



# Filière Hydrogène :

Besoins en compétences  
et en formation

Normandie



<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Projets et expérimentations sur le territoire normand</b>	<b>8</b>
<b>VOLET 1</b>	
<b>De la production d'hydrogène à sa distribution</b>	<b>10</b>
I- La production d'hydrogène	11
Ce qu'il faut savoir sur la production d'hydrogène	11
Ecosystème et projets normands	12
Métiers et compétences	13
Evolutions en cours et à venir	15
II- Stockage, transport et distribution d'hydrogène	16
Ce qu'il faut savoir sur le stockage, le transport et la distribution d'hydrogène	16
Ecosystème et projets normands	17
Métiers et compétences chez les fabricants de stations H <sub>2</sub>	18
Métiers et compétences chez les exploitants	20
Evolutions en cours et à venir	21
<b>VOLET 2</b>	
<b>De la conversion en électricité aux usages</b>	<b>24</b>
I- Conversion de l'hydrogène et fabrication de piles à combustible (PàC)	25
Ce qu'il faut savoir sur la conversion de l'hydrogène et les PàC	25
Ecosystème et projets normands	26
Métiers et compétences chez les fabricants de piles à combustible	27
Evolutions en cours et à venir	29
II- Les usages industriels de l'hydrogène	30
Ce qu'il faut savoir sur l'hydrogène dans l'industrie	30
Ecosystème et projets normands	31
Métiers et compétences	32
Evolutions en cours et à venir	34

III- Application de l'hydrogène : la mobilité légère 35

Ce qu'il faut savoir sur la mobilité légère	35
Ecosystème et projets normands	36
Métiers et compétences dans la mobilité légère	37
Evolutions en cours et à venir	38

IV- Application de l'hydrogène : la mobilité lourde 40

Ce qu'il faut savoir sur la mobilité lourde	40
Ecosystème et projets normands	41
Métiers et compétences dans la mobilité lourde	42
Evolutions en cours et à venir	44

V- Application de l'hydrogène : l'habitat 47

Ce qu'il faut savoir sur les applications de l'hydrogène dans l'habitat	47
Ecosystème et projets normands	48
Métiers et compétences	49
Evolutions en cours et à venir	50

**VOLET 3**  
**Besoins en compétences et formations : attentes et préconisations pour la filière hydrogène 52**

I- Les profils actuels dans la filière hydrogène : synthèse 54

II- Les profils attendus par la filière hydrogène 56

Synthèse	56
La problématique de pénurie de techniciens industriels	58

III- Compétences et formations : préconisations pour la filière 60

Vue d'ensemble	60
Les préconisations de formation par type d'action	61
Les publics concernés	64

La sécurité 66

**Conclusion 68**

**Annexes 72**

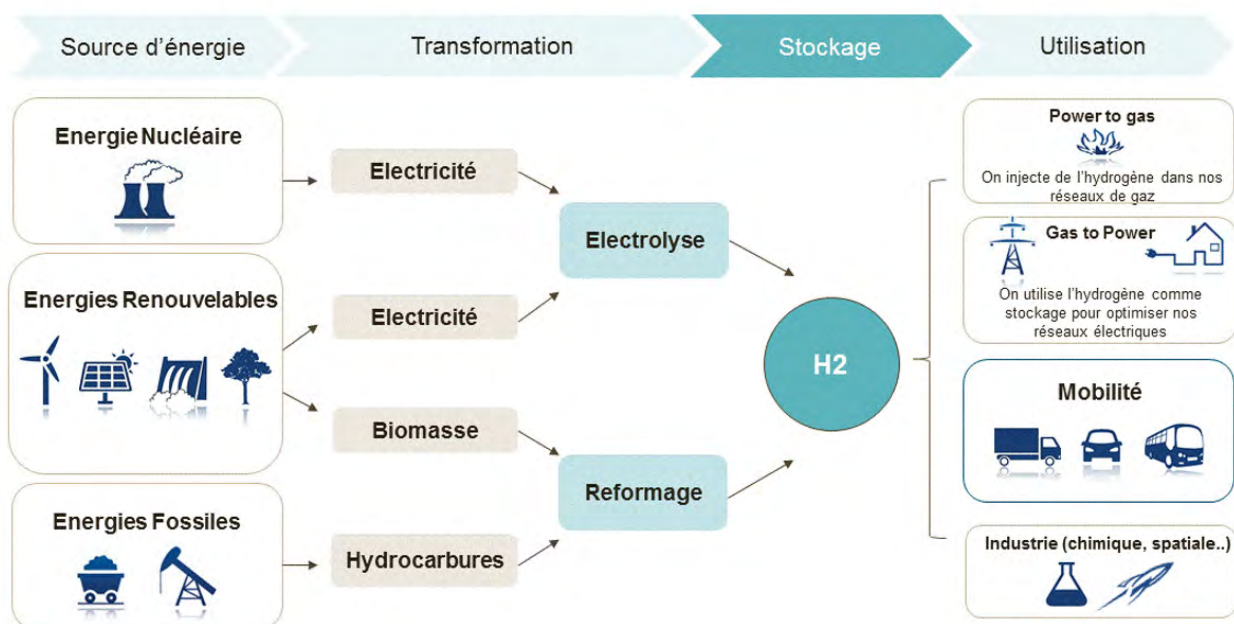
# INTRODUCTION

L'hydrogène ou dihydrogène (H<sub>2</sub>) est l'élément chimique le plus simple, le plus léger et le plus répandu dans l'Univers. Sur Terre, il entre dans la composition de l'eau et des hydrocarbures.

A l'heure actuelle l'hydrogène produit est issue à plus de 95 % d'énergie fossile, et quasi-essentiellement utilisé comme matière première par le secteur pétrolier (pour le raffinage du carburant) et l'industrie chimique.

Le défi est aujourd'hui de produire de l'hydrogène sans dégagement de dioxyde de carbone car pour le moment l'hydrogène est responsable de l'émission de 11,5 Mt de CO<sub>2</sub> en France. L'évolution des modes de production s'oriente ainsi de plus en plus vers de l'hydrogène décarboné, et même « vert » lorsqu'il est produit à partir d'énergies renouvelables, et permet d'ouvrir de nouveaux horizons du côté des usages.

En effet, ses capacités de stockage et sa haute densité énergétique font de l'hydrogène un vecteur énergétique permettant de fournir de l'électricité et de la chaleur ouvrant la voie à des applications variées tant pour le stationnaire que pour la mobilité : mobilité, habitat, réseaux gaz... Le marché de l'hydrogène-énergie présente de nombreux possibles pour la filière hydrogène française.



Afhypac « L'hydrogène en France en 2015 »



## Le Plan Normandie Hydrogène

Une concertation a été lancée en juillet 2017 sur six mois pour construire une feuille de route normande avec les acteurs du territoire impliqués dans le domaine des énergies renouvelables et la préservation de l'environnement.

Le Plan Normandie Hydrogène a été adopté en octobre 2018.

46 actions ont été répertoriées et sont à engager dans un délai de 2 ou 5 ans. Ces actions concernent toute la chaîne hydrogène de la production jusqu'au recyclage, et visent à développer ses usages.

Début 2019, une vingtaine de projets étaient engagés.

La gouvernance du Plan Normandie Hydrogène instaurée en janvier 2019 doit permettre la mise en place de groupes de travail avec les acteurs volontaires pour encourager l'émergence de projets.

La Région va consacrer à ce plan 15 millions d'euros sur les 5 prochaines années.



## Le Plan national de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique

Convaincu que l'hydrogène a toute sa place dans la transition énergétique, le plan national hydrogène, présenté le 1er juin 2018, vise le développement de cette filière avec notamment :

### ► la décarbonation de l'hydrogène industriel

- Objectif : 10 % d'hydrogène vert pour l'industrie d'ici à 2023 et entre 20 à 40 % d'ici 2028.

### ► le développement de la mobilité hydrogène

- Objectif : 20 000 à 50 000 véhicules utilitaires légers, 800 à 2 000 véhicules lourds et de 400 à 1 000 stations à l'horizon 2028.

L'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) est en charge de la gestion des 100 millions d'euros dédiés et de l'accompagnement des projets et acteurs au niveau national.



# L'ÉTUDE

## CONTEXTE

L'implantation à venir, par l'entreprise H2V Industry, d'une usine de production massive d'hydrogène décarboné, et les perspectives de déploiement d'une filière hydrogène en région à moyen et long terme, a amené la communauté d'agglomération Caux Vallée de Seine à s'interroger sur les besoins en compétences et en formation de la filière hydrogène. Par ailleurs une réflexion a été engagée sur l'opportunité de proposer un plateau technique de formation autour de l'hydrogène : le projet « Hydrogène académie » vise le développement d'une offre de formation supérieure sur le territoire de Caux Seine Agglo.

## OBJECTIFS

- ◆ Repérer les secteurs d'activités impactés par le déploiement de l'hydrogène
- ◆ Identifier les besoins en compétences : les expertises nécessaires (techniciens, ingénieurs, ouvriers qualifiés), les compétences et savoir-faire, les métiers représentatifs de la filière, les tensions existantes...
- ◆ Détecter les besoins en formation et recueillir des premiers avis sur le projet de plateau technique

## METHODOLOGIE

Montage d'une enquête qualitative visant à identifier les besoins en compétences et formation de la filière.

Réalisation d'une trentaine d'entretiens auprès d'acteurs et professionnels à tous les maillons de la filière hydrogène en Normandie et en France.

Etude réalisée de mai à novembre 2019.

L'étude a été identifiée dans le cadre de l'appel à projet Draccare 2018\* et a été confiée au Carif-Oref de Normandie

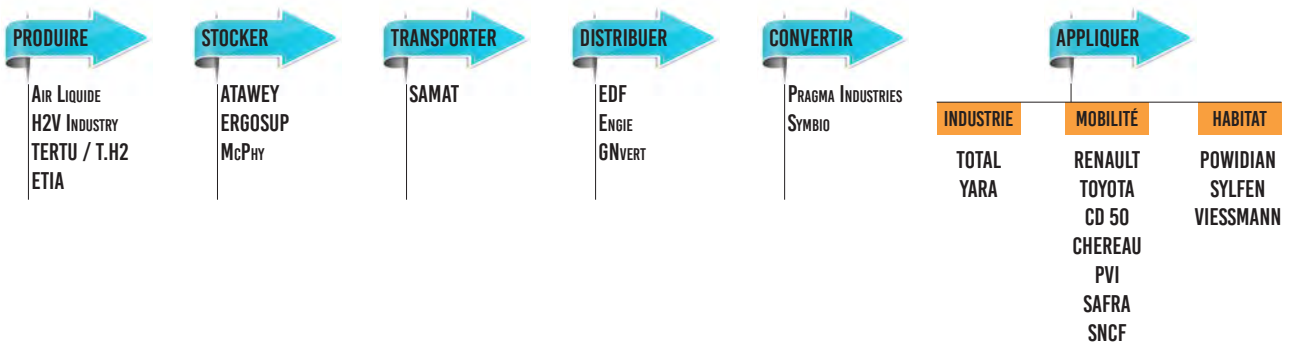
### **Carif-Oref de Normandie**

*Centre d'animation, de ressources et d'information sur la formation  
Observatoire régional emploi-formation*

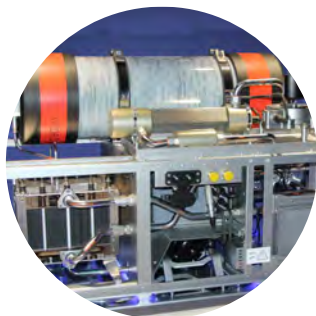
Groupement d'intérêt public (GIP) au service des évolutions de l'emploi et de la formation, ses missions s'inscrivent dans les actions du contrat de projets État-Région 2015-2020 (CPER). Sa mission d'observation s'organise autour de trois domaines : Parcours de formation / Relation emploi-formation / Anticipation et accompagnement des mutations économiques.

\* AAP DRACCARE (Développement Régional d'Actions Collectives pour le Renouvellement de l'Économie) : appel à projet lancé par la Préfecture de Normandie, avec l'appui de la Directe de Normandie, destiné à accompagner des actions collectives régionales autour de l'innovation et des compétences.

## LES MAILLONS DE LA CHAÎNE HYDROGÈNE : DE LA PRODUCTION AUX APPLICATIONS... LES ACTEURS INTERVIEWÉS



ET AUSSI...  
AFHYPAC  
ADEME  
CONSEIL REGIONAL DE NORMANDIE  
NORMANDIE ENERGIES  
INSA  
CAMPUS PROPULSION NORMANDIE  
...



# PROJETS ET EXPERIMENTATIONS SUR LE TERRITOIRE NORMAND



## ERGOSUP 1

Créée en 2012, basée dans la Drôme (Malataverne) et en Normandie (Cherbourg), Ergosup a développé une technologie de production d'hydrogène gazeux directement sous pression. En juin 2019, la première station hydrogène tout intégrée HyRIS lab (Hydrogen Refueling Station) a été livrée à un laboratoire universitaire de chimie à Lyon. A l'horizon 2022, il est envisagé l'implantation d'un atelier d'assemblage d'électrolyseurs à Cherbourg-en-Cotentin pour la fabrication en série.

**Budget :** Après 2,7 millions d'euros levés 2015, Ergosup a réalisé une levée de fonds de 11 millions d'euros en 2019

### Partenaires et rôle sur le projet :

Ergosup : développeur de la solution

Ademe, les régions, BPI et des particuliers : financements

**Plus d'infos :** Stockage, transport et distribution (page 17)

**Localisation :** Cherbourg-en-Cotentin

## BHYKE 1 2

En 2017, le département de la Manche propose, à travers le projet Bhyke, le déploiement de vélos à hydrogène associés à leurs stations de recharge à Saint-Lô et Cherbourg-en-Cotentin. Les utilisations ciblées sont le tourisme et l'insertion professionnelle à Cherbourg, et le tourisme et le trajet domicile-travail à Saint-Lô.

### Partenaires et rôle sur le projet :

Ataway : fabricant des stations d'approvisionnement d'hydrogène pour les vélos

Pragma : développement et fabrication du vélo hydrogène

Easybike : maintenance de la partie cycle

Fil & Terre : accompagnement du public très éloigné de l'emploi vers une démarche de transition énergétique

Latitude Manche : attractivité du territoire et du tourisme manchois

### Plus d'infos :

Mobilité légère (page 36)

Stockage, transport et distribution (page 17)

Conversion de l'hydrogène et fabrication de pile à combustible (page 26)

**Localisation :** Cherbourg-en-Cotentin et Saint-Lô

## CHALUTIER À HYDROGÈNE 1

Les chantiers Allais, filiale du groupe Efinor conçoivent un chalutier propulsé par un moteur électrique utilisant une technologie de piles à combustibles alimentées en hydrogène. Ce prototype sera exploité en mode formation par le Lycée Professionnel Maritime & Aquacole de Cherbourg-en-Cotentin. Une version basique du bateau devrait voir le jour vers mi-2021 et une version définitive un an plus tard.

**Budget :** 10 millions d'euros (dont 5 pour les études et le développement) cofinancés par la Région Normandie

### Partenaires et rôle sur le projet :

Chantier Allais : conception du chalutier

Symbio : développement de la pile à combustible

Ergosup : installation de la station de recharge

dans le port de Cherbourg

Lusac (laboratoire universitaire de Cherbourg-en-Cotentin) : recherche

### Plus d'infos :

Autres applications de l'hydrogène dans la mobilité (page 46)

Stockage, transport et distribution (page 17)

Conversion de l'hydrogène et fabrication de pile à combustible (page 26)

**Localisation :** Cherbourg-en-Cotentin

## ROAD 3

Lancé en septembre 2016, le projet Road (Refrigerated Optimized Advanced Design = concept réfrigéré optimisé et avancé) a permis à Chéreau, spécialiste de la carrosserie frigorifique sur-mesure, de développer la première semi-remorque frigorifique à hydrogène. Le froid est produit grâce à une pile à combustible hydrogène. Ce nouveau véhicule, en test réel depuis septembre 2019, par le transporteur Malherbe, a de nombreux avantages : efficacité énergétique, durabilité et réduction des coûts.

**Budget :** 5,5 millions cofinancés par l'Etat, les Régions Normandie et Bourgogne-Franche-Comté

### Partenaires et rôle sur le projet :

Chéreau : intégration mécanique sur le camion

FcLab : spécialiste de la pile à combustible

Tronico : conception de convertisseur électrique

Ecole Arts et Métiers d'Angers : travail sur l'allègement du châssis, l'aérodynamisme et l'isolation thermique

Carrier : production de froid avec un groupe frigorifique nouvelle génération

Transport Malherbe : test du véhicule en conditions réelles

**Plus d'infos :** Mobilité lourde (page 41)

**Localisation :** Ducey-les-Chéris



## EAS-HYMOB 11 10 12 13 14 1 4 5

Le programme EAS-HyMob ( Easy AccesS to Hydrogen Mobility = accès facile à la mobilité hydrogène ) débuté en 2016, à l'initiative de la Région Normandie et en partenariat avec les sociétés Symbio et Serfim, prévoit d'installer neuf stations de recharge hydrogène en Normandie associées à des flottes captives de véhicules hydrogène. A ce jour, une station a été installée à Rouen, les autres devraient l'être début 2020.

**Budget :** 4,8 millions d'euros, programme co-financé par l'Union européenne

**Partenaires et rôle sur le projet :**

Symbio : fournisseur de la pile à combustible pour les véhicules à hydrogène

Serfim : maîtrise d'œuvre de solution pour la mobilité durable

Renault : intégration de la pile à combustible sur les véhicules Kangoo ZE

McPhy : conception et installation des stations de recharge

Engie : exploitant des stations de recharge

**Plus d'infos :**

Stockage, transport et distribution (page 17)

Conversion de l'hydrogène et fabrication de pile à combustible (page 26)

Mobilité légère (page 36)

**Localisation :** Rouen (+ en projet : Caen, Cherbourg-en-Cotentin, Pont l'Évêque, Le Havre, Lillebonne, Louviers, Evreux et Vernon).

## RECYCLAGE DE LA PILE A COMBUSTIBLE 8

Morphosis fait partie des lauréats de l'appel à projets national Territoires Hydrogène, lancé par le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. Le projet consiste à travailler sur le recyclage des piles à combustibles, notamment à travers l'extraction et la valorisation du platine. L'étude comprendra les désassemblages manuels et/ou mécaniques des échantillons de batteries de véhicules, la composition en laboratoire, puis des phases chimiques et thermiques. Cette étude impliquera différents partenaires, comme de grosses entreprises (Engie, Suez), des start-up et l'université du Havre.

**Budget :** 500 000 euros

**Localisation :** Tourville-les-Ifs

## T.H2 6

Tertu, entreprise ornaise spécialisée dans la conception et la fabrication de glissières de sécurité bois-métal pour le réseau routier, souhaite recycler les résidus de ses productions. Elle travaille sur un projet de production d'hydrogène par pyrogazéification du bois. Pilote sur cette technologie, Tertu a créé une nouvelle société dénommée T.H2, et envisage principalement deux marchés pour sa production d'hydrogène : la mobilité et l'industrie.

**Partenaires et rôle sur le projet :**

Ademe, les régions, BPI et Argentan intercom : financements

Etia : ingénierie (solutions de pyro-gazéification des déchets et biomasses afin de produire un gaz de synthèse riche en hydrogène)

**Plus d'infos :** Production (page 12)

**Localisation :** Villedieu-les-Bailleul

## EXPÉRIMENTATION DANS L'HABITAT DE CHAUDIÈRES À HYDROGÈNE 7

Viessmann, spécialiste dans la fabrication et la vente de chaudières de chauffage central, a développé Vitovalor, une chaudière à condensation à gaz avec une pile à combustible intégrée. Une cinquantaine de chaudières a déjà été installée en France chez des particuliers ou dans des petits bâtiments. Au Havre, fin 2017, cette chaudière a été installée dans un gymnase permettant ainsi de chauffer le logement du gardien. Sur les 3 prochaines années, en partenariat avec GRDF et l'Ademe, Viessmann va installer une autre cinquantaine de ces systèmes de microgénération (chauffage et production d'électricité) en France.

**Plus d'infos :** Habitat (page 48)

**Localisation :** Le Havre

## USINE DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE VERT 9

A l'horizon 2022, H2V Industry, société industrielle qui conçoit, développe et construit des usines de production massive d'hydrogène vert, prévoit une unité de production industrielle d'hydrogène par électrolyse de l'eau à base d'énergie certifiée 100% renouvelable à Saint-Jean-de-Folleville (76). Cette unité devrait employer 35 personnes. Le marché visé pour la revente de l'hydrogène est l'usage industriel : chimie et pétrochimie. A l'automne 2019, le projet en est à la phase de concertation préalable auprès du public.

**Budget :** 450 millions d'euros d'investissement

Porteur de projet : H2V Industry

**Partenaires et rôle sur le projet :** Soutien de la communauté d'agglomération Caux Seine Agglo et de l'Agence de développement de la région Normandie

**Plus d'infos :** Production page 12)

**Localisation :** Saint-Jean-de-Folleville

## EN REFLEXION...

### NEAC

En Normandie, le projet Neac (Navette Electrique Autonome sur le Canal) porté par un ensemble d'acteurs\*, étudie la faisabilité de créer une navette fluviale électrique autonome alimentée à l'hydrogène pour le transport de personnes sur le canal de Caen.

\* Caen La Mer, Ports de Normandie, les universitaires de l'Unicaen et de l'Ensi Caen et la Société de Projet NEAC-INDUSTRY

**Plus d'infos :** Autres applications de l'hydrogène dans la mobilité (page 46)

**Localisation :** Caen

### SNCF

En France, la SNCF prévoit le lancement d'une première flotte de quinze trains à hydrogène à l'horizon 2022. Quatre régions se sont déjà positionnées : Grand Est, Occitanie, Pays de la Loire et Bourgogne Franche-Comté. Le déploiement dans ces régions se fera en 2023-2024. La Normandie n'est pas concernée pour le moment ; la région a beaucoup d'investissements en cours sur le renouvellement des trains et ne fera donc pas partie de cette 1ère phase de lancement dans les régions mais elle reste intéressée pour les années à venir.

**Plus d'infos :** Autres applications de l'hydrogène dans la mobilité (page 46)

## VOLET 1

# DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE A SA DISTRIBUTION



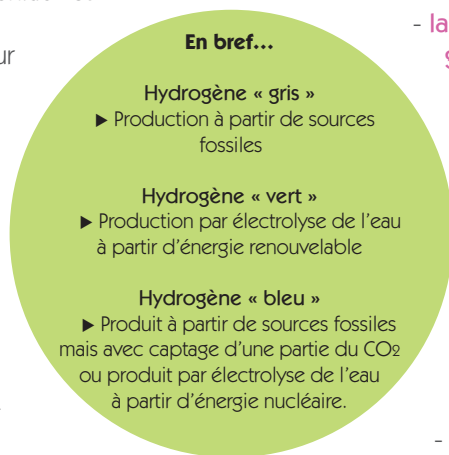


## LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

2017  
CHIFFRES CLÉS

- Sur la Terre, l'hydrogène est associé au carbone pour former le méthane (CH<sub>4</sub>) et à l'oxygène pour constituer l'eau (H<sub>2</sub>O). Pour l'utiliser il faut donc l'isoler afin d'obtenir de l'hydrogène pur.
- Aujourd'hui 94 % de l'hydrogène est produit à partir d'énergie fossile et la quasi-totalité de cet hydrogène est utilisé comme matière première dans le secteur industriel :
  - raffinage, notamment pour désulfurer les carburants ;
  - production d'ammoniac et dérivés chimiques ;
  - vecteur d'énergie pour l'aérospatial.
- Les types de production les plus répandus sont :
  - le vaporeformage (reformage du gaz naturel par de la vapeur d'eau surchauffée) ;
  - la décomposition d'hydrocarbures ;
  - la gazéification du charbon de bois ;
  - l'électrolyse de l'eau ayant recours à de l'électricité d'origine nucléaire.



