



- ETUDE PROSPECTIVE -

LES METIERS DE LA FILIERE HYDROGENE EN AUVERGNE-RHONE-ALPES



2A
TERRITOIRES

GRUPE ARTHUR HUNT

Septembre 2021

Table des matières

1. L'hydrogène et ses enjeux 3

- 1.1. Stratégie française pour la filière Hydrogène 9
- 1.2. Principaux marchés et usages 12
- 1.3. Impacts sur l'emploi et les compétences 17

2. Hydrogène et Territoires 19

- 2.1. Auvergne Rhône Alpes 19
- 2.2. Bourgogne Franche Comté 22
- 2.3. Normandie 25
- 2.4. PACA Provence Alpes Côte D'azur 28
- 2.5. Focus Allemagne 30

3. Formations – Compétences 32

- 3.1. Auvergne-Rhône-Alpes 32
- 3.2. Bourgogne Franche Comté 39
- 3.3. Normandie 41
- 3.4. PACA Provence Alpes Côte D'Azur 43
- 3.5. Formations professionnelles en France 44
- 3.6. Formations professionnelles en Europe 46

4. Principales observations de l'enquête ... 47

- 4.1. Identités des répondants à l'enquête 47
- 4.2. Enjeux relatifs à l'emploi 50
- 4.3. Enjeux relatifs aux compétences 56
- 4.4. Enjeux relatifs à la formation 57

5. Retours qualitatifs 58

6. Ouvertures 60

1

L'hydrogène et ses enjeux

L'hydrogène H est l'élément chimique le plus abondant de l'Univers (75 % de la masse). Il s'agit du principal composant des étoiles et des planètes gazeuses.

L'hydrogène ne se trouve pas à l'état pur sur terre, il est combiné avec d'autres atomes tels que l'oxygène dans l'eau (H₂O) ou le carbone dans les hydrocarbures (CH₄, C₂H₆, ...).

Un procédé est donc nécessaire pour séparer l'hydrogène des autres composants chimiques. Il devient alors l'élément le plus léger de tous les éléments et de tous les gaz ; 14 fois plus léger que l'air.

L'hydrogène est également invisible, inodore et non toxique, il ne provoque pas de pluies acides, n'appauvrit pas la couche d'ozone et ne génère pas d'émissions dangereuses.

Sa combustion génère une forte quantité d'énergie et permet de produire chaleur ou électricité.

Il s'agit d'une technologie prometteuse suscitant des recherches importantes de par le monde au regard des solutions qu'elle offre pour la transition écologique des énergies.

Parmi les **avantages** liés à son utilisation, nous pouvons citer :

- la possibilité d'être produit à base **d'énergies vertes et renouvelables** (éolien, solaire, hydraulique...) minimisant les émissions de gaz à effet de serre et favorisant la valorisation de boucles locales. H₂ peut aussi être produit à partir de nucléaire qui est une énergie bas carbone (donc minimise les émissions de GES)
- le **stockage** sous différentes formes avant d'être converti en électricité ou chaleur,
- une **combustion totalement décarbonée** (ne rejette que de l'eau !) ce qui en fait une alternative aux énergies carbone/fossiles émettrices de CO₂.

Pour autant, l'hydrogène se heurte encore à certains **verrous** :

- La production d'hydrogène **nécessite beaucoup d'énergie, actuellement carbonée** (95 %). Les rendements des énergies renouvelables étant pour l'instant insuffisants ou intermittents, d'où le recours en France au nucléaire.
- L'hydrogène est un gaz inflammable et nécessite des **précautions lors de son stockage et de son utilisation**. Son stockage en grande quantité, sous forme solide ou liquide, est également difficile (faible densité et quantité d'énergie nécessaire à sa compression).
- Le **coût du procédé de production décarboné est élevé** et les **investissements pour les infrastructures** importants.

Il existe actuellement 3 procédés de séparation/production :



Reformage à la vapeur en tant que méthode la plus usuelle : il s'agit de faire réagir du méthane (gaz naturel) ou du biométhane (fermentation de la biomasse - décharges) avec de l'eau (vapeur haute température 840 à 950°). Le CO₂ émis par ce procédé peut être capté et stocké pour produire un hydrogène décarboné.



Gazéification : Il s'agit de la conversion de matériaux organiques (cultures, déjections animales...) grâce à un passage en haute température pour séparer l'hydrogène.



Électrolyse : Un électrolyseur sépare H₂ et O₂ par un courant électrique. L'électrolyse alcaline produit de l'hydrogène à un coût environ quatre fois plus élevé que celui du vaporeformage (de l'ordre de 6€/kg) – L'électrolyse à haute température semble une voie prometteuse pour abaisser ces coûts dans le futur.

L'un des enjeux majeurs pour la filière consiste à **produire l'hydrogène de façon décarbonée** (sans émission de CO₂), tout en rendant ces procédés compétitifs.

Deux axes de travail sont identifiés :



Hydrogène bas carbone

Produit à partir de sources d'énergies non renouvelables mais rejetant peu de CO₂, comme l'électrolyse alimentée par le mix électrique français majoritairement nucléaire.



Hydrogène renouvelable

Produit par électrolyse d'électricité renouvelable (solaire, éolien, hydraulique, biomasse) et par gazéification ou thermolyse de biomasse

L'énergie utilisée en amont de ces processus définit le type d'hydrogène :

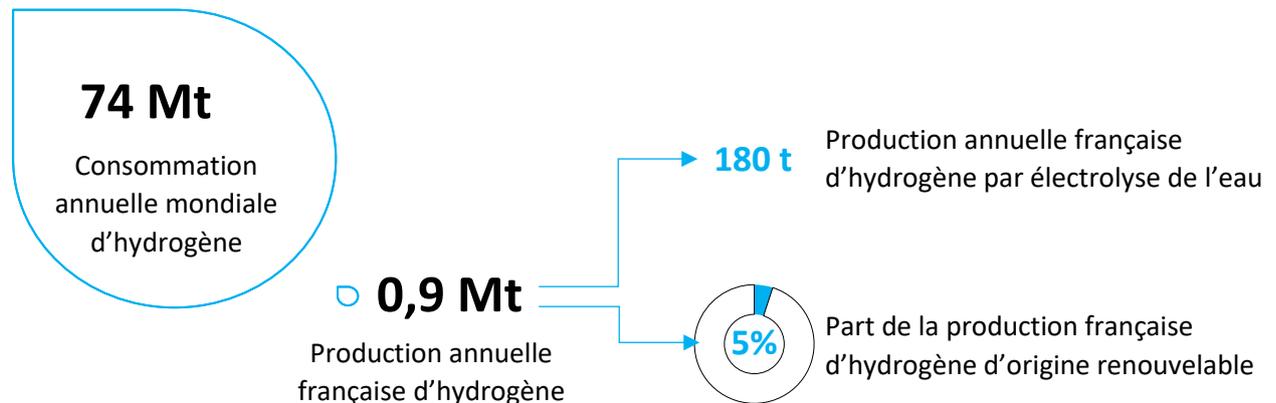
Source France Hydrogène : Respectant un principe de neutralité technologique, les catégories proposées mettent en avant la source d'énergie primaire utilisée ou les émissions de gaz à effet de serre associées. La typologie inclut trois catégories :

- **L'hydrogène renouvelable**, produit à partir de sources d'énergies renouvelables et dont le procédé de production respecte un seuil d'émission d'équivalents de CO₂ émis par kilogramme d'hydrogène produit. Cette catégorie inclut aussi bien l'électrolyse utilisant de l'électricité renouvelable (solaire, éolien, hydraulique), que tout autre procédé de production recourant à des énergies renouvelables et « n'entrant pas en conflit avec d'autres usages permettant leur valorisation directe » (pyrogazéification ou thermolyse de la biomasse, vaporeformage de biogaz).
- **L'hydrogène bas-carbone**, produit à partir de sources d'énergies non renouvelables et respectant le même seuil de kgCO₂eq/kgH₂. L'électrolyse alimentée par de l'électricité du mix électrique français serait qualifiée, ainsi que les procédés associant des techniques de captage, séquestration ou utilisation du carbone (CSUC) pouvant réduire considérablement les émissions de CO₂ en sortie d'usine.
- **L'hydrogène carboné**, désigne un hydrogène ni renouvelable ni bas-carbone. Sont regroupées ici les productions par des énergies fossiles, telles que l'hydrogène produit par vaporeformage de gaz naturel (environ 11 kgCO₂/kgH₂), par gazéification du charbon (20 kgCO₂/kgH₂) ou encore par électrolyse alimentée par des mix électriques carbonés. Mais aussi potentiellement des productions à partir d'énergies renouvelables qui ne qualifieraient pas au seuil d'émission. Cela pourrait concerner par exemple de l'hydrogène produit à partir de biomasse ou de biogaz, selon la nature des intrants utilisés et l'empreinte carbone associée, ou encore en fonction des fuites de méthane prises en compte en amont.

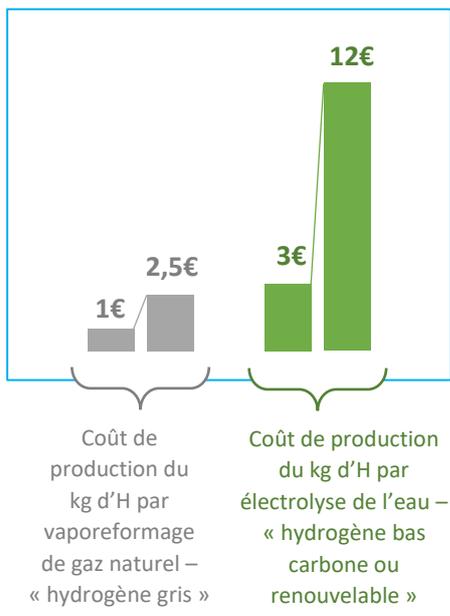
L'électrolyse, qui représente une voie vertueuse de production d'hydrogène, devra pour décarboner significativement les raffineries ou les autres usages de l'hydrogène passer par des améliorations telles que :

- **l'augmentation de la puissance des électrolyseurs** (haute pression ou température)
- **la réduction de taille des équipements** (pour une meilleure intégration foncière)
- **le développement des technologies à membrane** (eu égard aux variations de puissance des énergies renouvelables)

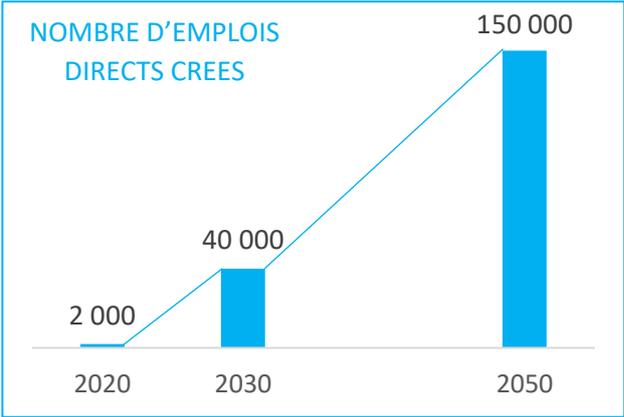
Quelques chiffres de l'hydrogène en France et dans le monde



Objectif d'ici 2030
Installer 6,5 GW électrolyseur pour production 780000 tonnes H2 vert



La France recenserait **350** chercheurs et ingénieurs spécialistes dans l'hydrogène



- 2 appels à projets (AAP) de l'ADEME dès 2020 :
- **Hubs territoriaux d'hydrogène** : 275 M€ d'ici 2023
 - **Briques technologiques et démonstrateurs** : 350 M€ d'ici 2023

L'HYDROGÈNE

en 10 points

1

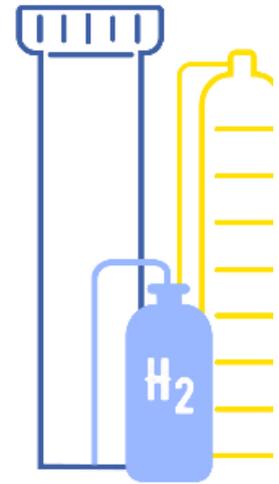
L'HYDROGÈNE : QU'EST-CE QUE C'EST ?

L'hydrogène est un gaz inodore et incolore. De tous les éléments chimiques, c'est le plus léger. Il a été présent dès les premiers instants de l'Univers, où on le trouve encore en abondance. Sur Terre, il est rarement présent à l'état pur, mais il entre dans la composition de l'eau et des hydrocarbures.

2

QUELS USAGES ?

L'hydrogène est aujourd'hui principalement utilisé dans la production d'ammoniac (pour les engrais), de méthanol, de carburant et pour le raffinage de produits pétroliers. Le marché mondial de l'hydrogène industriel s'élève à 70 millions de tonnes par an et le marché français à près de 1 million de tonnes.



3

UN FORT POTENTIEL

L'hydrogène, qui renferme trois fois plus d'énergie que l'essence, est considéré par certains comme le « carburant du futur ». L'hydrogène est utilisable comme « vecteur d'énergie » pour les transports lourds, les usages industriels et à moyen terme le stockage d'énergie. Utilisé avec une pile à combustible pour produire de l'électricité.

4

STOCKAGE DES ENR

L'hydrogène est, avec les batteries, un moyen de stockage des énergies renouvelables électriques intermittentes prometteur. Il permettra de stocker l'électricité produite par l'éolien ou le solaire de manière à faire coïncider l'offre et la demande. Et ouvrira de nouvelles perspectives pour l'autoconsommation des ENR.

5

COMMENT LE PRODUIT-ON ?

Pour produire de l'hydrogène, il faut un composant contenant de l'hydrogène (gaz naturel, pétrole, charbon, eau) et une source d'énergie (hydrocarbures ou électricité). Aujourd'hui, les méthodes utilisées émettent du CO₂. Mais demain, l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité décarbonée ou renouvelable permettra de produire un hydrogène « décarboné », car ni sa production ni son utilisation n'émettent de CO₂.



6

QUELS RISQUES ?

Un cadre spécifique pour les stations-service distribuant de l'hydrogène a été mis en oeuvre en 2018 pour clarifier les réglementations relatives à la sécurité et à la prévention des risques : l'hydrogène est inflammable mais le retour d'expérience permet désormais d'avoir des normes adaptées. Les travaux sur la réglementation se poursuivent pour accompagner la montée en puissance de cette filière.

7 VERS UNE PRODUCTION H₂ DÉCARBONÉ ET RENOUEVABLE

L'hydrogène est aujourd'hui largement produit à partir d'énergies fossiles via des procédés fortement émetteurs de gaz à effet de serre. À contrario, le développement à un coût abordable de l'hydrogène produit par électrolyse permettra à court terme de :

- rendre la **décarbonation économiquement intéressante** pour les industries fortement émettrices de CO₂ (verrière, sidérurgie, ciment) ;
- **accélérer la décarbonation des transports.**



8 UNE STRATÉGIE NATIONALE

Présentée le 8 septembre 2020, la Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France prévoit 7 milliards d'euros de soutien public d'ici 2030. Son objectif est de conjuguer le développement technologique et la transition écologique. Les trois axes prioritaires d'investissement sont :

- la **décarbonation de l'industrie**, pour contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 ;
- le **développement des mobilités lourdes à l'hydrogène** ;
- le **soutien d'une recherche d'excellence et le développement des offres de formation**. L'enjeu de cette stratégie est de favoriser un passage rapide à l'échelle industrielle pour permettre une baisse significative des coûts de production.

9 PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE DES ZONES NON INTERCONNECTÉES

Le Gouvernement souhaite donner un signal fort en faveur de l'hydrogène en proposant des objectifs liés à l'hydrogène dans les prochaines programmation pluri-annuelle de l'énergie (PPE) de certaines zones non interconnectées où le stockage doit d'ores et déjà être développé sur le réseau.

10 HORIZON 2030

En France, à l'horizon 2030, l'hydrogène produit par électrolyse permettrait d'économiser plus de 6 Mt de CO₂, soit l'équivalent des émissions de CO₂ de la ville de Paris. L'hydrogène et les piles à combustibles vont permettre de créer une filière industrielle qui pourrait générer entre 50 000 et 150 000 emplois directs et indirects en France.


**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



EN SAVOIR + :
<https://www.ecologie.gouv.fr>

1.1) Stratégie française pour la filière Hydrogène

L'utilisation d'énergie « propre » ou « bas carbone » est un enjeu fort pour la filière. Dans un contexte global de transition énergétique, **la France a pour objectif de réduire de 81 % les émissions carbone d'ici 2050. L'hydrogène est ainsi un vecteur écologique important pouvant largement contribuer à cette mutation.** Ses champs d'utilisation sont variés et se retrouvent principalement dans les domaines suivants :

- **Dans l'industrie chimique** pour la production d'ammoniac et dans **l'industrie pétrolière** pour le raffinage et la désulfuration du pétrole
- Dans **l'industrie alimentaire, l'électronique, la métallurgie et l'industrie spatiale**
- Dans **les transports et la mobilité lourde**
- Pour le **stockage de l'énergie et de l'électricité**

Dans le cadre du plan de relance, le gouvernement français a déjà alloué une enveloppe de 2 Md€ pour le développement de l'hydrogène décarboné. Depuis septembre 2020, la stratégie nationale adoptée par le gouvernement est dotée d'un soutien public qui atteindra les 9,1 Md€ d'ici 2030.

