbone), les sources de valorisation sont donc nombreuses et s'articulent autour de trois grands axes :

- ◆ Pour réduire l'impact environnemental de la production d'hydrogène par des sources d'énergie d'origine fossile, le vaporeformage, peut également se faire à partir de biogaz.
- ◆ Les solutions de *Power-to-Gas* permettent d'injecter soit directement de l'hydrogène dans les canalisations des réseaux gaziers soit de réaliser le procédé de méthanation pour obtenir du méthane de synthèse. Cette seconde solution, même si elle nécessite une étape supplémen-

La production d'hydrogène à partir de biomasse une alternative complémentaire à l'électrolyse

A Vitry-le-François, un procédé développé par Haffner Energy devra permettre, à terme, de produire de l'hydrogène à partir de biomasse. Le procédé de thermolyse (ou pyrogazéification) va permettre d'obtenir un gaz, composé essentiellement de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Après traitement et purification, l'hydrogène sera destiné à alimenter les réseaux électriques et gaziers mais l'application prioritaire est la mobilité.

Le démonstrateur est prévu pour pouvoir, dès sa mise en fonction, avoir une capacité de production d'environ 5 kgH₂/heure et alimenter une large flotte de véhicules à hydrogène (plus de 200). Ainsi, au fur et à mesure de l'extension du parc de véhicules piles à combustible, une quantité croissante de gaz sera traitée pour obtenir de l'hydrogène. L'autre part sera utilisée directement dans les chaufferies collectives.

Le 29 juin 2018, un consortium réunissant Haffner Energy, Vitry-le-François, l'ADEME, la Préfecture, CentraleSupElec et la SEM Vitry Energies a été signé.

Partenaires : Haffner Energy, CentraleSupElec, Communautés de communes Vitry, Champagne et Der, SEM VitryEnergies.

La Communauté de communes des Landes d'Armagnac, en partenariat avec ENGIE et Enosis, développe un projet de production d'hydrogène à partir de pins maritimes.

La présence de 75 000 hectares de forêt offre à la collectivité un important potentiel en la matière.

Le projet baptisé Wood-Hy prendra place sur une plateforme de transformation des pins en plaquettes de bois.

Si l'investissement est important la collectivité souhaite en 2022 pouvoir produire près de 1 000 tonnes d'hydrogène par an. L'étude technique a été menée avec succès, grâce notamment à des essais grandeur nature auprès de la société CORTUS.

Partenaires : Communauté de communes des Landes d'Armagnac, ENGIE, Enosis, CORTUS, Région Nouvelle-Aquitaine.

taire, permet une meilleure gestion de l'hydrogène dans les réseaux et usages finaux. En effet, l'impact de quantités massives d'hydrogène sur les canalisations doit être encore évalué.

- ◆ Si le CO₂ et l'hydrogène forment des solutions gazeuses, ils peuvent également déboucher sur des solutions liquides : il s'agit du Power-to-Liquid. L'une des applications principales est la production de méthanol. En plus des perspectives pour la mobilité thermique ou électrique (avec des piles de type DMFC³⁰), l'industrie consomme de grandes quantités de méthanol. L'ammoniaque ou d'autres molécules (e-diesel ou vulcanol) sont aussi des voies de valorisation supplémentaires de l'hydrogène décarboné par le Power-to-Liquid³¹.

29- Société Chimique de France; Article "Dioxygène" ; Mars 2017. 30- Direct Methanol Fuel Cell.

31- INSA, Département Génie Énergétique et Environnement, Lyon ; "Etude comparative entre le Power-to-Gas et le Power-to-Liquid" ; 2018.

ET DEMAIN ? LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR PHOTOSYNTHÈSE

Il s'agit encore d'un sujet de recherche mais loin d'être utopique. De micro-organismes photosynthétiques comme des algues vertes, sont capables de produire de l'hydrogène à partir de l'énergie solaire, sans dégager de GES. Des équipes de recherche, européennes comme françaises (CNRS, CEA), travaillent sur la question. Plusieurs verrous scientifiques restent à lever (notamment biochimique) mais les mécanismes naturels sont de mieux en mieux connus et ces travaux pourraient, à terme, déboucher sur des solutions voire des applications³².



De l'industrie à l'énergie grâce à l'électrolyse haute température (EHT) ?

Les processus industriels de certains sites sont très énergivores, avec d'importants apports en électricité, gaz ou chaleur. Les températures peuvent ainsi s'élever à plusieurs centaines de degrés. Ce qui, aujourd'hui, s'apparente à une contrainte opérationnelle peut devenir un atout au service de la transition énergétique. En effet, l'électrolyse à haute température (EHT) présente des avantages certains et notamment en termes de rendement : elle peut atteindre jusqu'à 95% contre 75% pour les électrolyseurs actuellement en service. Cependant, comme son nom l'indique, pour être utilisée correctement, l'EHT repose sur une réaction très endothermique : Il est nécessaire d'atteindre des températures allant de 650 à 1000°C. Ainsi, certains sites industriels pourraient recourir à l'EHT et devenir des "hub" énergétiques capables de produire massivement de l'hydrogène pour irriguer de nombreux usages (mobilité, Power-to-Gas, Power-to-Liquid, applications stationnaires, etc.). Les cimenteries suivent de près les évolutions liées à cette technologie et d'autres industriels pourraient être intéressés.

ET MAINTENANT, QUE FAIRE ?