- Ces procédés de production sont responsables de l'émission de 11,5 Mt de CO<sub>2</sub> en France, soit environ 3 % des émissions totales de CO<sub>2</sub>.
- Pour envisager un hydrogène plus propre, il faut développer une filière de production décarbonée via les procédés suivants :
  - le captage de CO<sub>2</sub>, émis lors de la production d'hydrogène, par procédé cryogénique ;

- la gazéification ou pyrogazéification : il s'agit de produire de l'hydrogène à partir de la filière biomasse issue notamment du recyclage des déchets de bois. Ce procédé peut également s'effectuer à partir de composés solides résiduels ;

- l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité décarbonée issue d'énergie renouvelable (solaire, éolien) ;

- En France, à l'horizon 2050, la production d'hydrogène décarboné pourrait répondre à 20 % de la demande d'énergie finale, et pourrait réduire les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> de 55 millions de tonnes. L'hydrogène décarboné et les piles à combustibles pourraient représenter un chiffre d'affaires de 40 milliards d'euros et 150 000 emplois<sup>1</sup>.

Production annuelle mondiale d'hydrogène



Production annuelle française d'hydrogène



Part de la production française d'H<sub>2</sub> d'origine fossile



Part de la production française d'H<sub>2</sub> par électrolyse



Source : IHS, Société Chimique de France

<sup>1</sup> Projections issues de l'étude prospective réalisée par 12 acteurs de la filière avec le concours du cabinet McKinsey « Développons l'hydrogène pour l'économie française. Etude prospective », 2018, 20 p. <http://www.afhypac.org/presse/developpons-l-hydrogene-pour-l-economie-francaise-1078/>

## ECOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### Air Liquide

*Spécialiste de tous les gaz industriels (oxygène, azote, gaz rares et hydrogène) depuis plus de 100 ans, de la production jusqu'à la livraison*

Air Liquide a développé une technologie de captage de CO<sub>2</sub> utilisant un procédé cryogénique (utilisation de basses températures pour séparer les gaz) : Cryocap™ H<sub>2</sub> permet de capter par le froid 30 % du CO<sub>2</sub> émis lors de la production d'hydrogène. Le CO<sub>2</sub> est ensuite liquéfié et purifié afin d'être valorisé pour différentes applications (alimentaire, cultures). A Port-Jérôme (76), une première unité utilisant la technologie Cryocap™ H<sub>2</sub> a été installée. Le développement de cette technologie s'inscrit dans la démarche Blue Hydrogen du groupe Air Liquide qui vise à décarboner progressivement sa production d'hydrogène dédiée aux applications énergétiques, ouvrant ainsi la voie à une mobilité entièrement propre.



### Le projet d'implantation d'H2V Industry

*H2V Industry : société industrielle de production massive d'hydrogène vert par électrolyse de l'eau à base d'énergie certifiée 100% renouvelable*

H2V conçoit, développe et construit des usines de production massive d'hydrogène vert avec de l'énergie renouvelable pour son process d'électrolyse. H2V prévoit l'ouverture de deux usines en France : une à Dunkerque et une autre à Saint-Jean-de-Folleville (76) en 2022.

Il est ainsi prévu l'implantation d'une usine, sur un terrain de 30 hectares, avec deux unités de production intégrant chacune 30 à 35 personnes. Alors qu'à Dunkerque le marché visé est le power to gaz, avec l'usine de Normandie, c'est l'usage industriel qui semble prioritairement ciblé (chimie et pétrochimie).

En octobre 2019, le projet en est à la phase de concertation préalable.



### T.H2

*Tertu : entreprise normande spécialisée dans la conception et la fabrication de glissières de sécurité bois-métal.*

Dans le cadre de son activité de fabrication de glissières bois, Tertu produit de grandes quantités de copeaux de bois. Souhaitant recycler les résidus de ses productions, Tertu travaille sur un projet d'usine de production d'hydrogène par pyrogazéification. Pilote sur cette technologie, Tertu a créé une nouvelle société dénommée T.H2, et envisage principalement deux marchés pour sa production d'hydrogène : la mobilité et l'industrie. Située à Villedieu les Bailleul, et tablant sur une ouverture fin 2020-début 2021, T.H2 travaille en collaboration avec Etia, un bureau d'ingénierie. Cette société propose des solutions de pyrogazéification des déchets et biomasses (Biogreen) afin de produire un gaz de synthèse riche en hydrogène. En septembre 2019, le projet T.H2 en est à sa phase technique (études et essais) et à l'étude des coûts. Sur ce projet Etia est fournisseur de technologie et T.H2 maître d'ouvrage et futur exploitant de l'usine.



## MÉTIERS ET COMPÉTENCES

### LES PROFILS ACTUELS

L'activité d'une usine ou unité de production d'hydrogène s'organise principalement autour de deux familles de métiers.

#### Les managers ou responsables d'unité ou d'usine

De formation Bac+5, ils sont généralement issus d'écoles d'ingénieurs généralistes. Ils ne sont présents que sur les grosses usines de production (Air liquide, H<sub>2</sub>V), les petites unités se trouvant gérées par des responsables de maintenance de niveau technicien (avec appui de sous-traitants ou du fournisseur selon la technologie utilisée).

#### Les techniciens

Egalement appelés opérateurs, ils sont généralement titulaires d'un Bac+2. Ils ont une compétence en exploitation (réglages, démarrage et arrêt de l'usine...) et une spécialité en maintenance : électricité / mécanique / instrumentation / automatismes / tuyauterie

Les techniciens actuellement en poste ont des profils de formation variés :

- des titulaires de BTS Cira (Contrôle industriel et régulation automatique) ;
- des personnes avec des carrières dans la mécanique ;
- des professionnels issus de la maintenance généraliste.

Les principales interventions des techniciens consistent en l'analyse et la surveillance de la ligne de production. Il faut qu'ils soient en alerte pour ouvrir et fermer des vannes, repérer les pannes, faire du nettoyage, vérifier les soupapes de sécurité, etc. A la fois poste de maintenance et de supervision, les techniciens doivent être capables de travailler avec des gaz sous pression.

Qu'elle soit prévue dans les projets d'installation en cours, ou qu'il s'agisse des activités de production existantes, la formation reste le vecteur le plus utilisé pour apporter des connaissances sur l'hydrogène. Il s'agit généralement de donner « un vernis » d'information et de compétences basiques sur l'hydrogène. Les thèmes généralement abordés ont trait à : connaissances de base sur l'H<sub>2</sub>, procédés de fabrication, procédures de sécurité.

Pour certaines opérations de maintenance, il peut être fait appel à des sous-traitants (ex : l'installateur du matériel).

#### Autres métiers en lien avec l'H<sub>2</sub>

- Quelques ingénieurs en Génie des procédés mais souvent ils travaillent sur plusieurs sites.
- Peu de chimistes sur les sites de production

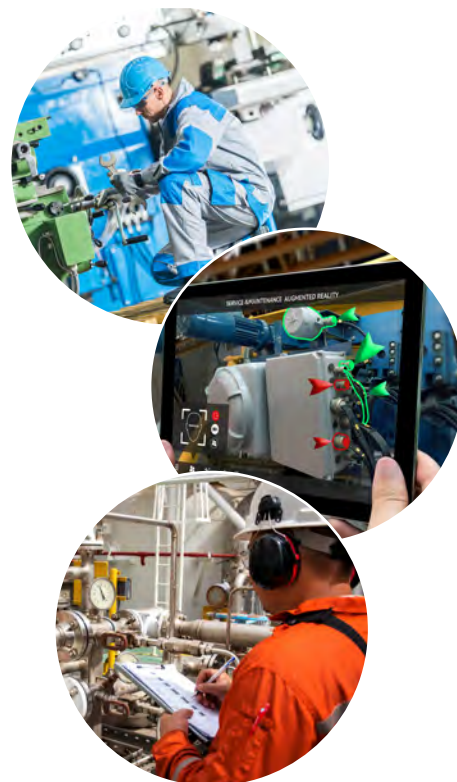


## LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ Les exploitants d'unités, d'usines de production d'hydrogène sont surtout en attente de techniciens et de très peu d'ingénieurs.

Ceux qui seront recherchés sont plutôt des ingénieurs généralistes du domaine de l'industrie, avec une expérience de gestion de site industriel. La maîtrise de l'anglais et des outils informatiques sont des compétences transversales indispensables.

- ◆ Seront recherchés des techniciens de maintenance « classiques », de niveau Bac+2, issus de la mécanique, de l'électricité ou des automatismes.
- ◆ Le BTS Cira est le diplôme le plus couramment cité par les producteurs d'hydrogène.
- ◆ Il n'y a pas besoin de profils orientés hydrogène. Par contre des connaissances de base sur l'hydrogène et sur les règles à suivre en termes de sécurité d'intervention sont bienvenues. Sur ce point, les personnes ayant une expérience dans une raffinerie ou une usine chimique sont recherchées en raison de leur connaissance des aspects sécuritaires et gestion du risque gaz.
- ◆ Compétences transversales pour les techniciens.  
La maîtrise de l'anglais est fortement attendue dans les grands groupes car elle permet aux techniciens de progresser à l'international.  
Une aisance dans l'utilisation des outils numériques est indispensable.
- ◆ Polyvalence, rigueur et disponibilité (astreintes) sont les qualités requises pour travailler sur une unité de production.
- ◆ Les recruteurs sur ce maillon de la filière H<sub>2</sub>, valorisent l'emploi local en faisant appel notamment à des cabinets locaux de recrutement et des lycées du territoire normand.



## EVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

◆ Des difficultés de recrutement sont d'ores et déjà ressenties sur les profils de technicien de maintenance.  
Le manque d'attrait des jeunes pour l'industrie lié à une représentation déformée de ses métiers apparaît à l'origine de ces problèmes selon les acteurs interrogés.

◆ Des coûts de production envisagés à la baisse  
Le coût de production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau dépend fortement du prix de l'électricité utilisée mais il reste en moyenne quatre fois supérieur au coût de production par vaporeformage (3 à 12 €/kg d'H<sub>2</sub> contre 1,5 à 2,5 €/kg d'H<sub>2</sub>).  
Selon le CEA\* ce coût de production pourrait diminuer à 3 € ou 2 €/kg dans des unités de production de grande échelle. L'AIE (Agence internationale de l'énergie) prévoit une baisse des coûts de production de 30 % d'ici à 2030.

◆ Sur les procédés de pyrogazéification de la biomasse, il est actuellement difficile d'identifier le profil des personnels chargés de la partie purification du gaz. Néanmoins il y aura sûrement besoin de techniciens un peu plus spécialisés sur cette partie.  
Pour info. : différentes étapes sont nécessaires pour arriver à l'hydrogène pur selon ce process. Si la pyrolyse permet de générer un gaz avec la présence de la molécule d'hydrogène, il faut ensuite refroidir, nettoyer, purifier le gaz et le comprimer à 350 barres.

◆ Si l'activité de production d'hydrogène n'a pas besoin de techniciens spécifiquement formés sur ce gaz, les acteurs sur ce maillon de la filière hydrogène estiment utile que les techniciens puissent être formés sur les aspects suivants :

- connaissance de l'hydrogène et de ses caractéristiques ;
- règles et procédures d'intervention en termes de sécurité ;
- les risques liés à l'hydrogène.

Actuellement les employeurs assurent ce transfert de connaissances et compétences en interne en passant soit par une formation « sur le tas » dans le cadre d'une adaptation au poste soit par des séquences de formation organisées par des professionnels à l'interne. (Par exemple, Air Liquide dispose d'un service de formation interne au groupe).

A l'avenir, les techniciens ayant déjà ce « vernis » de connaissance sur l'hydrogène seront en position favorable pour être recrutés.

◆ Sur la production par électrolyse de l'eau, H<sub>2</sub>V dans le cadre de son projet d'implantation, a déjà engagé la réflexion sur un plan de formation suite au constat qu'il n'existe pas de formation complète notamment sur l'électrolyse de l'eau.

Des modules de formation ont d'ores et déjà été définis autour de cinq thèmes :

- aspect théorique : les connaissances de base sur l'hydrogène ;
- montage / maintenance : câblage, soudure, contrôle de l'étanchéité des équipements ;
- contrôle industriel : connaître le côté théorique et technique du principe de fonctionnement des différents équipements (électrolyseur, traitement de l'eau...) mais aussi les aspects contrôle et sécurité du process ;
- sécurité : certifications risque électrique, secourisme et travail en hauteur ;
- sur la partie exploitation : les différents protocoles de suivi, contrôle et maintenance / canalisation et qualité de l'hydrogène / réseaux électriques / analyse et traitement de l'eau.

Chaque salarié et intervenant extérieur devra également suivre une formation sur la théorie H<sub>2</sub> (risques de l'hydrogène) et sur l'aspect sécurité.

*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*



## STOCKAGE, TRANSPORT ET DISTRIBUTION D'HYDROGÈNE

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LE STOCKAGE, LE TRANSPORT ET LA DISTRIBUTION D'HYDROGÈNE

- ◆ L'hydrogène est le gaz le plus léger de tout l'Univers : un litre de ce gaz ne pèse que 90 mg à pression atmosphérique, il est donc environ 11 fois plus léger que l'air que nous respirons. Pour le stocker, il faut dix fois plus d'espace que pour l'essence.
- ◆ Il faut un volume d'environ 11 m<sup>3</sup>, c'est-à-dire le volume du coffre d'un grand utilitaire, pour seulement stocker 1 kg d'hydrogène, soit la quantité nécessaire pour parcourir 100 km. Pour le stocker et le transporter, il est nécessaire de réduire son volume. Trois formes de stockage existent :
- ◆ Le transport d'hydrogène d'un centre de production à un lieu d'utilisation ou de distribution se fait actuellement par pipes (l'Europe de l'ouest possède un réseau de pipelines d'hydrogène d'environ 1600 km) ou par transport routier ou ferroviaire (sous forme de bouteilles en acier contenant de l'hydrogène sous pression, ou sous forme cryogénique). Le transport par bateaux en est encore au stade de projet.
- ◆ Dénommées stations de recharge hydrogène ou encore station de distribution d'hydrogène, les stations hydrogène se déclinent sous deux formes :

**En bref...**

Les stations avec production sur site ont un coût beaucoup plus élevé que celles avec stockage sur place. Néanmoins, le prix élevé du transport de l'hydrogène fait que les stations avec stockage uniquement ne doivent être envisagées que pour de faibles approvisionnements.

- le stockage à haute pression sous forme gazeuse est la solution retenue par la plupart des constructeurs automobiles. A 700 bars on peut stocker 5 kg d'hydrogène dans un réservoir de 25 litres ;

- le stockage à très basse température sous forme liquide est principalement utilisé pour la propulsion spatiale. Un réservoir de 75 litres peut ainsi stocker 5 kg d'hydrogène ;

- le stockage sous une forme solide, c'est-à-dire conservé au sein d'un autre matériau.

- les stations avec stockage d'H<sub>2</sub> également appelées stations de transfert car l'hydrogène y est approvisionné par une logistique externe ;

- les stations de production, ou stations autonomes, produisent l'H<sub>2</sub> sur site par électrolyse ou réformage du CH<sub>4</sub> (méthane).





## ECOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### ERGOSUP

*Fournisseur de stations intégrées de production d'H<sub>2</sub>*

Créée en 2012, basée dans la Drôme (Malataverne) et en Normandie (Cherbourg-en-Cotentin), Ergosup a développé une technologie de production d'hydrogène gazeux directement sous pression. Il s'agit d'une technologie alternative de fabrication d'hydrogène qui permet de produire de l'H<sub>2</sub> directement à 300 bars sans avoir à passer par un compresseur.

Après six années de développement, Ergosup est passé, en juin 2019, à la phase commerciale avec la livraison de sa 1<sup>ère</sup> station hydrogène tout intégrée HyRiS lab (Hydrogen Refueling Station) à un laboratoire universitaire de chimie à Lyon qui pourra ainsi produire son H<sub>2</sub> vert pour sa propre utilisation.

Ergosup vise comme clients les laboratoires et petits industriels, le marché des drones (pour le domaine agricole, pétrolier et militaire) et d'ici 2021-2022 les stations pour la mobilité légère.

► *L'objectif d'Ergosup est d'aller vers l'industrialisation. A l'horizon 2022, il est envisagé l'implantation d'un atelier d'assemblage d'électrolyseurs sur Cherbourg-en-Cotentin (assemblage, essais et mise en route) pour la fabrication de série.*



### ATAWEY

*Fabricant de stations de recharge à l'hydrogène vert*

Entreprise savoyarde créée en 2012, Ataway s'est positionnée dans un premier temps sur le marché des solutions d'approvisionnement énergétique pour les sites isolés. En 2015 son activité évolue vers la mobilité hydrogène avec la mise sur le marché d'une gamme de stations de recharge d'hydrogène vert pour véhicules dits légers : vélos hydrogène, voiture hydrogène, engins de manutention et autres engins spéciaux.

► *En Normandie, Ataway, porteur du projet manchois Bhyke, a installé à Saint-Lô et à Cherbourg-en-Cotentin deux stations de recharge H<sub>2</sub> Spring pour vélos électriques fonctionnant à hydrogène. Ces vélos (10 à Saint-Lô et 10 à Cherbourg-en-Cotentin) sont fournis par la société Pragma Industries basée à Biarritz.*



### MCPHY

*Spécialiste des équipements de production, stockage et distribution d'hydrogène*

Créé en 2008 dans la Drôme, McPhy est concepteur, fabricant et intégrateur d'équipements hydrogène, et dispose de trois centres de développement, ingénierie et production en Europe (France, Italie, Allemagne).

En France, le site de McPhy est dédié à la conception et fabrication de stations hydrogène compactes et modulaires visant le marché de la mobilité : flottes captives (véhicules utilitaires, chariots élévateurs) et voitures citoyennes (véhicules pour particuliers). McPhy se positionne également sur le marché en pleine croissance des stations de très grandes capacités pour les bus, trains ou bateaux par exemple.

Afin de promouvoir une chaîne complète de mobilité propre, McPhy intègre la brique « électrolyse » dans leur architecture de stations (grâce aux électrolyseurs conçus et produits par leur site italien).

► *En Normandie, dans le cadre du projet EAS-HyMob, initié par la Région, et en partenariat avec le Groupe Engie, McPhy a conçu et installé la station de Rouen qui est capable d'alimenter le parc de véhicules à hydrogène circulant dans la Métropole (dont des Kangoo H<sub>2</sub>). La station est exploitée par Gnvert, une filiale du Groupe Engie spécialisée dans la distribution de carburants alternatifs. Sept autres stations doivent être installées en Normandie par McPhy d'ici janvier 2020.*



# MÉTIERS ET COMPÉTENCES CHEZ LES FABRICANTS DE STATIONS H<sub>2</sub>

## LES PROFILS ACTUELS

### Conception / Recherche & développement

Trois types de profils interviennent sur la phase de conception de stations H<sub>2</sub> :

- des doctorants dans les domaines de l'électrolyse de l'eau et des systèmes de purification d'hydrogène ;
- des ingénieurs généralistes orientés mécanique et des ingénieurs plus spécialisés en génie des procédés, automatismes, génie électrique ;
- des techniciens : de niveau BTS, ces techniciens participent à la conception d'équipements mécaniques et disposent de compétences en électricité, mécanique et contrôle de commande.

► *A part pour les automatismes, tous ces professionnels sont en rapport direct avec l'hydrogène. Il est donc nécessaire qu'ils aient des connaissances en génie des procédés, sur le traitement de gaz et de liquide.*

*Si certaines écoles font un focus sur les technologies hydrogène, de l'avis des employeurs ce n'est pas suffisamment approfondi. Au sein de l'entreprise, ce sont les plus expérimentés qui transmettent leur savoir-faire aux nouveaux arrivés.*

### Fabrication / Production

#### ● Des techniciens

De niveau Bac pro à licence, les techniciens travaillant au montage et l'assemblage sont surtout issus de formations dans les domaines de l'électricité, de la mécanique et des automatismes, mais on y trouve également des compétences en chaudronnerie et tuyautage gaz haute pression.

Des techniciens de laboratoire sont également identifiés à ce stade de fabrication, avec un niveau à Bac+2 ou 3.

Sur la partie hydrogène, les techniciens font généralement l'objet de formations pouvant prendre deux formes :

- une formation « sur le tas » par les professionnels déjà en poste. Il s'agit de donner des connaissances de base sur l'H<sub>2</sub>, ses comportements spécifiques sous haute pression mais aussi d'aborder les points relatifs à la sécurité (procédures, équipements...). Des binômes entre nouveaux et expérimentés peuvent être mis en place ;

- le recours à des organismes de formation comme l'Apave ou l'Ineris, qui proposent des formations sur l'évaluation et la maîtrise du risque hydrogène ou encore préparent à l'habilitation gaz.

Afin de compléter leurs équipes lors de besoins plus ponctuels, certains fabricants recrutent par intérim des opérateurs expérimentés en assemblage, montage et câblage électrique.

#### ● D'autres profils de niveau supérieur (Bac+5) peuvent intervenir lors de la fabrication :

- l'ingénieur qualité et sécurité est responsable du test des produits avant envoi chez le client ;
- l'ingénieur méthode sur les méthodes d'assemblage a un rôle transverse. Il met à disposition tous les guidelines ;
- le directeur de production (niveau ingénieur) gère les plannings et travaille sur l'approvisionnement et les stocks ;
- les chargés d'affaire assurent l'interaction entre la production et le client.

### Maintenance

Deux niveaux de maintenance sont à identifier :

#### ● Les équipements spécifiques hydrogène

Ce sont les fabricants de stations H<sub>2</sub> qui en assurent la maintenance à un rythme d'une fois tous les deux ans. Les professionnels travaillant en maintenance - SAV disposent de profils similaires aux techniciens en production mais avec plus de polyvalence dans le poste.

#### ● La maintenance des équipements industriels

Ce sont des équipements standards bien connus des exploitants de systèmes industriels et qui nécessitent une maintenance classique s'effectuant à intervalles réguliers toute l'année. Ce niveau de maintenance est assuré par les exploitants de stations.

## LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ La recherche de techniciens de niveau Bac+2

Un besoin de :

- techniciens en mécanique : formation mécanique en terme de montage (monteur-ajusteur) ;
- techniciens de maintenance : issus de formations d'électricien, automatique et de mécanicien, ces professionnels doivent être polyvalents pour faire le diagnostic des machines chez les clients ;
- techniciens de laboratoire / chimistes à Bac+2 ou 3.