Ainsi, la stratégie française s'articule autour de 3 grands axes :

- **La décarbonisation de l'industrie** : notamment via le développement de la filière française de l'électrolyse de l'eau.
- **Le développement de la mobilité lourde à hydrogène décarbonée** : Les véhicules électriques connaissent une progression forte (offre, réglementation, autonomie ...). Pour autant, la mobilité légère à hydrogène est pour l'instant réservée aux flottes (taxis, ...). Seule la mobilité lourde (trains, camions, bus, services ...) semble être la voie de développement actuellement.
- **Le soutien à la R&D et le développement des compétences** : Les gains de performance et de rendement visés nécessitent la mobilisation de compétences dans de nombreux domaines de la chaîne de valeur, de l'amont (extraction) à l'aval (utilisation), mais aussi dans la transformation et le stockage, la R&D et la maintenance. De nombreux métiers vont être sollicités et le verdissement de la filière est une source d'attractivité pour les plus jeunes publics. Le gouvernement français soutient ces recherches financièrement et participe au développement des compétences via la formation.

Les atouts français :

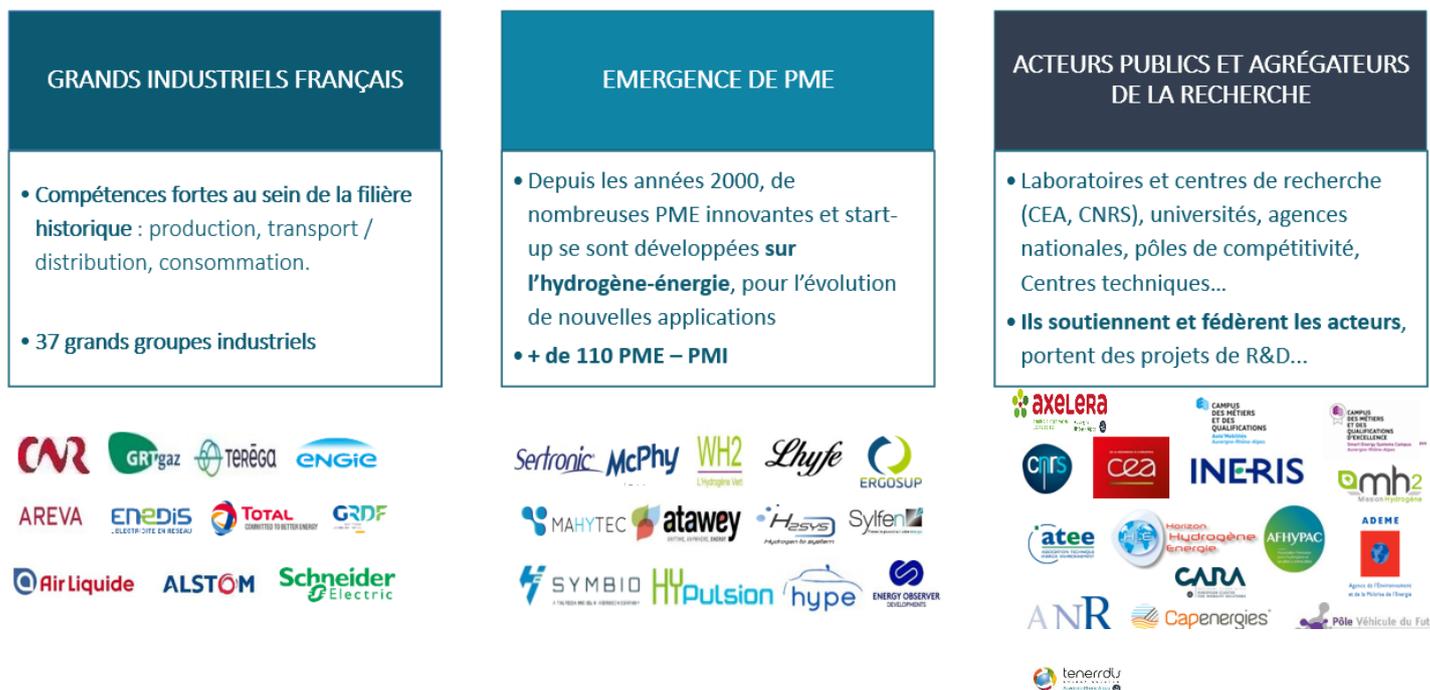
Au niveau industriel et compte tenu du soutien public, la filière française possède des atouts certains. L'expertise et les compétences sont ainsi déjà présentes chez des leaders historiques souvent implantés mondialement (Air Liquide, Engie, EDF, Total ...), mais aussi par le regroupement des utilisateurs potentiels via des entreprises dédiées (fabricants de la filière automobile ou ferroviaire par exemple). Plus de 37 industriels majeurs sont ainsi déjà impliqués.

Plus de 110 PME/PMI et encore de nombreuses start-ups innovantes se sont développées sur l'hydrogène-énergie et le développement de nouvelles applications et activités connexes. Il faut également prendre en compte les années d'expériences et d'expertise de la France sur le nucléaire, l'hydraulique et d'autres énergies renouvelables.

Ainsi la France dispose d'une filière complète sur des segments porteurs (Source France Hydrogène) :

- Fabrication, matériaux et composants stratégiques pour les piles à combustible et réservoirs,
- Fabrication et exploitation d'équipements de production d'hydrogène, dont les électrolyseurs,
- Fabrication et exploitation d'équipements spécialisés pour le transport et la distribution d'hydrogène : compresseurs, réservoirs, camions de transport d'hydrogène, tubes et unités de liquéfaction, stations. La liquéfaction d'hydrogène reste un levier pour le conditionnement et le transport.

UN ÉCOSYSTÈME NATIONAL QUI COUVRE L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR ET REGROUPE PLUS DE 320 ACTEURS

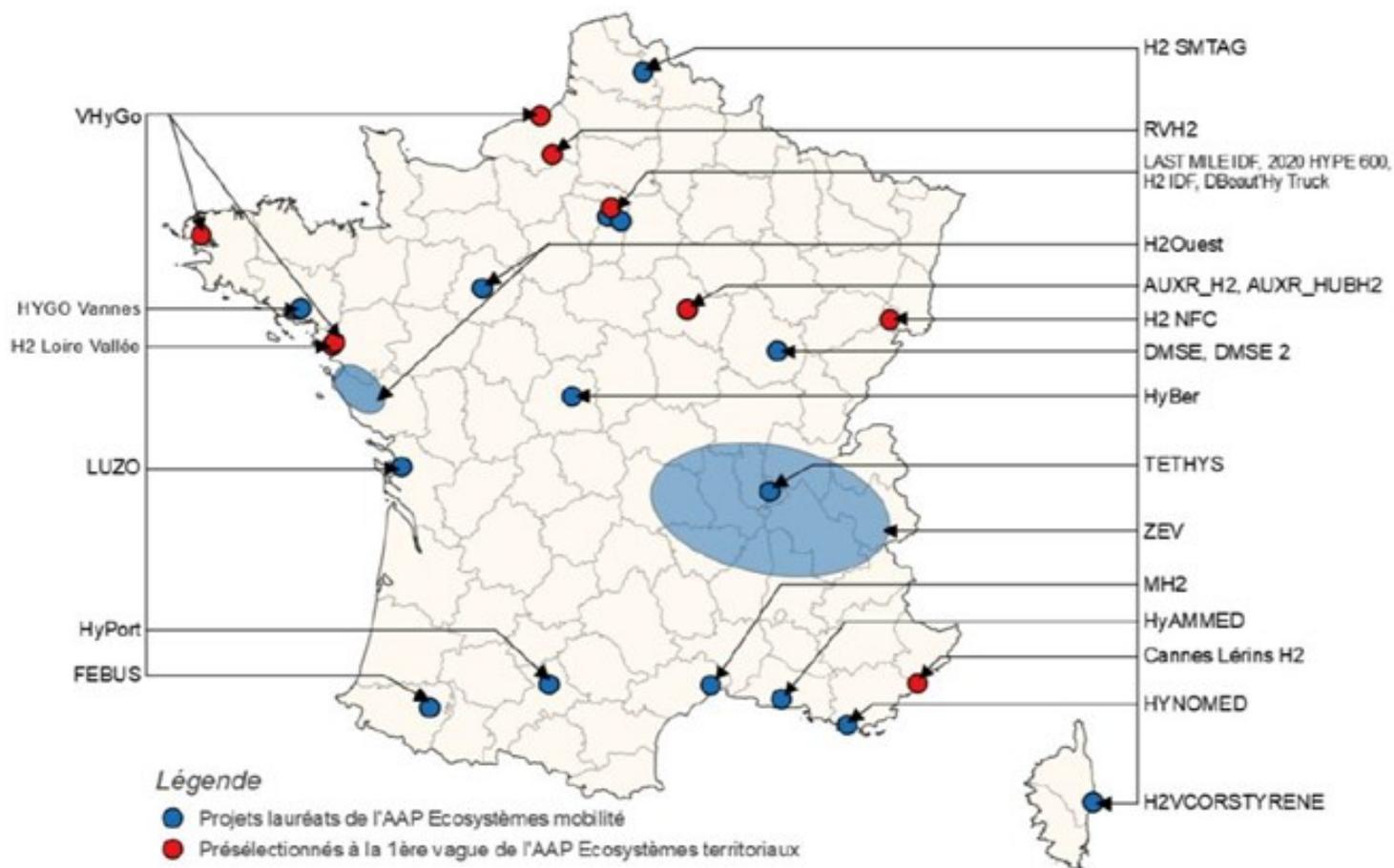


L'ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie - a proposé aux régions de s'associer à la dynamique de déploiement d'écosystèmes sur leur territoire. Ainsi, plus de **11 Conseils Régionaux** (Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne Franche Comté, Bretagne, Centre Val de Loire, Corse, Grand Est, Hauts de France, Normandie, Nouvelle Aquitaine, Occitanie, Pays de la Loire, PACA) **et la Collectivité de Corse** ont répondu favorablement à ce partenariat, par lequel l'ADEME et les partenaires s'engagent à favoriser le cofinancement des projets qui seraient conjointement jugés pertinents. *(Source ADEME presse)*

19 écosystèmes ont ainsi été soutenus par l'ADEME pour un montant de subvention de 98 M€ et cette première génération représente déjà :

- 57 stations-service, dont certaines d'ores et déjà en fonctionnement ;
- Une production totale d'hydrogène par électrolyse, dans les territoires, de 21,6 MW, soit 3 100 tonnes d'H2/an ;
- L'alimentation de plus de 2 300 véhicules utilitaires légers et 160 véhicules lourds fonctionnant à l'hydrogène, qui vont se déployer progressivement ;
- Une utilisation quasi exclusive d'électricité renouvelable pour alimenter les électrolyseurs, à partir du réseau ou via des contrats d'approvisionnement directs.

Répartition des 19 écosystèmes en déploiement, auxquels pourront venir s'ajouter les 7 projets présélectionnés à la récente clôture du nouvel appel à projets de l'ADEME



1.2) Principaux marchés et usages

L'hydrogène est aujourd'hui presque exclusivement utilisé pour des usages industriels dans la chimie et le raffinage.

74 millions de tonnes d'hydrogène sont produites par an dans le monde, 900 000 tonnes en France.

80 % de la production d'hydrogène alimente aujourd'hui **la fabrication d'ammoniac** (pour la fabrication des engrais), **le raffinage des produits pétroliers** (pour désulfurer les carburants), **puis d'autres usages de l'industrie comme des produits chimiques, l'industrie des plastiques, l'industrie du verre ou encore certains circuits imprimés.**

L'avenir devrait lui faire jouer un rôle majeur en tant que vecteur d'énergie dans le domaine des transports, des filières gaz, la production d'électricité et de chaleur.

Parmi ses utilisations :

- **Stockage d'énergie (renouvelable)**

Les énergies solaire et éolienne connaissent un réel essor et une acceptation sociétale dans le cadre de la transition énergétique. Leur efficacité étant moindre ou intermittente, la conversion en hydrogène permet le stockage, puis une reconversion en électricité via une PAC (pile à combustible). **Toute une chaîne pour produire, stocker, diffuser l'énergie au plus près des sites peut voir le jour avec ce lissage de production.**

- **Production d'électricité**

L'hydrogène, en alimentant une pile à combustible, rejette de la chaleur et de l'eau. Ces PAC, selon leurs tailles, peuvent être développées pour des unités industrielles, des véhicules, les objets du quotidien, les maisons ou bâtiments. **La décentralisation de ces installations peut présenter des avantages en termes de « tampons » d'électricité par rapport à un réseau général.**

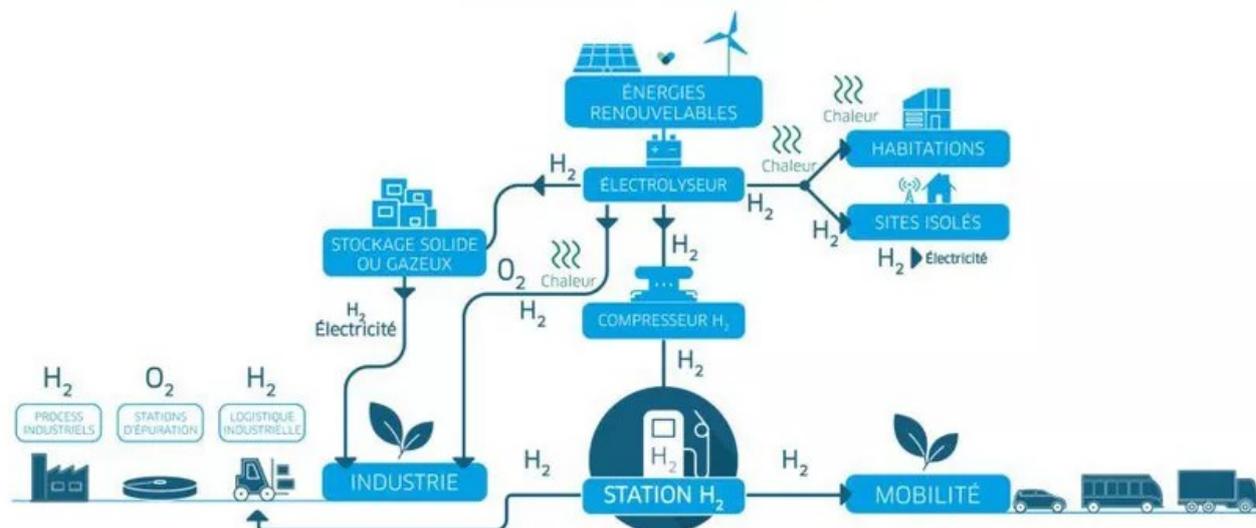
- **« Power to Gas »**

Combiner une part d'hydrogène dans les réseaux de gaz naturel pour alimenter l'habitat ou l'industrie, ou encore des transports en commun, est également une voie de développement certaine.

- **La Méthanation**

L'hydrogène (vert ou issu du nucléaire) combiné à du CO₂ permet de créer du méthane (gaz naturel) et de réduire les émissions de CO₂. Par d'autres combinaisons, il devient carburant.

LE PARCOURS ET LES USAGES DE L'HYDROGÈNE (H₂)



Source : Engie

DECARBONER LES TRANSPORTS

Le transport est l'un des principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre. L'hydrogène, par combustion directe ou via la pile à combustible, permet de réduire considérablement les émissions, notamment pour les bus, les poids lourds, les transports fluviaux et maritimes, et de manière plus incertaine, l'aérien. D'un point de vue technologique, les piles à combustible ont un pouvoir de stockage de l'électricité supérieur que les batteries lithium et avancent des atouts pour l'électrification verte et la transition énergétique.

- ➔ **Ferroviaire** (de proximité) : Si l'Allemagne annonce pour 2023 la mise en service d'un train à hydrogène, la France ne sera pas en reste puisque les régions ont lancé le projet TER H2 qui vise à mettre en place la toute première flotte de trains hydrogène (12 TER à hydrogène commandés par la SNCF).
- ➔ **L'avion à hydrogène** doit répondre à des normes de sécurité, de légèreté, d'autonomie qui entraînent des temps de développement plus longs entre les versions R&D et leur validation et généralisation. Ce marché s'inscrit à plus long terme et, pour l'instant, sur des typologies particulières de vols.
- ➔ **Le transport maritime (ou fluvial)**, en hausse constante et à fort impact polluant, met en place les solutions d'électrification des paquebots à quai (Cold Ironing ou Alternative Maritime Power), le carburant GNL, l'extension des zones d'émission contrôlée de soufre (ECA), l'utilisation d'épurateurs, l'application d'un bonus/malus d'incitation à de meilleures pratiques,

l'interdiction des motorisations utilisant du fioul sur certaines zones ... L' utilisation de l'hydrogène pour les géants des mers (cargos, tankers, porte-containers, navires de croisières...) suscite de l'espoir. Marché plus petit mais peut être plus accessible, le fluvial pourrait aussi profiter de cette technologie.

➔ **La filière automobile française** représente aujourd'hui 800 000 emplois et 21 métiers répartis de l'amont de la chaîne (constructeurs, équipementiers, sous-traitants, ...) jusqu'à l'aval (maintenance, recyclage, services associés...). Comme dans de nombreux pays, la fin programmée des ventes de véhicules neufs à énergie fossile va accélérer le développement des véhicules électriques, à batteries ou à piles à combustible, avec des modifications de compétences et d'emplois liés :

- Aux motorisations essence et diesel : ingénierie, conception, production, assemblage.
- À la maintenance et la réparation / recyclage des moteurs électriques, batteries, PAC.
- À la distribution d'énergie : repositionnement des stations-service.

Il est souvent évoqué à 40 % de moins nombre de salariés impliqués dans une voiture électrique versus une voiture thermique.