Tout comme le schéma éolien, le **schéma régional biomasse** vient en complément du SRADDET. Ce schéma biomasse doit permettre d'identifier les gisements et définir une stratégie pour faciliter le recours à la biomasse destinée à de multiples usages : agriculture, matériaux, chimie verte, énergie, etc. Il est donc important d'y intégrer de l'hydrogène, soit en complément d'autres usages soit comme un potentiel de valorisation à part entière. Les schémas régionaux viendront étayer et décliner la **stratégie nationale de mobilisation de la biomasse et la PPE** avec l'objectif d'atteindre 10% de gaz renouvelable en 2030. Le Ministère de la Transition écologique et solidaire a présenté, en mars 2018, les conclusions d'un groupe de travail dédié à la méthanisation. Parmi les 15 propositions, il y a une volonté d'accélérer le déploiement de cette filière, avec un élargissement des gisements, un accroissement de la taille des installations, des injections dans les réseaux facilitées, etc. L'hydrogène pourrait y trouver un levier de développement dans un avenir proche.

La mobilisation de la biomasse comprend également celle de déchets résiduels et de boues d'épuration. Récemment, à Créteil, la mise en route d'un démonstrateur sur un site de traitement des déchets de **Suez** va en ce sens.

Un travail peut, d'ores et déjà être mené avec les organisations de représentation du monde professionnel : **L'Union des Industries Chimiques, Chambres de Commerce et d'Industrie** ou encore **Chambres d'agriculture** pour identifier les potentialités du territoire. **GrDF** est également en pointe sur ces questions. Dans le cadre de la pyrogazéification, dont l'une des principales problématiques est l'impact sur la ressource en bois, des échanges avec **l'Office National des Forêts** ou les **Parcs Naturels Régionaux** peuvent être engagés.

³²- Adrien Burlacot et Gilles Pletier, Institut des Sciences Biologique ; "Photo-production d'hydrogène : un concurrent plutôt inattendu" ; Juillet-août 2018. CEA ; "Un petit organisme pour les microalgues mais un grand pas pour la production d'énergie" ; Juillet 2017.

Au travers de ces cinq thématiques, de nombreuses activités ont été abordées. Elles démontrent des situations complexes où les enjeux sont bien souvent imbriqués : aucun sujet n'est exclusivement "logistique", "industrie" ou "économie circulaire". L'ensemble de ces activités génèrent des flux et un maillage spécifique, surtout dans des "écosystèmes" où se concentrent les enjeux. Un besoin de solutions et d'innovation se fait alors sentir.

Dans cette perspective, l'hydrogène devient non seulement une solution crédible mais surtout il s'impose comme un outil "polyvalent", aussi bien face à un besoin ciblé que pour anticiper de nouvelles activités.

Après avoir initié une "cartographie" grâce aux thématiques, il convient, pour obtenir une projection complète, de revenir sur les "écosystèmes" et la place des solutions hydrogène.

La première étape est une définition du terme "écosystème" : de quoi parle-t-on ? Ensuite, des exemples concrets issus de divers territoires, viendront étayer cette définition et démontrer tout le potentiel des solutions hydrogène dans leur (re)structuration.

Un exemple d'écosystème :**Chemesis à Carling / Saint-Avold (Moselle)**

La présence de la plateforme de Chemesis est liée aux Houillères de Lorraine. Au début du XX^e siècle, la production de coke démarre pour la carbochimie. Puis, dans les années 1950, l'hydrogène issu des cokeries va servir à une installation de production d'ammoniac, dont l'usage est exponentiel à cette époque notamment pour les engrais. Au cours des décennies suivantes, le pétrole remplace le coke, et plusieurs unités liées à la pétrochimie vont s'implanter pour répondre à l'essor de l'industrie plastique. A la fin des années 1980, le site connaît des difficultés et une réorientation stratégique s'opère. Aujourd'hui, le site est toujours une référence et d'autres activités industrielles ont été développées, à plus fortes valeurs ajoutées – comme l'acrylate ou les résines d'hydrocarbures.

Total a investi plus de 180 millions d'euros pour moderniser le site et le tourner vers ces nouvelles productions. Plusieurs centres de R&D ont vu le jour, notamment le Composit Park installé à quelques kilomètres. Le 4 juillet 2018, la société METabolic Explorer a rejoint la plateforme pour un investissement de plusieurs dizaines de millions d'euros. METEX, société originaire de Clermont, va ainsi substituer aux hydrocarbures des matières végétales pour la production de composés chimiques (acide butyrique, propanediol)³³.

Ainsi, l'exploitation d'une spécificité historique, les Houillères, a initié le développement d'une industrie chimique tout d'abord connexe (par rapport à la métallurgie) puis centrale, avec différentes évolutions majeures. L'hydrogène, élément essentiel de l'ensemble des chaînes de production s'adapte à tous ces changements et offre une continuité dans les usages et les installations : la chimie au secours de... la chimie.

Quel territoire pour la plateforme de Carling ?

- Site industriel de 600 ha
- Bassin de 3 500 emplois directs et indirects
- Réseau hydrogène de 37 km géré par Air Liquide
- Réseau d'éthylène de plus de 1 000 km entre les sites de Carling, Feyzing/Pont-de-Claix (Isère) et Lavéra/Berre (Bouches-du-Rhône)

ECOSYSTÈMES : QUELLE DÉFINITION ? QUELLES INTERACTIONS ?

Issue des sciences biologiques, la notion d'écosystème s'est étendue à de nombreuses autres activités et sciences, notamment la géographie. Ici, nous utilisons cette notion pour mettre en avant les caractéristiques de certains territoires.

En effet, la montée en puissance d'activités spécifiques ouvre la voie à l'implantation progressive d'acteurs dans un espace donné. Des relations et connexions vont se créer avec comme objectif d'assurer la pérennité des activités, grâce à une continuité des usages et une adaptation, plus ou moins précoce, aux changements liés aux évolutions techniques. Ainsi, les connexions vont s'étoffer et les échanges de flux se densifier : l'emprise sera croissante sur un périmètre plus ou moins vaste (de la commune à tout un pays, voire plus).