- ◆ Un besoin à venir de professionnels avec un profil commercial : des business développeur et des commerciaux, avec une connaissance du marché H<sub>2</sub> et des bases sur l'H<sub>2</sub> sont attendus dans les prochaines années.



- ◆ Une recherche de profils avec une plus forte coloration sur l'hydrogène : plus qu'un « vernis » de connaissances, il est attendu des professionnels une compétence sur les technologies H<sub>2</sub>.



## MÉTIERS ET COMPÉTENCES CHEZ LES EXPLOITANTS

La maintenance des équipements industriels des stations hydrogène est assurée par les exploitants des stations. Ces derniers sont soit des industriels soit des collectivités qui passent généralement un contrat de maintenance avec un prestataire. Dans les deux cas, le fabricant de la station forme les agents qui assureront la maintenance de la station. Selon le type de station et sa taille, les interventions des techniciens sont plus ou moins « spécialisées ».

### LES PROFILS ACTUELS

#### Des chefs de projets H<sub>2</sub>

Ce type de poste est présent au sein des groupes énergétiques chargés de l'exploitation de stations. Des équipes projets sont ainsi chargées d'intégrer de nouvelles expertises. Les collaborateurs y travaillant ont des profils d'ingénieurs Bac+5 avec des spécialités de formation dans l'énergie. Il peut leur être donné une formation en interne sur la sécurité en lien avec la nature du produit et sur les aspects process.

#### Des techniciens

Selon les stations, vont pouvoir intervenir deux types de techniciens :

- des techniciens de 1<sup>er</sup> niveau sont chargés de faire des checks sur les stations (niveau d'huile, repérages de fuites, etc.). Ils ont des compétences en matière de chaudière et de système groupe froid. Il s'agit de techniciens de niveau I et II de maintenance industrielle ;
- des techniciens qualifiés vont pouvoir être chargés d'une maintenance plus complexe (maintenance préventive). Ces techniciens disposent généralement d'un Bac+2 de type BTS en maintenance mécanique.

Ces techniciens sont chargés de la maintenance préventive, de diagnostiquer les pannes et dysfonctionnements, et d'effectuer de petites interventions. Le fabricant va les former sur les équipements (automatisme, séquences à faire, etc.). Selon la taille de la station et du fabricant, la formation va durer entre 1 et 4 jours.

Ces techniciens doivent disposer de compétences générales sur les systèmes industriels de base (compétences électriques, des systèmes de froid...).

### LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ L'exploitation de station ne nécessite pas de spécialistes de l'H<sub>2</sub> : les techniciens sont des « spécialistes » sur les carburants alternatifs, qui interviennent aussi bien sur des installations au gaz naturel qu'à l'hydrogène.
- ◆ Les exploitants recherchent des techniciens de formations Bac pro à BTS orientées dans la maintenance, notamment :
  - BTS Electromécanique
  - BTS Conception et réalisation de systèmes automatiques (remplace le BTS MAI – Maintenance et automatisme industriels)
  - BTS Maintenance industrielle
  - Bac pro Maintenance des systèmes mécaniques automatisés (MSMA)
- ◆ Des connaissances dans les domaines de la mécanique, de l'hydraulique et de l'électricité sont requises.



## ÉVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

### Du côté des fabricants de stations H<sub>2</sub> :

- ◆ Les besoins en emploi et en formation sont notamment conditionnés par un développement parallèle des flottes de véhicules et des stations de recharge.
- ◆ Des difficultés de recrutement sont déjà ressenties, et risque de s'intensifier, sur les postes de techniciens notamment en automatismes.
- ◆ S'il y a peu de besoins spécifiques de formation vis-à-vis de l'hydrogène, les fabricants sont intéressés par des profils intégrant des compétences sur les technologies H<sub>2</sub>. Or il est fait le constat d'un manque d'offre de formations en la matière.
- ◆ En terme de compétences à développer sur la filière hydrogène, les fabricants estiment intéressant de former ou d'avoir des gens formés sur :
  - les procédés industriels appliqués à l'H<sub>2</sub> ;
  - les technologies hydrogène ;
  - les règles de sécurité face à l'H<sub>2</sub> (un électricien doit savoir les normes à respecter) ;
  - la maintenance dans un environnement H<sub>2</sub> (ex. Formation atmosphère explosive (ATEX) ;
  - la connaissance sur la pression de stockage des bouteilles (Pression, étanchéité) ;
  - les utilisations de l'H<sub>2</sub> : ex : fonctionnement d'une PàC - Notion de rendement de l'H<sub>2</sub>...

### Du côté des exploitants :

- ◆ Si à l'heure actuelle la maintenance « experte » sur les process et technologies H<sub>2</sub> est assurée par les constructeurs de station, les exploitants tels que GnVert envisagent à terme d'aller sur cette maintenance plus poussée.
- ◆ Les exploitants font également le constat de la difficulté à trouver des techniciens, le milieu de l'industrie souffrant encore d'un manque d'attractivité et d'une image déformée auprès des jeunes.
- ◆ En matière de formation, actuellement, les exploitants estiment que les besoins en lien avec l'hydrogène concernent davantage la connaissance des procédures d'intervention et de respect de la sécurité, que les compétences techniques. Des formations apportant des connaissances sur la matière H<sub>2</sub>, les risques et les procédures de sécurité, en complément aux formations techniques « classiques » seraient bénéfiques.





## LE TRANSPORT ROUTIER D'HYDROGÈNE

L'hydrogène est une catégorie de gaz de l'air : les conducteurs routiers de produits de type azote, oxygène, argon, hydrogène ont des compétences similaires.

La spécificité porte sur le matériel de transport qui consiste en des semis-remorques avec de grosses bonbonnes. Deux types d'hydrogène peuvent être transportés, H<sub>2</sub> liquide et H<sub>2</sub> gazeux, nécessitant des conditions de transport différents à des températures différentes.

Le transport de matières dangereuses présente des spécificités en termes de compétences et de formation.

Les conducteurs travaillant en gaz de l'air sont nécessairement titulaires :

- ◆ du permis super poids lourds ;
- ◆ du certificat ADR\* (ADR est l'acronyme de « Accord for Dangerous goods by Road », « Accord pour le transport des marchandises Dangereuses par la Route ».);
- ◆ d'habilitations vis-à-vis de la matière à transporter : Certains conducteurs ne sont habilités que sur une molécule, d'autres sur toutes molécules.

Les contrats de transport passés entre transporteurs et donneurs d'ordre, imposent souvent des pré-requis comme :

- ◆ une durée d'expérience minimum (souvent un an d'expérience de conduite super poids lourd) ;
- ◆ un âge minimum (souvent 25 ans en moyenne).

Les conducteurs en gaz de l'air font régulièrement l'objet de formations :

- ◆ liées au transport proprement dit : formation sur le matériel et les installations fournis par le donneur d'ordre ;
- ◆ liées au produit : elles sont réalisées par les donneurs d'ordre. Il s'agit de former les conducteurs sur les risques, la sécurité, les installations ou encore les procédures internes aux clients à livrer ;
- ◆ internes à la société de transport : elles vont concerner tout ce qui touche à la prévention, la fatigue, les campagnes contre l'alcool, les drogues, les pratiques par rapport à la conduite, etc.

Le transport routier souffre d'un manque de conducteurs, amenant certaines sociétés de transports à recruter des candidats sans permis poids lourds qu'elles forment elles-mêmes. Cette problématique de recrutement est encore plus réelle pour les conducteurs super poids lourds.

\* Le certificat ADR atteste que les conducteurs ont suivi une formation et réussi un examen portant sur les exigences spéciales auxquelles il doit être satisfait lors du transport de marchandises dangereuses. Le certificat du conducteur obtenu ainsi que les spécialisations détenues sont valables 5 ans.



## VOLET 2

# DE LA CONVERSION EN ELECTRICITE AUX USAGES







## CONVERSION DE L'HYDROGÈNE ET FABRICATION DE PILES À COMBUSTIBLE (PàC)

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LA CONVERSION DE L'HYDROGÈNE ET LES PàC

- Le principe de la pile à combustible n'est pas nouveau, il a été mis en évidence il y a plus de 150 ans par deux chercheurs, Christian Friedrich Schönbein et Sir William Grove. Il repose sur une réaction chimique simple : Hydrogène + Oxygène
  - ▶ Electricité + Eau + Chaleur

- L'électrolyse de l'eau consomme de l'électricité pour produire hydrogène et oxygène. La pile à combustible (PàC), découverte en 1839, utilise le principe inverse. Plus précisément, devrait-on dire les piles à combustible, car il en existe différentes sortes. La plus utilisée pour équiper les véhicules utilise la technologie des membranes échangeuses de protons (PEM ou Proton Exchange Membrane en anglais).

- Principaux avantages de la pile à combustible:
  - aucun rejet de CO<sub>2</sub>, uniquement de l'eau ;
  - très silencieuse. Seuls certains organes comme le compresseur et le système de ventilation produisent un léger bruit ;
  - couplée avec un moteur électrique dans une voiture, elle a un rendement plus élevé qu'un moteur thermique classique.



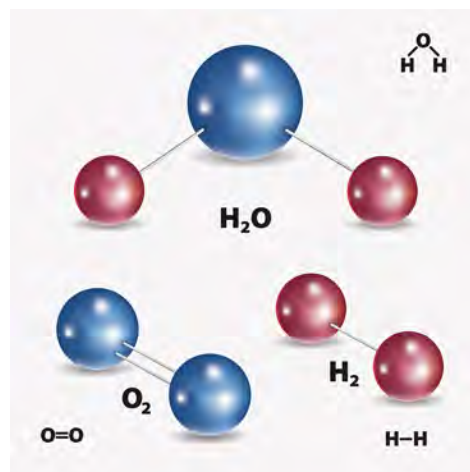
**En bref...**

La pile à hydrogène (également appelée pile à combustible) convertit l'énergie d'un combustible (l'hydrogène) en énergie.

Dans une pile à combustible, l'hydrogène se combine à l'oxygène de l'air pour produire de l'électricité en ne rejetant que de l'eau.



- L'électricité produite par la pile à combustible alimentée en hydrogène répond à de multiples besoins :
  - l'alimentation électrique de zone isolée ;
  - l'alimentation de secours de sites sensibles ;
  - la production d'électricité directement dans un véhicule pour une propulsion propre et silencieuse.



## ECOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### SYMBIO

*Société française spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes piles à hydrogène*

Créée en 2010, Symbio est devenue une filiale à 100 % du groupe Michelin en février 2019.

Équipementier, Symbio conçoit des kits de piles à hydrogène qui peuvent être intégrés dans plusieurs formats de véhicules électriques (utilitaires, bus, poids lourds, bateaux).

La société s'appuie sur les capacités de production de Michelin (pour les piles et systèmes) et des constructeurs (pour l'installation) pour adapter les volumes aux besoins du marché. Par ailleurs, un projet de *joint-venture* est en cours entre Faurecia (pour les réservoirs H<sub>2</sub>) et Michelin, l'objectif étant de maîtriser la chaîne de conception de la PàC à celle des réservoirs hydrogène.

Symbio a son centre R&D en Savoie et son site d'intégration véhicules et équipe support en Isère. Elle emploie 150 personnes.

► *Symbio est un acteur pilote du projet normand EAS-HyMob. Il fournit le système de pile à combustible qui est intégré au Renault Kangoo ZE REH2 dans l'usine Renault de Heudebouville en Normandie. McPhy installe les stations de recharge.*



### PRAGMA INDUSTRIES

*Concepteur et fabricant de piles à combustible de petite puissance*

Petite entreprise de 15 personnes, fondée en 2004 à Biarritz par un ingénieur en aéronautique, Pragma Industries a centré son savoir-faire sur la conception, la fabrication et l'intégration de systèmes piles à combustibles dites compactes, de petites puissances (une dizaine de watt à 1 KW maximum).

Les principaux marchés de Pragma Industries sont ceux de la mobilité douce, de l'électronique portable (alimentation portable) et de l'alimentation de systèmes isolés.

Si son produit le plus emblématique est le vélo Alpha, le premier vélo à assistance électrique utilisant de l'hydrogène, homologué et produit en série, Pragma a aussi développé un petit générateur portable pour le monde militaire avec d'autres marchés potentiels comme les bateaux de plaisance, les camping-car...

► *Dans le cadre du projet normand Bhyke, Pragma Industries a fourni les vélos à hydrogène avec sa technologie de PàC.*



# MÉTIERS ET COMPÉTENCES CHEZ LES FABRICANTS DE PILES À COMBUSTIBLE

## LES PROFILS ACTUELS

### Conception / Recherche & développement

Ce sont principalement des profils d'ingénieurs et de doctorants qui interviennent aux différentes étapes de conception des PàC :

- les doctorants en électrochimie et en thermodynamique travaillent sur la manière d'avoir un meilleur rendement de la pile à combustible ;
- les ingénieurs mécaniciens ont des compétences en conception / CAO, en mécanique, en intégration sur la pile à combustible... Ces professionnels doivent savoir manipuler des logiciels de design et d'intégration ;
- les ingénieurs en électronique disposent de compétences en électronique de puissance, contrôle de commandes, régulation, codage informatique, programmation de microprocesseur...

Ces ingénieurs, généralistes et qualifiés, ont été formés sur la PàC en interne de l'entreprise par les experts déjà en poste via des séances de manipulation, d'apport de connaissances théoriques, d'infos sur la sécurité...

Selon un ingénieur sur les PàC, seuls quelques cursus comme ceux des énergéticiens ou des thermiciens donnent quelques bases sur le système PàC, le fonctionnement chimique, électrochimique, etc. mais aucune formation n'est approfondie. Ce seraient les électrochimistes les plus avancés en termes de connaissances dans les PàC (conversion énergétique à partir de la chimie).

Des techniciens peuvent également venir suppléer les ingénieurs sur la phase de tests.

### Fabrication / Production

Les techniciens intervenant en production présentent des profils de monteuses proche du domaine automobile (cartes électroniques, faisceaux, mécanique, boulons...) avec des niveaux de formation allant de CAP à BTS ou DUT en électromécanique. Les techniciens sont également formés en interne sur les connaissances de l'hydrogène et de la PàC.

### Maintenance

Au sein des entreprises fabricant les systèmes de PàC, deux profils sont actuellement chargés de la maintenance / SAV des équipements :

- compte tenu de la « jeunesse » de ce secteur d'activité, actuellement la maintenance des véhicules est assurée par les ingénieurs afin de déterminer les causes des défaillances, et savoir comment intervenir ;
- des électromécaniciens de niveau Bac pro à BTS assurent également cette maintenance car il y a autant de problèmes mécaniques (ex. fuites d'H<sub>2</sub> sur la partie conduite H<sub>2</sub>) que de problèmes électroniques.

Si les interventions sur la PàC même relèvent du fabricant, ce dernier assure généralement des séquences de formation auprès des utilisateurs sur le fonctionnement du produit, la connaissance des principaux problèmes pouvant intervenir (pannes classiques), les procédures d'intervention (ex. : en cas de fuite de gaz), etc.

Tel a été le cas par exemple pour le Conseil départemental de la Manche qui dispose de 12 Kangoo à hydrogène dont la maintenance est assurée en interne par les techniciens du garage qui ont été eux-mêmes formés par Symbio.

(Pour plus d'informations sur la maintenance des véhicules légers et lourds à hydrogène, se reporter aux sections sur la mobilité)



## LES PROFILS ATTENDUS

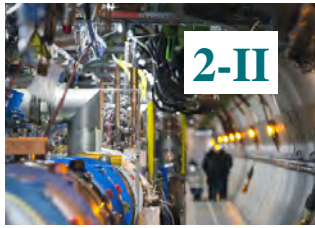
- ◆ Il n'y a pas de besoins spécifiques liés à l'hydrogène.
- ◆ Une recherche de techniciens :
  - en électronique ;
  - en électromécanique : sont recherchés des profils compétents en matière de technique haute pression d'où une recherche de techniciens en électromécanique de niveau Bac pro à BTS.
- ◆ Au-delà des compétences techniques, les fabricants de PàC attendent des savoir-être en terme de rigueur : des techniciens « consciencieux, appliqués, dégourdis et intéressés par le projet ».
- ◆ Un profil intéressant est celui des professionnels proche du secteur automobile : les techniciens monteurs / assembleurs.



## EVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

- ◆ Du côté des fabricants PàC, des recrutements sont à envisager sur :
  - la Data : gestion plus facile des stocks et de la maintenance, travail sur les moyens de paiement au niveau des stations... ;
  - les bureaux d'études : profils en capacité de travailler avec les constructeurs dans le *software et le hardware* ;
  - la production : techniciens et ingénieurs.
- ◆ Les entreprises rencontrent des difficultés de recrutement sur les profils liés au *software* et à la programmation car ceux-ci préfèrent travailler en indépendant.
- ◆ Des réflexions sont en cours chez les fabricants concernant la sous-traitance de la maintenance au niveau local. Envisageant à terme de sous-traiter la maintenance à des prestataires locaux qui seraient formés sur l'environnement PàC, les fabricants se trouvent actuellement en phase d'analyse du besoin. L'idée est de capitaliser les retours d'expérience pour pouvoir à terme faire un transfert de compétences sur la maintenance de la partie H<sub>2</sub>. Pour le moment, le manque de recul quant à l'utilisation des véhicules avec PàC ne permet pas de définir précisément les compétences à développer pour assurer une maintenance préventive plus poussée. Néanmoins les premières constatations laissent à penser qu'il s'agit de compétences en électronique, des compétences sur le fonctionnement de la PàC et une connaissance de l'H<sub>2</sub>. S'agissant des vélos et des voitures fonctionnant à l'H<sub>2</sub>, les premiers retours font davantage état de maintenance sur des composants connexes à la PàC que sur la PàC elle-même.
- ◆ Un besoin de formation à venir en matière de maintenance sur les véhicules H<sub>2</sub> avec PàC  
Le développement de la filière Hydrogène sur son volet mobilité, va amener les fabricants de PàC à déléguer certains aspects de la maintenance des véhicules, d'où la nécessité de former des techniciens pour intervenir dans les territoires.
- ◆ Sur le vélo hydrogène : Pragma est en train de mettre en place un programme de formation interne pour permettre à un technicien vélo de diagnostiquer les pannes liées à la PàC et de les faire remonter : capacité à diagnostiquer mais pas d'intervention directe. Il s'agira d'aider les prestataires locaux à poser le diagnostic mais la réparation sera toujours assurée par le service après-vente de Pragma.
- ◆ Sur les voitures à hydrogène  
A partir du moment où les constructeurs vendront des véhicules à hydrogène en série, les garagistes de leur réseau devront être formés. A l'heure actuelle, les constructeurs n'ont encore rien anticipé en terme de recrutement ou de formation de leurs techniciens car le marché reste confidentiel. Toutefois avec le développement des installations de stations de recharge, notamment en Normandie, et des ventes de véhicules à hydrogène, un réseau de maintenance sera incontournable soit via le constructeur lui-même, soit via un garage tiers... Rien n'est défini mais les interventions devront être localisées.
- ◆ Des freins restent à lever pour le développement de la PàC  
Les applications autour de la pile à combustible sont nombreuses, qu'il s'agisse de mobilité ou d'habitat. Si les acteurs rencontrés notent une volonté politique et une stratégie mondiale des grandes entreprises pour développer ce créneau d'activité, il reste toutefois certains freins à lever pour assurer le développement de la pile à combustible :
  - système propre seulement si l'hydrogène utilisé est produit à partir d'énergies renouvelables, le développement des piles à combustible est donc fortement lié au développement des énergies renouvelables ;
  - le platine est utilisé comme catalyseur sur la plupart des piles à combustible sur le marché. Or les ressources en platine sont limitées, de sorte qu'elles ne pourraient assumer le renouvellement du parc automobile si l'on équipait tous les véhicules de piles à combustible. Cependant, le platine peut être remplacé par d'autres matériaux, de nombreuses recherches sont actuellement réalisées sur ce sujet ;
  - la fabrication de PàC présente un coût élevé qui ne baissera que si les volumes de production augmentent.





## LES USAGES INDUSTRIELS DE L'HYDROGÈNE

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LES USAGES DE L'HYDROGÈNE DANS L'INDUSTRIE

L'hydrogène est majoritairement utilisé dans la chimie industrielle en matière de base pour la production d'ammoniac (engrais) et de méthanol, dans l'industrie pétrolière pour le raffinage des produits pétroliers ou encore dans l'électronique.

- ◆ Dans l'industrie pétrolière, la principale utilisation de l'hydrogène est l'élimination du soufre, naturellement contenu dans le pétrole, pour produire des carburants plus propres. Lors du raffinage des carburants, l'hydrogène permet d'éliminer le soufre : le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ). Celui-ci est ensuite utilisé comme matière première dans l'industrie.
- ◆ En chimie industrielle, associé à de l'azote, l'hydrogène sert à fabriquer de l'ammoniac, une base des engrais.
- ◆ Dans l'industrie du verre, il est indispensable à la fabrication du verre plat utilisé notamment pour les écrans plats.
- ◆ En électronique, l'hydrogène sert de gaz vecteur pour des applications diverses comme la fabrication de composants électroniques.
- ◆ Il est employé en métallurgie pour les atmosphères de traitement thermique qui permettent de produire des pièces mécaniques : découpe, soudure, brasage et frittage.

- ◆ Dans l'industrie spatiale, l'hydrogène sert de carburant pour des lanceurs spatiaux. C'est le carburant qui concentre le plus d'énergie : 1 kg d'hydrogène contient 3 fois plus d'énergie qu'1 kg d'essence.
- ◆ Produit majoritairement à partir de sources fossiles dans l'industrie pétrolière et chimique, l'hydrogène doit se verdifier pour décarboner cette industrie et ainsi faire face aux nouveaux enjeux environnementaux.

Des nouvelles solutions existent déjà, il s'agit d' $H_2$  vert ou bleu :

- Production à partir d'électrolyse de l'eau issue d'énergies renouvelables ( $H_2$  vert) ou à partir d'électricité d'origine nucléaire ( $H_2$  bleu)
- Stockage ou captage du  $CO_2$  pour ensuite le valoriser ( $H_2$  bleu)



### CHIFFRES CLES

Aujourd'hui, en France, l'hydrogène dans l'industrie, c'est :



**59 %** pour le raffinage du pétrole

**26 %** pour la production d'ammoniac et d'engrais

**10 %** pour la chimie

**5 %** pour la métallurgie et le spatial

L'hydrogène est produit principalement à partir de sources fossiles :



**40 %** par vaporeformage de gaz naturel

**40 %** par la décomposition d'hydrocarbures

**14 %** par gazéification du charbon

**6 %** par électrolyse (dont seulement 1% à partir d'une électricité décarbonnée)

Source : EnergyLab

## ECOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### TOTAL

*Quatrième compagnie pétrolière et gazière au monde*

Située à Gonfreville l'Orcher (76), la plateforme Total Normandie transforme chaque année près de 12 millions de tonnes de pétrole brut en quelques 200 produits : essence, gazole, kérosène, huiles lubrifiants et granulés de plastique. La station de purification de gaz hydrogéné construite sur la plate-forme pétrochimique Total Petrochemicals alimente l'unité de désulfuration de gazole de la raffinerie Total de Normandie, située à proximité. La station dispose d'une capacité de production d'hydrogène de 36 tonnes par jour et couvre 86 % des besoins en hydrogène de l'unité de désulfuration de gazole.