Les atouts de l'hydrogène pour la voiture, pour autant que des modèles soient commercialisés avec des prix abordables et puissent bénéficier d'un réseau de distribution suffisamment étoffé, sont : la garantie d'émissions CO2 nulles (sous réserve de l'origine de la production de l'hydrogène dans l'état actuel), ainsi qu'une grande autonomie et une rapidité de ravitaillement.

Les inconvénients du poids et du recyclage des batteries, d'une autonomie plus limitée et de temps de charge plus longs sont écartés dans le cas de l'hydrogène. En revanche, le marché est difficile à évaluer pour l'instant entre les acteurs majeurs (VW et Tesla poursuivant une stratégie « tout électrique ») et des intervenants, notamment asiatiques, qui continuent à miser sur l'hydrogène avec des modèles déjà commercialisés.

Pour ce qui est des voitures particulières, d'après les chiffres de la PFA (filiale automobile et mobilités), **le scénario le plus optimiste pour les années 2040 limite la place de l'hydrogène à 6 % de part de marché en Europe. Les pronostics sont malgré tout plus favorables à ce jour pour ce qui concerne les transports lourds, les utilitaires, les transports en commun, les flottes, les trains et bateaux.**

Sur l'utilisation prometteuse de l'hydrogène et selon les Echos : *Grenoble Ecole de Management a interrogé 144 experts (spécialistes de l'énergie, industriels, ...) pour l'édition 2021 de son Baromètre de l'énergie. Parmi les principaux enseignements de cette étude : la priorité donnée est à la mobilité lourde et aux usages industriels. Outre les trains, d'autres projets concernent les transports en commun comme : la mise en circulation de 11 bus à hydrogène à Rouen en 2022, la mobilité légère avec le projet de développement des 600 taxis de Hype, le projet Zéro Emission Valley en Auvergne-Rhône-Alpes (stations d'approvisionnement). Les experts sont ainsi 60 % à considérer comme prioritaire le développement de l'usage de la mobilité lourde. En comparaison, le transport de passagers récolte 40 % des suffrages. Ils sont seulement 10 % à miser sur les véhicules légers et moins de 30 % à citer le ferroviaire comme débouché possible pour l'hydrogène. La priorité donnée au transport routier lourd*

s'explique par l'autonomie que confère cette technologie par rapport aux batteries ; Les coûts et les normes de sécurité étant pour l'instant encore les facteurs pénalisants.

IMPACT ET ENJEUX POUR LE RAFFINAGE

L'industrie du raffinage représente aujourd'hui 37 000 emplois directs et indirects en France. Les raffineries produisent à partir de pétroles bruts une diversité de produits (essence, diesel, kérosène, naphta...). Si certaines unités de traitement produisent de l'hydrogène, elles en consomment notamment pour la désulfuration. Or, la tendance va vers des normes de plus en plus sévères pour les carburants et l'utilisation de l'hydrogène gris pénalise ce bilan global. A noter que à elles seules, les raffineries consomment plus de 60 % de ce volume.

A titre d'exemple sur les transformations en cours (Source H2 mobile) : *Shell s'est fixé pour objectif de devenir une entreprise énergétique à émissions nettes nulles d'ici 2050. Dans le cadre de sa stratégie Powering Progress, le groupe prévoit de transformer radicalement ses raffineries et de réduire sa production de carburants traditionnels de 55 % d'ici 2030. Premier du genre, l'électrolyseur de Rheinland (Cologne) utilisera de l'électricité renouvelable pour fabriquer jusqu'à 1 300 tonnes d'hydrogène vert par an qui seront utilisées dans un premier temps pour produire des carburants pétroliers avec une meilleur empreinte carbone.*

IMPACT ET ENJEUX POUR LES INDUSTRIES PRODUCTRICES OU UTILISATRICES

L'hydrogène est utilisé dans le secteur industriel (power-to-industry) pour alimenter en énergie les unités industrielles et/ou pour contribuer à la décarbonation des procédés industriels. Ceci induit le fait que l'origine de l'hydrogène soit la plus verte possible.

Les plus gros consommateurs d'hydrogène industriel le sont directement sur site (chimie, raffineries...). Pour les usages moins importants (agroalimentaire, électronique ...), l'hydrogène est transporté par route avec un coût non négligeable. Une production locale via des électrolyseurs plus ou moins importants présente ainsi de nombreux avantages (proximité/écologie).

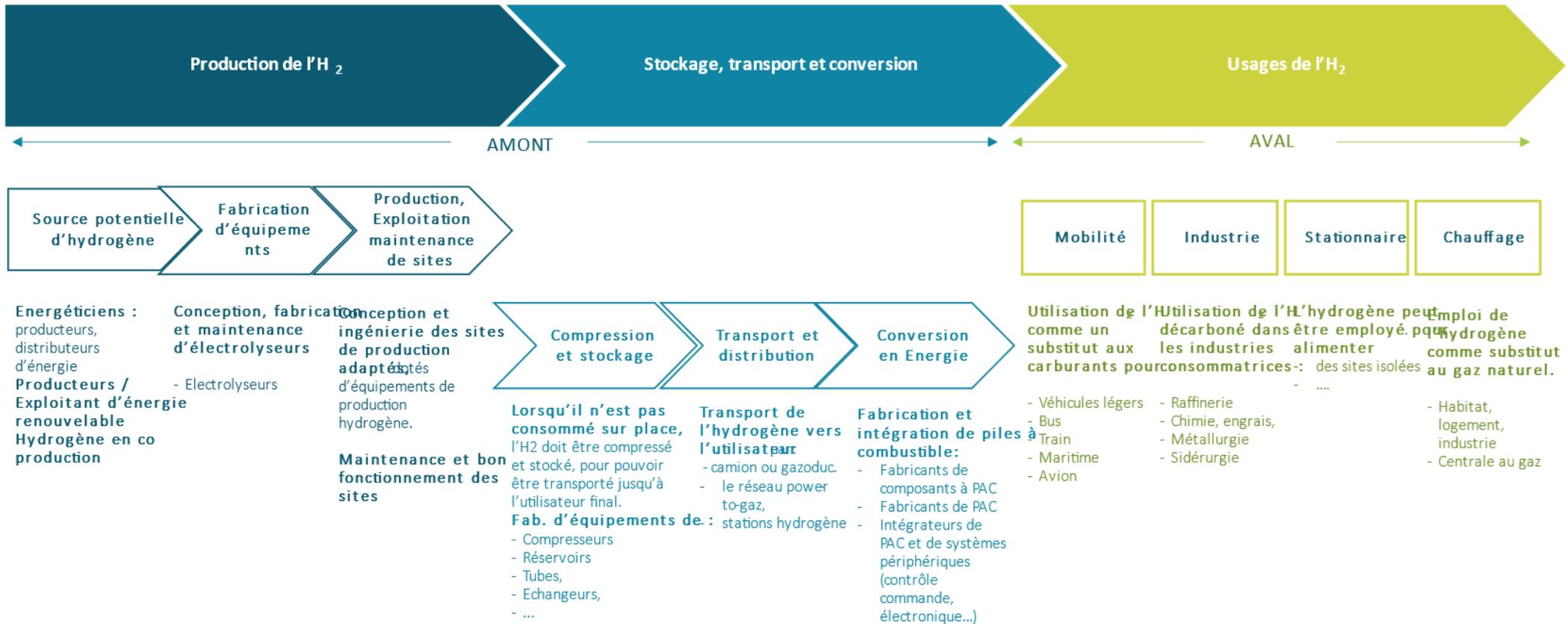
À court terme, et au regard de son poids actuel, le marché de l'hydrogène dans l'industrie est fondamental pour amorcer les usages. **3 axes peuvent être envisagés :**

- **« Verdir » les usages industriels** (raffineries, industries chimiques / production d'ammoniac, sidérurgie ...)
- **Mettre à disposition** (pour la mobilité notamment) **l'hydrogène produit** par certains industriels dans le cadre de leur métier (hydrogène fatal ou surproduction)
- **Favoriser l'utilisation industrielle de l'hydrogène pour traiter des émissions de CO2** ; Combiné à l'hydrogène, le dioxyde de carbone génère du méthane qui peut être utilisé pour de la mobilité lourde de l'industriel lui-même ou réinjecté dans le réseau (stations ...)

La chaîne de valeur de l'hydrogène



SOURCE France HYDROGENE

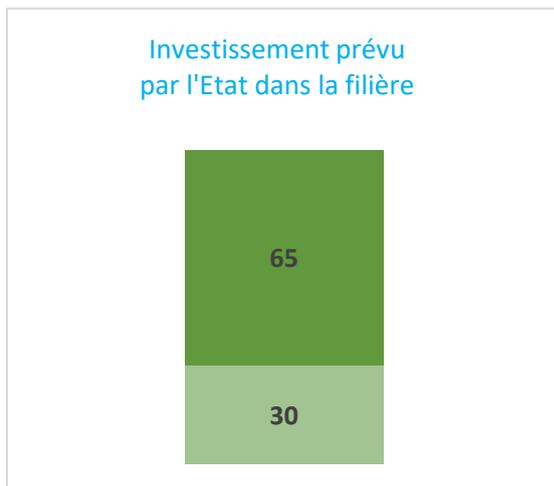


1.3) Impacts sur l'emploi et les compétences

Aujourd'hui, la France représente 1,2% de la consommation mondiale d'hydrogène, soit 0,9 million de tonnes. En comparaison, les USA ou la Chine en produisent près de 11 millions de tonnes. Seuls 5 % de la production française d'hydrogène sont issus d'énergies renouvelables, soit 450 000 tonnes. Selon l'Afypac : **L'hydrogène décarboné et les piles à combustible permettraient de créer une industrie à part entière qui, en 2030, représenterait un chiffre d'affaires d'environ 8,5 Md€, pour plus de 40 000 emplois, et compenserait les éventuelles pertes d'emplois qui pèsent aujourd'hui sur le secteur de l'automobile. En 2050, ce chiffre pourrait atteindre 40 milliards d'euros et plus de 150 000 emplois.**

Parmi les 2 000 emplois directement liés à l'hydrogène (chiffre délicat à estimer car les professionnels sont parfois attachés à plusieurs activités), **on recense 350 chercheurs et ingénieurs spécialisés. Depuis 2014, 290 docteurs ont été formés.**

Les domaines d'activité sont variés : Le développement de l'activité de l'hydrogène va entraîner des montées en compétences et des nouveaux besoins, notamment dans les secteurs comme l'énergie, la chimie, l'aéronautique, l'automobile, etc.



L'Etat va investir dans un premier temps 30 M€ pour développer sur des sites communs, des « campus des métiers et des qualifications », des formations spécialisées (lycées, IUT, universités, grandes écoles...). S'y ajoute un plan de 65 M€ pour soutenir la recherche sur l'hydrogène et ses applications.

La chaîne de valeur de la filière hydrogène est large (production/stockage/transport/conversion/usage), les déclinaisons de fonctions également (R&D, conception, fabrication, commercialisation, réalisation, installation, maintenance).

Les compétences vont donc s'étendre des **opérateurs, des techniciens, aux ingénieurs et doctorants chercheurs**. En effet, il s'agit d'une filière en devenir au sein de laquelle les brevets, ou encore certaines « technologies propriétaires », peuvent voir le jour avec des champs d'optimisation multiples pour parvenir à une compétitivité économique.

Pour autant, **les métiers de base sont connus et reposent sur les spécialités déjà répandues**, notamment dans la filière énergie/chimie mais aussi le BTP, l'industrie (génie des procédés chimiques, biologie, électricité, électronique, thermique/acoustique, fluide et réseaux, pression des gaz, dessin/projection, génie civil, mécanique, programmation et automatismes, QHSE, management/pilotage et gestion de projets, commerce/achats/vente).

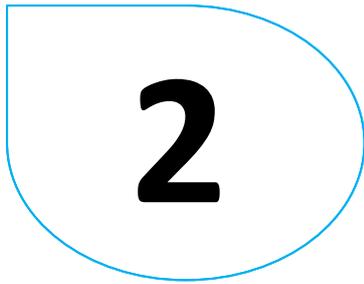
Si la demande de ressources sera progressive, l'emploi et la formation demeurent un enjeu structurel car nombre de ces métiers sont déjà « en tension ». De même, le niveau d'exigence ira croissant en termes de compétences.

Aujourd'hui, on relève plutôt une mutation des métiers existants avec l'intégration de **connaissances** (plus ou moins graduelle et en « profondeur », par formation interne ou externe), sur **les spécificités de l'hydrogène, l'électrolyse, la sécurité, le transport, le stockage, la distribution. On parle souvent de « coloration hydrogène ».**

Pour autant, et au regard de la dimension étendue de la chaîne de valeur, **c'est la connaissance de l'écosystème et une maîtrise des différentes technologies (ou métiers) qui font la différence pour une meilleure intégration et performance des candidats en entreprise. Il s'agit en effet d'une filière qui combinera des usages pour s'imposer progressivement avec d'autres énergies.** La maîtrise de la complexité des infrastructure réseaux et l'optimisation de la gestion de l'énergie à distribuer est fondamentale (cette remarque s'impose principalement au niveau ingénieur).

Si des modules de sensibilisation « Hydrogène » sont réalisés (de façon variable et avec des niveaux disparates), **il existe peu de formations initiales spécifiques. Les étudiants et futurs professionnels sont acculturés par les entreprises elles-mêmes. Dès lors, il est difficile de mesurer un « socle » de compétences et de pouvoir « calibrer » les candidats.**

Le plan Hydrogène souligne la nécessité de renforcer la formation et de se préparer à ces futures demandes. Le facteur « énergies vertes » est sans doute à mettre en avant pour attirer les plus jeunes populations, particulièrement sensibles aux valeurs environnementales.



Hydrogène et Territoires

2.1) Auvergne Rhône Alpes

Auvergne-Rhône-Alpes représente la première région industrielle en France avec plus de 505 000 emplois. Son poids économique la place au niveau de pays comme la Finlande (13ème rang des pays de l'UE) et son un PIB de 270 Md€ la situe au cinquième rang des régions de l'Union européenne.

De même, il s'agit de la seconde région la plus innovante de France avec 7 Md€ de dépenses en R&D (2,7 % du PIB régional) et de la deuxième région française pour l'enseignement supérieur avec 347 676 étudiants dont 24 569 ingénieurs (soit 15 % des élèves ingénieurs en France, et 15 % des élèves en IUT et en écoles de commerce).

L'industrie régionale présente de nombreux points forts dans des activités à valeur ajoutée : machines et autres solutions pour l'Industrie du futur, numérique, composants électroniques, énergie, industries de santé, décolletage, plasturgie, chimie, métallurgie, textiles techniques, écotechnologies.

Le tissu industriel est favorable au développement de la filière hydrogène notamment par sa culture industrielle, sa localisation, les compétences métiers liées aux filières déjà présentes, le réseau de formation et de grandes écoles.

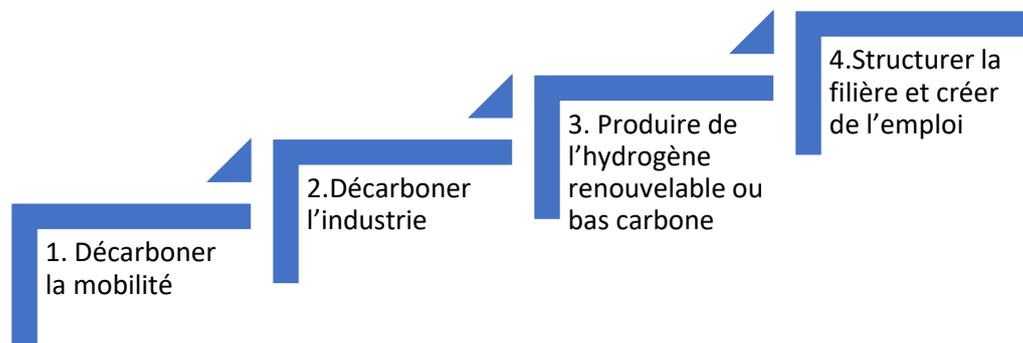
- 80% des entreprises de la filière hydrogène localisées en région Auvergne-Rhône-Alpes
- Une majorité des entreprises positionnées sur l'Hydrogène ou susceptibles de l'être, situées autour de la métropole de Grenoble, la métropole de Lyon et Chambéry
- 70 projets H2 labellisés par les pôles de compétitivité
- 26 laboratoires de recherche
- 63 entreprises membres du pôle et plus de 200 acteurs susceptibles d'intervenir sur le territoire

- 219 M€ de budget dans la R&D H2 dont 102 M€ de financement public
- Une volonté politique affirmée d'aller vers une dépollution de l'air et une transition écologique / énergétique

Par ailleurs, la région Auvergne-Rhône-Alpes est l'une des régions françaises les plus productrices d'énergie :

- Première région française en termes de production hydraulique soit près de 46 % du national.
- Un potentiel d'hydroélectricité qui représente près de 87% de la production électrique renouvelable du territoire et qui permet d'envisager le développement important de l'électrolyse.

La feuille de route régionale AURA Hydrogène :



PROJET AUVERGNE RHONE ALPES POUR LE DÉPLOIEMENT DE L'HYDROGÈNE

(Source INVEST IN) Un des projets mobilité zéro-émission les plus ambitieux d'Europe

70 M€

Budget sur 10 ans

dont 10,1 M€ provenant de la subvention européenne et 14,4 M€ par l'ADEME

Programme :

- ➔ **Partenariat entre secteur privé et public** : Le Projet Européen ZERO EMISSION VALLEY (ZEV) prévoit le déploiement de 20 stations à hydrogène, alimentées par 15 électrolyseurs et aussi une flotte de + 1 000 véhicules.