Ainsi, la notion d'écosystème développée ici est à la fois définie par la relation acteurs/activités et par une densité de liens, de connexions qui ont un impact sur un territoire donné, en fonction des choix stratégiques opérés (gouvernance, centralité, etc.). Les problématiques dans ces écosystèmes sont souvent très nombreuses et entremêlées. L'une des premières réponses est le partage et la mutualisation des moyens. L'apport de solutions innovantes est également un levier d'action essentiel.

Cette notion d'écosystème est donc orientée vers l'industrie mais, dans une perspective de transition écologique, l'écosystème peut également s'appréhender sous un angle différent, avec une

approche tournée vers les cycles environnementaux, l'impact sur les ressources et les milieux, la valorisation de déchets, etc.

Les solutions hydrogène sont à la croisée de ces approches et intègrent, par les "services rendus" aux systèmes énergétiques et à la décarbonation des usages, les perspectives de renouvellement de ces écosystèmes. S'appuyer sur ces écosystèmes permettra également d'atteindre plus facilement une massification de la production avec, comme conséquence, une baisse des coûts unitaires. Les solutions seront ainsi plus abordables pour tous.

EXEMPLE D'ÉCOSYSTÈMES HYDROGÈNE D'IMPORTANCE NATIONALE : LES GRANDS PORTS MARITIMES ET FLUVIAUX

Points de connexion à l'économie mondiale, de logistiques majeurs et de concentration industrielle, les ports constituent des territoires stratégiques pour l'ensemble du pays. Face aux difficultés rencontrées, l'Etat a souhaité réformer leur mode de fonctionnement en 2008 et a mis en place, à partir de 2013, une stratégie portuaire pour améliorer leur attractivité et conforter leur rôle d'interface incontournable.

En novembre 2017, le Premier Ministre Edouard Philippe, a réaffirmé les ambitions en la matière. Une série d'objectifs et de mesures doivent permettre d'accroître le dynamisme portuaire en France. Ils portent sur la gouvernance, leur rôle d'aménageur, les relations avec l'"arrière-pays" ou encore la diversification de leurs activités (éolien en mer, etc.).

³³- Communiqué de presse METabolic Explorer – BPIFrance ; "METabolic Explorer et le fonds 'Société de Projet Industriels', opéré par BpiFrance, annoncent la création de METEX NØØVISTA, entreprise de chimie verte pour la production de molécules biosourcés" ; 3 juillet 2018.

Le réseau fluvial en quelques chiffres

- 18 000 km de voies d'eau en France
- 8 500 km de voies navigables
- 6 700 km gérés par Voies Navigables de France (VNF)
dont 4 100 km pour le transport de marchandises
(réseau dit "magistral") et 2 600 km pour le tourisme
- 1 000 km gérés par les collectivités territoriales
(dont 330 km par la CNR – Compagnie nationale du Rhône)
- 700 km directement gérés par l'Etat

**Les zones portuaires pour
la réussite du Plan national Hydrogène**

Les grands ports maritimes sont d'ores et déjà des acteurs territoriaux incontournables de la filière hydrogène, avec une consommation et une production sur site très élevée, notamment pour la production d'ammoniac, les activités pétrochimiques ou le raffinage des hydrocarbures. A cela, s'ajoutent d'autres industriels consommateurs d'hydrogène (chimie, métallurgie, etc.). Au-delà des activités industrielles, les grands ports sont à la croisée des axes stratégiques du Plan national :

- ◆ **Décarbonation des usages industriels de l'hydrogène** : comme mentionné précédemment, les quantités en jeu, la diversité des usages, les facilités liées aux infrastructures offrent des atouts indéniables aux espaces portuaires.
- ◆ **Nouvelles perspectives de stockage des énergies renouvelables** : l'importante consommation énergétique, le rôle d'aménageur, la gestion du foncier et les politiques de déploiement des énergies renouvelables donnent à l'hydrogène un rôle pertinent pour sécuriser l'approvisionnement énergétique de ces écosystèmes.
- ◆ **Décarboner les transports** : les flottes captives de véhicules utilitaires légers et ceux de fortes puissances (poids-lourds, bateaux, trains, bennes à ordures, bus, etc.) sont les deux axes prioritaires pour développer une mobilité hydrogène dans les années à venir. La logistique est un point crucial pour les activités portuaires et ces deux types de mobilité sont directement concernés. Du fait de l'autonomie procurée, la capacité de charge et des solutions zéro émission, de nombreux industriels s'intéressent à l'hydrogène, notamment pour le maritime (navettes de passagers, bateaux de pêche, ferries).

Les enjeux liés à la qualité de l'air, l'intégration des énergies renouvelables et la création de valeur ajoutée locale défendus par ce Plan, entrent en résonance avec les évolutions des Grands Ports Maritimes (GPM), des collectivités associées et bien souvent de territoires bien plus vastes (départements, régions voire tout le pays).

Développer la réflexion par "axes" et "façades"

Les grands ports français se positionnent comme les "architectes" de solutions logistiques globales, à la fois fluviales, ferroviaires et routières. Ils peuvent s'appuyer sur le maillage de ports intérieurs et l'ensemble des plateformes logistiques pour une offre intégrée aux territoires concernés. Plusieurs priorités ont été identifiées par la Stratégie nationale portuaire pour accélérer cette intégration et la coopération par axes :

- Moderniser et fiabiliser les dessertes des ports dans les projets stratégiques de SNCF-Réseau et VNF (Voies Navigables de France) ;
- Réserver des capacités de sillons répondant aux besoins spécifiques de leurs clients pour le fret ferroviaire sur les axes logistiques stratégiques ;
- Concevoir et mettre en place des procédures simplifiées ;
- Faciliter l'accès aux outils portuaires à tous les utilisateurs.