Un plan de modernisation de ces deux sites a permis de réduire la consommation d'énergie et d'eau et de limiter les émissions atmosphériques, afin de réduire l'impact environnemental de la plateforme.

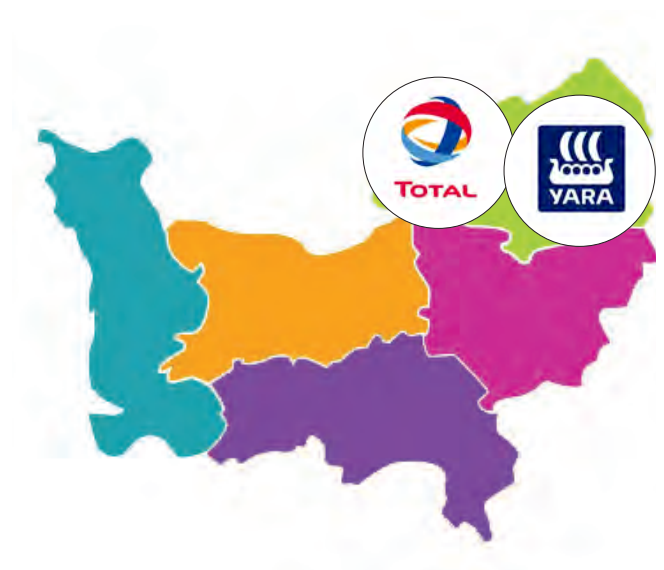
► *La plateforme Total Normandie est autonome, elle produit l'hydrogène (à partir de sources fossiles) qu'elle consomme dans le cadre de son process.*



### YARA

*Société chimique norvégienne, fabricant d'engrais*

Yara International, leader mondial de l'industrie chimique dans son secteur d'activité, a une unité de production d'ammoniac et d'urée sur Gonfreville l'Orcher (76). Les 135 salariés de l'usine produisent 400 000 tonnes d'ammoniac par an pour la fabrication d'engrais et 360 000 tonnes d'urée par an pour la chimie (pharmacie, hygiène), la nutrition animale et le traitement des gaz (AdBlue). Dans le cadre de son process, Yara est à la fois producteur et consommateur d'hydrogène.



## MÉTIERS ET COMPÉTENCES

Les profils présentés dans cette partie sont ceux repérés au sein d'industries chimiques et pétrochimiques, produisant et/ou utilisant comme matière première l'hydrogène.

### LES PROFILS ACTUELS

#### Production

Le cœur de métier d'un exploitant est de mettre ses installations en sécurité. Les tâches sont très automatisées avec le pilotage des installations en salles de contrôle.

#### Les opérateurs terrain ou opérateurs d'extérieur

L'opérateur assure le suivi, le fonctionnement et la sécurité des installations. Il travaille en extérieur et se déplace en permanence suivant les indications de l'opérateur consoliste

L'opérateur doit comprendre le process, savoir analyser des chiffres, des paramètres, des procédés, s'assurer qu'ils soient stables. Il doit avoir des notions de base en génie chimique, en instrumentation, mécanique et électricité. La présence de nombreuses turbines et de gros compresseurs nécessite de connaître les principes de fonctionnement d'une machine tournante. Le personnel « opérationnel » est un personnel de quart (surveillance du site 24h/24) qui est formé au poste pour la conduite des installations.

Les opérateurs sont recrutés au niveau post bac : ils sont souvent titulaires du Brevet d'opérateur extérieur des industries pétrolières et pétrochimique (formation en un an après le Bac).

Dans tous les cas, une fois recrutés les opérateurs sont formés en interne : les groupes ou grandes entreprises disposent généralement d'un centre de formation interne avec des formateurs allant sur site pour une formation au poste et mettent en place des formes de « compagnonnage ».

Ces formations s'organisent sur la base de prise en mains de documents (iso, instruction, fiches réflexes), de cahiers de procédés et de documents techniques (instructions, procédés, aide à la conduite...).

Pour une formation de premier niveau il faut compter trois mois pour pouvoir laisser seul un opérateur sur son poste.

D'autres formations plus ciblées sont également dispensées :

- des formations réglementaires : pour l'H<sub>2</sub> il y a la formation ATEX par exemple ;
- des formations sur la manipulation des ponts roulants, la conduite des chaudières, tours réfrigérantes, etc.

#### Les consolistes

Après quelques années d'expérience sur le terrain, l'opérateur extérieur peut évoluer vers la fonction d'opérateur consoliste.

Ces opérateurs sont chargés de piloter et conduire, à partir d'une salle de contrôle, une ou plusieurs unités de fabrication. Ils reçoivent les consignes données par leur chef de quart (ex. : niveaux de pureté, économie d'énergie...) et opèrent dans le cadre de procédures, de consignes d'exploitation et de règles QHSE\* bien établies à partir de nombreuses *check-list*. Par exemple, le démarrage d'un atelier d'ammoniac prend 4 à 5 jours avec une *check-list* d'une centaine d'opérations.

Pour l'ensemble de ce personnel, une bonne connaissance en GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur) est nécessaire.

Dans le cadre du procédé hydrogène, il faut savoir régler des brûleurs à gaz, faire des relevés de vibration, de température et faire de l'entretien de premier niveau en mécanique mais aucune spécificité « hydrogène » n'est demandée.

#### Dans l'équipe de production on va pouvoir trouver également :

- une partie management avec le chef d'équipe ;
- une personne en charge de l'analyse de risques.



\* qualité - hygiène - sécurité - sûreté - environnement



### Maintenance

Selon les sites, la maintenance des installations est assurée soit par du personnel interne soit par des prestataires extérieurs.

Dans ce second cas, des personnels en interne assurent la gestion de maintenance c'est-à-dire qu'elles assurent la coordination des métiers intervenant en maintenance (électricité, mécanique, etc.). Les personnels des prestataires spécialisés travaillent sur le site et sont coordonnés par l'entreprise (coordination de prestations de maintenance). Généralement, l'entreprise fait appel aux compétences d'entreprises du tissu industriel local (contrats pluriannuels sur l'entretien).

Les techniciens de maintenance présentent des profils à Bac+2 et plus dans les spécialités suivantes : mécanique, tuyauterie, chaudronnerie, électricité, instrumentation, automatismes.

## LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ Les mêmes profils que ceux déjà en place sont recherchés.
- ◆ Pas de besoin identifié autour de profils spécialisés sur l'hydrogène mais une utilité à avoir des personnels d'intervention ayant une connaissance de la matière et des règles de sécurité.
- ◆ Dans l'idéal, des profils de type BTS en automatismes et instrumentations\* ou mécanique seront appréciés (sensibilisation sur le travail sur machines tournantes).  
*\* Notamment : BTS CRSA Conception et réalisation de systèmes automatiques et BTS CIRA Contrôle industriel et régulation automatique*
- ◆ L'informatique industrielle est une compétence de plus en plus demandée sur les sites à risques afin d'assurer la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques. Des postes en lien avec la sécurité informatique des unités de fabrication sont demandés.



## ÉVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

◆ Le secteur industriel connaît un *turnover* important et les employeurs peinent à trouver les bons profils. Si les entreprises essaient de développer les contacts avec les lycées professionnels et ont davantage recours à l'alternance (pour le Brevet d'opérateur extérieur des industries pétrolières et pétrochimique notamment), elles constatent le manque d'attrait des jeunes pour leurs activités, du fait en partie d'un manque de valorisation de l'industrie en France. Attirer les jeunes reste un défi à relever.

◆ Les freins à l'utilisation de l'hydrogène vert dans l'industrie chimique et pétrochimique sont principalement d'ordre économique. Si les coûts diminuent, les industriels ne sont pas hostiles à passer à l'hydrogène vert.

*« Notre activité comporte, entre autre, la production d'ammoniac par reforming du gaz naturel. Ainsi nous produisons environ 8 t/h d'hydrogène comme produit intermédiaire mais celui-ci est carboné et nous n'envisageons pas aujourd'hui de commercialiser de l'hydrogène vert mais plutôt d'en importer lorsque celui-ci sera produit à un prix compétitif bien évidemment. » Yara*

◆ L'Etat et les industriels se sont engagés à développer une filière française compétitive de l'hydrogène décarboné pour l'ensemble des usages chimie et énergie (via le contrat stratégique de la filière industries des nouveaux systèmes énergétiques signé en mai 2019).

Un Engagement pour la croissance verte (ECV) « Production d'hydrogène décarboné pour l'industrie » a aussi été signé : il engage notamment les industriels sur le terrain de la décarbonation des usages industriels actuels, en implantant des solutions de production et de stockage d'hydrogène renouvelable ou bas carbone sur des hubs industriels déjà producteurs et/ou consommateurs d'hydrogène. L'Etat s'engage quant à lui sur des objectifs et des actions visant à valoriser l'hydrogène décarboné et clarifier la réglementation pour la fabrication et le transport d'hydrogène industriel.



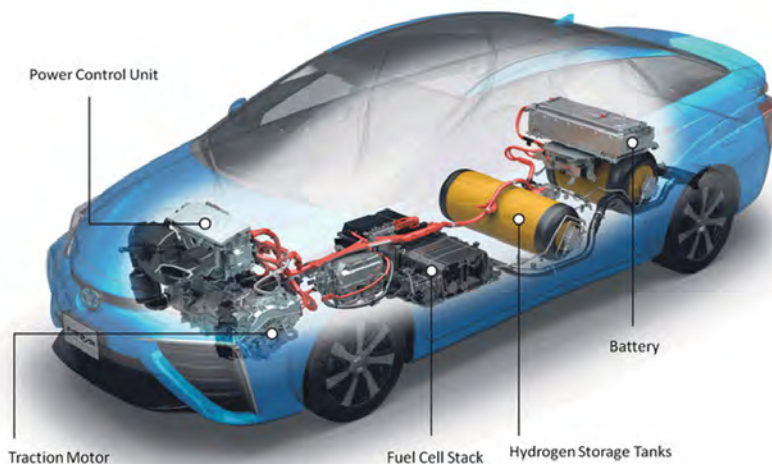


## APPLICATION DE L'HYDROGÈNE : LA MOBILITÉ LÉGÈRE

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LA MOBILITÉ LÉGÈRE

- ◆ L'hydrogène considéré comme l'un des vecteurs de la transition énergétique, présente un grand intérêt dans le domaine des transports.
- ◆ La catégorie des véhicules dits légers intègre les voitures mais également les véhicules utilitaires légers et les deux-roues.
- ◆ Le véhicule à hydrogène regroupe en fait deux technologies : le moteur à hydrogène (moteur à explosion fonctionnant par l'injection et l'explosion de l'hydrogène en contact avec de l'oxygène), et le moteur électrique alimenté par une pile à combustible.
- ◆ Les véhicules à hydrogène alimentés par une PàC offrent une large autonomie, un temps de recharge réduit, et représentent une mobilité propre pour l'environnement (aucun bruit, aucun rejet de CO<sub>2</sub>). Si l'hydrogène est produit de manière décarbonée (hydrogène vert), la voiture à hydrogène a un bilan carbone bien inférieur à un véhicule dit classique.
- ◆ En France, le marché de la voiture à hydrogène pour les particuliers reste très confidentiel. Le marché des véhicules H<sub>2</sub> légers est essentiellement tourné vers les flottes captives\* pour les collectivités, les acteurs de l'H<sub>2</sub> ou bien encore les taxis.

*\* Flotte de véhicules avec des circuits et consommations assez prévisibles / qui rentre régulièrement au même parking ou dépôt.*



### CHIFFRES CLES

En 2019 dans le Monde :



**12 000**  
voitures à hydrogène

**381**  
stations de recharge recensées

En 2019 en France :



**400**  
voitures à hydrogène

**23**  
stations de recharge recensées

A l'horizon 2028 en France :



**20 000 à 50 000**  
voitures à hydrogène

**400 à 1000**  
stations de recharge

Source : plan national de déploiement de l'hydrogène

## ÉCOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE LA MANCHE

*Première collectivité française à s'équiper d'une station à hydrogène et de voitures à hydrogène en 2015*

Mut par une volonté politique de développer une filière hydrogène dans la Manche, le Conseil Départemental a depuis 2015 étoffé son parc de véhicules qui compte maintenant 13 Renault Kangoo ZE avec prolongateur hydrogène et 9 Hyundai IX35 (tout hydrogène).

Avec les deux véhicules Kangoo détenus par le SDIS 50, le parc hydrogène en circulation dans la Manche se situe à mi-chemin de la « feuille de route mobilité » scénarisée début 2014. Si l'actuelle station de Saint-Lô sert en très grande partie aux collectivités, il arrive que des professionnels venus de l'étranger demandent à y faire le plein sans contrepartie financière pour aider à l'émergence de cette filière.

#### Projet Bhyke

Dans le cadre du projet Bhyke soutenu par l'Ademe, le département de la Manche teste également des vélos à assistance électrique équipés de pile hydrogène, développés par Pragma Industries\*. Ils sont rechargeables sur des petites stations fabriquées par Ataway (production d'H<sub>2</sub> par électrolyse de l'eau). L'utilisation ciblée est le tourisme avec des visites guidées, et les trajets domicile-travail pour favoriser les projets d'insertion professionnelle.



### TOYOTA

*Groupe japonais - Constructeur automobile mondial. Un site de production en France*

Présent principalement sur les marchés des voitures hybrides et 100% électriques, Toyota a développé un modèle à hydrogène, la Mirai, sortie en France en 2016. La seconde génération de Mirai berline sortira en 2021. Les Mirai hydrogène sont fabriquées au Japon. En France, Toyota ne tend pas pour le moment vers le marché des particuliers contrairement au Japon et aux Etats-Unis où les trois quarts des ventes se font auprès de particuliers. En France, Toyota s'est associé avec la société du taxi électrique parisien Hype, Air Liquide et l'énergéticien IDEX pour créer la société Hysetco dont l'objectif est le déploiement des véhicules électriques à hydrogène et de l'infrastructure de recharge en Île-de-France afin d'atteindre le cap de 600 taxis pour fin 2020 (contre 100 actuellement).



### RENAULT

*Constructeur automobile français*

Le groupe Renault est lié aux constructeurs japonais Nissan depuis 1999 et Mitsubishi depuis 2017, à travers l'alliance Renault-Nissan-Mitsubishi qui est, au premier semestre 2017, le premier groupe automobile mondial.

#### ► Programme normand EAS-HyMob.

*Dans les locaux de Renault Tech à Heudebouville (27), la pile à combustible fournie par Symbio est intégrée sur les Renault Kangoo ZE.*



\* Concepteur et fabricant de piles à combustible de petite puissance. Pragma Industries est basée à Biarritz. (cf. fiche Conversion de l'hydrogène et fabrication de pile à combustible).

## MÉTIERS ET COMPÉTENCES DANS LA MOBILITÉ LÉGÈRE



### LES PROFILS ACTUELS

#### Conception / Recherche & développement

En amont de la production de véhicules à hydrogène, interviennent des ingénieurs en électronique, en systèmes automatisés, contrôle commandes et mécanique.

#### Fabrication / Production

Au sein des unités de production, l'intégration des kits pile à combustible est réalisée par des opérateurs de production en montage-assemblage mécanique.

Disposant de connaissances en mécanique automobile, et éventuellement titulaires d'une formation en mécanique (CAP à Bac pro), les opérateurs de production sont généralement formés en interne du groupe automobile notamment sur les habilitations électriques, les procédés de montage, le process de fabrication...

#### Maintenance et SAV

Les réseaux de garage auto ne sont pas encore prêts localement à assurer la maintenance des véhicules à hydrogène mais des réflexions sont en cours. En effet avec le développement souhaité des flottes de véhicules à hydrogène, et à plus long terme des véhicules pour les particuliers, il y aura besoin de professionnels locaux pour assurer SAV et maintenance au plus près des utilisateurs.

Actuellement, la maintenance des véhicules légers à hydrogène est assurée par le constructeur ou par le client lui-même :

##### Au niveau des constructeurs

Des techniciens, titulaires de diplômes en mécanique, sont formés en interne pour assurer le SAV. Généralement les groupes disposent de leur propre organe de formation (ex. : l'Académie Toyota) au sein duquel ils peuvent apporter aux techniciens une formation complémentaire sur l'hybride et sur les technologies H<sub>2</sub>.

##### Au niveau du client / utilisateur

Le client (collectivité ou entreprise) peut mobiliser son personnel en interne pour assurer la maintenance des véhicules. Le personnel du garage est alors formé à la fois en présentiel et à distance par le fournisseur de la pile à combustible. A l'heure actuelle, il s'agit davantage d'assurer l'intervention technique (remplacement de pièces) que la recherche de pannes. Les mécaniciens

intervenant sur les véhicules H<sub>2</sub> ont un BTS Mécanique / Maintenance automobile. Pour le volet technique sur les systèmes de gestion électronique les compétences sont très similaires à celles mobilisées sur les véhicules thermiques.

Pour intervenir sur des véhicules à hydrogène, des connaissances sont nécessaires concernant la sécurité sur les procédures et les précautions à prendre et sur les aspects stockage d'hydrogène, les problèmes de remplissage, les soupapes de sécurité, le capteur (sécurité), et les caractéristiques H<sub>2</sub>.

Il faut également une certaine rigueur et travailler dans un environnement sécurisé.

Toutefois, les véhicules fonctionnant avec une pile à combustible sont proches des véhicules électriques et font appel aux mêmes compétences en mécanique en matière de batterie, de haute tension, de fonctionnement d'un compresseur ou du système de refroidissement...

L'entretien habituel d'un véhicule H<sub>2</sub> doit être réalisé tous les 15 000 km ou tous les ans, comme un véhicule hybride.

Dans les deux cas les interventions sur les PàC elles-mêmes sont du ressort du fournisseur.

### LES PROFILS ATTENDUS

A l'avenir, les techniciens pourront peut-être avoir des interventions se limitant aux composants autour de la PàC (système de refroidissement, compresseur...) avec des compétences sur le fonctionnement du stack : capacité à diagnostiquer une panne, tests... (diagnostic préventif), mais les interventions sur la PàC elle-même resteraient de la compétence du fabricant.

Les profils recherchés seront assez classiques (techniciens Bac+2 en mécanique / maintenance automobile). Les professionnels ayant déjà des connaissances sur l'H<sub>2</sub> et sur les procédures / précautions à prendre lors d'intervention sur ce type de véhicule, seront appréciés.

## ÉVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

### ◆ Les conditions de déploiement de la voiture à hydrogène

► La nécessité d'une approche intégrée du développement de la mobilité en faisant émerger en même temps infrastructures et flottes de véhicules. Cela implique de :

- mettre en place un véritable réseau d'infrastructures de ravitaillement et une localisation adaptée de ces stations.

Fin 2018, 23 stations équipaient le territoire français ce qui est trop peu pour assurer un déploiement national des véhicules hydrogènes ;

- avoir un nombre important de véhicules se ravitaillant afin que les industriels fournissant la solution de recharge puissent rentabiliser leurs infrastructures ;

- régler les questions qui se posent encore sur le stockage de l'hydrogène embarqué et par ricochet sur la sécurité du véhicule ;

- créer un réseau d'entretien et de maintenance et former les techniciens destinés à intervenir sur les véhicules

► L'implication des pouvoirs publics  
Certains territoires sont très impliqués dans le développement de cette mobilité et les pouvoirs publics ont un rôle à jouer. Si la France a pris un peu de retard par rapport au Japon ou encore les Etats-Unis, elle possède un véritable écosystème industriel autour de l'hydrogène. Avec le passage à la phase industrielle des applications et la baisse

du coût de la pile à combustible, le prix des véhicules devrait baisser ainsi que le coût de l'hydrogène.

► anticiper le développement des véhicules à hydrogène destinés aux particuliers

Pour le moment le marché français des véhicules à hydrogène concerne quasi-essentiellement l'usage professionnel avec le développement de flottes de véhicules au sein de collectivités ou d'entreprises.

L'appel à projets de l'Ademe « Ecosystèmes de mobilité hydrogène » vise à déployer des écosystèmes territoriaux de mobilité hydrogène, sur la base du déploiement de flottes de véhicules professionnels.  
On désigne par « écosystème de mobilité hydrogène », une zone, un territoire ou un espace géographique donné, sur lequel s'organisent simultanément une logistique de production et de distribution d'hydrogène, ainsi que des usages locaux de véhicules de transport de personnes ou de marchandises.

### A travers l'engagement pour la croissance verte « Hydrogène dans la mobilité routière » signé en mai 2019,

les acteurs de la filière s'engagent à concrétiser les objectifs fixés dans le Plan Hydrogène en développant de nouveaux véhicules et composants hydrogène, des nouvelles stations de distribution d'hydrogène et en déployant la mobilité hydrogène au travers d'écosystèmes territoriaux et d'objectifs quantifiés d'introduction de véhicules et stations de recharge. L'Etat s'engage sur des actions législatives et réglementaires pour faciliter le déploiement des infrastructures et des véhicules hydrogène. Les signataires de cet ECV regroupent notamment des équipementiers de rang 1 et des constructeurs ainsi que des fournisseurs de stations hydrogène.



- ◆ Encore émergente, la technologie hydrogène sur les véhicules légers à destination des particuliers présente plusieurs freins à son développement :

- un prix d'achat élevé. Par exemple, le prix de la Toyota Mirai, véhicule hydrogène le plus vendu, est à partir de 78 900 € (éligible au bonus écologique) ;
- un coût de l'hydrogène encore cher à la pompe, environ 12 €/kg (soit 100 km) ;
- un réseau de stations de recharge insuffisant notamment en raison de leur coût élevé en lien avec la sécurisation de ces infrastructures. Fin 2018, étaient recensées 381 stations dans le monde contre 5,2 millions de points de recharge pour des véhicules électriques classiques.

#### Des besoins de formation

- formation autour de la PàC ;
- formations autour de la sécurité et des procédures d'intervention sur un véhicule à hydrogène ;
- des binômes à construire entre constructeurs automobile et fabricants de PàC pour assurer la formation des techniciens de maintenance.



#### Projections : deux projets dans la Manche

- ▶ La production d'hydrogène vert pour la station interne déjà existante au conseil départemental de la Manche : il est prévu d'installer d'ici 2020 des traqueurs solaires et un électrolyseur pour produire sur place de l'H<sub>2</sub> vert, (les appels d'offre sont lancés).
- ▶ Une nouvelle station grand public d'ici 2022/2023 : dans le cadre des appels à projets de l'Ademe, le projet consiste à proposer une station avec 3 pressions différentes (350 bars pour les véhicules hybrides et les bus, 700 bars pour les véhicules légers H<sub>2</sub> et 200 bars pour les vélos).