- ➔ **Tous les acteurs de la région rassemblés** : Sous forme de société d'économie mixte SEM, la région rassemble dans ZEV tous les acteurs de la filière hydrogène, des mobilités saines et du déploiement de flotte automobile : chercheurs, entreprises et collectivités seront réunis.

Pilotage :

- ➔ **Hympulsion** : Les différents acteurs du projet ZEV ont acté leur engagement financier au sein de la société Hympulsion, une joint-venture spécialement créée par Michelin et Engie, la Région Auvergne-Rhône-Alpes, la Banque des Territoires et le Crédit-Agricole.
- ➔ **Groupement Mat** : Hympulsion a chargé le groupement MAT, composé de 3 entreprises emblématique de l'hydrogène en région (McPHY, Ataway et TSM), de fournir 14 stations hydrogène dont plusieurs seront équipées d'électrolyseurs.

Acteurs industriels d'envergure positionnés sur l'hydrogène	Nombre important de PME innovantes positionnées sur les briques technologiques clés	Acteurs de R&D de haut niveau et visibles	Pôles et Clusters qui permettent de structurer la filière	Utilisateurs potentiels ou avérés de technologies hydrogène
MICHELIN, AIR LIQUIDE AVEC LE SITE DE SASSENAGE ET SA FILIALE AXANE, ENGIE, CNR, EDF, ALSTOM, IVECO, RENAULT TRUCKS, STORENGY...	MCPHY, SYMBIO, SAGIM, ERGOSUP, ATAWAY, AD VENTA, HRS...	LEPMI, CEA LITEN, CNRS, TECHNOPOLYS, INES, INSA...	TENERRDIS, CARA, AXELERA, LE CLUSTER MAD, SAVOIE TECHNOLAC...	Transporteurs grand public (Route/Train/Mobilités), Raffineries et Chimie, Entreprises de Logistiques et Transport de marchandises, ...

Réseau de sous-traitance local	Fournisseurs d'équipements périphériques	Bureau d'étude et ingénierie	Offre de formation importante de premier plan
Chaudronniers, métallurgistes, mécaniciens, usieurs, traitement de surface, plasturgistes, décolleteur, électriciens, automaticiens...	Détecteurs de fuites, des détendeurs, compresseurs de gaz, joints d'étanchéité, pompes, vannes, capteurs, échangeurs...	Energie, environnement, mécanique des fluides, process industriel, mécanique...	Plus de 15 sites universitaires liés à Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (ESRI) : électrochimie, électrotechnique, énergie, environnement, matériaux, mobilité et systèmes complexes...

2.2) Bourgogne Franche Comté

La région est considérée comme pionnière avec des premiers travaux sur les systèmes Pile à Combustible dès 1999 grâce aux acteurs de la fédération de recherche USR FC Lab, associés au CNRS. **La région est labellisée Territoire Hydrogène depuis 2016** avec le projet ENRgHy et prévoit d'investir 90 M€ d'ici 2030. <https://aer-bfc.com/la-bourgogne-franche-comte/filieres/hydrogene/>

Par son tissu industriel spécialisé dans la transformation des métaux et des matériaux, ainsi que l'expertise en traitement de surfaces, la région souhaite se positionner sur la fabrication complète des systèmes à hydrogène. La fabrication de tuyaux en métal, membranes polymères, valves, capteurs, le traitement de surface, les microtechniques, font d'elle un territoire d'avenir pour l'hydrogène et les PAC.

Aujourd'hui, la région met en avant : Une **recherche publique** au meilleur niveau international ; Des **centres de tests et d'essais** (piles et réservoirs) ; Des **industriels appliqués** ; Des **collectivités territoriales engagées** ; Des **pôles et des clusters actifs** :

- Un Pôle Véhicule du Futur (420 membres sur les régions Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est) ;
- Mecateamcluster : Pôle National du ferroviaire impliqué dans le « chantier ferroviaire du futur ».
- La Vallée de l'énergie avec un focus sur les systèmes complexes pour la production, la gestion et la distribution de l'énergie électrique.

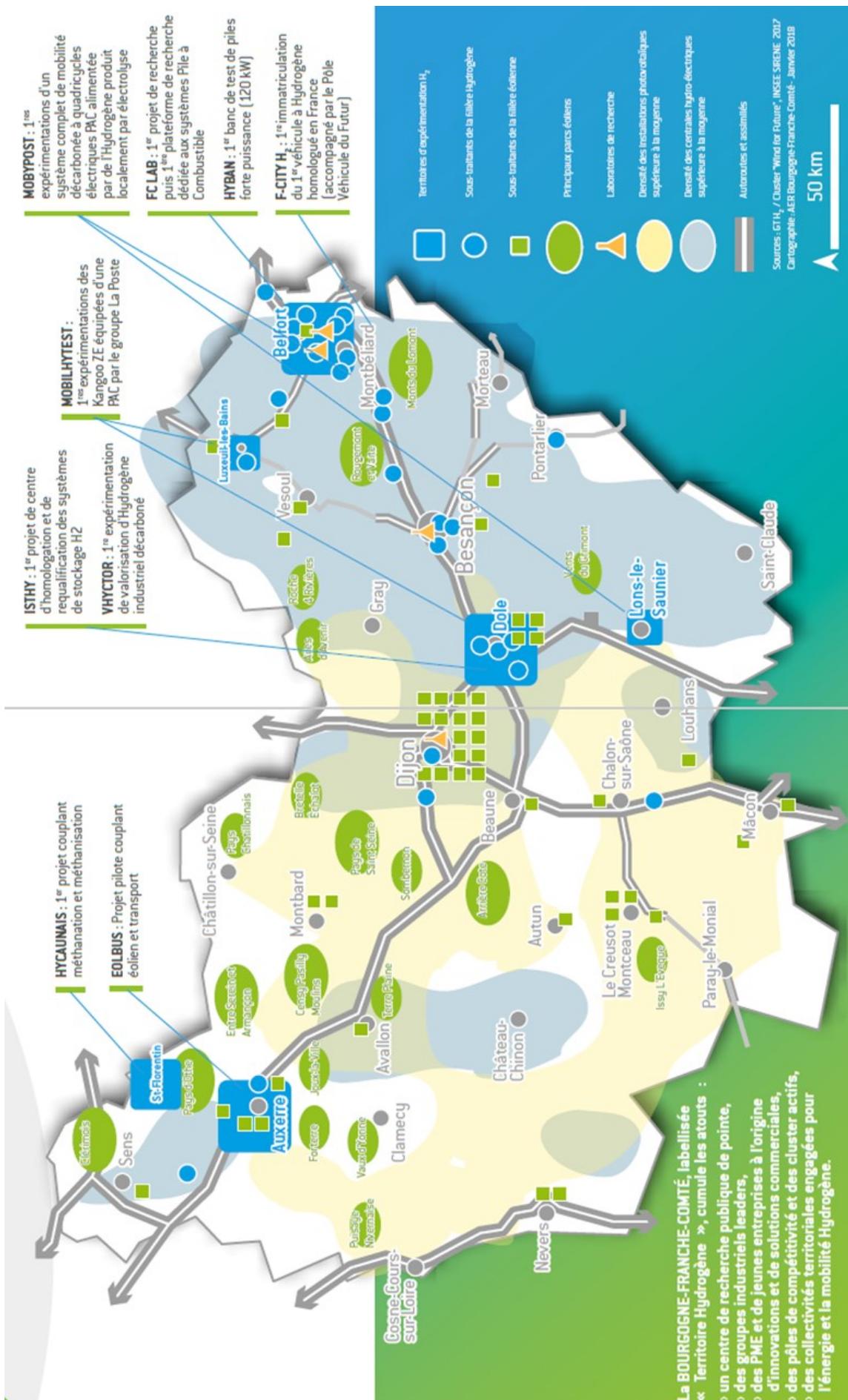
La région compterait déjà 500 emplois H2 sur les 18 000 emplois du domaine de l'énergie, une formation Hydrogène-Energie, 4 écoles d'ingénieurs liées à la filière, 5 laboratoires.

Les projets avancés sont :

- Hycaunais – Projet de valorisation du CO2 fatal présent sur le site d'enfouissement de Saint-Florentin (89) en utilisant le procédé de la méthanation. Hydrogène issu de l'éolien.
- Vhyctor – Station de distribution d'hydrogène alimentée par une source de gaz industriel coproduit, transporté à haute pression.
- TH90 – démonstrateur neuf (15 logements) équipé d'un système de production, de stockage et d'utilisation de l'hydrogène pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.
- Prima H4 Version hydrogène – Alstom Belfort travaille sur une version pouvant accueillir une Pile à Combustible sur la locomotive bimode Prima H4.

Les écosystèmes sont en place autour de :

- AuxR H2 – Auxerre – Station de production multimodale (par électrolyse de l'eau), de stockage et de distribution d'hydrogène alimentée par des ENR (5 bus à hydrogène et une dizaine d'utilitaire)
- Projet « TTI » (Transformation d'un Territoire Industriel) – Pays de Montbéliard Agglomération et Grand Belfort Communauté d'Agglomération
- Dijon Smart Energy –écosystème H2 Dijon Métropole (Benches à Ordures Ménagères, Bus, Camions, VL...) et stationnaires.



2.3) Normandie

La Région Normandie a été la première région française à adopter en octobre 2018 son plan de soutien à la filière hydrogène. Doté d'une enveloppe de 15 millions d'euros sur trois ans, ce plan ambitionne :

- **d'accélérer la transition énergétique normande et la décarbonation de l'économie**
- **de permettre la constitution d'une filière industrielle d'avenir en Normandie**

Le territoire bénéficie de :

- 2 grands ports maritimes : Le Havre (GPMH) et Rouen (GPMR) ;
- 3 ports régionaux : Dieppe, Caen Ouistreham et Cherbourg ;
- un positionnement maritime avec le 1er potentiel français pour les énergies marines renouvelables
- un atout logistique avec d'importants flux de marchandises/passagers le long de l'axe Seine ;
- des compétences historiques liées à la production, la consommation et la manipulation de l'hydrogène (pétrochimie, chimie, aérospatial)

L'écosystème constitué comporte :

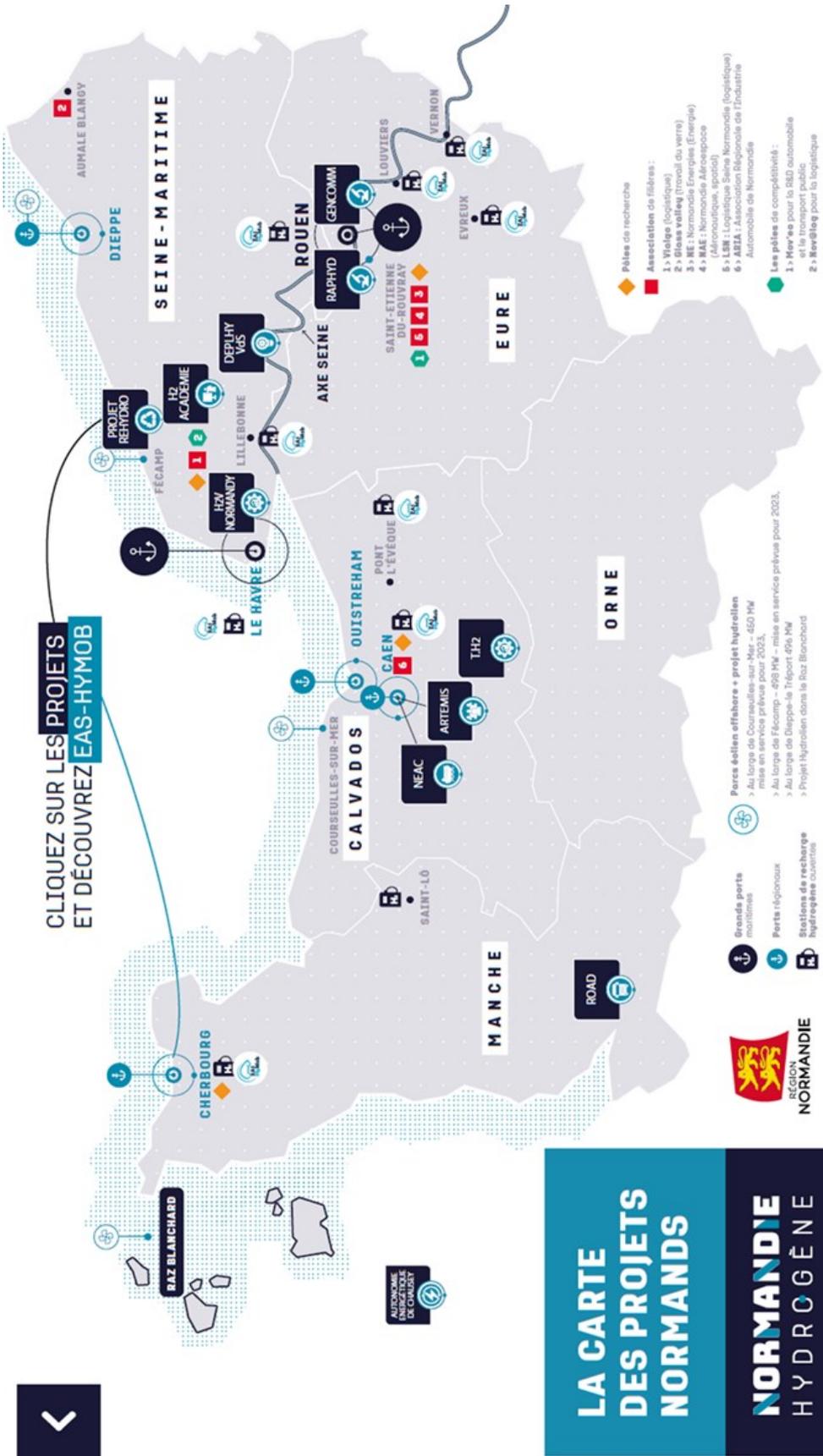
- 4 filières mobilisées (Energies, Maritime, Logistique Seine Normandie, Aerospace)
- 2 pôles de compétitivité en lien avec la filière : Next Move (mobilités) et Novalog (logistique)
- 19 collectivités normandes et 3 syndicats départementaux d'énergie impliqués
- 15 structures de recherches (énergie, propulsion, environnement, sociologie)

Ambitions européennes :

- Aux côtés d'autres régions (Aragon, Auvergne-Rhône-Alpes et Pays-Bas du Nord), la Normandie s'est positionnée comme leader du partenariat européen interrégional H2 Valleys, lancé en mai 2019.
- **2 objectifs** : Organiser le travail collaboratif entre les Régions membres du partenariat pour faciliter le montage de projets communs dans le domaine de l'hydrogène et des piles à combustible ; Être un interlocuteur privilégié des institutions européennes pour influencer le contenu des futurs appels à projets afin d'assurer le déploiement effectif des technologies pertinentes pour la mise en œuvre de la transition énergétique sur les territoires.

Quelques projets :

- **26 projets engagés depuis 2016 parmi lesquels** : la production d'hydrogène via des ressources naturelles, le recyclage du bois, l'électrolyse ; l'installation de plusieurs stations de recharges ; le développement de chaudières à hydrogène ; le développement de la mobilité fluviale, maritime (chalutier), et le transport camion (camion frigorifique), un projet lié au recyclage de piles à combustible ...
- **Le projet H2 ACADEMIE pour doter le territoire d'une offre de formation et développer les compétences liées au déploiement de la filière.**
- Avec le réseau **EAS-Hymob**, un premier maillage de 15 infrastructures de recharge hydrogène sur les grands axes routiers normands reliant les grandes agglomérations. L'installation de chaque station de ravitaillement est synchronisée avec le déploiement d'une flotte de véhicules hydrogène captifs assurant un usage quotidien.
- **H2V Normandie** : Création d'une usine à hydrogène vert pour l'industrie et la mobilité lourde
- **DEPLHY** : Caux Seine développement est partenaire technique du projet qui vise à étudier les conditions nécessaires au déploiement de l'hydrogène vert ou décarboné en Vallée de Seine, dans l'industrie et la mobilité lourde.



2.4) Provence Alpes Côte D'azur

La Région PACA possède une façade maritime et des zones portuaires importantes, et présente donc des opportunités en termes d'usages pour l'hydrogène avec :

- un axe Méditerranée / Rhône ; Marseille en tant que 3ème port pétrolier mondial ; Arles en tant que port fluvial dynamique ; 3 zones à forte activités/attractivité autour de Marseille, Toulon, Cannes.
- une région dotée d'un des plus grands **potentiels en termes de production d'énergie solaire en Europe** avec le développement de son Plan Solaire en 2019.
- Une **capacité massive de stockage H2 souterrain** (aujourd'hui réserves stratégiques d'hydrocarbure) qui pourrait être un axe notable de développement.