Ainsi, des accords-cadres ont déjà été signés entre SNCF-Réseau et plusieurs structures portuaires. Avec HAROPA et le Grand Port Maritime de Marseille, il a été décidé de garantir des sillons pour le fret sur l'axe Le Havre-Paris et sur la rive droite du Rhône. Dans le Nord, se développe une offre logistique de 80 km entre Lille, Dunkerque et Douges, où la distribution d'hydrogène est déjà prévue. Le port de La Rochelle étend ses activités d'Opérateur Ferroviaire de Proximité (OFP) jusqu'à Nantes-Saint Nazaire.

Egalement, le transport par voie d'eau offre de nouvelles perspectives et des valorisations de "coûts externes" : réduction du bruit, décongestion des réseaux routiers, fortes réductions des émissions de gaz à effets de serre et performances économiques. Après avoir reculé au profit du ferroviaire et du routier, le transport fluvial souhaite retrouver une part importante sur certains secteurs, en encourageant notamment le report modal. De nombreuses applications hydrogène pour le fluvial sont également à l'étude comme le transport de passager, le tourisme ou même des déchèteries.

Favoriser l'émergence de projets hydrogène

Jupiter 1000 (Fos-sur-Mer) et GRHYD (Dunkerque), projets de *Power-to-Gas*, sont deux démonstrateurs emblématiques de la filière hydrogène en France. Cependant, d'autres acteurs s'appuient sur les caractéristiques portuaires pour bâtir leurs projets.

- Dans l'agglomération de Nantes-Saint Nazaire, les travaux s'orientent vers la valorisation des Energies Marines Renouvelables via l'hydrogène et l'intégration des piles à combustible pour des applications maritimes et fluviales (SEP-PAC, Navibus) ;
- Au Havre, un hydrogène décarboné doit intégrer des procédés industriels.
- A Toulon, autour du projet HYNNOVAR, l'objectif est de développer des usages liés au tourisme, à la navigation de plaisance et au transport de passagers dans la Rade.
- A La Rochelle, a été mise en service la première navette à hydrogène de transport de passagers sur mer. Il s'agit d'un système hybride doté d'une motorisation principale avec une batterie électrique et un prolongateur d'autonomie à hydrogène pour éviter certaines difficultés d'usages.
- A Strasbourg, la compagnie Batorama, gestionnaire de navettes touristiques sur le Rhin envisage de passer une partie de sa flotte à l'hydrogène.
- Des solutions de mobilité maritime à hydrogène sont également envisagées à Vannes ou sur l'île de Ré.

A l'international aussi, les zones portuaires deviennent incontournables. En Chine, le port de Shanghai est au cœur de toutes les attentions.

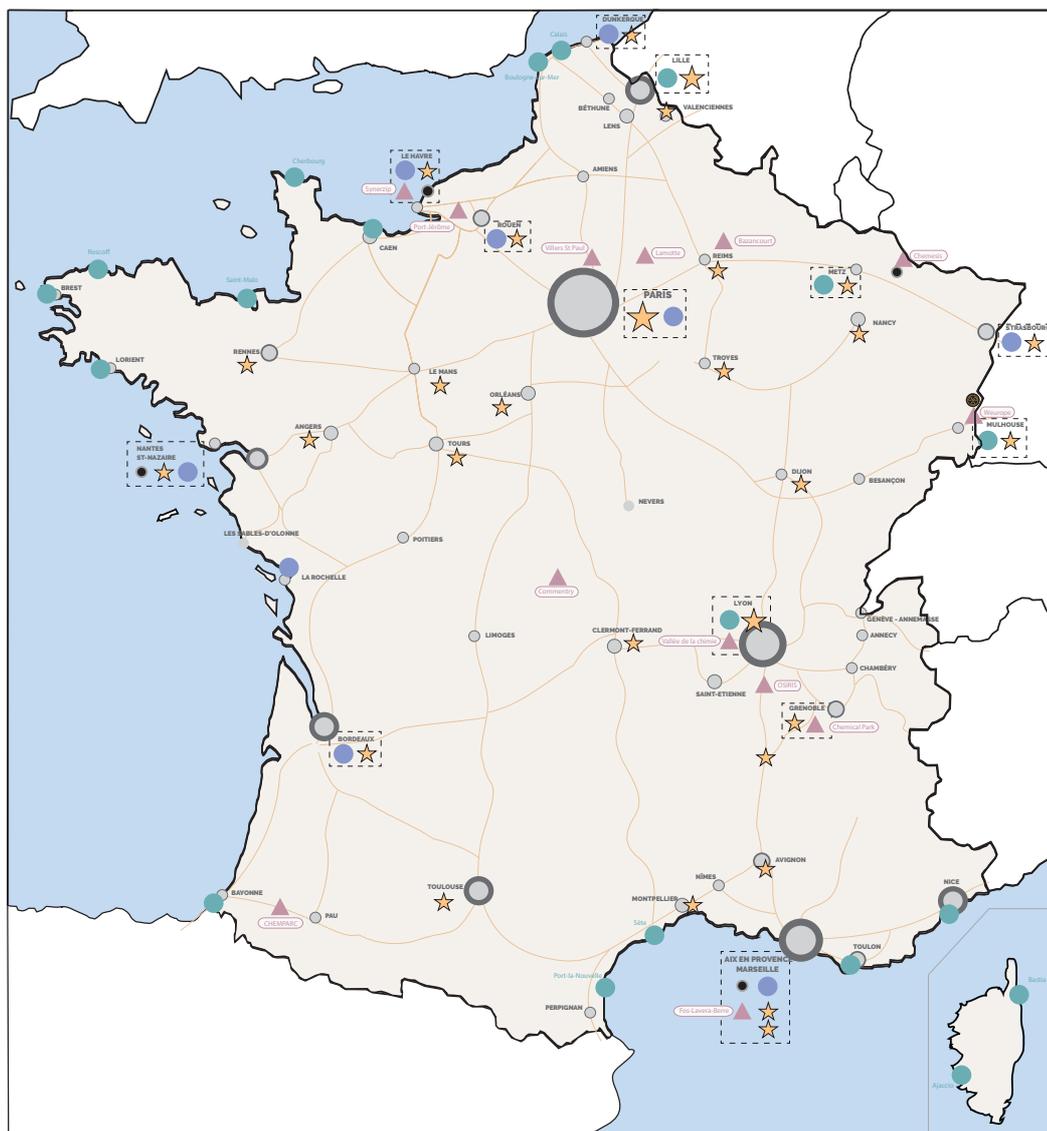
Donfeng Group, Re-fire et Ballard se sont associés pour mettre en service près de 500 camions à hydrogène pour le compte de la SNTE (Shanghai Sinotran New Energy Automobile). La Société SNTE a signé récemment un accord avec Air Liquide pour assurer la construction d'un réseau de distribution capable de répondre aux besoins de cette flotte hydrogène qui pourrait atteindre 7 500 véhicules dès 2020.