## APPLICATION DE L'HYDROGÈNE : LA MOBILITÉ LOURDE

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LA MOBILITÉ LOURDE

- ◆ Les véhicules avec une pile à combustible alimentée en hydrogène ont une autonomie plus élevée, une recharge plus rapide et un poids du système moindre que les véhicules électriques. Ils sont plus adaptés aux véhicules lourds et puissants comme les bus, les camions ou autres véhicules agricoles et industriels.
- ◆ Un nombre croissant de collectivités, gestionnaires de flottes captives ou de plateformes logistiques sont séduits par les véhicules à hydrogène pour leur grande autonomie et leur temps de recharge rapide. Les collectivités et institutionnels y voient un moyen de décarboner leurs transports utilitaires ( camion benne à ordures... ) et collectifs ( bus, navette... ). En France, les transports représentent 38 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) dont 95 % issus du transport routier.
- ◆ Pour augmenter le taux d'utilisation des stations de recharge hydrogène et les amortir, les véhicules lourds gros consommateurs d'hydrogène sont une solution. Les véhicules lourds permettraient un déploiement plus rapide de stations de taille importante.
- ◆ Contrairement au domaine des véhicules légers, les applications « poids lourds » n'en sont aujourd'hui qu'au stade de la démonstration mais elles devraient, au dire de leurs développeurs, connaître un déploiement important dans un proche avenir. (source : Afhyprac)
- ◆ Tous les projets de bus à hydrogène dans le monde adoptent aujourd'hui la technologie PàC avec le type de pile PEFMC.
- ◆ Un bus à PàC reste un véhicule électrique : l'hydrogène n'est qu'un vecteur énergétique permettant, grâce à sa densité énergétique importante, de stocker de l'énergie à bord et ainsi d'augmenter l'autonomie des bus électriques.

**Projet « Mille bus »**  
 Mobilité Hydrogène France (groupement d'acteurs de la filière mobilité hydrogène au sein de l'Afhyprac) prévoit une flotte de mille bus électriques à pile hydrogène en circulation en France d'ici 2023. Les acquisitions de ces bus par les collectivités se feront via la centrale d'achat des collectivités Ugap Fait nouveau : les collectivités et l'Ugap vont définir un cahier des charges commun et ainsi permettre aux constructeurs de répondre à un appel d'offres publié début 2020.



### CHIFFRES CLES

A l'horizon 2050 dans le Monde :



**5 millions** de camions à hydrogène

**15 millions** de bus à hydrogène

En 2028 en France :



**5 000** véhicules lourds (bus + camions) hydrogène en circulation contre 200 en 2023

Source : Hydrogen Council + EnergyLab



## ÉCOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### CHÉREAU

*Spécialiste du transport frigorifique*

Créée en 1950 au cœur de la baie du Mont-Saint-Michel, l'entreprise Chéreau est spécialisée sur les véhicules frigorifiques sur-mesure pour le transport des denrées périssables. L'activité est répartie sur deux sites : Avranches (fabrication de châssis et finitions et un magasin de pièces de rechange) et Ducey (fabrication de carrosserie et SAV). Chéreau fabrique trois types de camion : des semi-remorques (80 % de la production), des porteurs ou camions (20 % - Chéreau ne fabrique que la carrosserie et les accessoires) et des remorques et MobilRail (3 %).

#### ► Chéreau et le projet ROAD

*Chéreau a développé la première semi-remorque frigorifique à hydrogène. Ce projet collaboratif réunit plusieurs intervenants avec notamment, s'agissant du système hydrogène, un spécialiste de la PàC (FCLab) et une entreprise concevant des convertisseurs électriques (Tronico), Chéreau se chargeant de l'intégration mécanique sur le camion. Ce nouveau véhicule a de nombreux avantages : recharge rapide, zéro bruit, zéro émission et une grande autonomie (embarque 14 kg d'H<sub>2</sub> soit 2 à 3 jours d'autonomie). Après avoir été testé par le transporteur normand Malherbe, l'utilisation en livraison réelle du camion auprès de clients a lieu depuis septembre 2019.*



### SAFRA

*Société Albigeoise de Fabrication et Réparation Automobile*

Créée en 1955, Safra est aujourd'hui présente sur différents marchés dont celui du matériel de transport public, avec deux activités :

- Safra Rénovation propose des prestations d'équipement, d'aménagement, de rénovation et de maintenance lourde de véhicules de transports urbains (bus, tramways, métros et voitures ferrées) ;
- Safra Constructeur fabrique et commercialise une gamme d'autobus urbains, le Businova, proposé en 3 gabarits (9,5m, 10,5m et 12m) et en 4 motorisations (électrique hybride rechargeable, 100 % électrique recharge lente ou recharge rapide, et hydrogène).

#### ► Safra, retenu comme pilote officiel du bus à hydrogène en France

*Safra a créé un bus modulaire sous la marque Businova®. Sur le Businova hydrogène, SAFRA est intégrateur sur le véhicule de la pile à combustible fournie par Michelin. Le 1<sup>er</sup> Businova à hydrogène a été livré à l'été 2019. Employant aujourd'hui environ 90 personnes, Safra ambitionne « de créer 300 emplois d'ici cinq ans et de construire 250 Businova par an toute motorisation confondue<sup>1</sup> ». Les commandes actuellement passées par les collectivités portent quasi essentiellement sur le bus à hydrogène.*



### PVI

*Spécialiste français de la production de véhicules à énergies alternatives*

PME de 70 personnes, basée en Ile-de-France, PVI a été intégrée au groupe Renault en 2017. Son métier est de faire des véhicules industriels innovants essentiellement sur le poids lourd. Spécialiste de la production en séries de véhicules industriels à énergie alternative hybride, électrique, hydrogène ou GNV, PVI travaille pour Renault mais fabrique également pour d'autres constructeurs. Depuis longtemps sur le marché du camion électrique, PVI a développé à partir de 2015, le premier camion électrique-hydrogène d'Europe, le Maxity, en collaboration avec Renault trucks. Bien que PVI prévoit le lancement en 2021 d'une nouvelle génération de camion électrique et hydrogène, à septembre 2019 il n'y a pas encore de réelle demande sur le camion à hydrogène...



<sup>1</sup> Article de La Dépêche du 01/07/2019 « le premier bus à hydrogène français fabriqué par l'entreprise Safra à Albi ».

# MÉTIERS ET COMPÉTENCES DANS LA MOBILITÉ LOURDE

## LES PROFILS ACTUELS

Il est important de noter que le savoir-faire sur les véhicules électriques est indispensable pour travailler sur le véhicule à hydrogène.

### Conception / Recherche & développement

Au niveau de la conception des véhicules lourds et de leur adaptation à un système hydrogène, les profils mobilisés sont de plusieurs types :

- des ingénieurs en mécanique, en électronique ;
- des techniciens en électricité, en mécanique, en électronique, de niveau Bac+2/3.

Une compétence particulière est demandée sur les systèmes embarqués : des profils de technicien ou d'ingénieur électronicien avec une expérience permettant une maîtrise des systèmes électroniques embarqués.

### Fabrication / Production

Avant de passer à la production en série, la fabrication relève généralement des professionnels dédiés à la conception ou au prototypage pour produire le véhicule test.

Selon les constructeurs, les profils mobilisés sur les chaînes de montage sont des mécaniciens/monteurs, électriciens et carrossiers de niveau CAP, Bac pro et Bac +2, avec expérience. Il s'agit surtout d'opérations d'intégration et de montage / assemblage ne nécessitant pas de compétences techniques spécifiques sur l'hydrogène, ni de manipulation importante sur l'H<sub>2</sub>.

Néanmoins avec l'arrivée de l'hydrogène, des réticences à l'idée de travailler avec ce gaz ont pu être levées parmi les personnels, après une sensibilisation et une formation au risque hydrogène.

### Maintenance et SAV

Cette activité est assurée par des techniciens généralement expérimentés, de niveau BTS : électromécaniciens, électrotechniciens, électriciens. A cela s'ajoute la nécessité d'avoir les habilitations électriques (ex : habilitation B2TL pour les personnes travaillant sur la batterie de traction d'un véhicule sous tension) dispensées par des organismes spécialisés.

Certains constructeurs forment leurs techniciens de maintenance en interne afin de les rendre polyvalents et compétents en montage mécanique, électrique et en informatique sur des outils spécifiques.

La maintenance liée au système PàC est actuellement dévolue au fournisseur lui-même, mais dans les prochaines années il n'est pas exclu qu'il y ait des transferts de compétences du fournisseur vers le constructeur de véhicule.

Les constructeurs déjà engagés dans la phase de production en série (ou du moins en train de passer de la phase artisanale à semi-industrielle) s'intéressent également à la formation de leurs personnels autour des questions de sécurité liées à l'hydrogène. A titre d'exemple chez Safrà, un partenaire réalise des formations courtes sur deux jours sur l'analyse du risque, sa maîtrise, la connaissance de l'hydrogène, le risque électrique, la recherche de fuites et la recharge sur station...

Il est à noter également que la mise en place d'une chaîne de production de véhicules hydrogène nécessite la mise en conformité des ateliers de fabrication (détecteurs, alarmes, évacuations, bouteilles, etc.).



## LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ Sur la pose / montage, sont attendus des mécaniciens et électriciens « classiques » si possible avec une connaissance de l'hydrogène.

En effet ces professionnels vont avoir des interventions autour du système hydrogène d'où la nécessité de connaître les risques spécifiques liés à ce gaz en termes de précautions à prendre et de procédures à suivre.

- ◆ Sur les opérations de mise en service, des techniciens contrôle qualité / sécurité avec des bases de mécanique pourront être attendus : opérations de remplissage d'H<sub>2</sub>, de contrôle sécurité (fuites), de montée en pression des réservoirs et de détection de tout problème.

- ◆ Des ingénieurs et techniciens en électronique et en électricité (niveau Bac +2) seront recherchés à l'avenir. Une expérience dans les systèmes embarqués est une véritable plus-value.

- ◆ Sur la maintenance, les profils les plus attendus sont ceux de techniciens en électrotechnique et en électromécanique (niveau BTS).



## ÉVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

### ◆ La nécessité de répondre aux problématiques de recrutement des techniciens

Actuellement, les constructeurs font le même constat de difficulté à trouver des techniciens expérimentés notamment en électromécanique et électrotechnique. Pour faire face à ces difficultés, les entreprises adaptent leurs méthodes d'embauches, comme par exemples :

- recrutement sur aptitudes par simulation via Pôle emploi, de collaborateurs inexpérimentés qui reçoivent ensuite une formation en interne et deux ou trois semaines en centre de formation ;
- recours à l'intérim en complément des salariés en poste ;
- compensation du manque de BTS Electromécanique par l'embauche de Bac pro avec expérience ou la formation de mécaniciens curieux et motivés venant d'autres horizons (ex. SAV radio ou météorologie) et souhaitant évoluer ;
- développement de l'alternance et renforcement des partenariats avec les écoles locales.

### ◆ L'utilité de former les techniciens pour pouvoir assurer une maintenance en local

Qu'il s'agisse de camion ou de bus, la maintenance des véhicules est pour le moment assurée par le constructeur et par le fournisseur de la PàC pour le système hydrogène.

A l'avenir le déploiement de ces véhicules va nécessiter de pouvoir répondre aux besoins de maintenance au plus près des clients, or pour le moment les

réseaux intervenant sur des véhicules plus classiques ne disposent pas en interne des compétences nécessaires pour réaliser la maintenance de véhicule à hydrogène.

Ainsi les réseaux en place ont besoin de monter en compétences sur l'hydrogène notamment sur la haute pression, la haute tension et l'électronique de pilotage.

Les constructeurs / concessionnaires vont devoir faire évoluer leurs compétences pour prendre en compte la maintenance des véhicules H<sub>2</sub> : les profils recherchés seront surtout des électriciens et électrotechniciens avec une formation sur l'hydrogène.

Il existe des démarches de transfert de connaissances entre fabricant et client, permettant aux clients une prise en main du véhicule H<sub>2</sub> et des procédures d'intervention (ex. remplissage, détection de problème...), mais la réelle maintenance (préventive et curative) reste pour le moment du ressort du fabricant.

Exemples :

- Pour les bus, Safra forme ses clients à l'utilisation du véhicule : les professionnels formés sont des personnels de l'agglomération cliente, issus de formations tech-

### Une réponse à la pénurie de techniciens Le projet de semi-remorque de formation de Chéreau

Afin d'attirer davantage les jeunes vers ses métiers, et de repérer ses futurs collaborateurs, Chéreau travaille actuellement sur un projet de construction d'une semi-remorque formation qui intégrerait les 12/14 métiers types de chez Chéreau.

Composée de maquettes amovibles, d'ateliers applicatifs, l'un des objectifs serait de commencer à détecter les savoirs / compétences des personnes à recruter.

D'autres utilisations sont également envisageables notamment dans le cadre de la découverte des métiers, l'orientation...

Au stade de concept pour le moment, le projet de Chéreau doit encore être dimensionné côté budget et des partenaires locaux vont être recherchés.



niques, plutôt en mécanique. En général, quand une collectivité se dote d'un ou plusieurs bus à hydrogène, elle a déjà une station de recharge donc a déjà bénéficié d'un accompagnement sur la partie H<sub>2</sub>.

- Chez Chéreau, FC Lab qui a assemblé le kit H<sub>2</sub> et mis en service le système, a monté un module de formation. Le premier remplissage a été réalisé en présence de FC Lab : cette formation a été dispensée aux formateurs du transporteur Malherbe (testeur de la semi) qui forment à leur tour leurs équipes.

### Le déploiement des bus à hydrogène

« Le véhicule au gaz est plus cher que celui au diesel, l'électrique est plus cher que le véhicule gaz et le véhicule hydrogène est plus cher que l'électrique ». La seule possibilité pour que l'équation économique ait du sens serait d'augmenter les volumes de production, mais cette augmentation dépend des commandes... Or si les potentiels clients sont intéressés pour tester, ils ne sont pas forcément encore prêts à acheter.

Si le marché des camions à hydrogène ou bien encore des remorques frigorifiques à H<sub>2</sub> est encore à un stade embryonnaire, l'émulation autour des bus à hydrogène se confirme.

2019 marque le déploiement des bus à hydrogène dans plusieurs collectivités

françaises : communauté de l'Auxerrois (5 bus d'ici fin 2019), Pau (8 bus), Toulouse (5 bus), Artois-Gohelle (6 bus), Versailles (2 bus).

A ce jour, la PME albigeoise Safra et l'entreprise Belge Van Hool sont les seuls constructeurs à commercialiser en France des bus fonctionnant à l'hydrogène.

Lors du dernier salon de la mobilité à Nantes, les commandes de bus passées par les collectivités portaient à 99% sur l'hydrogène.

### Les conditions du déploiement

- La baisse des coûts liés au véhicule

Le principal frein au développement de la technologie H<sub>2</sub> pour les bus (mais cela vaut aussi pour les camions) est d'ordre économique, avec des coûts d'acquisition, de maintenance et de recharge encore élevés.

Le prix d'achat d'un bus hydrogène est multiplié presque par 4 par rapport à l'achat d'un véhicule diesel (entre 600 et 800 k€ pour un bus standard avec des projections à 450 k€ à l'horizon 2025) (source : Ademe)

- L'adaptation des infrastructures / réseaux de bus

L'arrivée de bus avec PàC dans un réseau nécessite des aménagements pour l'alimentation en hydrogène et la maintenance de ces bus, d'où des dépenses supplémentaires pour les collectivités car le coût des infrastructures reste élevé.

- La formation des conducteurs de bus et des techniciens pour la maintenance.

- La volonté des collectivités



## LES AUTRES APPLICATIONS DE L'HYDROGÈNE DANS LA MOBILITÉ

En complément des camions, bus... d'autres applications se développent dans le maritime, le fluvial, l'aérien ou bien encore le ferroviaire. Contrairement au transport maritime, fluvial et aérien où les projets sont encore au stade de démonstration, le transport ferroviaire est lui en phase de déploiement en France. Quelques illustrations :

### LE MARITIME

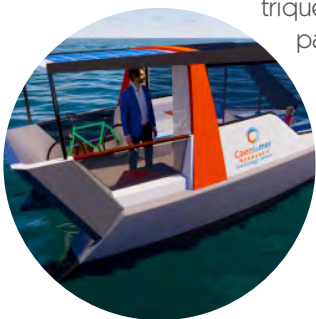
En Normandie, les chantiers Allais, filiale du groupe Efinor, travaillent sur un chalutier à propulsion hydrogène. La pile à combustible est en cours de développement par la société Symbio. Allais collabore aussi avec le Laboratoire universitaire de sciences appliquées de Cherbourg-en-Cotentin (Lusac), Europe Technologies et Ergosup pour l'installation de la station de recharge dans le port de Cherbourg. Une version basique du bateau devrait voir le jour vers mi-2021 et une version définitive un an plus tard. Ce prototype sera exploité en mode formation par le Lycée professionnel maritime & aquacole de Cherbourg-en-Cotentin.



### LE FLUVIAL

A Nantes, sur les bords de l'Erdre, une navette fluviale propulsée à l'hydrogène a été inaugurée le 30 août 2019. Elle répond à un appel à projet de l'Ademe pour développer la filière française de l'hydrogène. La navette nantaise construite en Vendée est le résultat d'une décennie de travail. Elle a une autonomie de cinq à six jours et fonctionne avec deux piles à combustible hydrogène.

En Normandie, le projet Neac (Navette électrique autonome sur le canal) porté par un ensemble d'acteurs\*, étudie la faisabilité de créer une navette fluviale électrique autonome alimentée à l'hydrogène pour le transport de personnes sur le canal de Caen.



### L'AÉRIEN

Si aujourd'hui des drones volent déjà à l'hydrogène, de petits avions de 4 places devraient décoller à l'horizon 2025. En effet, une entreprise de Singapour HES Energy Systems travaille actuellement sur un projet d'avion électrique à hydrogène

\* Caen La Mer, Ports de Normandie, les universitaires de l'Unicaen et de l'Ensi Caen et la Société de Projet Neac-Industry

qui pourra transporter jusqu'à quatre passagers en parcourant de 500 à 5 000 kms.

### LE FERROVIAIRE

En France, la SNCF prévoit le lancement d'une première flotte de quinze trains à hydrogène à l'horizon 2022 (essais statistiques). La SNCF doit procéder aux homologations et tests de sécurité, déployer les infrastructures, former les agents, etc. La base de réflexion est le train Alstom qui circule en Allemagne depuis septembre 2018. Outre la nécessité de développer le train, la SNCF intervient à deux titres :

- commercial pour motiver les régions ;
- technique sur les spécifications du train, le montage du cahier des charges : c'est la phase contractuelle qui est en cours.

Quatre régions se sont déjà positionnées : Grand Est, Occitanie, Pays-de-la-Loire et Bourgogne Franche-Comté. Le déploiement dans ces régions se fera en 2023-2024.

La Normandie n'est pas concernée pour le moment ; la région a beaucoup d'investissements en cours sur le renouvellement des trains et ne fera donc pas partie de cette 1<sup>ère</sup> phase de lancement dans les régions.

La SNCF doit déterminer les zones pertinentes de déploiement de la technologie H<sub>2</sub> en s'appuyant sur son réseau électrique existant.



Pour ce projet, différents profils de postes se dessinent :

- Ingénierie : ingénieurs et chercheurs en R&D
- Production : techniciens en mécanique, énergie thermique et électricité
- Maintenance : la maintenance de la pile à combustible ne sera pas assurée par la SNCF qui aura en charge la maintenance légère.

Pour la plupart des personnels concernés, il ne sera pas nécessaire d'avoir des compétences très ciblées sur l'H<sub>2</sub> mais plutôt une capacité à gérer des aléas et des situations de secours. Pour une meilleure acceptabilité par le personnel, il faudra former, sensibiliser et rassurer. Une partie de l'équipe de l'ingénierie du matériel a déjà suivi une formation au CEA sur les risques de l'hydrogène (méthodes, sécurité, procédures...).



2-V

## APPLICATION DE L'HYDROGÈNE : L'HABITAT

### CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LES APPLICATIONS DE L'HYDROGÈNE DANS L'HABITAT

- ◆ Les applications pour l'hydrogène sont multiples.

Pour l'habitat, l'hydrogène peut :

- être utilisé en gaz pour alimenter les chaudières à hydrogène grâce à l'utilisation de piles à combustible stationnaires ;
- alimenter une pile à combustible qui produit de l'électricité pour des installations stationnaires destinées à l'alimentation de sites isolés ou de groupes de secours ;
- être réinjecté, à hauteur de 5 à 10 %, dans les réseaux de gaz naturel pour contribuer aux usages classiques dans l'habitat ou l'industrie.

- ◆ Les piles à combustible pour des applications stationnaires présentent de nombreux avantages : propreté, flexibilité, silence et stabilité du courant fourni. Pour un usage résidentiel, le marché ne peut que progresser en Europe face au prix de l'électricité d'origine nucléaire qui ne cessera d'augmenter.

- ◆ Une pile à combustible produit 50% de chaleur réutilisable en eau chaude sanitaire ou pour du plancher chauffant, et 50% d'électricité.

- ◆ S'il reste confidentiel en France, le marché des piles à combustible résidentielles se répand au Japon et en Allemagne. En Allemagne, il s'agit de rechercher des solutions moins onéreuses que l'électricité (le prix du kilowattheure est quasiment deux fois plus élevé qu'en France). Pour le Japon, l'enjeu est de sortir du nucléaire suite à l'accident de Fukushima de 2011 et de faire face également à l'augmentation du prix de l'électricité. Les pouvoirs publics japonais soutiennent cette filière qui permet la production d'énergie verte.

#### Le power-to-gas

Le Power-to-Gas permet de transformer l'électricité issue d'énergies renouvelables en gaz hydrogène. Le procédé consiste à utiliser l'électricité renouvelable excédentaire pour produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau puis à injecter cet hydrogène dans les réseaux de transport et de distribution de gaz naturel. Cette technologie, encore au stade de test, s'inscrit dans les objectifs de la transition énergétique en diminuant les émissions de gaz à effet de serre et en augmentant la part des énergies renouvelables dans la consommation finale.

#### CHIFFRES CLES

Prix de vente en 2018 d'une pile à combustible résidentielle

20 000 €

Montant de subvention pour l'achat d'une PAC résidentielle en Allemagne

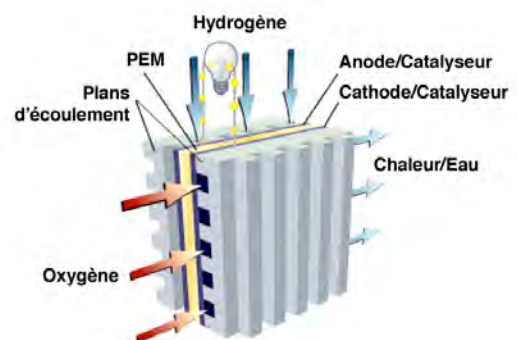
7 000 €

Nombre de PAC résidentielles installées au Japon

250 000

PAC résidentielles installées au Japon en 2030 (objectif gouvernemental)

5,2 millions



## ECOSYSTÈME ET PROJETS NORMANDS



### POWIDIAN

*Start up spécialisée dans la production et le stockage d'électricité sous forme d'hydrogène*

Créée fin 2014, et basée en Indre-et-Loire (La-Ville-aux-Dames), Powidian conçoit et installe des stations autonomes intelligentes de production d'électricité renouvelable avec stockage d'hydrogène. Les marchés visés par Powidian sont les sites isolés, le bâtiment ou encore la fourniture d'électricité par groupes électrogènes zéro émission (événementiel, chantiers). En septembre 2019, Powidian a inauguré sa plateforme de développement industriel destinée aux tests et à la validation de ses technologies.