Les 4 priorités du plan régional (50 M€) d'ici 2030 :

- Décarboner la mobilité – 24 M€ →2027
- Décarboner l'industrie – 5 M€ →2027
- Produire de l'H2 renouvelable ou bas carbone – 20 M€ →2027
- Structurer la filière H2 et créer de l'emploi – 2,5 M€ →2027

Les 4 outils pour la création d'une filière et le développement de l'H2 autour d'un pôle de compétitivité Cap énergie :

- Des actions de sensibilisation des acteurs publics, privés, citoyens
- Des moyens de communication : évènement, conférence, etc.
- Un soutien de la recherche et développement
- Une offre de formation technique hydrogène pour les futurs besoins

Quelques projets phares :

- **Jupiter 1 000** mené par un consortium de neuf partenaires, dont l'ADEME, le CEA, la CNR et la Région, GRTgaz, qui met au point un démonstrateur "Power to gas", capable de produire et d'injecter de l'hydrogène vert - obtenu par électrolyse, à partir de l'électricité issue des énergies renouvelables - dans le réseau de transport de gaz, pour alimenter les clients.

- 50 chercheurs, ingénieurs et enseignants du CNRS et d'Aix-Marseille Université qui pilotent des recherches sur **l'hydrogène issu de la biomasse**. Des équipes travaillent sur une alternative à la PAC avec des nouveaux systèmes biologiques (une protéine, l'hydrogénase, peut à la fois absorber et produire de l'hydrogène, le stocker) qui remplacent le platine.
- **Hyomed** : Ecosystème de mobilité décarbonée maritime : navette de transport de passagers à H2 terrestre : bus à H2 avec une station de recherche et un site de production par électrolyse
- **Hyammed** : Mobilité lourde de la métropole Aix Marseille ; 8 camions H2 ; 3 lignes de bus ; une station de recherche à Fos sur Mer
- **Hygreen Provence** : Production et déploiement des usages de l'hydrogène vert, via l'installation d'un électrolyseur approvisionné en électricité exclusivement renouvelable
- **Masshyla** : Production d'hydrogène par électrolyse, à partir d'ENR électriques dédiées et de certificats d'origine, destinée à un premier usage industriel pour une bioraffinerie.

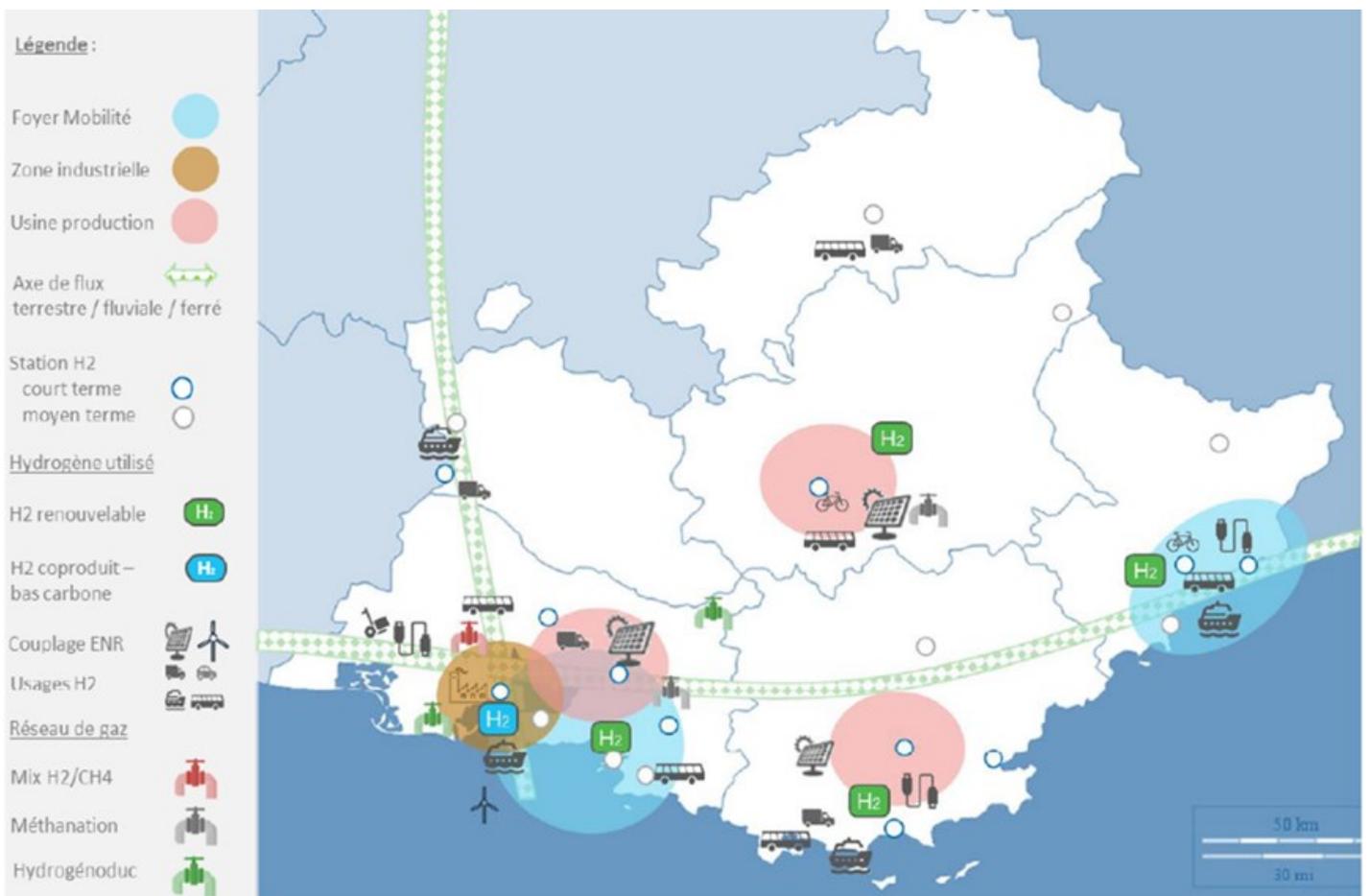


Figure 4 : Cartographie visualisant la spatialisation de la filière hydrogène régionale à horizon 2027 (dynamiques à l'œuvre, prémices d'une logique de corridors et de connexion à d'autres écosystèmes hydrogène)

2.5) Focus Allemagne

L'Allemagne ambitionne de devenir "le fournisseur et producteur numéro 1" d'hydrogène. Dans son plan de relance, l'hydrogène pèse à lui seul 9 milliards d'euros visant à soutenir cette technologie, pour décarboner son industrie et relancer l'économie, après la pandémie de Covid-19. Dans son programme, le gouvernement allemand ne compte développer que l'hydrogène "vert".

Les efforts portent sur des secteurs qui doivent être décarbonés ou qui peuvent l'être à coût acceptable. Ainsi l'acier qui pèse pour environ 30 % des émissions de CO2 du secteur industriel allemand, ou la chimie et les transports de marchandises ou collectifs, sont prioritairement ciblés.

Le pays veut mettre en place une capacité de production de 5 gigawatts d'hydrogène d'ici 2030, pour atteindre 10 gigawatts en 2040 (1GW permet de produire 120 000 tonnes). Le mix énergétique allemand étant très différent de la France (Nucléaire), le pays souhaite se passer du nucléaire et se désengager du charbon. *(Source : se développer en Allemagne)*

Le secteur de la mobilité

Sur les 38 mesures du plan de relance de 130 milliards d'euros proposées par le gouvernement, 9 concernent le domaine de la mobilité. **Sur les 62 projets mis en place par l'Allemagne pour la filière hydrogène, 12 sont dédiés aux problématiques de la mobilité.**

L'Allemagne se place au second rang mondial du nombre de stations hydrogène derrière le Japon. Les infrastructures sont fondamentales pour le développement des usages. **Un objectif est ainsi de passer de 87 stations de recharge à hydrogène à 1000 en 2030.**

A noter des orientations très différentes de la part des grands fabricants automobiles (820 000 emplois en Allemagne) sur le sujet de l'hydrogène. On parle donc ici, essentiellement et pour l'instant de mobilité lourde.

Le secteur ferroviaire

Deux projets de grande envergure dans ce secteur avec la mise sur rails de trains à hydrogène.

Alstom prévoit de mettre en fonction sa première station hydrogène à Bremervörde en 2022. Une coopération entre Deutsche Bahn et Siemens Mobility prévoit de mettre en chantier un train automoteur à hydrogène dès 2021 pour une exploitation expérimentale à partir de 2024. Doté d'une autonomie de 600 kilomètres, il devrait, à terme, permettre à l'opérateur ferroviaire allemand de remplacer ses trains régionaux diesel.

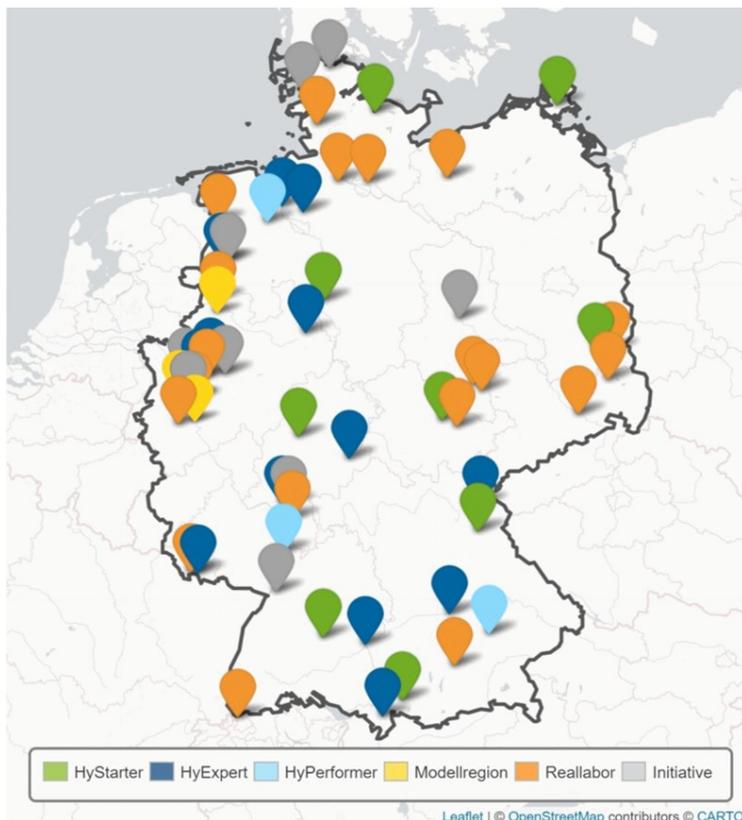
Le secteur aéronautique

Le constructeur Airbus prévoit son premier vol d'essai à hydrogène en 2025. Pour atteindre cet objectif, deux centres de développement sur ses sites de Nantes et de Brême seront sollicités. Avec pour objectif des vols aériens neutres en CO₂, l'Allemagne prévoit de permettre chaque année aux avions de faire le plein avec 200 000 tonnes de kérosène synthétique produit à l'aide d'hydrogène d'ici 2030.

MosaHYc un projet transfrontalier

GRTgaz et CREOS Deutschland veulent convertir deux canalisations de gaz existantes au transport 100 % hydrogène. C'est au total 80 km sur 100 km de réseaux qui seront utilisés, permettant ainsi d'interconnecter la Sarre (en Allemagne), la Moselle (en France) et le Luxembourg.

La première phase du projet consisterait à garantir un approvisionnement sécurisé en hydrogène aux secteurs de l'industrie et de la mobilité. Le projet est actuellement en phase d'étude de faisabilité. La décision finale d'investissement, qui devrait s'élever à 60 millions d'euros, sera prise d'ici 2022. In fine, le projet et son écosystème permettraient d'économiser 895 000 tonnes de CO₂ par an.



Les régions les plus actions sont : la Bavière, la Rhénanie-Westphalie du nord, le Baden-Württemberg, Hambourg, Berlin

240 industriels majeurs et 50 instituts publics couvrent la chaîne de valeur

A noter que les fabricants allemands d'électrolyse sont leaders du marché mondial avec 20% de parts de marché avec des acteurs tels que Sunfire, H-Tec Systems.

3

Formations Compétences

A retenir :

- **Les écoles d'ingénieurs, sans avoir « labellisé » leurs formations « hydrogène », évoquent ou traitent du sujet avec des niveaux de granularité qui leur sont propres.**
- **Les formations Bac+2 commencent à se développer avec des petites promotions et à s'afficher Hydrogène en tant que tel.**
- Les formations professionnelles existent souvent à l'initiative **d'acteurs de la filière qui organisent leurs propres formations sur des besoins spécifiques**
- Les formations continues portent essentiellement sur des qualifications, des certifications, des **habilitations nécessaires pour intervenir dans des univers spéciaux (gaz, électricité...)**
- Certaines régions commencent à afficher leurs ambitions sur la formation

3.1) Formations en Auvergne-Rhône-Alpes

La région dispose de nombreuses formations initiales de haut niveau dans des domaines clés de la filière hydrogène : électrochimie, électrotechnique, énergie ... Il est répertorié sur Auvergne Rhône Alpes **25 écoles d'ingénieurs**.

Département	Nom école
69	CPE Lyon
69	ECAM Lyon
01	ECAM Bourg-en-Bresse
69	CESI
42	EMSE
42	ENISE
69	ENTPE
38	Grenoble INP
69	INSA Lyon
69	ISARA Lyon
63	ISIMA
63	Polytech Clermont-Ferrand
38	Polytech Grenoble
69	Polytech Lyon
63	SIGMA Clermont
42	Técom St Etienne
74	Polytech Annecy-Chambéry
69	EPITA Lyon
69	Centrale Lyon
69	ESME Sudria Lyon
69	IPSA Lyon
69	Sup'Biotech
69	ITECH
69	VetAgro Sup
38	ENAC Grenoble

Pour les écoles d'ingénieurs

STRUCTURES	FORMATIONS
ECAM Lyon	<ul style="list-style-type: none"> - Mastère spécialisé : Management de la transition énergétique. - Spécialisation ingénieur énergétique : Énergie et environnement, efficacité énergétique, machines électriques et thermiques. - Spécialisation énergie en alternance : Efficacité énergétique et management des installations. - Le Club Shell ECAM Lyon a fait le choix de l'énergie hydrogène pour son prototype pour la course Shell Eco-Marathon, en partenariat avec Symbio et Médiane Système.
ECAM Bourg-en-Bresse	<ul style="list-style-type: none"> - Spécialité énergie exploitation et maintenance : Énergie (Thermique, nucléaire, solaire, éolienne, ...)
CPE Lyon	<ul style="list-style-type: none"> - École d'ingénieurs en chimie et sciences du numérique. 3 différentes majeures en chimie – procédés.
ESME	<ul style="list-style-type: none"> - Majeure transition énergétique : Transformation énergétique, énergies renouvelables et Smart Grids, véhicules électriques et autonomes.
Sup'Biotech	<ul style="list-style-type: none"> - École d'ingénieurs en biotechnologie.
Centrale Lyon	<ul style="list-style-type: none"> - Ingénieur généraliste : Tronc commun : Physique et chimie de la matière - Ingénieur spécialité énergie : (nucléaire, solaire, éolien, hydroélectrique, bois, biogaz...).
Polytech Annecy-Chambéry	<ul style="list-style-type: none"> - Ingénieur écologie industrielle et territoriale : Développement durable, Procédés de traitement (air, eau, déchets).
Polytech Clermont	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 80%;"> <p>Détail des enseignements</p> <ul style="list-style-type: none"> • Module 1 : Énergie et énergétique : les fondamentaux <ul style="list-style-type: none"> ○ Panorama socio-économique ; analyse et optimisation énergétique des systèmes • Module 2 : Production 1 : Énergies renouvelables <ul style="list-style-type: none"> ○ Énergies solaire, hydraulique, éolienne et géothermie, biomasse et biocarburants • Module 3 : Production 2 : Énergies fossiles carbonées et nucléaire <ul style="list-style-type: none"> ○ Combustibles fossiles : charbon, gaz naturel, pétrole ; électricité nucléaire • Module 4 : Utilisation 1 : Stockage, transport et distribution de l'énergie électrique <ul style="list-style-type: none"> ○ Le réseau électrique : exploitation, qualité, raccordement et dérégulation ○ Smart metering, batterie, pile à combustible, vecteur hydrogène • Module 5 : Utilisation 2 : Maîtrise de la consommation énergétique <ul style="list-style-type: none"> ○ Les gisements de consommation d'énergie (industrie, bâtiment, habitat...) et leur maîtrise </div> <div style="width: 15%; text-align: right;"> <ul style="list-style-type: none"> • Option transversale Energie </div> </div>

SIGMA Clermont	- Spécialité chimie : sans réelle thématique sur les différentes énergies.
INSA Lyon	- Majeure génie énergétique et environnement. - Mastère spécialisé : Alternative pour l'énergie du futur .
ENTPE	- Majeure mobilité et transports .
EMSE	- Majeure valorisation énergétique .
Grenoble INP	- 6 écoles (sans compter l'intégration de Polytech Grenoble). - Formation Ense3, Filières : <ul style="list-style-type: none"> ○ Génie électrique et énergétique ○ Systemes énergétiques et marchés

Pour les formations BAC + 2 +3

Les formations ne sont pas toutes répertoriées et peuvent évoquer l'hydrogène sans toutefois proposer de modules spécifiques.