L'Etat californien fait la promotion des mobilités propres, notamment dans les zones portuaires. Un programme de transport de marchandises zéro émission a été mis en place. Toyota, Nikola et Kenworth testent leurs poids-lourds à hydrogène dans ces espaces. Toyota va même y implanter sa station Tri-Gen capable de produire 1,2 tonne d'hydrogène par jour.

A Rotterdam, le projet est de convertir une partie de l'électricité issue des parcs éoliens off-shore de la Mer du Nord en hydrogène pour répondre aux besoins industriels, notamment ceux de la raffinerie BP. Pour réduire les émissions de CO₂, les autorités portuaires envisagent également de recourir largement au CSC (Captage et Séquestration du Carbone) avec l'objectif d'ici 2020 de pouvoir transporter le carbone à grande échelle et le valoriser notamment pour obtenir du méthane de synthèse.



Quelques exemples
d'écosystèmes
en France métropolitaine



▲ Plateformes chimiques identifiées par l'Union des Industries Chimiques (UIC), la DGE et Business France

● Grands ports maritimes et ports autonomes

● Autres ports maritimes et fluviaux

★ Territoires comptant au moins 21 Entrepôts ou Plateformes logistiques (EPL) de plus de 5 000m²

● Centrales thermiques au charbon

● Centrale nucléaire de Fessenheim

Principales agglomérations

● Paris - 12 millions d'habitants

● Plus d'un million d'habitants

● 200 000 habitants

Cette carte permet de localiser plusieurs écosystèmes à forts enjeux, correspondant aux thématiques présentées dans ce livret et aux développements industriels actuellement en cours dans la filière hydrogène. Chaque écosystème repose sur la présence d'une activité majeure, associée à d'autres complémentaires, comme pour les ZIP/GPM ou encore les plateformes industrielles chimiques telles que Chemosis.

Lorsque les spécificités décrites précédemment sont dégagées, un premier maillage émerge, avec des espaces regroupant parfois plusieurs écosystèmes.

Le maillage proposé n'est pas exhaustif et pourra être complété avec d'autres éléments comme par exemple les réseaux de transport et sites de stockage de gaz, hydrocarbures ou matières chimiques ; les points nodaux des réseaux électriques ; la présence de parcs naturels régionaux ou nationaux ; les sites de gestion de déchets ; les plateformes de transport combiné ; les centrales thermiques au gaz (turbines de combustion ou à cycle combiné) ou au fioul ; etc.

PROSPECTIVE TERRITORIALE : QUELQUES ÉCOSYSTÈMES FRANCILIENS

Dans le cadre de la convention signée avec la région Ile-de-France, l'AFHYPAC a identifié plusieurs territoires disposant de caractéristiques propres au développement de solutions hydrogène.

Gennevilliers : ville située aux portes de Paris, Gennevilliers concentre, dans son périmètre, l'un des plus importants ports franciliens, plusieurs industriels consommateurs d'hydrogène pour des usages chimiques, une centrale thermique dite "d'exploitation de turbines à combustion" ou CETAC, un réseau de chaleur et un nœud routier où se croisent deux autoroutes. Logistique, industrie, énergie, accessibilité, économie circulaire : toutes les thématiques sont présentes.

Limay-Porcheville : situées sur l'Axe Seine, entre Paris et Rouen, ces deux communes voisines peuvent compter sur la présence d'un industriel consommateur d'hydrogène et d'une plateforme portuaire combinée à des terminaux routiers et ferroviaires. Jusqu'en 2017, de l'hydrogène était utilisé pour les besoins d'une centrale électrique au fioul. Le foncier libéré conjugué au savoir-faire des salariés en matière hydrogène ouvre de nouvelles perspectives pour des projets industriels.

Grandpuits-Bailly-Carrois : Située en Seine-et-Marne, département essentiellement agricole, cette commune de 1 000 habitants abrite l'un des principaux centres de production d'hydrogène en France. La raffinerie de Total et la production d'ammoniac de Boréalys consomment plusieurs dizaines de milliers de tonnes d'hydrogène par an. Ainsi, dans ce territoire disposant de gisements éoliens, l'hydrogène, élément connu et maîtrisé, peut devenir une brique majeure d'un déploiement de nouvelles activités.

Autres écosystèmes : Grand Roissy ; Evry-Sénart-Melun ; Vitry-Bonneuil ; Achères-Conflans-Pontoise ; etc.

L'HYDROGÈNE EN MILIEU AÉROPORTUAIRE : HYPORT EN OCCITANIE / PYRÉNÉES-MÉDITERRANÉE

Dans la stratégie hydrogène de cette région, le déploiement au sein d'écosystèmes aéroportuaires est identifié comme l'un des quatre piliers prioritaires. Le développement de piles à combustible adaptées aux usages aéroportuaires (auxiliaires de puissance et motorisation) ainsi que la mise en service de flottes de véhicules hydrogène doivent ainsi permettre la décarbonation de ces sites particuliers. La mise en œuvre de ce projet a impliqué la création d'une société de projet entre ENGIE Cofely et le Conseil régional. L'aéroport de Toulouse-Blagnac sera le premier concerné puis celui de Tarbes-Lourdes-Pyrénées.