Entreprise d'une vingtaine de personnes, Powidian se positionne sur trois activités :

- le développement de solutions de production d'énergie autonome basé sur le stockage d'hydrogène. Pour un usage court terme, le stockage se fait grâce à des batteries et pour un stockage long terme, une pile à combustible utilise l'hydrogène stocké pour produire l'électricité nécessaire ;
- la fourniture de générateur électrique alimenté par hydrogène. Le système utilise de l'hydrogène alimentant en carburant une pile à combustible ;
- une activité de bureau d'études.

Powidian travaille avec des fournisseurs d'électrolyseurs et de piles à combustible.



### SYLFEN

*Startup développant des solutions intégrées de stockage et de production d'énergie par cogénération*

Créée en 2015, et implantée à Grenoble, Sylfen développe un système de stockage de l'énergie à destination des bâtiments et éco-quartiers souhaitant couvrir leurs besoins à partir de sources d'énergies locales et renouvelables : le Smart Energy Hub. Cette technologie vise à stocker de grandes quantités d'énergie sous forme d'hydrogène, et de façon complètement réversible permet de restituer électricité et chaleur aux bâtiments. Avec pour objectif d'industrialiser et de commercialiser cette technologie (électrolyseur réversible à haute température), Sylfen termine la mise à jour des aspects conception et va passer à une phase semi-industrielle avec la mise en place d'une chaîne d'assemblage. Les premières productions en série devraient être commercialisées en 2022.



### VISSMANN

*Spécialiste dans la fabrication et la vente de chaudières de chauffage central*

Viessmann a développé Vitovalor, une chaudière à condensation à gaz avec une pile à combustible intégrée (pile fournie par Panasonic) et est le seul industriel à proposer ce produit sur le marché français. Cette chaudière permet de produire de l'eau chaude, du chauffage et de l'électricité.

D'ici peu, Viessmann commercialisera le bloc pile à combustible seul, qui pourra être installé sur une chaudière au gaz naturel déjà existante. Viessmann a lancé cette année, en partenariat avec GrDF et l'Ademe, la première expérimentation d'ampleur de piles à combustibles en France avec une cinquantaine de chaudières installées sur le territoire national chez des particuliers ou dans des petits bâtiments.

► La première installation en France, en 2015, dans un pavillon de 100m<sup>2</sup> près de Dieppe a permis une baisse de la consommation électrique de 80% chez ce particulier. Fin 2017, au Havre, Vitovalor a également été installé dans un gymnase pour chauffer le logement du gardien.





## MÉTIERS ET COMPÉTENCES

Les entreprises concevant des solutions de production et de stockage d'énergie à destination de l'habitat sont étudiées ici. La question de l'injection d'hydrogène dans les réseaux et des compétences requises est abordée dans un encart à part.

### LES PROFILS ACTUELS

#### Conception et assemblage

La conception de solutions de production et de stockage d'énergie via l'hydrogène fait quasi-essentiellement appel à des professionnels de niveau ingénieur.

- Des ingénieurs plutôt généralistes avec des compétences sur :
  - ▶ les outils de conception pour intégration 3D ;
  - ▶ la mécanique des fluides : traitement des gaz et fluides, gestion de la thermique, gaz (compression) ;
  - ▶ l'électronique (électronique de puissance, circuits électriques) ;
  - ▶ le logiciel digital (contrôle de commande et pilotage système).
- et des connaissances en mécanique, physique, chimie, thermodynamique.

Il y a également des ingénieurs électrotechniciens, et des ingénieurs en R&D en énergies renouvelables.

Les entreprises ne pouvant pas trouver des profils regroupant toutes ces compétences, elles font appel à des ingénieurs généralistes qu'elles forment en interne par transmission des compétences.

Pour l'hydrogène, les tronc communs suffisent, il n'y a pas besoin de spécialistes de l'hydrogène.

#### Fabrication / Production

- Des ingénieurs  
Encore en phase « artisanale » de production, une grande partie des profils est constituée des mêmes ingénieurs que précédemment cités.
- Des techniciens  
Les activités sont basées sur l'électricité et il n'y a rien de spécifique sur l'hydrogène. Les techniciens qui sont à la production/assemblage (test, intégration, câblage, dimensionnement) ont un niveau BTS avec pour certains une année de licence en électronique, électrotechnique, énergies renouvelables.

Comme pour les ingénieurs, les techniciens sont formés sur le terrain par les plus expérimentés et le partage de connaissances, notamment sur l'hydrogène, se fait de la même manière.

Parfois, des formations peuvent être dispensées par des fournisseurs (ex. : fabricants de PàC ou d'élec-

trolyseurs).

#### Maintenance

Les profils sur cette activité sont ceux des métiers classiques de la maintenance.

Ce sont des techniciens de niveau bac professionnel à Bac+2.

Avec l'hydrogène, il y a peu d'interventions si ce n'est de changer des filtres, faire des vérifications... il s'agit davantage de maintenance préventive visant notamment à détecter les éventuelles pannes ou anomalies.

Pour le moment du côté des start-up développant des systèmes de production et stockage d'énergie, la maintenance est assurée en interne par les mêmes profils précédemment décrits sur la conception et la fabrication.

Chez Viessmann, les techniciens « pile à combustible » ont été formés par Panasonic : effectuant de nombreux déplacements pour assurer la maintenance du système PàC, ils sont très autonomes dans l'organisation de leur travail. Ils sont également amenés à faire de l'assistance technique téléphonique. De niveau Bac pro, ils disposent de compétences en électricité, électrotechnique et fluides. L'entretien annuel classique de la partie chaudière est assuré par un plombier-chauffagiste.

### LES PROFILS ATTENDUS

- ◆ Peu d'ingénieurs généralistes sont recherchés mais il y a un besoin de spécialistes du gaz, de l'électronique de puissance, de la fluidique, des matériaux : niveau ingénieur et doctorant
- ◆ Un besoin à venir de techniciens pour les parties assemblage / installation / maintenance, avec un niveau Bac+2 dans les métiers classiques de la maintenance (compétences en électricité, mécanique, électronique...). Le profil des techniciens intervenant sur les systèmes pompes à chaleur et chaudière intéresse les entreprises.
- ◆ Des techniciens avec des connaissances sur l'hydrogène.

## EVOLUTIONS EN COURS ET À VENIR

### ◆ Le passage à une phase industrielle de production implique d'anticiper sur le processus de maintenance

Actuellement la maintenance des solutions développées est assurée par le fabricant lui-même. A l'avenir, la maintenance devra se faire davantage au niveau local.

Deux niveaux de maintenance sont d'ores et déjà identifiés :

- le petit entretien des pièces d'usures et renouvellement pourra être effectué à terme par des techniciens non spécialisés présents sur les territoires d'intervention ;
- le gros entretien c'est-à-dire le remplacement des pièces d'équipement garantissant la capacité énergétique (la batterie lithium-ion, le processeur d'énergie et le compresseur H<sub>2</sub> : durée de vie de ces pièces entre 3 et 5 ans) devra être effectué par le fabricant, ou par un professionnel spécialement habilité pour ces tâches.

- ◆ En maintenance, à terme, il y aura besoin d'une compétence locale à la fois pour l'acceptabilité sociale (en formant localement les techniciens) et pour la réactivité d'intervention.

Selon les start-up interrogées, de nombreuses créations d'emplois sont à prévoir pour l'installation et la maintenance de ces systèmes de production et stockage d'énergie.

### ◆ Une inquiétude sur le recrutement des techniciens

Au moment du passage à la phase industrielle, les entreprises ont la crainte de manquer de techniciens (trop d'ingénieurs, pas assez de techniciens) formés à l'hydrogène. Seules quelques écoles d'ingénieurs forment leurs élèves sur l'hydrogène et les formations de techniciens n'intègrent pas ce sujet.

Il y aura besoin de professionnels issus des métiers classiques de la maintenance mais avec une connaissance de l'hydrogène. Aujourd'hui, les applications de l'hydrogène à l'habitat se trouvent dans une phase de démonstration, de prototypes durant

laquelle les professionnels sont formés sur place à la spécificité de la matière et le fonctionnement des équipements. Mais le passage à la production en série risque de poser problème car les entreprises vont être à la recherche de nombreux techniciens connaissant déjà l'H<sub>2</sub>.

Plus généralement le recrutement de techniciens de maintenance s'avère déjà difficile d'où l'inquiétude des futurs recruteurs sur ces profils.

### ◆ Des formations sur l'hydrogène à destination des techniciens sont nécessaires sur :

- la connaissance de la matière ;
- le fonctionnement des équipements ;
- la mise en œuvre des équipements sous pression ;
- la manipulation ;
- la sécurité et l'appréhension des dangers liés à l'H<sub>2</sub>.

### ◆ Un besoin de techniciens formés sur la PàC

A terme, le développement de la pile à combustible impliquera d'avoir des entreprises qui assurent toutes les questions de maintenance, et de dépannage de celle-ci. Or pour le moment il n'y a aucune formation en France permettant de former des techniciens sur la pile à combustible.





## L'INJECTION D'HYDROGÈNE DANS LES RÉSEAUX

**Le projet GRHYD** (Gestion des Réseaux par l'injection d'HYdrogène pour Décarboner les énergies)

Ce projet initié par la communauté urbaine de Dunkerque permet de convertir l'électricité renouvelable (qui se perd si elle n'est pas consommée) en hydrogène, puis de l'injecter dans le réseau de gaz naturel. Il s'agit du premier démonstrateur « *Power To Gas* » en France.

Coordonné par Engie en lien avec 10 autres partenaires, parmi lesquels GRDF, il bénéficie du soutien de l'Ademe au titre des investissements d'avenir et est testé en grandeur nature à Cappelle-La-Grande pour cent logements et la chaufferie du centre de soins.

Après avoir testé l'injection de 6 % d'hydrogène, puis des paliers à 10 % et 15 %, le projet GRHYD annonce avoir injecté 20 % d'hydrogène (taux maximal) dans le réseau de distribution de gaz du quartier « Le Petit Village » à Cappelle-la-Grande. La suite consistera à tester des variations entre 0 % et 20 %. La diminution des émissions de dioxyde de carbone lors de la combustion de gaz attendues est de l'ordre de 7 % ou 8 % selon Engie.

A terme, deux-cent logements seront concernés.

GRDF intervient sur l'exploitation des postes d'injection et Engie assure le suivi via leur centre de recherches (Crigen) basé à Saint-Denis.

### Métiers et compétences

Dans le cadre du projet GRHYD, les métiers mobilisés sont très proches de ceux déjà présents à GRDF. Les agents exploitent, manipulent le même matériel que sur les réseaux classiques.

Pour ce qui est de l'exploitation on va retrouver des profils identiques :

- ◆ opérateurs de travaux sur la construction de réseaux : terrassement, décaissement, BTP. Cette activité est sous-traitée à des entreprises du BTP.
- ◆ canalisateurs pour la pose des réseaux PE (polyéthylène) ou acier : métiers de poseurs canalisateurs
- ◆ plomberie (vannes, maintenance, graissage...)
- ◆ métiers sur la conduite de postes d'injection et les automatismes
- ◆ analyseurs de gaz
- ◆ électromécaniciens, électrotechniciens

### Besoins à venir

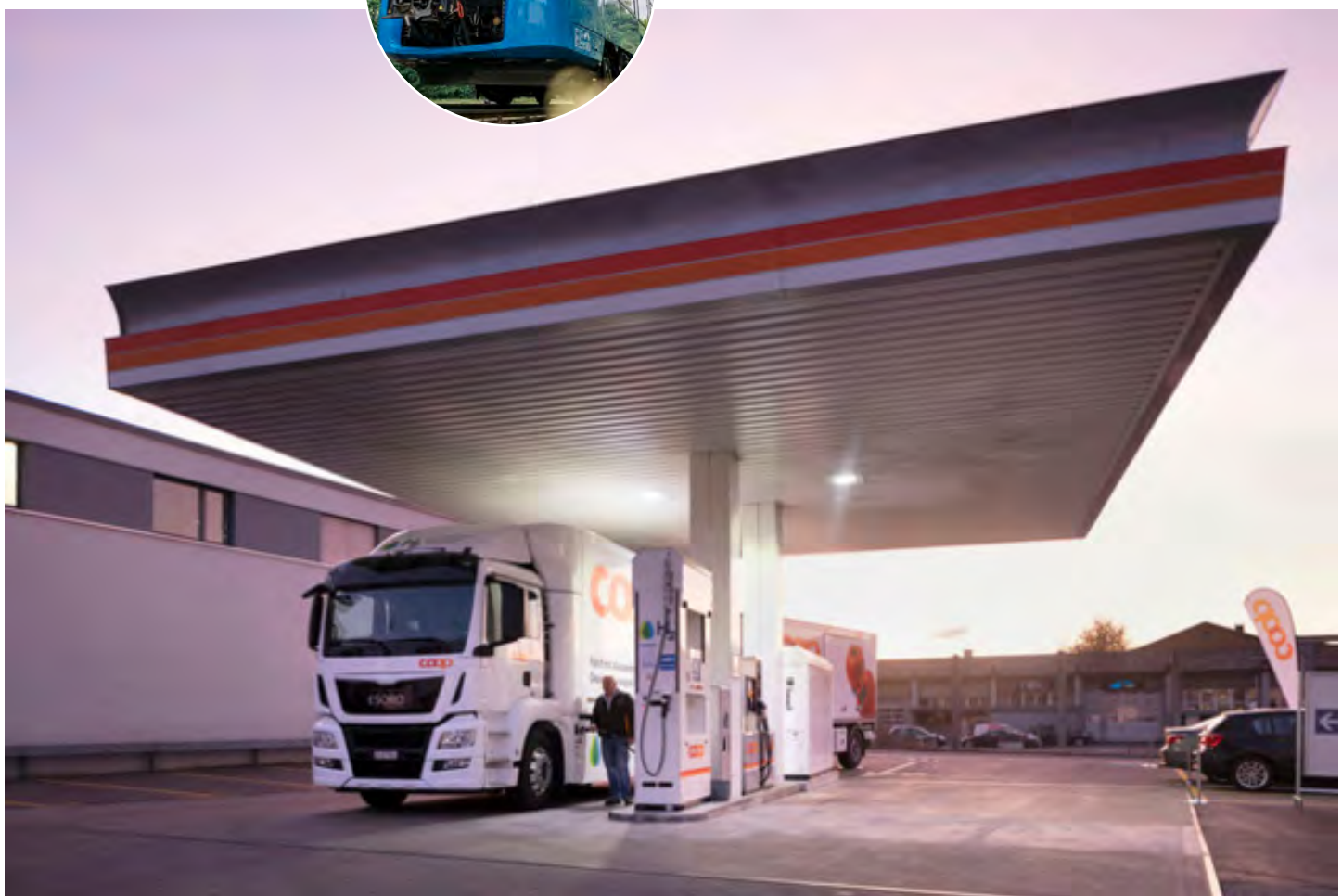
- ◆ A l'avenir, pour la conduite de réseaux, avec l'arrivée de l'injection de gaz, il faudra piloter le réseau dans les deux sens. Il y aura besoin d'électromécaniciens et d'automaticiens, de niveau Bac Pro et BTS.
- ◆ Sur le pilotage de réseaux, les agents sont formés en interne à l'école du gaz d'Engie. Par ailleurs, des contrats sont passés avec des écoles publiques sur l'étude des fluides.

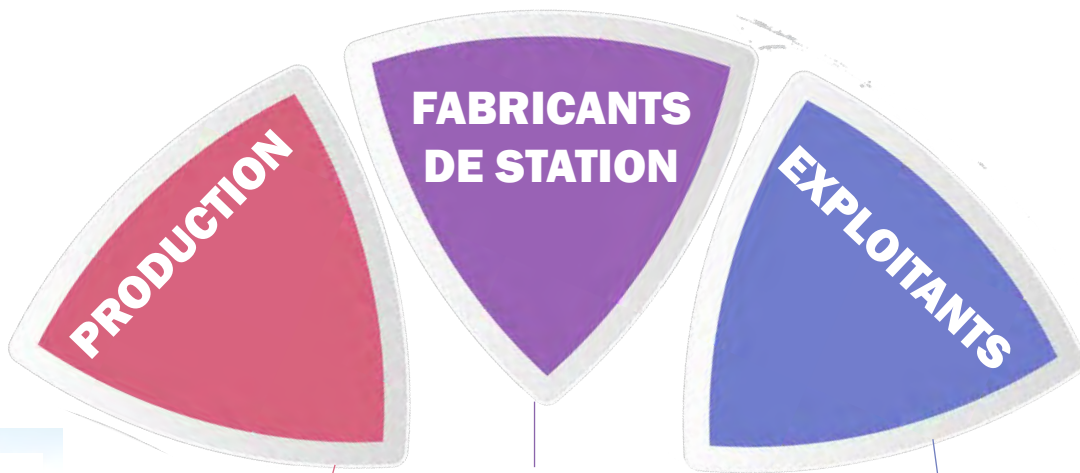


## VOLET 3

# BESOINS EN COMPETENCES ET EN FORMATION : ATTENTES ET PRECONISATIONS POUR LA FILIERE HYDROGENE







**3-I**

**LES PROFILS ACTUELS DANS LA FILIERE HYDROGENE SYNTHÈSE**

**FABRICANTS DE STATION**

**CONCEPTION INGÉNIEURS**

- ▶ Généralistes
- ▶ Génie des procédés
  - ▶ Mécanique
  - ▶ Automatismes
  - ▶ Génie électrique

**DOCTORANTS**

- ▶ Electrolyse de l'eau
- ▶ Systèmes de purification d'H2

**TECHNICIENS**

- ▶ BTS
  - ▶ Electricité
  - ▶ Mécanique
- ▶ Contrôle commandes / automatismes
  - ▶ Spécificités : Connaissance en génie des procédés Traitement de gaz et de liquides

**FABRICATION INGÉNIEURS**

- ▶ Ingénieurs qualité et sécurité
- ▶ Ingénieurs méthodes d'assemblage
  - ▶ Directeurs de production
  - ▶ Chargés d'affaires

**TECHNICIENS DE PRODUCTION**

- ▶ Bac Pro à Licence
  - ▶ Electricité
  - ▶ Mécanique
  - ▶ Automatismes

**TECHNICIENS DE LABORATOIRE**

- ▶ Bac +2 à +3
- ▶ Spécificités : Compétences en chaudronnerie Tuyautage / Gaz haute pression

**MAINTENANCE TECHNICIENS DE MAINTENANCE**

- ▶ Bac Pro à Licence
  - ▶ Electricité
  - ▶ Mécanique
  - ▶ Automatismes
  - ▶ Spécificités : Polyvalence sur le poste

**EXPLOITANTS**

**MAINTENANCE CHEFS DE PROJETS**

- ▶ Ingénieur Bac + 5
- ▶ Spécificités : énergie

**TECHNICIENS**

- ▶ Techniciens de premier niveau (contrôles sur les stations)
  - ▶ Techniciens qualifiés (maintenance préventive)
- ▶ Bac +2 en maintenance mécanique
  - ▶ Spécificités : Compétences sur les chaudières et systèmes groupe froid Compétences sur les systèmes industriels de base

**MAINTENANCE MANAGERS OU RESPONSABLES D'UNITÉ OU D'USINE**

- ▶ Ingénieurs généralistes ou techniciens (responsable de maintenance sur les petites unités)
- ▶ Ingénieurs en génie des procédés (souvent travaillent sur plusieurs sites)

**OPÉRATEURS**

- ▶ Bac + 2
- ▶ Electricité
- ▶ Mécanique
- ▶ Instrumentation
- ▶ Automatismes BTS CIRA
- ▶ Tuyauterie
- ▶ Spécificités : Travail avec des gaz sous pression

**CONCEPTION  
INGÉNIEURS**

- ▶ Mécanique
- ▶ Electronique
- ▶ Génie électrique

**DOCTORANT**

- ▶ Electrochimie
- ▶ Thermodynamique

**FABRICATION  
TECHNICIENS DE PRODUCTION**

- ▶ CAP à BTS/DUT
- ▶ Electromécanique
- ▶ Spécificités :  
Profil de monteur proche  
du domaine automobile

**MAINTENANCE  
INGÉNIEURS**

- ▶ Mécanique
- ▶ Electronique

**TECHNICIENS  
DE MAINTENANCE**

- ▶ Bac pro à BTS
- ▶ Electromécanique



**CONCEPTION  
INGÉNIEURS**

- ▶ Mécanique
- ▶ Automatismes
- ▶ Electronique
- ▶ Contrôle de commandes

**FABRICATION  
TECHNICIENS DE PRODUCTION**

- ▶ Opérateur de production  
en montage-assemblage
- ▶ CAP à Bac pro
- ▶ Mécanique

**MAINTENANCE  
TECHNICIENS DE MAINTENANCE**

- ▶ BTS
- ▶ Mécanique
- ▶ Maintenance automobile
- ▶ Spécificités :  
Compétences proches de  
celles des techniciens qui  
interviennent sur les véhicules  
électriques

**CONCEPTION  
INGÉNIEURS**

- ▶ Mécanique
- ▶ Electronique

**TECHNICIENS**

- ▶ Bac +2 à +3
- ▶ Electricité
- ▶ Mécanique
- ▶ Electronique
- ▶ Spécificités :  
Maîtrise des systèmes  
électroniques embarqués

**FABRICATION  
TECHNICIENS DE PRODUCTION**

- ▶ Bac pro à Bac +2
- ▶ Expérimentés
- ▶ Mécanique
- ▶ Electricité
- ▶ Carrosserie
- ▶ Spécificités :  
Opérations d'intégration  
et de montage/assemblage

**MAINTENANCE  
TECHNICIENS DE MAINTENANCE**

- ▶ BTS
- ▶ Expérimentés
- ▶ Electromécanique
- ▶ Electrotechnique
- ▶ Electricité
- ▶ Spécificités :  
Polyvalence et compétences en montage  
mécanique, électrique, en informatique

**CONCEPTION  
INGÉNIEURS**

- ▶ Généralistes
- ▶ Mécanique des fluides
- ▶ Electronique
- ▶ Electrotechnique

**FABRICATION  
INGÉNIEURS**

- ▶ Généralistes
- ▶ Mécanique des fluides
- ▶ Electronique
- ▶ Electrotechnique

**TECHNICIENS**

- ▶ BTS à Licence
- ▶ Electricité
- ▶ Electronique
- ▶ Electrotechnique
- ▶ Energies renouvelables

**MAINTENANCE  
TECHNICIENS  
DE MAINTENANCE**

- ▶ Bac pro à Bac +2
- ▶ Maintenance
- ▶ Electricité
- ▶ Electronique
- ▶ Fluides
- ▶ Mécanique

## LES PROFILS ATTENDUS DANS LA FILIERE HYDROGENE - SYNTHESE

### PRODUCTION

#### TRÈS PEU D'INGÉNIEURS

- ▶ Généralistes du domaine de l'industrie
- ▶ Expérience de gestion de site industriel
- ▶ Compétences transversales : maîtrise de l'anglais et de l'outil informatique