Niveau de formation	Intitulé de la formation	Etablissement	Ville (Auvergne Rhône-Alpes)
Bac +1 à Bac +2	Bac Pro Maintenance des équipements industriels	CFAI (IRI)	Lyon
BAC+2	BTS Maintenance Industrielle	IFAI Rhône-Alpes	Lyon
BAC+2	BTS Maintenance Industrielle	Lycée de la Martinière Diderot	Lyon
BAC+2	BTS Maintenance Industrielle	Lycée de la Martinière Monplaisir	Lyon
BAC+2	BTS Maintenance des Systèmes Industriels	Lycée Etienne Mimard	St-Etienne
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	Lycée Parc Chabrières	Oullins
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	Lycée technologique et professionnel privé La Salle Ste-Anne-Savoisienne	La Motte-Servolex
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	Lycée Polyvalent La Fayette	Clermont-Ferrand
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	Lycée Polyvalent Emmanuel Chabrier	Yssingaux

BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	CFAI	St-Etienne
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	CFAI	Mably
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	MRF	St-Egrève
BAC+2	BTS Maintenances des systèmes de production	CFAI	Moirans

A noter, en 2020, la création de la formation en alternance de Technicien de maintenance Biogaz élaborée par l'Institut des Ressources Industrielles à l'initiative de l'Association française du gaz Auvergne Rhône-Alpes. Cette formation couvre les champs essentiels permettant d'aborder la filière hydrogène.

Durée : 16 mois (22 semaines en classe et 46 en entreprise) ; Nombre d'élèves : 12 maximum.

Programme : Mécanique des Fluides, Chimie et Biologie, Les énergies, Etude de Mécanisme et Intervention mécanique de maintenance, Lecture de plan PID et Assemblage/Montage, Automatismes et Régulation, Physique, Electrotechnique, Hydraulique et Pneumatique, Maintenance, Métrologie, Habilitations, Les risques professionnels et Règlementation, Génie des procédés de méthanisation, Cogénération, Epuration, Communication et Gestion de la sous-traitance, Certifications

Formations continues

Les entreprises font appel aux organismes de formation pour développer les compétences de leur personnel, et obtenir les habilitations nécessaires. **Pour autant, peu d'organismes proposent des formations généralistes « hydrogène » permettant de couvrir l'ensemble des champs de compétences jugés nécessaires par les entreprises.**

Certains leaders ont développé leurs propres modules ouverts ou non à d'autres acteurs :

McPhy met en place des modules de formation professionnelle continue. Chacune des sessions allie formation en ligne sur la plateforme e-learning KnowHy & ateliers pratiques sur les équipements McPhy.

Le programme de formation s'articule comme suit :

Module commun « Généralités sur les piles à combustible et Sécurité liée à l'hydrogène »

Unité 1 : Introduction à la pile à combustible et à l'hydrogène

Unité 2 : Sécurité liée à l'hydrogène

Unité 3 : Introduction aux outils, règles générales et applications

Unité 4 : Installation, entretien et maintenance

Module de spécialisation « Production et Manipulation de l'hydrogène »

Unité 1 : Procédés de production d'hydrogène

Unité 2 : Purification

Unité 3 : Stockage et transport de l'hydrogène

Unité 4 : Manipulation

Unité 5 : Réglementations, guides et normes

Sous réserve de 75% de réussite aux évaluations, les participants se voient décerner en fin de formation un diplôme délivré par l'Université de San Jorge (partenaire KnowHy). KnowHy est la première plateforme e-learning dédiée aux technologies de l'hydrogène. Elle a pour objectif de faciliter l'accès à la formation professionnelle des techniciens pour répondre aux besoins du marché.

Bâtis par un consortium d'experts de l'hydrogène à travers l'Europe, les cours sont accessibles partout dans le monde, disponibles en 7 langues. Ils s'articulent autour d'un module commun de 40 heures, visant à maîtriser les fondamentaux de la technologie des piles à combustible, et à se former à la sécurité de l'hydrogène ; et de 60 heures de spécialisation parmi cinq modules proposés.

Symbio : créé en 2020 un centre de formation "Symbio Hydrogen Academy"

- Ce projet accompagne la création d'une nouvelle usine Symbio à Saint-Fons, où l'entreprise souhaite créer 1 000 emplois supplémentaires d'ici 2025.
- Les cours sont dispensés en partenariat avec Mines Paris Tech, ECAM, INERIS, LGM, Sherpa Engineering, Sector, le pôle de compétitivité CARA et les campus de métiers et de qualification Automobilité et Energies.
- L'objectif est de former 300 personnes par an. L'académie sera ouverte aux étudiants, enseignants, ingénieurs et techniciens de la filière hydrogène.
- Thématiques : **Thermodynamique de la pile ; Mécanique des fluides ; Thermique ; Dimensionnement mécanique**

CEA-Liten - INSTN : propose des formations adaptées aux besoins de ses clients industriels, sur l'ensemble de la chaîne de la valeur : de la production de l'hydrogène (électrolyseurs), son stockage, jusqu'à son utilisation (pile à combustible) dans un système intégré dans son environnement. La gestion de la sécurité est prise en compte sur l'ensemble de la chaîne de la valeur. Les visites des installations du CEA au cours des formations, permettent d'appréhender au mieux ces technologies et les contraintes associées. 2 modules :

- **Filière hydrogène** : Le contexte énergétique et économique ; Présentation générale de la filière hydrogène ; La production d'hydrogène à partir de l'eau, de la biomasse et de combustibles fossiles ; Le stockage de l'hydrogène ; La conversion de l'hydrogène (PAC) ; Les aspects sécurité autour de l'hydrogène ; La fragilisation par l'hydrogène ; Les perspectives mondiales et nationales de développement

- **Pile à combustible** : Les fondamentaux (Historique, Comment ça marche, les différentes approches technologiques...) ; Analyse approfondie de deux technologies de PAC et de leurs usages : la SOFC et la PEM (matériaux, technologies, verrous et perspectives) ; Intégration de la pile dans son système (aspects dimensionnement et gestion) ; Exemples d'applications industrielles ; Perspectives à l'échelle internationale et nationale.

TECHNOPOLYS : Le pôle d'excellence de formation aux métiers de l'Automobile développe des formations permettant aux apprentis d'acquérir les compétences nécessaires aux mutations technologiques et aux nouveaux défis de la mobilité durable. En collaboration avec les partenaires ZEV, un module de formation dédié aux véhicules hydrogène, il permet d'enrichir les référentiels de formations, et est opérationnel.

- Disponible pour les niveaux BAC Pro, CAP ou BTS. 2 à 3 ans de formation en contrat d'apprentissage, au rythme de 2 semaines en entreprise et 2 semaines au centre Technopolys, soit jusqu'à 2030 H de formation au centre.
- L'objectif est de permettre aux élèves de développer des capacités à **détecter des dysfonctionnements et à intervenir sur des systèmes complexes.**
- Enseignements : Atelier ; Analyse d'un système technique ; Technologie professionnelle ; Gestion/Environnement professionnel

HALL 32 : Travaux sur l'hydrogène

- Pour les élèves en Bacs-Pro et BTS, un module de découverte de l'hydrogène.
- **Pour les salariés en lien avec la filière hydrogène, un module portant sur les fondamentaux de l'hydrogène, qui sera plus tard décliné en modules d'approfondissement plus spécifiques tel que « sécurité », « fluide », « conception », « mécanique », « thermique ».**
- **Pour les décideurs, un module de sensibilisation aux enjeux de l'hydrogène pour 2022.**

3.2) Formations en Bourgogne Franche Comté

La Bourgogne Franche Comté dispose, notamment, d'une formation dédiée à la filière d'excellence Hydrogène-Energie, dont la première promotion est sortie en 2019 avec 15 ingénieurs. CMI en Ingénierie Energie Hydrogène Efficacité Energétique

Cette formation est en lien avec l'unité de recherche FC LAB qui mène des activités sur l'intégration des systèmes hydrogène dans des applications transports et stationnaires.

L'université de Franche-Comté et Rougeot énergie viennent de signer une convention de partenariat (parrainage) pour renforcer le pouvoir de décision de Rougeot Energie sur les modules enseignés et pouvoir recruter des ingénieurs répondant à ses besoins en compétences.

50H de cours spécifiques à l'hydrogène sont dispensés (20h TD et 30h CM).

Compétences : Efficacité énergétique hydrogène-énergie ; Génie électrique ; Génie énergétique

Thématiques : Production ; Stockage ; Distribution

STRUCTURES	FORMATIONS
UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ	<p>Master en Ingénierie autour de l'hydrogène-énergie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formations autour des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique - Formations aux métiers d'ingénieurs pour la production et la gestion de l'énergie, avec des compétences propres au secteur, dans la production, les applications transport, ...
UTMB	<p>Université de technologie de Belfort Montbéliard</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filières dédiées énergies : production, réseaux, conversion et stockage transports et systèmes énergétiques embarqués - Ingénierie Génie Electrique et Master Energie électrique
ENSMM	<p>Ecole d'ingénieurs généralistes spécialisés mécanique et microtechnique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des cursus d'ingénieries apprentissage, pour la mécanique des structures, IOT, matériaux, procédés, robotique, etc.
CAMPUS ARTS & MÉTIERS	<ul style="list-style-type: none"> - Ingénieurs en Génie Mécanique, Génie industriel et Génie énergétique
UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de Bac + 2 à Bac+5 autour de la physique des matériaux, génie civil et mécanique
ESIREM	<ul style="list-style-type: none"> - Ecole supérieure d'ingénieurs spécialisés en informatique, robotique, électronique et matériaux
ISAT	<p>Institut basé à Nevers pour la filière transport automobile, avec un département R&D en ingénierie des véhicules pour l'environnement avec l'ISAT DRIVE</p>

Depuis plusieurs années, des formations ont été développées et adaptées pour répondre aux besoins de la filière, en sensibilisant dès le lycée. Ce sont 5 établissements qui participent à un programme d'implantation de solutions complètes, en partenariat avec l'industriel MAHYTEC. L'objectif est notamment de développer la pédagogie et la connaissance des élèves vis-à-vis des technologies de l'H2. (Lycées : Jacques Duhamel à Dole, Germaine Tillion à Montbéliard, Louis-Davier à Joigny, Terres de l'Yonne à la Brosse et Pierre-Bérégovoy à Nevers).

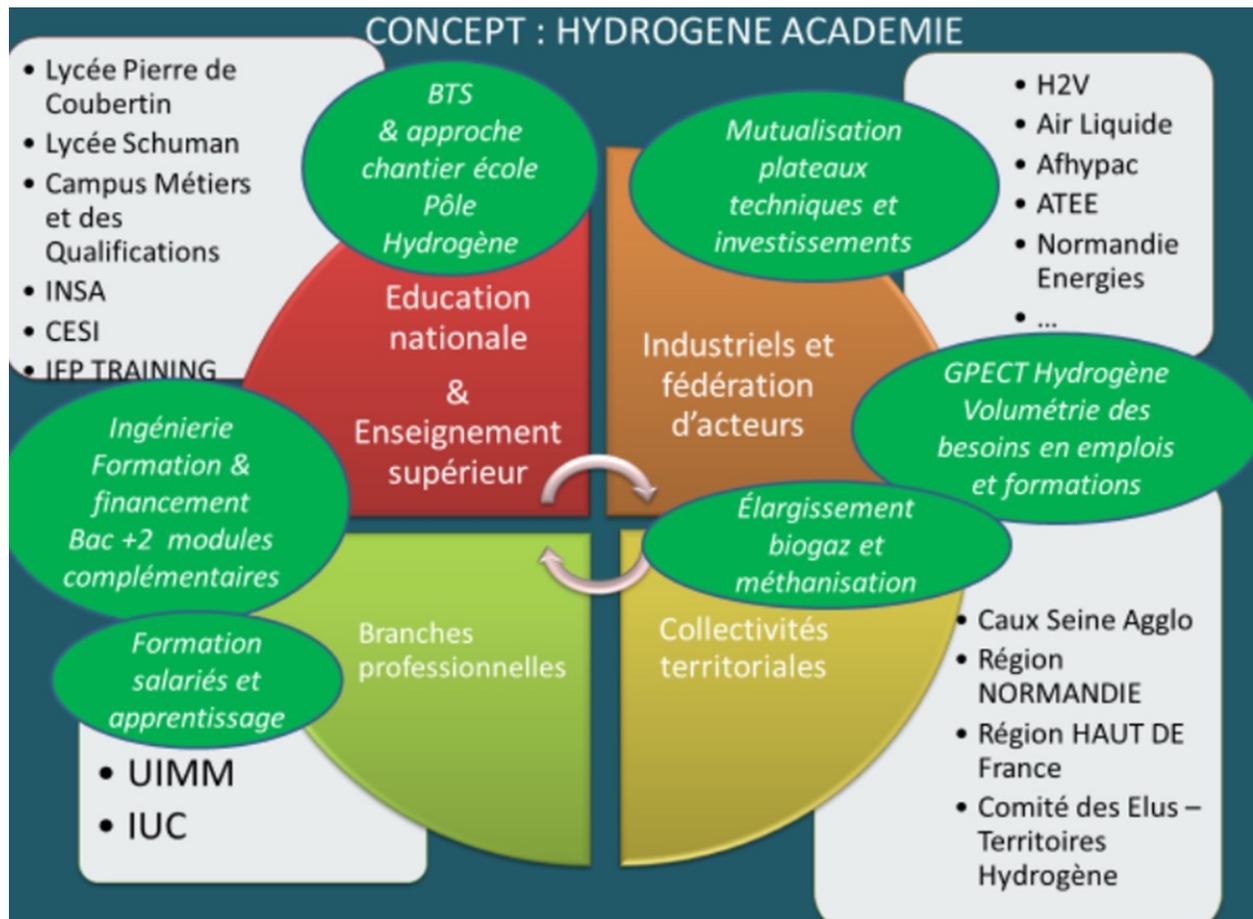
La société MAHYTEC, spécialiste du stockage de l'hydrogène y a installé des **stations éducatives en relation avec le stockage des énergies renouvelables (hydrogène et batteries)**. Ces stations sont opérationnelles depuis septembre 2019. Elles permettent d'aborder de façon pédagogique les problématiques liées à la production et au stockage de l'hydrogène.

Objectifs : Permettre aux élèves de réaliser des **travaux pratiques ; Promouvoir la filière** de l'hydrogène ; Attirer plus d'élèves vers de futures formations initiales dédiées aux métiers de l'hydrogène, tels que les techniciens, les monteurs et maintenanciers.

3.3) Formations en Normandie

Lancement d'une H2 Académie : Campus dédié à l'Hydrogène initié par l'agglomération Caux Seine Agglo. Ce concept fait suite à l'ouverture prochaine de l'usine H2V Normandy (après réception des autorisations en 2021) pour répondre aux futurs besoins en compétences.

L'objectif : doter le territoire d'une offre de formation afin de développer les compétences liées au déploiement de la filière.



Ce campus devrait être intégré au Campus d'Excellence International Normand des Energies pour apporter une spécialisation hydrogène aux formations déjà existantes.

H2V Training

Également développé par H2V Product ce programme de formations initiales est mené en collaboration avec la région et des universités. Le programme, d'une durée d'1 an, s'adresse à des

étudiants en BAC+2, des demandeurs d'emplois ou salariés dans le cadre du Compte Professionnel de Formation. L'objectif d'H2V Training est de former les ingénieurs, les techniciens et le personnel spécifique aux métiers de la maintenance et de la sécurité propre aux besoins de la filière hydrogène. Les Thématiques sont : **équipements sous pression, sécurité fuite, injection réseaux électriques.**

BTS Technicien Supérieur colorée Hydrogène

Enseigné depuis septembre 2021 au lycée Pierre de Coubertin de Bolbec. La formation accueille 15 élèves par an.

Implantation de la formation dans l'établissement :

- 318m2 pour les systèmes hydrogènes, énergétiques et fluidiques.
- 700m2 pour les systèmes pluri-technologiques, mécaniques, hydraulique et électriques.

Équipements pour un mode **formation – action** :

- Un électrolyseur ; Une pile à combustible type PEMFC hybridé avec batteries et interface de connexion et de pilotage ; Un stockage hydrogène ; Des panneaux solaires

3.4) Formations en PACA

Dans le cadre de l'Opération d'Intérêt Régional « Energie de demain », des formations expérimentales sont mises en place avec différents partenariats comme Cap Energie, les CCI, les CFAI, ENGIE, EDF, ...

Un module de formation spécifique à l'hydrogène va être dispensée à l'Eco Campus Provence en partenariat l'Institut Régional de Formation à l'Environnement et au Développement Durable.

Une formation technique sur l'énergie existe déjà sur le campus : La formation OSER (optimisation supervision énergie ressource) : BAC+3 apprentissage, dont l'objectif est de former des référents énergie en industrie, des économistes de flux, des responsables optimisation énergétique, ...

- Formation en alternance de niveau BAC+3 d'une durée d'1 an créée en 2018, dispensée à l'Eco Campus Provence de Sainte-Tulle.
- 470 Heures en centre de formation et 30 semaines en entreprise.
- Thématiques : Energies renouvelables ; Génie thermique et climatique ; Gestion technique du bâtiment et supervision d'installations techniques.
- Futurs métiers : Référents énergie en industrie ; Responsable de l'optimisation et gestion énergétique des bâtiments ; Chargés d'affaires en énergie ; Economistes de flux

C'est sur l'Eco-Campus Provence à Sainte-Tulle qu'un module de formation spécifique Hydrogène sera dispensé en complément de formations techniques existantes à l'instar de OSER (Optimisation Supervision Énergie Ressource) :

- Formation de niveau Bac plus 3 en apprentissage, certifiée RNCP niveau 6, pour former de futurs Energy managers ou Economistes de flux, compétence distinctive dans la gestion de bâtiments intelligents.
- Le pôle formation du Campus régional sur le territoire bas-alpin dispose déjà d'un portefeuille d'entreprises engagées à recruter les apprentis qui intégreront ce cursus.