La concentration d'activités spécifiques, la présence d'industriels et de centres de recherche ainsi qu'une implication historique dans la filière hydrogène grâce notamment aux initiatives albigeoises, offrent à la région des perspectives pour le déploiement de solutions hydrogène. Elle souhaite les exploiter et l'aéroportuaire doit permettre de toucher d'autres usages et d'autres espaces.



Projet de production et de consommation d'hydrogène

Installation d'un électrolyseur de type alcalin d'1 MW
produit environ 150 t d'hydrogène par an

2,5 MW d'électrolyse = 375 th2/an = 1,01 th2/jour soit :
- 500 kg pour l'industrie
- 35 voitures particulières (175 kg)
- 10 bus (300 kg)
- 15 Kangoo ZE H2 (22 kg)
- 10 vélos H2 (5 kg)

A titre d'illustration, en 2013, chaque jour, 744 tonnes d'hydrogène ont été produites pour répondre aux besoins des raffineries, plus de 660 tonnes pour ceux de l'ammoniac et près de 410 tonnes pour ceux de la pétrochimie.

CONSTRUIRE UN CONSORTIUM : VERS QUI SE TOURNER ?

La filière hydrogène se développe en France comme à l'international. Cette forte dynamique se traduit notamment par un nombre croissant d'adhérents à l'AFHYPAC qui compte plus de 110 membres présents sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Les actions et le positionnement nouveau de certains acteurs laissent entrevoir des perspectives de développement majeures : la liste des structures mentionnées ci-dessous n'est, ainsi, pas exhaustive. Un travail spécifique pour chaque projet est nécessaire pour identifier et approcher les acteurs pertinents.

INDUSTRIELS

(ÉNERGÉTIENS, ÉQUIPEMENTIERS, INTÉGRATEURS, FABRICANTS DE COMPOSANTS, ETC.) :

Ils sont membres de l'AFHYPAC

Grands groupes industriels, institutions financières et ETI :

AIR LIQUIDE, AREVA Stockage d'énergie, AXA, CMI groupe, Compagnie Nationale du Rhône, EDF-EIFER, EFI Automotive, ENGIE, Faurecia, GRTgaz, HYUNDAI, MICHELIN, Naval Group, Plastic Omnium, TOTAL, TOYOTA

Industriels utilisateurs et clients finaux

CHEREAU, Dassault Aviation, KEOLIS, SNCF, RATP, Transdev

PME-PMI

2BEGAS H2, Actys-BEE, AD-VENTA, Alca Torda Applications, ALCRYS, AAQIUS, ATAWAY, AREVA H2Gen, AvenHyr Conseil, Bulane, CAHOQUET, Cesame-Exadebit, Enercat, Ergosup, ETIA, FlexFuel Energy Développement, GreenGT Technologies, H2SYS, H2V Product, Haffner Energy, HASKEL France, HERA France / ALBHYON, HEROSE, HINICIO, Howden BC Compressors, HP Systems, Hydrogène de France, Hympulse, ITM Power, Justy, MaHyTec, Maximator France, McPhy, NEXEYA, Nova Swiss, Powidian, Pragma Industries, Proviridis, PV Puech Long, Raigi, Seiya Consulting, SEED-Energy, SERTRONIC, STELIA Composites, STEP, SWAGELOK, Sylfen, Symbio, Top Industrie, Tronico-Alcen, VDN.

ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES

Association Française des Gaz Comprimés, AVERE France, Coénove, Conseil National des Professions de l'Automobile (CNPA), Evolen

ETABLISSEMENTS PUBLICS :

Ils sont membres de l'AFHYPAC

Caisse des Dépôts et Consignation, CCI du Var, CEA, CNRS, GDR HysPAC, LEMTA, Fédération FCLAB, INERIS, Institut Carnot Mines

...mais également : ADEME, Bpi France, Chambres de Commerce et d'Industrie, Chambres d'agriculture, IFSTTAR, Voies Navigables de France, etc.

AUTORITÉS PUBLIQUES ORGANISATRICES ET PRESCRIPTIVES (RAPPEL DE COMPÉTENCES) :

Ils sont membres de l'AFHYPAC

AprlSTHY, BERHY, Capenergies, Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, Mission Hydrogène, Normandie Energies, Normandie Mobilité Electrique, Pôle d'Excellence Energie 2020, Pôle Véhicule du Futur, Tenerrdis, Wind for Future ;

Aix-Marseille-Provence, Communauté d'Agglomération du Grand Dole, Durance Luberon Verdon Agglomération, Grenoble Alpes Métropole, Métropole Rouen Normandie, Nantes Métropole, Valence Romans Agglo ; Conseil Départemental de la Manche ; Région Bourgogne-Franche-Comté, Région Centre-Val de Loire, Région Hauts de France, Région Normandie, Région Nouvelle Aquitaine, Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée, Morbihan Energies, SEM R-GDS, SIPPAREC, SyDEV, SMTU Pau, TrifyL.



- Etat – Gouvernement et Autorité Administrative Indépendante : ministère de la Transition écologique et solidaire ; de l'Economie et des finances ; de la Cohésion des territoires ; de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation ; Commission de Régulation de l'Energie (CRE) ; etc.

=> *Elaborent : ensemble législatif et réglementaire (Lois, Programmmations, Stratégies, etc.)*

Autorité de l'Etat dans les territoires - préfetures : DREAL, DIRECCTE : compétences de contrôle et d'animation des politiques publiques



- Conseils régionaux et afférents (Agence d'innovation, économique, etc.) sont en charge de l'aménagement et du développement durable ; du développement économique ; du soutien à l'innovation ; des services non-urbaines de transport ; du soutien à l'enseignement et la recherche ; de la gestion des lycées et de la formation professionnelle.