#### TECHNICIENS

- ▶ Niveau Bac +2
- ▶ Techniciens de maintenance «classique»
- ▶ Spécificités : mécanique, électricité et automatismes
- ▶ Pas besoin de profils spécifiques hydrogène
- ▶ Compétences H2 : connaissances de bases, et des règles de sécurité d'intervention
- ▶ Expérience en raffinerie ou usine chimique
- ▶ Compétences transversales : maîtrise de l'anglais conseillée et de l'outil informatique indispensable

### STATION H2

### EXPLOITANTS STATIONS H2

#### TECHNICIENS

- ▶ Niveau Bac +2
- ▶ Spécificités : mécanique (monteur-ajusteur), maintenance (électricien, automaticien et mécanicien), techniciens de laboratoire
- ▶ Compétences H2 : compétences sur les technologies H2

#### TECHNICO-COMMERCIAL

- ▶ Niveau Bac +2
- ▶ Connaissances du marché H2 et des bases H2

- ▶ Pas besoin de profils spécifiques hydrogène
- ▶ Connaissances des carburants alternatifs

#### TECHNICIENS

- ▶ Niveau Bac pro à BTS, orienté maintenance
- ▶ Spécificités : Électromécanique, automatismes industriels
- ▶ Connaissances requises : mécanique, hydraulique et électrique

#### TECHNICIENS

- ▶ Bac pro à BTS
- ▶ Spécificités : électronique, électromécanique
- ▶ Pas besoin de profils spécifiques hydrogène
- ▶ Profil intéressant : monteurs/assembleurs issus du secteur automobile
- ▶ Compétences H2 : connaissances de l'H2 et du fonctionnement de la PàC

#### CONDUCTEURS ROUTIERS

- ▶ Niveau Bac pro
- ▶ Permis super poids lourds
- ▶ Certificat ADR
- ▶ Expérience requise en conduite super poids lourds

### TRANSPORT H2

### PÀC





## HABITAT

### INGÉNIEURS

- ▶ Spécialiste du gaz, de l'électronique de puissance, de la fluidique et des matériaux

### TECHNICIENS DE MAINTENANCE

- ▶ Bac +2
- ▶ Spécificités : Electricité, Mécanique, Electronique
- ▶ Expérience de techniciens sur pompe à chaleur et chaudières
- ▶ Compétences H2 : connaissances de bases

## MOBILITE LOURDE

## MOBILITE LEGERE

### TECHNICIENS

- ▶ Bac +2
- ▶ Spécificités : Mécanique et maintenance automobile
- ▶ Compétences H2 : connaissances de bases, des procédures d'intervention sur véhicules H2, et fonctionnement de la PàC

### INGÉNIEURS

- ▶ Spécificités : Electronique et électricité

### TECHNICIENS

- ▶ Bac +2
- ▶ Spécificités : Mécanique, Electricité, Contrôle/qualité/sécurité, Electrotechnique, Electromécanique
- ▶ Expérience dans les systèmes embarqués
- ▶ Compétences H2 : connaissances de bases, et des procédures d'intervention

### TECHNICIENS

- ▶ Bac pro à bac +2
- ▶ Spécificités : Automatismes et instrumentations, Mécanique
- ▶ Pas besoin de profils spécifiques hydrogène
- ▶ Compétences H2 : connaissances de bases H2 et des règles de sécurité
- ▶ Postes en lien avec la sécurité informatique

### TECHNICIENS

- ▶ Bac pro à BTS
- ▶ Spécificités : Electromécanique et Automatismes

## INDUSTRIE

## RESEAUX

## LA PROBLÉMATIQUE DE PÉNURIE DE TECHNICIENS INDUSTRIELS

### L'INQUIÉTUDE DE LA FILIÈRE

A chaque maillon de la filière Hydrogène, les acteurs interviewés relèvent des difficultés de recrutement d'ores et déjà très présentes.

Un déficit d'image de l'industrie en France et une représentation tronquée de ses métiers expliquent le manque d'attrait des jeunes pour les filières industrielles et par ricochet cette situation de pénurie.

Le défi à venir est d'attirer rapidement les jeunes vers les métiers de l'industrie.

Les inquiétudes de la filière H<sub>2</sub> portent sur le déficit des profils de techniciens notamment sur les techniciens de maintenance (électrotechnique, électromécanique...) et les techniciens en automatisés.

Sur la maintenance, les problématiques de recrutement risquent d'être d'autant plus aiguës que le développement de la filière Hydrogène nécessitera, dans les années à venir, un besoin de techniciens sur les territoires : maintenance des véhicules et des infrastructures du côté de la mobilité mais aussi interventions SAV et maintenance en matière d'habitat (chaudière H<sub>2</sub>, installation stationnaire...).

Cette inquiétude se confirme avec l'évolution de la pyramide des âges des techniciens actuellement en poste dans l'industrie (voir ci-après), avec des prévisions de départs en retraite de plus de 9 500 techniciens et agents de maîtrise\*\*\* d'ici 2030.

La filière Hydrogène se trouvera alors encore plus en « concurrence » sur la recherche de techniciens.

### L'IMPACT DES DÉPARTS À VENIR DANS LES MÉTIERS DE L'INDUSTRIE EN NORMANDIE

Le secteur industriel dans son ensemble emploie 204 000 personnes.

46 % des individus occupent des postes d'ouvriers, de techniciens ou de cadres de l'industrie.

Les secteurs industriels<sup>1</sup> dont les profils « techniciens » sont proches de ceux recherchés par la filière Hydrogène présentent un taux moyen de 28 % d'individus de 50 ans et plus, ce taux variant de 22 % à 35 % selon l'activité.

D'ici 2030, 9 500 techniciens et agents de maîtrise de la maintenance, de l'électricité et de l'électronique, des industries de process et des industries mécaniques auront atteint l'âge de départ en retraite. Et 3 500 d'entre eux sont issus de secteurs industriels proche de la filière hydrogène en termes de profils attendus.

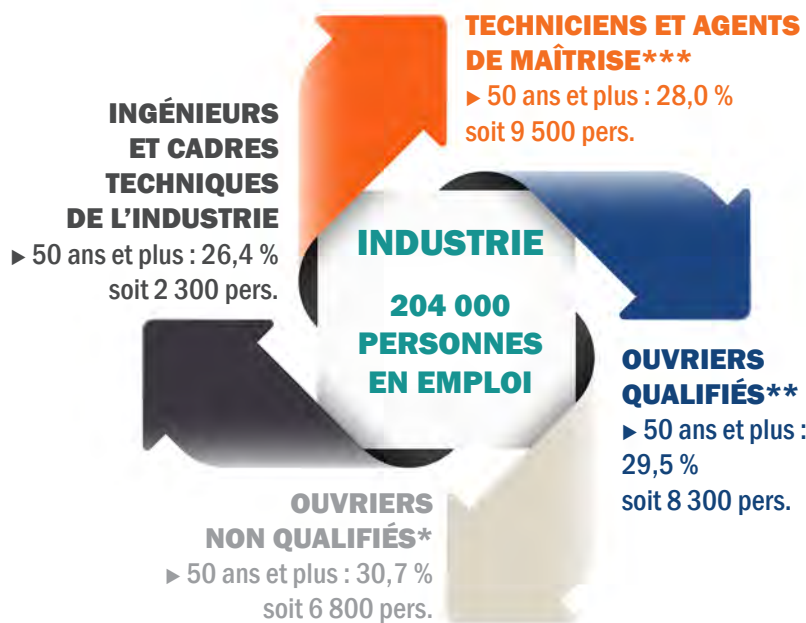
Ces départs annoncés touchent particulièrement deux activités industrielles : les industries chimiques et l'industrie automobile. Dans les 15 prochaines années, ces secteurs vont respectivement voir partir en retraite 35 % et 28 % de leurs techniciens et agents de maîtrise\*\*\* (soit en nombre 1 400 et 1 000 professionnels).

\*\*\*Techniciens et agents de maîtrise de la maintenance / TAM de l'électricité et de l'électronique / TAM des industries de process / TAM des industries mécaniques

<sup>1</sup> Industrie chimique - Industrie automobile - Production et distribution d'électricité, gaz, vapeur et air conditionné - Cokéfaction et raffinage



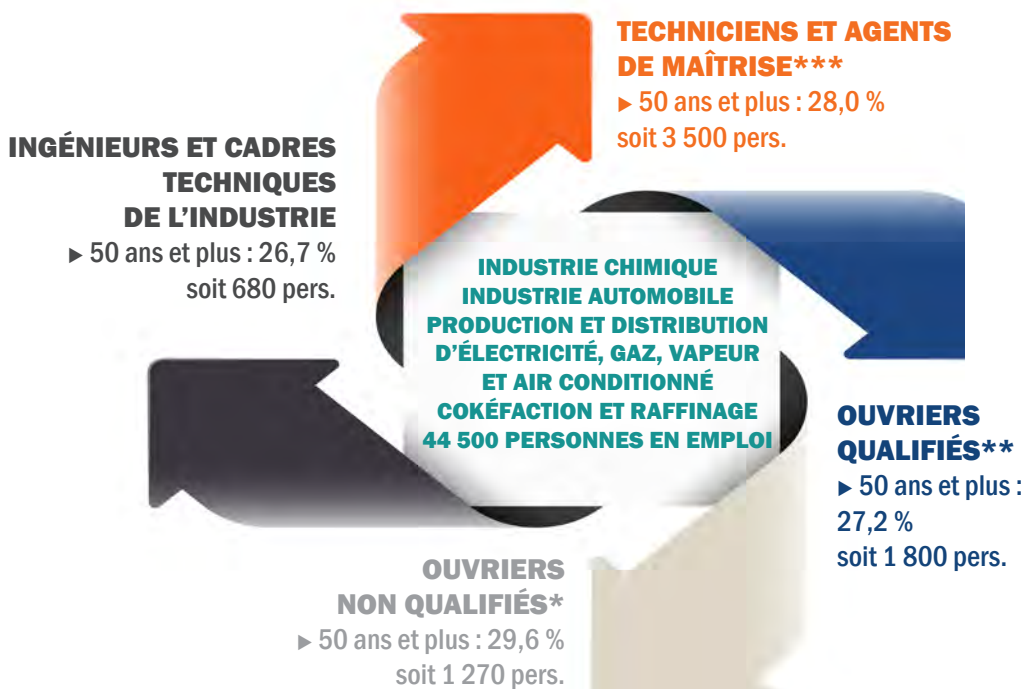
**PART DES 50 ANS  
ET + DANS LA  
POPULATION  
EN EMPLOI  
29,9%**



\* Ouvriers non qualifiés de la mécanique / ONQ de l'électricité et de l'électronique / ONQ des industries de process

\*\* Ouvriers qualifiés de la maintenance / OQ de la mécanique / OQ de la réparation automobile / OQ de l'électricité et de l'électronique / OQ des industries de process

\*\*\*Techniciens et agents de maîtrise de la maintenance / TAM de l'électricité et de l'électronique / TAM des industries de process / TAM des industries mécaniques



Source : Recensement de population 2016, Insee



## COMPÉTENCES ET FORMATIONS : PRÉCONISATIONS POUR LA FILIÈRE

### VUE D'ENSEMBLE

Les entretiens avec les acteurs de la filière Hydrogène ont permis de dégager leurs attentes par rapport aux connaissances et compétences nécessaires à leurs collaborateurs. A ce jour, cet apport de connaissances et compétences se fait principalement sur le terrain sous forme de compagnonnage. Les collaborateurs en poste forment les nouveaux arrivants. Les acteurs adhèrent à l'idée de la création d'un plateau technique qui permettrait de dispenser des formations ciblées selon leurs besoins. C'est principalement avéré pour les start-up et les PME, moins pour les grands groupes industriels qui disposent souvent de leur propre centre de formation (Ecole du gaz pour Engie, Académie Toyota, Air Liquide...).

Concernant la mobilité et l'habitat, il est ressorti la nécessité d'anticiper la professionnalisation des différents techniciens en local. En effet, pour le moment, les interventions de maintenance et de dépannage sont réalisées par le fabricant mais en passant à une phase industrielle et de production en série, il sera indispensable d'avoir ces compétences en local et donc de former les techniciens de maintenance, les mécaniciens...

Les attentes de la filière quant aux connaissances et compétences à apporter se classent en quatre grandes actions :



**Formation théorique qui apporte un « vernis » de connaissance sur l'hydrogène**



**Apport de connaissances et démonstrations sur les principes de base et de fonctionnement pour les différentes applications de l'hydrogène**



**Manipulations pour apprendre à entretenir, intervenir et dépanner. Il s'agit de maintenance préventive, de remplacement des pièces d'usures, de diagnostic des pannes et de dépannage.**



**Axe plus transversal dédié à la sécurité : prévention, sensibilisation au risque, interventions et certifications nécessaires pour certaines applications**

## LES PRÉCONISATIONS DE FORMATION PAR TYPE D'ACTION



### CONNAÎTRE

<b>CONNAISSANCES DE BASE SUR L'H<sub>2</sub></b>	Historique Connaissance de la matière Caractéristiques de l'hydrogène	
<b>SENSIBILISATION</b>	Sensibilisation et acceptabilité de la technologie H <sub>2</sub>	
<b>ETAT DES LIEUX</b>	Contexte énergétique et économique Perspectives d'évolution de la filière H <sub>2</sub>	
<b>MODES DE PRODUCTION DE L'H<sub>2</sub></b>	<b>HYDROGÈNE « GRIS »</b>	Le vaporeformage La décomposition d'hydrocarbures La gazéification du charbon de bois
	<b>HYDROGÈNE « BLEU »</b>	Le captage de CO <sub>2</sub> lors de la production de l'H <sub>2</sub> L'électrolyse de l'eau ayant recours à de l'électricité d'origine nucléaire
	<b>HYDROGÈNE « VERT »</b>	La gazéification ou pyrogazéification L'électrolyse de l'eau ayant recours à de l'électricité issue d'énergie renouvelable
<b>APPLICATIONS ET USAGES</b>	<b>INDUSTRIE</b>	Utilisation pour le raffinage de produits pétroliers, la production d'ammoniac, de dérivés chimiques, la métallurgie, et comme vecteur d'énergie pour l'aérospatial.
	<b>MOBILITÉ</b>	Les deux technologies du véhicule à hydrogène : le moteur à hydrogène et le moteur électrique alimenté par une pile à combustible. Les 3 types de mobilité : mobilité légère (voiture, vélo), lourde (camion, bus) et autre (train, bateau, avion)
	<b>HABITAT</b>	Usages pour l'habitat : - alimentation de chaudières à gaz, - alimentation d'une pile à combustible pour des installations stationnaires isolées - réinjection dans les réseaux de gaz naturel
<b>TECHNOLOGIES H<sub>2</sub></b>	Connaissance des technologies étudiées pour produire de l'H <sub>2</sub> , le stocker et le convertir à des fins énergétiques : pile à combustible, électrolyse, procédés industriels, stockage et transport d'H <sub>2</sub> ...	
<b>MAINTENANCE DANS UN ENVIRONNEMENT H<sub>2</sub></b>	Spécificités Mise en conformité Equipements adaptés Appréhender les dangers	
<b>RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE DE L'H<sub>2</sub></b>	Rendement électrolyse Rendement pile à combustible Comparaison moteur énergie H <sub>2</sub> / moteur thermique / moteur électrique	

## COMPRENDRE

<b>PROCESS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Connaissance du process de production d'H<sub>2</sub></li> <li>▶ Identification des process de fabrication des technologies H<sub>2</sub> (contrôle et sécurité, protocoles de suivi, etc.)</li> </ul>
<b>PILE À COMBUSTIBLE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fonctionnement d'une PàC : Principes de base Fonctionnement chimique, électrochimique...</li> <li>▶ Connaissances de base : Thermodynamique Energies et fluides Electronique Electromécanique</li> </ul>
<b>MOBILITÉ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fonctionnement : Découverte de l'architecture d'un véhicule H<sub>2</sub> Principes de fonctionnement des véhicules électriques</li> <li>▶ Connaissances de base : Mécanique Electronique de pilotage Systèmes embarqués Haute pression Haute tension</li> </ul>
<b>INSTALLATION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET STOCKAGE D'ÉNERGIE (HABITAT ET APPLICATIONS STATIONNAIRES)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fonctionnement des équipements</li> <li>▶ Connaissances de base : Mécanique des fluides Electronique Electrotechnique</li> </ul>
<b>ELECTROLYSE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fonctionnement d'un électrolyseur : Connaissances théoriques et techniques</li> <li>▶ Connaissances de base : Câblage Soudure Contrôle étanchéité Canalisation Réseaux électriques Analyse et traitement de l'eau</li> </ul>
<b>STATIONS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fonctionnement d'une station H<sub>2</sub></li> <li>▶ Connaissances de base : Génie des procédés Traitement gaz et liquide Pression de stockage des bouteilles Mécanique Hydraulique Electrique</li> </ul>



## AGIR

<b>PROCESS</b>	Contrôle, surveillance et maintenance des lignes de production Procédure qualité
<b>PILE À COMBUSTIBLE</b>	Identification des problèmes pouvant intervenir Intervention technique Maintenance préventive Diagnostic et résolution des pannes Intervention fuite de gaz
<b>MOBILITÉ</b>	Contrôle et procédures de sécurité Opérations de stockage / remplissage, de montée en pression des réservoirs Actions de vérification : soupapes de sécurité, capteurs... Interventions : recherche de fuites, détection de problèmes...
<b>INSTALLATION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET STOCKAGE D'ÉNERGIE (HABITAT ET APPLICATIONS STATIONNAIRES)</b>	Installation des équipements sous pression Maintenance préventive Opérations d'entretien : changement de filtres, vérifications, renouvellement des pièces d'usure, remplacement des pièces garantissant la capacité énergétique...
<b>INDUSTRIE</b>	Intervention sur les lignes de production : réglage des brûleurs à gaz, relevés de vibration et de température... Entretien de premier niveau en mécanique
<b>STATIONS</b>	Opérations de contrôle et maintenance Recharge sur station
<b>TRANSPORT</b>	Certificat ADR « <i>Accord for Dangerous goods by Road</i> » « Accord pour le transport des marchandises Dangereuses par la Route »

# PREVENIR

<b>RÈGLES ET PROCÉDURES DE SÉCURITÉ</b>	Connaissance des règles de prévention et des normes de sécurité applicables en milieu H2
<b>SENSIBILISATION, ANALYSE ET MAÎTRISE DU RISQUE HYDROGÈNE</b>	Propriétés de l'H2 et risques associés Identification des sources de fuite ou d'inflammation Caractéristiques du feu torche hydrogène Précautions à prendre compte tenu de la pression lors des manipulations
<b>RÈGLES ET PROCÉDURES D'INTERVENTION</b>	Gestion des situations de secours selon l'environnement (industriel, habitat, véhicule...) Bonnes pratiques Connaissance des équipements de protection
<b>CERTIFICATIONS / FORMATION</b>	Prévention du risque électrique Secourisme Habilitation gaz Habilitation électrique Formation aux risques professionnels liés aux atmosphères explosives (ATEX)

## LES PUBLICS CONCERNÉS

Différents types de publics peuvent être concernés par les quatre actions détaillées ci-dessus :

- les jeunes en orientation
- les jeunes déjà en formation
- les salariés de la filière H2
- les nouveaux embauchés
- les professionnels de l'industrie en reconversion

Cette cible pourrait être étendue aux divers professionnels utilisant l'hydrogène à l'instar des artisans, des garagistes ou bien encore des transporteurs du gaz... compte tenu du développement des différentes applications de l'hydrogène (dans la mobilité, l'habitat, les réseaux...).

Les quatre actions « connaître, comprendre, agir et prévenir » proposent théorie, démonstrations et manipulations de l'hydrogène. Les jeunes en orientation et en formation pourraient être intéressés par les actions « Connaître » et « Comprendre » alors que l'ensemble des quatre actions peut s'adresser aux autres publics.

### JEUNES EN ORIENTATION



### CONNAÎTRE

### COMPRENDRE

### JEUNES EN FORMATION



**LE MILIEU INDUSTRIEL SOUFFRE D'UNE PÉNURIE DE TECHNICIENS, DUE EN PARTIE À UNE MAUVAISE REPRÉSENTATION DE SES MÉTIERS AUPRÈS DES JEUNES.**

**LA FILIÈRE HYDROGÈNE PEUT-ÊTRE UN VECTEUR D'ATTRACTIVITÉ POUR UNE GÉNÉRATION ATTENTIVE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX.**

**CONNAÎTRE CE QU'EST L'HYDROGÈNE, SES APPLICATIONS ET ASSISTER À DES DÉMONSTRATIONS DES TECHNOLOGIES H2 PERMETTRAIENT DE VALORISER CE SECTEUR ET D'ATTIRER CERTAINS JEUNES VERS LES FORMATIONS INDUSTRIELLES.**



### SALARIÉS EN POSTE



CONNAÎTRE

COMPRENDRE

AGIR

### NOUVEAUX EMBAUCHÉS



ACTUELLEMENT, LES ACTEURS DE FILIÈRE HYDROGÈNE FORMENT « SUR LE TAS » LEURS SALARIÉS ET NOUVELLES RECRUES SUR L'HYDROGÈNE.

DISPOSER DE MODULES DE FORMATION VIA UN PLATEAU TECHNIQUE SPÉCIFIQUE SUR L'HYDROGÈNE POURRAIT PERMETTRE AUX SALARIÉS DE BÉNÉFICIER À LA FOIS D'APPORTS THÉORIQUES, PRATIQUES SUR L'HYDROGÈNE MAIS AUSSI DE PROCÉDER À DES MANIPULATIONS ENCADRÉES SUR DES ASPECTS PLUS TECHNIQUES DE LEUR POSTE.

### PROFESSIONNELS DE L'INDUSTRIE EN RECONVERSION / RECHERCHE D'EMPLOI



CONNAÎTRE

COMPRENDRE

AGIR

L'EXPÉRIENCE EN MILIEU INDUSTRIEL (INDUSTRIES CHIMIQUE, PÉTROCHIMIQUE, AUTOMOBILE NOTAMMENT) EST RECHERCHÉE PAR LA FILIÈRE HYDROGÈNE, QUI GÉNÉRALEMENT S'APPUIE SUR DES MÉTIERS « CLASSIQUES » EN MÉCANIQUE, ÉLECTROTECHNIQUE, ÉLECTROMÉCANIQUE, ETC. NÉANMOINS UNE CONNAISSANCE DE L'HYDROGÈNE ET DES TECHNOLOGIES QUI Y SONT LIÉES EST UN PLUS DANS LES RECRUTEMENTS.

DISPOSER DE MODULES DE FORMATION VIA UN PLATEAU TECHNIQUE SPÉCIFIQUE SUR L'HYDROGÈNE POURRAIT PERMETTRE AUX PROFESSIONNELS DE L'INDUSTRIE EN RECONVERSION / RECHERCHE D'EMPLOI DE COMPLÉTER LEURS COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES SUR L'H<sub>2</sub>.