3.5) Formations professionnelles en France

Quelques acteurs

Nom	Typologie de formateur	Thématiques des formations	Domaines d'application	Personnes concernées	Durée	Niveau de technicité
<u>MCPHY</u>	Entreprise	Généralités sur les PAC	Global	Entreprise ou professionnels en reconversion.	3 jours de cours en ligne + 2 jours d'atelier	NR
		Sécurité liée à l'H2				
		Production de l'H2				
		Manipulation de l'H2				
		Réglementation				
<u>PROFORMALYS</u>	Centre de formation	Production de l'H2	Transports terrestres	Entreprises intéressées par le véhicule à H2.	2 jours	Bas
		Stockage et transport de l'H2				
		Utilisation de l'H2				
<u>CEA/ INSTN</u>	Organisme de recherche et institut national	Production de l'H2	PAC	Tout acteur professionnel (centre de recherche, industriel, organisme institutionnel, ...) nécessitant de l'information sur le développement de la filière H2.	2 jours	Elevé
		Stockage de l'H2				
		Conversion de l'H2				
		Sécurité				
		Distribution				
<u>EUROSAE</u>	Centre de formation	Production de l'H2	Nucléaire, Electrolyse, Photovoltaïque, étude comparative des coûts	Entreprises employant des ingénieurs et techniciens supérieurs ayant des connaissances de base en thermodynamique.	4 jours	Elevé
		Stockage de l'H2	Différentes applications de stockage			
		Conversion de l'H2	PAC			
		Bureaux d'études				

Nom	Typologie de formateur	Thématiques des formations	Domaines d'application	Personnes concernées	Durée	Niveau de technicité
<u>STAR ENGINEERING</u>	Centre de recherche privé	Production de l'H2	Voiture, bateaux, bus, PAC, moteur à combustion	Entreprises avec un projet de valorisation industrielle ou programme R&D employant des Ingénieurs ou techniciens conception, safety et personnel de maintenance ayant les bases de la sûreté de fonctionnement.	NR	Elevé
		Stockage de l'H2				
		Réglementation				
		Sécurité				
<u>GNFA/ EVEER'HY'PÔLE</u>	Organisme de formation et entreprise de service et de conseil pour la mobilité H2	Sensibilisation	Voiture, bus	Entreprises porteuses de projets dans le domaine de l'H2.	NR	Moyen et élevé
		Découverte				
		Réagir en cas de dysfonctionnement				
<u>ACTION FIRST</u>	Centre de formation	Généralités sur l'H2	Véhicule électrique à l'H2	Entreprises	2 jours	Bas
		Production de l'H2				
		Stockage de l'H2				
		Utilisation de l'H2				
<u>ALCA TORDA APPLICATIONS</u>	Bureau d'études	Sensibilisation à l'H2	Différentes installations H2	Entreprises et collectivités.	NR	Adaptable selon les demandes.
		Sécurité				
		Maintenance				

3.6) Formations professionnelles Europe

Quelques acteurs

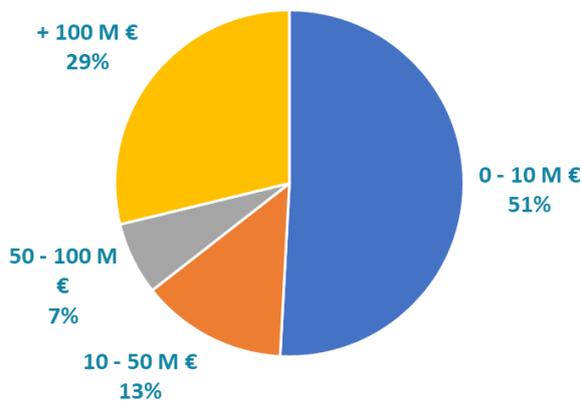
Nom	Typologie de formateur	Thématiques des formations	Domaines d'application	Personnes concernées	Durée	Niveau de technicité
<u>THE RENEWABLE ENERGY INSTITUTE</u>	Organisme de formation	Généralités sur l'H2 bas carbone	NR	Entreprises porteuses de projets dans le domaine de l'H2 ou intéressées par l'H2.	2 jours	Bas et élevé
		Production de l'H2				
		Stockage de l'H2				
		Distribution				
	Réglementation					
<u>HYRESPONDER</u>	Projet européen mené en collaboration avec 16 acteurs européens dont Air Liquide et le CEA.	Sécurité	PAC et différentes technologies hydrogène	Pour les formateurs d'Autriche, France, Allemagne, Italie, République Tchèque, Norvège, Espagne, Belgique, Suisse et Royaume-Uni	NR	6 niveaux de technicité (du plus basic au plus avancé)
			Réagir en cas de dysfonctionnement			
<u>KNOWHY</u>	Projet européen	Production de l'H2	Automobile, PAC	Entreprises employant des Techniciens	40h de module commun + 60 h de spécialisation hydrogène	NR
		Stockage de l'H2				
		Manutention				
<u>TEACHHY</u>	Projet européen initié par des Universités de 12 pays dont l'Institut de Technologie de Grenoble	Production de l'H2	PAC, Automobile, électrolyseurs	Formation pour les formateurs (le but était de former les enseignants et instructeurs européens pour qu'ils puissent transmettre ce savoir dans les universités ou centre de formations).	Le projet s'est terminé en octobre 2020	Elevé
		Stockage de l'H2				
		Manipulation de l'H2				

4

Principales observations quantitatives de l'enquête

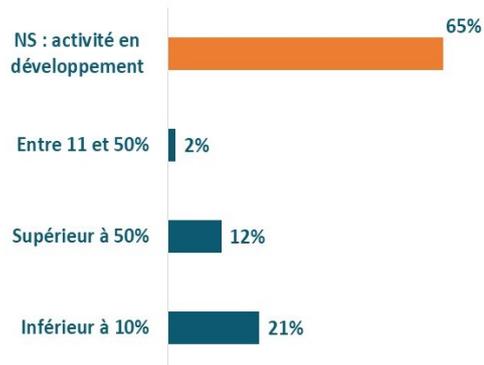
4.1) Identités des répondants à l'enquête

L'étude a été réalisée à l'appui d'analyses documentaires, d'une enquête envoyée auprès de 141 entreprises (dont 67 retours) et d'entretiens qualitatifs menés auprès de 46 acteurs (noms en annexe).

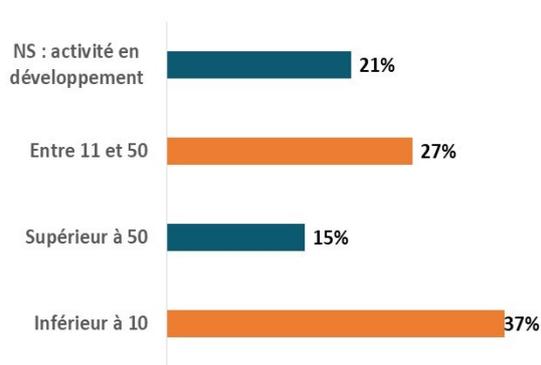


- 60% des répondants à l'enquête sont des entreprises basées en région Auvergne-Rhône-Alpes.
- + 50% des répondants sont des PME (0 à 10 M€ de Chiffre d'affaires).
- 73% font partie d'un réseau (cluster, syndicats professionnels...) en Europe et/ou à l'international
- 63% des répondants évoluent dans le milieu de l'H2 bas carbone ou renouvelable, et 46% depuis moins de 3 ans, signe de la jeunesse de la filière ; Pour la plupart des répondants, il s'agit d'une activité « en devenir »
- A court et moyen terme, 100 % des répondants souhaitent rejoindre cette filière avec des ambitions certaines.

PART DE L'ACTIVITÉ HYDROGENE DANS CA



ÉVOLUTION À 5 ANS



- 6 marchés représentent 80% des projets des entreprises dans la filière hydrogène, à savoir :
 - **La mobilité** : Véhicules légers, bus, trains, maritimes, avions, ...
 - **La fabrication d'équipements de production d'hydrogène** : électrolyseurs, vapo-reformeurs, ...
 - **La compression et le stockage de l'hydrogène** : réservoirs, compresseurs, tubes, échangeurs, ...
 - **La Conversion en énergie** : fabricants de composants pour piles à combustibles (PAC), fabricants de PAC, intégrateurs de PAC et de systèmes périphériques, ...
 - **L'Industrie** : décarbonation de l'industrie (raffinerie, sidérurgie, chimie, métallurgie, ...)
 - **Transport de l'hydrogène et distribution** : par camion, pipeline, réseau power to gaz, stations hydrogène, ...

Répartis sur la chaîne de valeur de l'hydrogène :

SOURCES POTENTIELLES D'HYDROGÈNE	FABRICATION D'ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION D' H2	DÉVELOPPEMENT DE SITE DE PRODUCTION	COMPRESSION & STOCKAGE DE L'HYDROGÈNE	TRANSPORT DE L'HYDROGÈNE & DISTRIBUTION	CONVERSION EN ÉNERGIE	MOBILITÉ	INDUSTRIE DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE	STATIONNAIRE	CHAUFFAGE
<i>producteurs, distributeurs d'énergie, producteurs d'énergies renouvelables, exploitants de sites ...</i>	<i>électrolyseurs, vaporeformeurs, ...</i>	<i>Fabrication, Exploitation et maintenance de sites</i>	<i>réservoirs, compresseurs, tubes, échangeurs ...</i>	<i>par camion, pipeline, réseau power to gaz, stations hydrogène ...</i>	<i>fabricants de composants pour PAC, fabricants de PAC, intégrateurs de PAC et de systèmes périphériques, ...</i>	<i>Véhicules légers, Bus, Train, Maritime, Avion</i>	<i>(raffinerie, sidérurgie, chimie, métallurgie ...)</i>	<i>chaudière, générateur de secours...</i>	<i>substitut au gaz naturel pour logement, habitat, industrie, centrale gaz, ...</i>
12	24	9	20	14	16	24	14	5	2

Réponses à l'enquête

Préambule : les métiers existants

L'étude France Hydrogène recense 84 métiers (dispatchés entre techniciens, ingénieurs et doctorants) d'ores et déjà existants pour la filière hydrogène. 17 de ces métiers sont déjà en tension et, avec la montée en dynamique de la « filière hydrogène », cette tendance devrait se confirmer dans les années à venir pour des raisons de disponibilité des compétences, des profils associés à court terme et d'une concurrence entre plusieurs filières industrielles.

Pour l'étude Aura, les métiers identifiés au national ont été conservés. Si l'échantillon est différent, l'étude s'inscrit logiquement dans ces mêmes registres.

1) Les métiers existants pour les techniciens :

Les principaux domaines où se situent ces métiers sont l'installation et la maintenance, le génie électrique, la mécanique des fluides et le QSE.

Chargés d'évaluation de la conformité, électromécaniciens, électroniciens de puissance, monteurs assembleurs/câbleurs, opérateurs de travaux, serruriers, soudeurs, essais chargés d'évaluation des produits, maintenance industrielle, électricité, mise en service, tuyauteur-canalisateur.

2) Les métiers existants pour les ingénieurs :

Les principaux domaines où se situent ces métiers sont la R&D, la mécanique des fluides et la QSE.

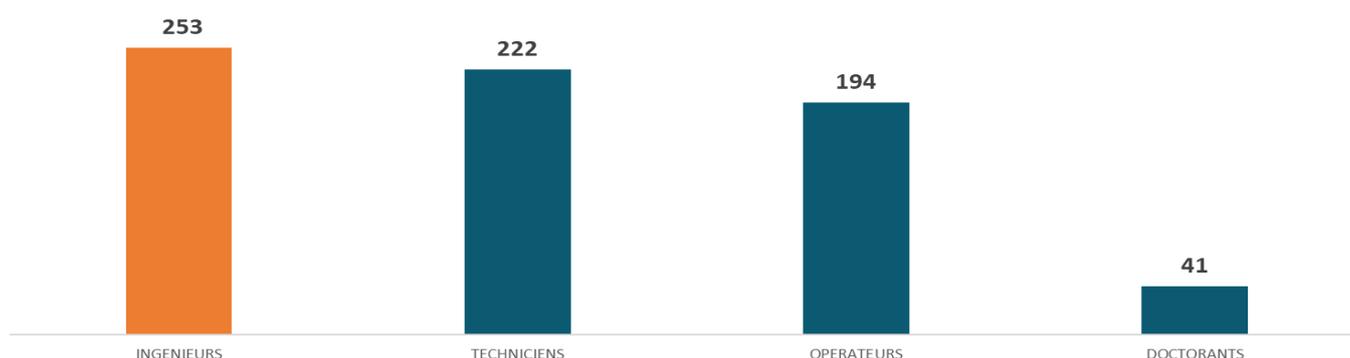
Certificateurs, chargés d'évaluation de la conformité, ingénieurs électroniciens de puissance, conception / architecte systèmes, maintenance, gaz et fluides.

3) Les métiers existants pour les doctorants :

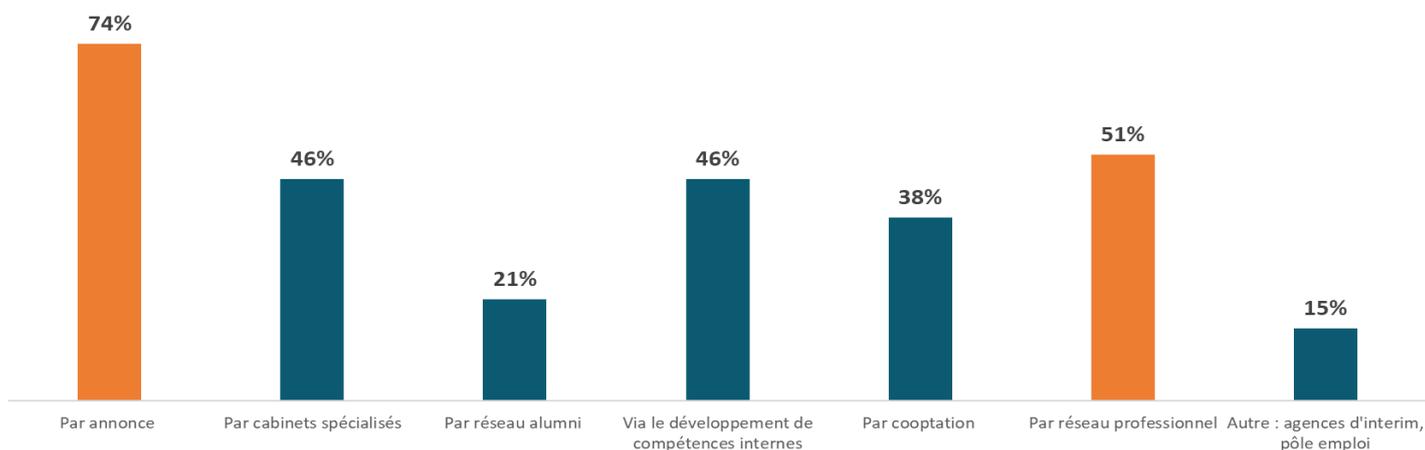
Pour les doctorants, les deux domaines de demande des entreprises portent sur les énergies renouvelables et la R&D.