=> *Elaborent : Schéma Régional de l'Aménagement, du Développement Durable et de l'Egalité des Territoires (SRADDET) ; Schéma Régional de Développement Economique, d'Innovation et d'Internationalisation ; Schéma éolien ; Schéma biomasse ; Plan régional de prévention et de gestion des déchets ; etc.*



- Départements

=> *sont en charge de l'action sociale ; de la résorption de la précarité énergétique ; de l'autonomie des personnes ; de la solidarité des territoires ; de la gestion des collèges.*

Les syndicats d'énergies regroupent à la maille départementale les réseaux de distribution d'électricité et de gaz pour le compte des communes.



- Communes, Etablissement Public de Coopération Intercommunale et afférents (syndicats de transport, de déchets, etc.) sont en charge de la mobilité durable ; de l'organisation des services publics de proximité ; de l'aménagement de l'espace ; du développement local ; du logement.

=> *Elaborent : Plan Local d'Urbanisme, Plan de Déplacement Urbain, Plan Climat Air Energie Territoires, Schéma de Cohérence Territorial, etc.*

LE PLAN NATIONAL HYDROGÈNE EN BREF

Le 1^{er} juin, Nicolas Hulot, alors ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, a présenté devant les principaux acteurs de la filière son Plan de déploiement de l'hydrogène, outil pour la transition énergétique, en plein essor au niveau mondial.

Dans le cadre de la Transition énergétique, le développement de l'hydrogène est couplé à celui des énergies renouvelables. En effet, d'une part les usages de l'hydrogène ne sont vertueux que si l'hydrogène est produit selon des procédés décarbonés. D'autre part, l'intermittence grandissante des moyens de production électrique, exige de faire preuve d'innovation pour gérer au mieux les flux d'électricité. Ce développement est essentiel pour atteindre la neutralité carbone. L'enjeu du stockage est en partie traité par les batteries (ou les STEP) mais seul l'hydrogène permettra de stocker de grandes quantités d'énergie et sur une durée supérieure à 36 heures. Dans cette perspective, l'hydrogène représente une solution pour arriver à 100 % d'énergies renouvelables. L'hydrogène représente une solution pour arriver à 100% d'énergies renouvelables.

Cet hydrogène décarboné et/ou vert permettra en outre de rendre plus propres nos processus industriels : aujourd'hui l'hydrogène est utilisé principalement dans l'industrie (raffinage, chimie, engrais...) et sa production avec des gaz fossiles représente une fraction importante des émissions de gaz à effet de serre de nos entreprises industrielles.

Le plan de déploiement de l'hydrogène est organisé autour de 3 grands axes, en lien avec la PPE :

- Décarboner 10 % de l'hydrogène industriel à l'horizon 2023 (100 000 t/an) et entre 20 et 40 % d'ici 2028
- Développer des solutions zéro émission pour les transports (routier, ferroviaire, maritime, fluvial, etc.) avec l'introduction de 5 000 véhicules légers, 200 véhicules lourds et 100 stations en 2023 puis 20 000 à 50 000 véhicules légers, 800 à 2 000 véhicules lourds et 400 à 1 000 stations à l'horizon 2028.
- Développer des capacités de stockage des énergies renouvelables, notamment pour les Zones Non-Interconnectées (ZNI)

CRÉER UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE DÉCARBONÉE

Inspirés du rapport DGEC-CEA "plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique"³⁴, ces mesures ont pour objectifs de développer l'écosystème français et le rendre compétitif sur la scène mondiale, autour des points suivants :

Créer une filière industrielle décarbonée

- N°1** : Fixer des objectifs spécifiques à l'hydrogène dans les usages industriels :
- 10 % d'hydrogène décarboné dans l'hydrogène industriel d'ici à 2023
 - entre 20 à 40 % d'ici 2028.

N°2 : Mettre en place dès 2020 un système de traçabilité de l'H₂, s'inscrivant dans le cadre européen en cours de discussion (révision de la directive relative aux énergies renouvelables).

N°3 : Assurer la mise en évidence de l'impact environnemental de l'hydrogène dans la réglementation relative aux gaz à effet de serre, ce qui permettra de différencier l'hydrogène en fonction de son mode de production.

DÉVELOPPER DES CAPACITÉS DE STOCKAGE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

N°4 : Lancer rapidement des expérimentations dans les territoires isolés. Les électrolyseurs sont en mesure d'apporter immédiatement des services aux réseaux électriques et un débouché supplémentaire au développement des énergies renouvelables.

N°5 : Identifier les services rendus par l'hydrogène, pour leur donner une valeur. Pour la métropole continentale, RTE et ENEDIS auront pour mission d'identifier la valeur des services rendus au réseau par les électrolyseurs et les moyens existants ou à mettre en place pour valoriser ce type de service.

N°6 : Identifier les besoins pour le stockage par hydrogène pour chaque zone non interconnectée. EDF SEI (filiale d'EDF dans les territoires insulaires) et l'ADEME sont chargées de caractériser pour chaque zone non interconnectée les services que peuvent rendre les électrolyseurs afin de permettre aux collectivités concernées de prévoir dans leurs programmations pluriannuelles de l'énergie des mesures et objectifs spécifiques concernant le stockage et l'hydrogène.

N°7 : Déterminer les conditions techniques et économiques d'injection d'hydrogène acceptables pour les réseaux. Afin de préparer l'arrivée du procédé "power-to-gas" qui permet de procéder à la conversion de l'électricité issue des énergies renouvelables, les transporteurs et distributeurs de gaz devront déterminer ces conditions techniques et économiques. Un rapport intermédiaire est attendu pour la fin 2018.