LA FILIÈRE HYDROGÈNE POURRAIT À LA FOIS CONSTITUER UN DÉBOUCHÉ INTÉRESSANT POUR CES PUBLICS ET APPORTER À LA FILIÈRE LES COMPÉTENCES QU'ELLE RECHERCHE.

## LA SÉCURITÉ



### Elements d'information

L'hydrogène est un combustible au même titre que l'ensemble des carburants. Ses propriétés sont différentes des autres combustibles mais l'hydrogène n'est pas plus dangereux si les consignes de sécurité pour la production, le stockage et la distribution sont scrupuleusement respectées.

Incolore et inodore, nos sens ne peuvent le détecter. Il n'est pas explosif s'il est dilué dans l'air mais dans certaines conditions, il devient inflammable et peut exploser. Il faut donc le confiner dans les endroits où il est stocké ou dans les réseaux où il circule. Utilisé depuis des décennies dans l'industrie chimique, les problèmes de sécurité autour de l'hydrogène sont connus et maîtrisés. Toutefois, concernant l'usage émergent de l'hydrogène comme vecteur énergétique autour de la mobilité ou bien encore de l'habitat, une prise en compte de nouveaux problèmes de sécurité est nécessaire.

### La sécurité en Normandie

Service départemental d'incendie et de secours de la Manche

### Historique

Sous l'impulsion de M. Legrand, ancien président du département de la Manche, le conseil départemental a acquis en 2015 une flotte de véhicules électriques à prolongation hydrogène Renault Kangoo ZE et de véhicules Hyundai X35 (tout hydrogène). La collectivité départementale a demandé au SDIS de la Manche de s'informer et de se former sur le risque hydrogène dans le cadre de cette nouvelle mobilité. Dans un même temps, le SDIS 50 a également fait l'acquisition de deux véhicules d'intervention à hydrogène.

Pour le SDIS 50, il s'agissait d'envoyer un signal fort : l'acceptabilité du risque en rapport avec le capital confiance accordé aux pompiers.

### Les missions du SDIS en lien avec l'hydrogène

Le département IUV (intervention d'urgence sur véhicules) du centre départemental de formation du SDIS gère le risque incendie sur les accidents de circulation en prenant en compte les énergies embarquées dont l'électrique, l'hydrogène et tous les autres gaz (GPL, Gaz naturel liquide, GNV, GNL).



### Mission d'information et de prévention

Le SDIS 50 a une mission d'information et de prévention auprès des collectivités et de certaines entreprises. Pour le côté opérationnel, les pompiers disposent des plans d'intervention pour toute exploitation industrielle et pour tous types d'établissements.

### Formation

Le centre de formation du SDIS 50, ouvert en 2019 au Désert, propose un plateau technique « Extinction de feux de véhicules à énergies alternatives - H<sub>2</sub> » dédié aux feux de véhicules légers à hydrogène. Le SDIS 50 forme les pompiers et agents basés à Saint-Lô et Cherbourg-en-Cotentin, et à terme, l'ensemble du corps départemental des sapeurs-pompiers de la Manche y sera formé.

Les formations initiales dispensées au SDIS 50 sont ciblées sur le secours routier, la protection / balisage, le risque incendie en feu de bâtiment et en feu de voiture (H<sub>2</sub> y compris) et le risque électrique. La formation sur l'hydrogène appartient au tronc commun. Pour le moment il s'agit d'une demi-journée de formation : caractéristiques du gaz et mise en situation sur des feux de voiture. Pour les feux liés à l'hydrogène, les pompiers ne peuvent pas voir la flamme mais ils l'entendent, ils travaillent donc avec une caméra thermique.



### Freins au développement de la mobilité hydrogène chez les sapeurs-pompiers

Le SDIS 50 souhaiterait investir dans l'achat de nouveaux véhicules à hydrogène (peu d'entretien à faire, dépenses de carburant réduites...) qui pourraient couvrir 80% de leurs missions mais des freins existent :

- absence de réseau de distribution de l'hydrogène en Normandie ;
- prix élevé des véhicules (utilitaires : 40 à 50 000 €) ;
- acceptabilité sociale.

### Préconisations

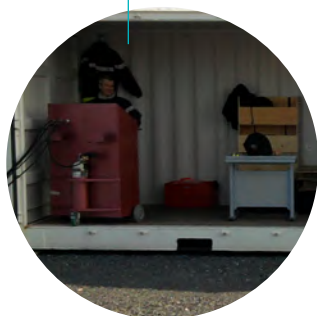
De nombreux acteurs rencontrés ont pointé la nécessité de former leur personnel au risque hydrogène. En effet, les nouvelles applications autour de l'hydrogène : mobilité, habitat... impliquent d'être préparés à de nouveaux risques. Une coopération avec le SDIS 50 et l'Ensosp serait à étudier pour l'action « Prévenir ».

#### Ecole nationale supérieure des officiers de sapeurs-pompiers

L'Ensosp, à Aix-en-Provence, dispose, grâce au programme européen HyResponse<sup>1</sup>, d'un plateau technique, unique en Europe, avec une mise en situation des stagiaires en conditions réelles et un apport des bases de connaissance et des techniques opérationnelles nécessaires à la gestion du risque hydrogène

Cette formation est ensuite relayée sur le terrain dans le cadre des formations d'intégration des sapeurs-pompiers professionnels (théorie et pratique des IUUV). Cette formation peut s'adresser également aux industriels ou privés (équipe de première intervention de sites industriels, opérateurs de distribution, de maintenance ou de transport et cadres des services de sécurité HSE, R&D, QSE...).

<sup>1</sup>Le programme HyResponse initié en 2016 est financé par la Commission européenne et le groupement des scientifiques et industriels de la filière hydrogène.





## CONCLUSION

Les acteurs de l'hydrogène en France ont de nombreux défis à relever pour continuer à construire une filière viable et implantée dans les territoires. D'ordre technologiques, économiques et politiques ces défis ont un impact direct sur la structuration de la filière en terme de métiers et de compétences.

### ENJEUX DE LA FILIÈRE



#### Production / Industrie

- Décarboner les usages industriels (ECV)
- Avoir un coût d'H<sub>2</sub> vert compétitif
- Attirer les jeunes vers les métiers de l'industrie



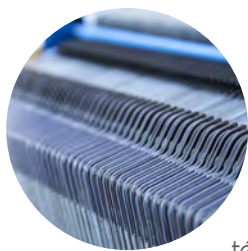
#### Stockage Transport Distribution

- Recruter des professionnels avec des compétences sur les technologies H<sub>2</sub>



#### Mobilité

- Mettre en place un véritable réseau d'infrastructures de ravitaillement
- Inciter à l'achat de véhicules à hydrogène légers et lourds : augmenter les volumes de production pour baisser les prix
- Sécuriser le stockage de l'H<sub>2</sub> embarqué
  - Former les techniciens mais également les clients : mécaniciens des collectivités, conducteurs de bus...
  - Créer en local un réseau d'entretien et de dépannage
  - Adapter les modes de recrutement pour attirer les jeunes en orientation mais aussi les techniciens expérimentés
  - Faciliter le déploiement d'écosystèmes territoriaux par des actions engagées des pouvoirs publics
  - Soutenir les collectivités déjà impliquées dans cette nouvelle mobilité et encourager les autres



### Conversion / Pile à combustible

- Développer les énergies renouvelables pour garantir un système propre
- Remplacer le platine (ressources limitées), utilisé comme catalyseur sur les PàC, par d'autres matériaux
- Augmenter les volumes de production des PàC pour baisser leur coût d'acquisition
- Disposer sur les territoires d'un réseau de techniciens en capacité d'intervenir sur les piles à combustible



### Habitat

- Développer un réseau de techniciens en local pour une réactivité d'intervention et une meilleure acceptabilité sociale
- Former les techniciens sur les piles à combustible résidentielles
- Inciter l'achat de PàC résidentielles pour diminuer les dépenses énergétiques des ménages
- Déployer le « Power to gas » encore au stade de démonstration

## PROFILS ATTENDUS

Globalement les profils attendus ne sont pas spécialisés sur l'hydrogène : il s'agit le plus souvent de métiers « classiques » de l'industrie, sur lesquels un « vernis » de connaissance de l'hydrogène serait très apprécié. Certains employeurs attendent néanmoins de leurs collaborateurs une compétence plus marquée sur certaines technologies.

A l'heure actuelle, ces apports théoriques et pratiques sur l'hydrogène ou les modalités de fonctionnement des équipements H<sub>2</sub>, s'organisent en interne via la formation au poste ou « sur le tas », les formations supérieures industrielles actuelles n'abordant que trop rarement ces sujets ou de manière peu approfondie.

Sur l'ensemble de la chaîne H<sub>2</sub> les potentiels employeurs sont principalement en attente de techniciens de niveau Bac + 2 (BTS / DUT) sur des spécialités industrielles dont les plus citées sont : Mécanique, Electromécanique, Electro-technique, Automatismes.

Des inquiétudes ont été émises par les acteurs de l'hydrogène quant aux possibilités à venir de recrutement sur ces profils compte tenu des difficultés déjà présentes à trouver des techniciens issus de formations industrielles.

Peu d'ingénieurs semblent attendus, si ce n'est dans les grosses unités de production d'hydrogène, dans les applications de la mobilité lourde ou de l'habitat.

## BESOINS EN COMPÉTENCES SELON LES TERRITOIRES

Les évolutions attendues aux différents maillons de la chaîne hydrogène ne vont pas avoir les mêmes implications selon les territoires.

- ◆ Les territoires accueillant des unités de production vont avoir besoin de professionnels intervenant sur la chaîne de fabrication : il s'agit aussi bien d'usines de production d'hydrogène, de fabrication des diverses technologies H<sub>2</sub> (électrolyseurs, PàC...) que de fabricants intégrant dans leurs produits ces mêmes technologies (ex. : construction automobile, fabricant de chaudière, etc.).

Les fabricants et les intégrateurs des technologies H<sub>2</sub> sont actuellement dans une période stratégique de transition : il s'agit de passer d'un stade de fabrication artisanale à une production semi-industrielle voire industrielle. Les travaux d'expérimentation, de test, de vérification qui relèvent de la phase de conception-prototypage vont devoir laisser la place à une phase de production plus massive. Ceci explique pour partie que la filière va davantage rechercher des professionnels avec des profils de techniciens plutôt que des ingénieurs.

- ◆ Les territoires qui verront se développer les applications et usages de l'hydrogène auront besoin de compter sur de la maintenance locale formée et réactive. Ainsi la multiplication des stations et flottes de véhicules légers ou lourds H<sub>2</sub> (voitures, vélos, bus, camions...), des installations de chaudières H<sub>2</sub>, des applications stationnaires, etc. impliquent pour les fabricants d'avoir un service d'intervention et de maintenance au plus près de leurs « clients » pour intervenir rapidement. Actuellement le nombre peu élevé de ces diverses installations et produits fait que la maintenance est assurée par le fabricant lui-même. Aujourd'hui plusieurs d'entre eux commencent à réfléchir à la manière la plus appropriée d'être présents sur les territoires, la solution la plus souvent avancée étant d'avoir des relais ou sous-traitants formés aux spécificités H<sub>2</sub>. Les profils attendus sur ces interventions sont principalement des techniciens de maintenance sur les mêmes spécialités que précédemment évoquées.

## BESOINS EN FORMATIONS

Quel que soit le maillon concerné, la filière Hydrogène estime avoir besoin de collaborateurs disposant à minima d'une sensibilisation à l'H<sub>2</sub> voire d'une connaissance du fonctionnement de certaines technologies H<sub>2</sub>.

L'idée de plateau technique de formation sur l'hydrogène intéresse les acteurs de la filière, davantage des start-up et PME que les grands groupes (ces derniers disposant de service de formation en interne).

Les interlocuteurs sollicités ont pu émettre des attentes, des besoins vis-à-vis des connaissances et compétences qu'un tel outil apporterait à leurs collaborateurs actuels et futurs.

L'analyse des échanges sur ce sujet fait apparaître quatre niveaux d'actions envisageables en terme de formation, que l'on peut résumer sous quatre verbes d'actions :

- « Connaître » : apporter un « vernis » de connaissance théoriques sur l'H<sub>2</sub>
- « Comprendre » : apporter des connaissances et effectuer des démonstrations autour des différentes technologies et applications de l'hydrogène
- « Agir » : permettre de manipuler, d'expérimenter pour apprendre à intervenir techniquement et à maintenir des équipements H<sub>2</sub>.
- « Prévenir » : connaître et savoir appliquer les règles de sécurité en lien avec l'H<sub>2</sub>

La présente étude a permis de dégager les besoins et attentes ressentis par les acteurs de la filière. Elle participe à la réflexion autour du projet de création d'Hydrogène Académie, qui nécessitera d'autres types d'investigations afin d'en étudier la faisabilité.

## ANNEXES

# LES EXPERTS ET PROFESSIONNELS INTERVIEWES

PRODUCTION		
ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
AIR LIQUIDE - 76	ARMENGOL JULIEN	RESPONSABLE DE SITE
ETIA - 60	HUGERON PHILIPPE ROBINO TRISTAN	DIRECTEUR FINANCIER DIRECTEUR INDUSTRIEL
H2V INDUSTRY - 76	HUMBERT AUDE	CHARGÉE DE PROJETS DÉVELOPPEMENT
TERTU / T.H2 - 61	CALLEJA VINCENT	DIRECTEUR ADMINISTRATIF ET FINANCIER
T!HYDROGENE - 44	TIHY OLIVIER	DÉVELOPPEMENT DE PROJETS

STOCKAGE, TRANSPORT ET DISTRIBUTION		
ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
ATAWEY - 73	VILLE GEOFFROY	RESPONSABLE COMMERCIAL
ERGOSUP - 50 ET 26	VIGNES XAVIER	CHEF DE PROJET HYDROGÈNE
McPHY - 26	PETER FLORIAN	DIRECTEUR DES OPÉRATIONS FRANCE
SAMAT - 76	ROMANET PIERRICK	COORDINATEUR COMMERCIAL
EDF GROUPE - 76	DENIARD SCHEHERAZADE	DIRECTRICE DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL NORMANDIE
ENGIE - 76	SCHILLEWAERT EMMANUEL	DÉLÉGUÉ RÉGIONAL
GN VERT - 93	AUDIBERT TIMOTHÉE	DIRECTEUR DES OPÉRATIONS ADJOINT



## CONVERSION DE L'HYDROGENE ET FABRICATION DE PILE A COMBUSTIBLE

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
PRAGMA INDUSTRIES - 64	BRUNIAU CHRISTOPHE	DIRECTEUR DES VENTES
SYMBIO - 75	BRUNET JULIEN	RESPONSABLE DÉVELOPPEMENT MOBILITÉ DURABLE

## USAGES INDUSTRIELS DE L'HYDROGENE

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
TOTAL - 76	LEPLAT STÉPHANE	DIRECTEUR
YARA - 76	RASKOPF GILLES	DIRECTEUR

## APPLICATION DE L'HYDROGENE : LA MOBILITE LEGERE

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE LA MANCHE - 50	SANCHEZ DIDIER LEMONNIER ÉRIC	CHEF DU SERVICE MATÉRIELS ET VÉHICULES MAINTENANCE DES VÉHICULES
RENAULT - 27 ET 78	LEBOURG CLAUDIE GERARD DAVID LEVIN LAURENT	ATTACHÉE RESSOURCES HUMAINES EN CHARGE DE LA FORMATION CHEF DE PROJET INNOVATION PILES À COMBUSTIBLES NOUVELLES ÉNERGIES ET TECHNOLOGIES ASSOCIÉES
SERFIM - 60	LAVAL SOPHIE	RESPONSABLE ÉNERGIES RENOUVELABLES ET INNOVATIONS
TOYOTA - 92	THUMERELLE STÉPHANIE	RESPONSABLE COMMUNICATION RELATIONS EXTÉRIEURES ET HYDROGÈNE

## APPLICATION DE L'HYDROGENE : LA MOBILITE LOURDE

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
CHEREAU - 50	COURTEILLE BENOÎT THIBLET FRÉDÉRIC	DIRECTEUR RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT DIRECTEUR DES RESSOURCES HUMAINES
PVI - 77	COPIN LAURENT	RESPONSABLE COMMERCIAL
SAFRA - 81	PARAT MYRIAM	DIRECTRICE DES RESSOURCES HUMAINES
SNCF - 93	DESHAYES SAMUEL	DIRECTEUR SYSTÈME & TECHNO FERROVIAIRE

## APPLICATION DE L'HYDROGENE : L'HABITAT

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
GRDF - 76	COTREL AYMERIC JAMARD ARNAUD	DIRECTEUR TERRITORIAL NORMANDIE DÉLÉGUÉ TERRITORIAL
POWIDIAN - 37	BOURGEAIS JEAN-MARIE	PRÉSIDENT
SYLFEN - 38	RUCHON FRANÇOIS-EUDES	RESPONSABLE MARKETING ET COMMERCIAL
VISSMANN - 57	FORT XAVIER	RESPONSABLE RÉGIONAL DES VENTES NORMANDIE - PAYS DE LOIRE

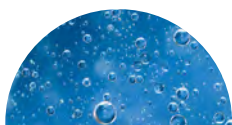
## LA SECURITE

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
SDIS 50 - 50	MONDIN BRUNO	LIEUTENANT

## LES EXPERTS

ORGANISME - DEPARTEMENT	NOM	FONCTION
ADEME - 14	HENRY LAURIANNE	ENERGIES RENOUVELABLES ET RÉSEAU DE CHALEUR
AFHYPAC - 75	PAYSANT STÉPHANIE	RESPONSABLE ADMINISTRATION, COMMUNICATION, ÉVÈNEMENTIEL
CAMPUS PROPULSIONS NORMANDIE - 76	FROUIN GEORGES	DIRECTEUR OPÉRATIONNEL
CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE LA MANCHE - 50	NOUVEL VALÉRIE	VICE-PRÉSIDENTE À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, À L'ENVIRONNEMENT ET À L'INNOVATION
CONSEIL RÉGIONAL DE NORMANDIE - 14	BELHACHE MATHILDE	CHARGÉE DE PROJETS HYDROGÈNE
INSA - 76	BOUKHALFA MOURAD ABDELKRIM	DIRECTEUR GÉNÉRAL
NORMANDIE AEROESPACE - 76	CUTULLIC SAMUEL	RESPONSABLE AXE RECHERCHE, TECHNOLOGIE ET INNOVATION
NORMANDIE ENERGIES - 76	NATHALIE QUEINNEC	CHARGÉE DE MISSION EMPLOI-COMPÉTENCES

## RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES ET SITES



### EXPERTS

#### **Afhypac**

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustibles

[www.afhypac.org](http://www.afhypac.org)

Publications (<http://www.afhypac.org/documentation/publications>)

- ▶ « Développons l'Hydrogène pour l'économie française Etude prospective », 2018
- ▶ « L'hydrogène : défi national, enjeux territoriaux », septembre 2018
- ▶ « L'hydrogène, une réalité dans les territoires », juin 2017
- ▶ Hynovations, la newsletter de l'hydrogène

#### **ADEME**

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

<https://www.ademe.fr>

Publications (<https://www.ademe.fr/mediatheque>)

- ▶ « Panorama et évaluation des différentes filières d'autobus urbains : Etat des lieux sur les technologies et les filières énergétiques existantes et en devenir pour le transport par autobus », Décembre 2018
- ▶ « L'hydrogène dans la transition énergétique », avril 2018, collection Expertises
- ▶ « La recherche au service de la transition énergétique : Hydrogène et piles à combustibles », mars 2018, collection Expertises
- ▶ ADEME & Vous : Le Mag

#### **Energy Lab**

Etude « La filière hydrogène-énergie en France », janvier 2019

<https://www.energylab.sia-partners.com/hydrogene-2019>

#### **Commission de régulation de l'énergie**

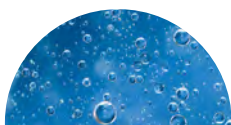
<http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=hydrogene-mobilite-decarbonee>

#### **CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)**

<http://www.cea.fr/multimedia/Documents/publications/livrets-thematiques/livretHydrogene2013-web.pdf>

#### **Normandie Energies**

<https://www.normandie-energies.com/cluster-hydrogene/le-cluster/>



## EXPERTS

### **OIE (observatoire de l'industrie électrique)**

<https://observatoire-electricite.fr/notes-de-conjoncture/article/l-hydrogene-dans-la-transition-energetique>

► « L'hydrogène dans la transition énergétique », Note de conjoncture, juin 2018

### **IFP Energies nouvelles**

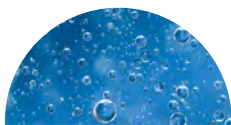
<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/tout-savoir-lhydrogene>

### **Société chimique de France**

<http://www.societechimiquedefrance.fr/>

### **L'Usine nouvelle**

<https://www.usinenouvelle.com/>



## INSTITUTIONNELS

### **Région Normandie**

Plan Normandie Hydrogène

[https://www.normandie.fr/sites/default/files/documents/politiques/developpement-durable/feuille\\_de\\_route\\_h2\\_normandie.pdf](https://www.normandie.fr/sites/default/files/documents/politiques/developpement-durable/feuille_de_route_h2_normandie.pdf)

Programme EAS-HyMob

<https://eashymob.normandie.fr/>

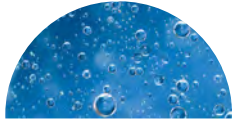
### **Ministère de la Transition écologique et solidaire**

Plan national de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique

[https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.06.01\\_dp\\_plan\\_deploiement\\_hydrogene\\_0.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.06.01_dp_plan_deploiement_hydrogene_0.pdf)

### **Conseil départemental de la Manche**

<https://www.manche.fr/entreprendredansmanche/hydrogene.aspx>



## ACTEURS

### **Air Liquide**

<https://www.airliquide.com/fr>

### **Ergosup**

<https://www.ergosup.com/>

### **Planète Energies (Total)**

<https://www.planete-energies.com/fr/medias/dossiers/l-hydrogene-un-vec-teur-d-energie>

### **Engie**

<https://www.engie.fr/hydrogene/>

### **Air Products**

<http://www.airproducts.fr/Industries/Energy/Power/Power-Generation/hydrogen-fuel-safety-training-and-services.aspx>

### **H2V**

<http://h2vproduct.net/fr/h2v-industry-accueil/>

### **Ataway**

<http://atawey.com/>

### **McPhy**

<https://mcphy.com/fr/>

### **Pragma Industries**

<https://www.pragma-industries.com/fr/>

### **Symbio**

<https://www.symbio.one/>

### **Safra**

<http://www.safra.fr/fr/>

### **Chéreau**

<http://www.chereau.com/>

### **Powidian**

<http://powidian.com/fr/>

### **SDIS 50**

[http://www.sdis50.fr/sdis50\\_2/](http://www.sdis50.fr/sdis50_2/)

### **Ensosp**

<http://www.ensosp.fr/SP/pages-ENSOSP/accueil-2018>



# Filière hydrogène :

Besoins en compétences  
et en formation

Normandie

Document réalisé par :

Analyse - Rédaction  
Malyka Déméautis  
Hélène Rammant  
Carif-Oref de Normandie

Mise en page  
Montages photo  
Nathalie Grember  
Carif-Oref de Normandie

Crédit photo  
Adobe Stock  
SDIS 50

Novembre 2019