DÉVELOPPER DES SOLUTIONS ZÉRO ÉMISSION POUR LES TRANSPORTS ROUTIERS, FERRÉS, FLUVIAUX, ETC.

N°8 : Déployer des écosystèmes territoriaux de mobilité hydrogène sur la base notamment de flottes de véhicules professionnels :

- 5 000 véhicules utilitaires légers et 200 véhicules lourds (bus, camions, TER, bateaux) ainsi que la construction de 100 stations, alimentées en hydrogène produit localement à l'horizon 2023 ;
- de 20 000 à 50 000 véhicules utilitaires légers, 800 à 2000 véhicules lourds et de 400 à 1000 stations à l'horizon 2028.

34- Rapport DGEC - CEA « plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique » février 2018

N°9 : Accompagner le développement d'une gamme de véhicules lourds routiers mais aussi pour d'autres modes : bateaux, trains aéronautique. Des appels à manifestation d'intérêt utilisant les outils existants de soutien à l'innovation seront lancés.

N°10 : Accompagner le déploiement de flottes territoriales, de véhicules hydrogène (camions, véhicules utilitaires, bus...), sur la base de l'hydrogène produit dans la phase d'amorçage industriel.

N°11 : Lancer une mission parlementaire d'ici la fin du premier semestre 2018 notamment pour estimer la place de l'hydrogène dans le rail et identifier les verrous à lever.

N°12 : Afin d'accompagner les projets, l'ADEME aura une mission de pilote pour l'Etat, consistant à orienter les porteurs de projets notamment pour les questions réglementaires ou de financement, de structurer et de piloter les déploiements d'écosystèmes hydrogène et d'assurer un rôle de mise en cohérence des sujets relatifs à l'hydrogène.

N°13 : Poursuivre le travail important déjà réalisé pour clarifier la réglementation relative à la sécurité et à la prévention des risques. D'ici mi-2018, un cadre réglementaire spécifique pour les stations-services distribuant de l'hydrogène sera mis en place.

N°14 : Instruire et accompagner la création d'un centre international de qualification - certification de composants H2 haute pression pour la mobilité routière, l'aéronautique, le maritime, le fluvial, le ferroviaire.

OUTILS DE MISE EN ŒUVRE DU PLAN NATIONAL ET STRUCTURATION DE LA FILIÈRE

◆ **Le Fonds ADEME** : dès 2019, 100 millions devraient être débloqués, avec la possibilité qu'il soit reconduit les années suivantes.

◆ **Les Comités Stratégiques de Filière (CSF)** : ils sont mis en place dans le cadre du Conseil National de l'Industrie sous l'autorité du Premier Ministre. La plupart des secteurs économiques sont couverts par les 16 CSF :

- Le CSF Automobile a déjà élaboré son contrat de filière. Un de ses objectifs : *"créer une filière hydrogène française compétitive et développer ses usages en mobilité"*.
- Le CSF Ferroviaire sous l'autorité d'Henri Poupart-Lafarge, PDG d'ALSTOM doit faire de même.
- Le nouveau CSF "Industries des nouveaux systèmes énergétiques", co-présidé par Isabelle Kocher, Directrice générale d'ENGIE et Sylvie Jehanno (Dalkia), devrait traiter du sujet hydrogène.

◆ **Les Contrats de Transition Ecologique (CTE)** : l'hydrogène peut également trouver sa place dans cet outil conçu pour redéployer l'activité dans des territoires en difficulté (du fait par exemple de la fermeture de centrales à charbon ou nucléaire).

◆ **Les Engagements pour la croissance Verte (ECV)**
La demande du ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) est de donner corps à l'émergence d'une filière hydrogène, de concrétiser et mettre en œuvre le Plan national avec les acteurs de la filière en s'appuyant sur l'instrument des ECV (Engagements pour la Croissance Verte). Les premiers ECV pourraient être signés d'ici la fin de l'année.

Les ECV ont un triple objectif :

- valoriser et faire connaître les actions/initiatives/projets en cours de la filière française de l'hydrogène ;
- faciliter le déploiement de la filière hydrogène avec un travail sur les freins à lever, les leviers à mettre en place par les différentes parties prenantes

Les ECV sont des engagements réciproques de l'Etat et des acteurs économiques (industriels, collectivités...) pour atteindre des objectifs concertés sur une ou plusieurs thématiques en lien avec la montée en puissance d'une filière industrielle.

Un engagement se traduit par un document contractuel de droit souple cosigné par l'Etat et les acteurs impliqués, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une représentation (syndicat professionnel d'une branche industrielle, association, consortium, ..). Ce contrat constitue un engagement moral des signataires, et n'est pas opposable juridiquement.

C'est avant tout un outil de dialogue et de coopération entre les différentes parties prenantes.

Basé sur une démarche "bottom-up", les porteurs de projets sont invités à définir dans un premier temps leurs engagements ainsi que ceux souhaités de la part de l'Etat. Sur la base de ces propositions commence alors la co-construction de l'ECV. En fonction des demandes exprimées est constituée une équipe projet ad-hoc côté administration (directions du MTES concernées et la Direction Générale des Entreprises – Ministère de l'Economie et des Finances) pour approfondir ces demandes et décider de leur prise en compte ou pas dans l'ECV qui constitue alors le résultat final de ces discussions.

Pour mener à bien ces ECV, plusieurs groupes de travail thématiques copilotés par l'AFHYPAC, le CEA, la DGEC, le CGDD et l'ADEME ont été constitués. Plusieurs groupes de travail ont été constitués, au nombre de 4, découpés en sous-groupes.

L'ECV n'est pas un outil de financement, l'Etat disposant de guichets adaptés pour l'accompagnement financier des projets opérationnels.



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

www.afhypac.org

Contact
info@afhypac.org
28, rue Saint-Dominique
75007 Paris
T. +33 (0)1 44 11 10 04



avec le soutien de l'ADEME