4.2) Enjeux relatifs à l'emploi

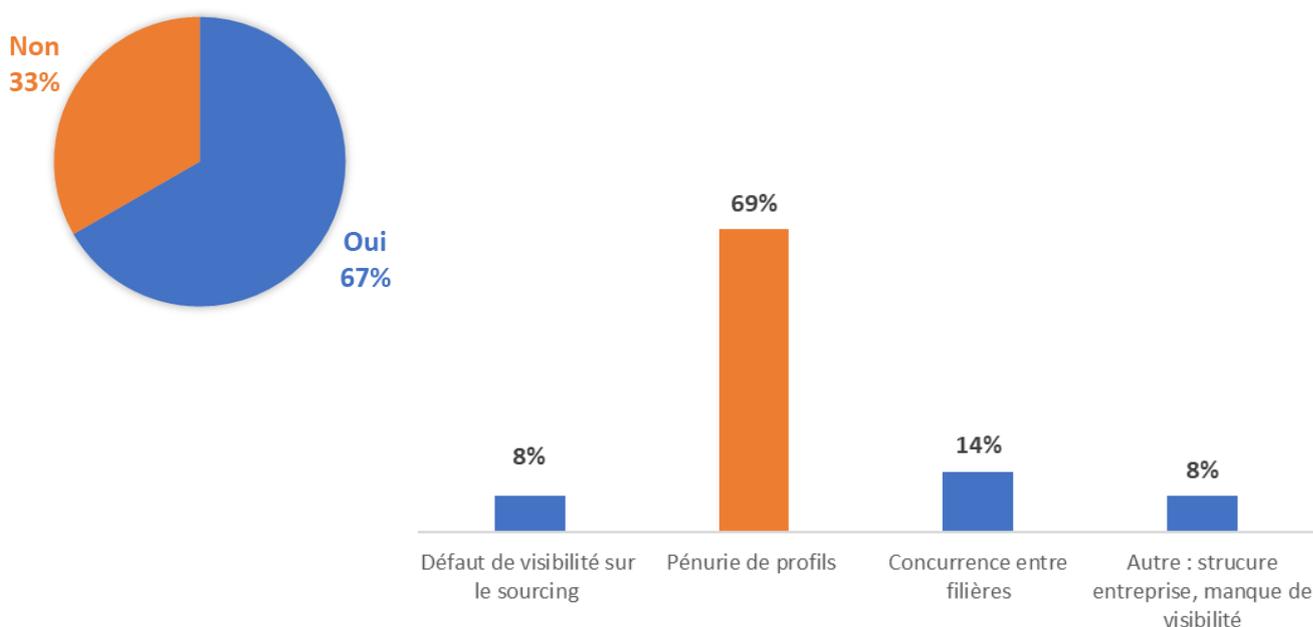
- **710 recrutements recensés à 3 ans en AURA avec une majorité d'ingénieurs** (253), puis des techniciens (222), des opérateurs (194) et près de 6 % de doctorants (41).
- **1 500 postes sur la filière hydrogène en AURA** peuvent être logiquement extrapolés au regard des entreprises n'ayant pas répondu à l'enquête (manque de visibilité, difficulté à positionner les emplois sur des postes « purement » hydrogène...).
 - *Il est à noter que cet échantillon est « jeune » dans la filière et majoritairement composé de PME. Les chiffres annoncés pourront donc varier en nombre et en qualité, les grandes entreprises pouvant absorber de grands volumes d'emplois en fonction de la concrétisation des projets. La création d'un baromètre observatoire pourrait permettre d'affiner ces estimations.*
 - ***La demande d'ingénieurs est logiquement portée par les projets et les développements en cours – la concrétisation de ceux-ci transfèrera la demande sur la construction et la maintenance, et par conséquent sur des opérateurs et techniciens.***



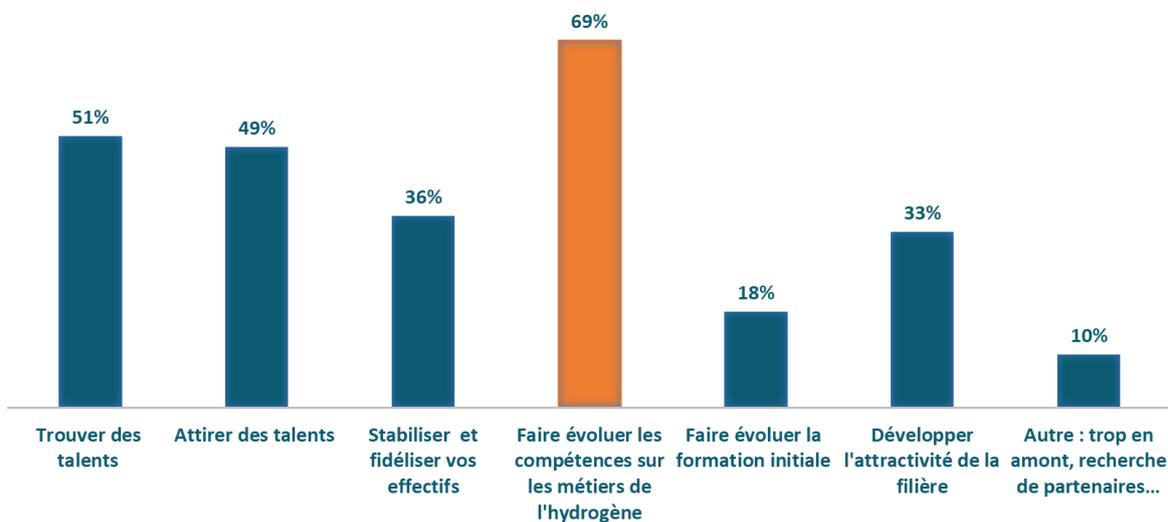
- **74% des entreprises recrutent par annonces et réseaux** : Pour répondre à leurs besoins d'emplois, les entreprises privilégient les annonces sur les différentes plateformes de recrutement ou encore sur leur site web. Le réseau professionnel occupe la 2^{ème} place et si la notion de passerelle entre filières n'est pas exclue, elle est de fait plus limitée. Les entreprises choisissent aussi de développer les compétences en interne et, en parallèle, de solliciter des cabinets spécialisés.



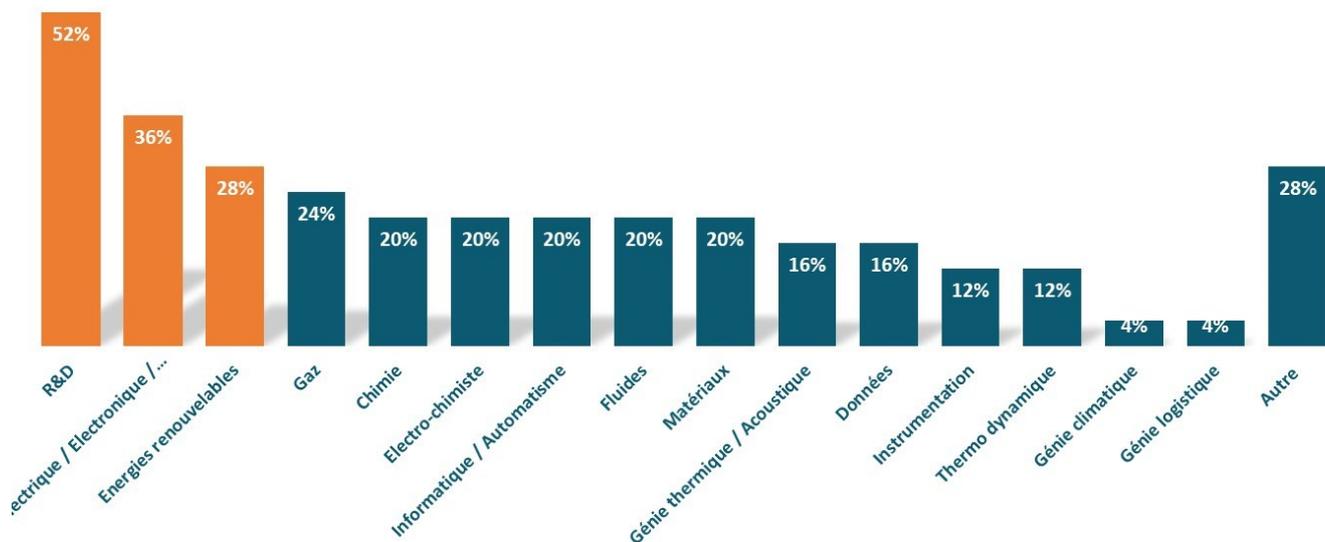
- **67 % des entreprises connaissent des difficultés de recrutement** : et ce majoritairement par **pénurie de profils** (70 % des cas). La tension est encore plus marquée sur techniciens et opérateurs.



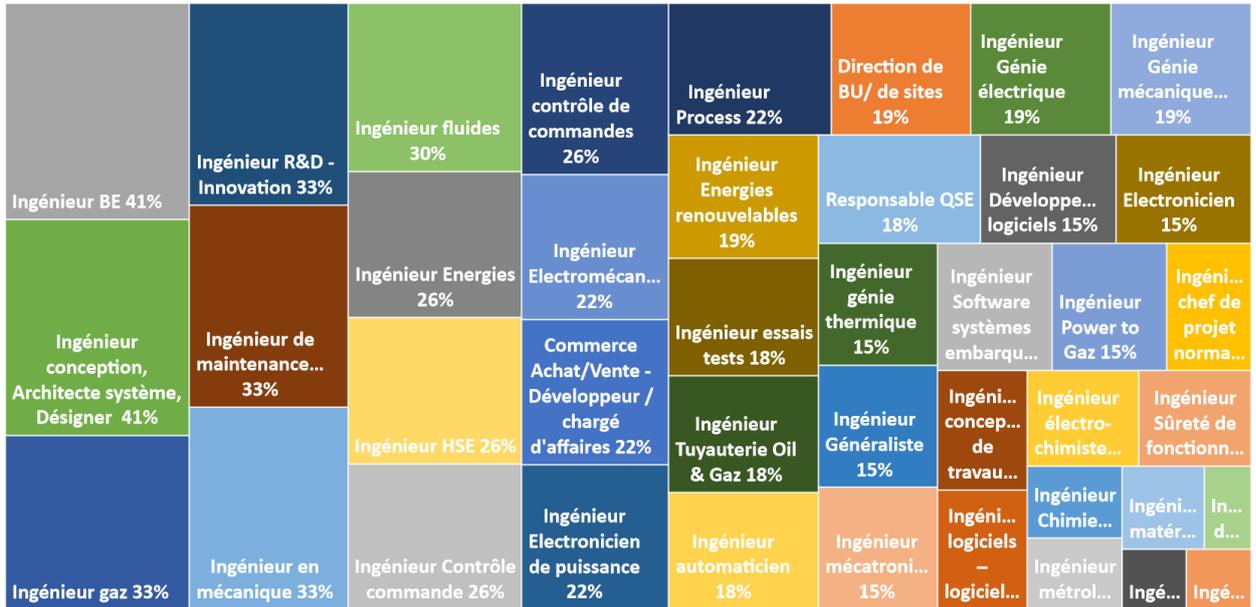
- **69% des entreprises ont comme objectif de pouvoir faire évoluer les compétences sur les métiers de l'hydrogène** : la capacité à trouver (recrutement) et attirer (marque employeur) sont ensuite les sujets majeurs de leurs préoccupations RH.



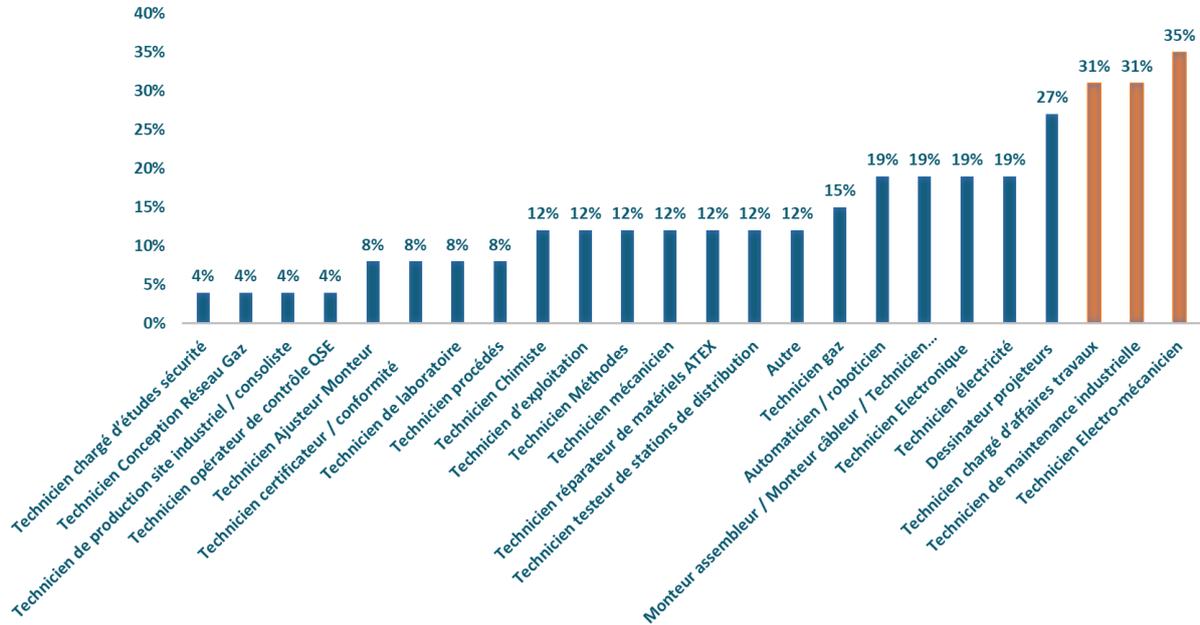
- **Quels sont les domaines les plus en demande pour les entreprises par populations (Doctorants, Ingénieurs, Techniciens, opérateurs) ?**
 - **Pour les doctorants** : la R&D (avec 52%), le génie électrique et électrotechnique (36%) et les énergies renouvelables, puis à niveau quasi équivalent Gaz, chimie, électro-chimie, informatique industrielle et automatismes, fluides et matériaux.



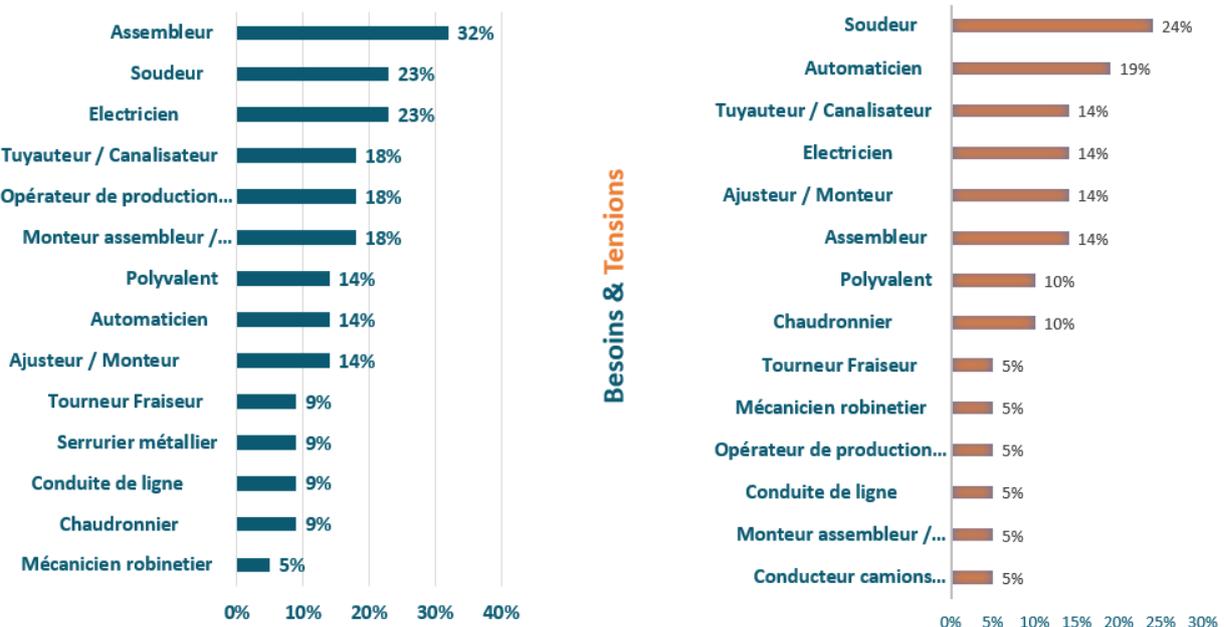
- **Pour les ingénieurs** : les ingénieurs Bureaux d'Etudes, Gaz, R&D innovation, Ingénieurs de maintenance, Conception – Architecte Système Designer, Ingénieurs Fluides, Energies, HSE sont les profils majoritairement demandés avec une pluralité de profils relativement équilibrés en demande.



- **Pour les techniciens :** 3 métiers ressortent majoritairement comme **les techniciens Electro-mécaniciens, les techniciens de maintenance industrielle et les techniciens chargés d'affaires travaux**. Comme pour les ingénieurs, les autres métiers sont également très représentés, signe de l'extrême variété des métiers de la chaîne de valeur.



- **Pour les opérateurs :** **Assembleurs (32 %), soudeurs, Electriciens (23 %)** ressortent prioritairement des métiers les plus demandés à 3 ans, alors qu'ils sont d'ores et déjà en tension.



4.3) Enjeux Compétences (spécifiques) demandées

Importance des softs skills

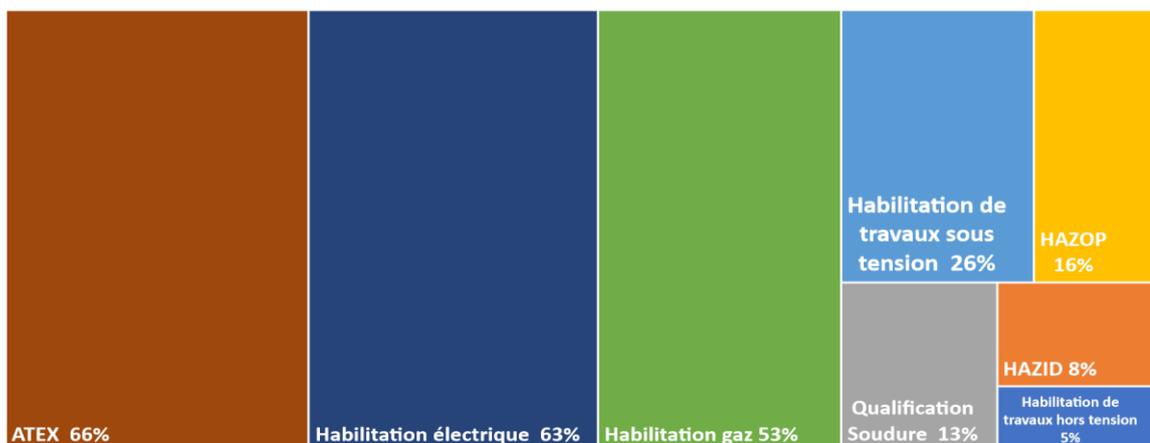
Les softs skills sont demandées prioritairement (Adaptabilité, Adhésion, Ethique, Engagement), avant même des capacités techniques générales ou spécifiques au secteur (sécurité, connaissances de la filière...).

Ceci peut s'expliquer par la nécessité du travail en équipe, les difficultés de recrutement et de fidélisation, mais aussi la capacité des entreprises à former leur personnel sous réserve d'engagement, de motivation et de fidélisation.



Des habilitations fondamentales et indispensables

3 habilitations sont considérées comme « incontournables » : l'habilitation ATEX (atmosphère explosive), l'habilitation électrique et l'habilitation gaz. D'autres sont plus spécifiques comme les qualification soudures, HAZOP, HAZID.



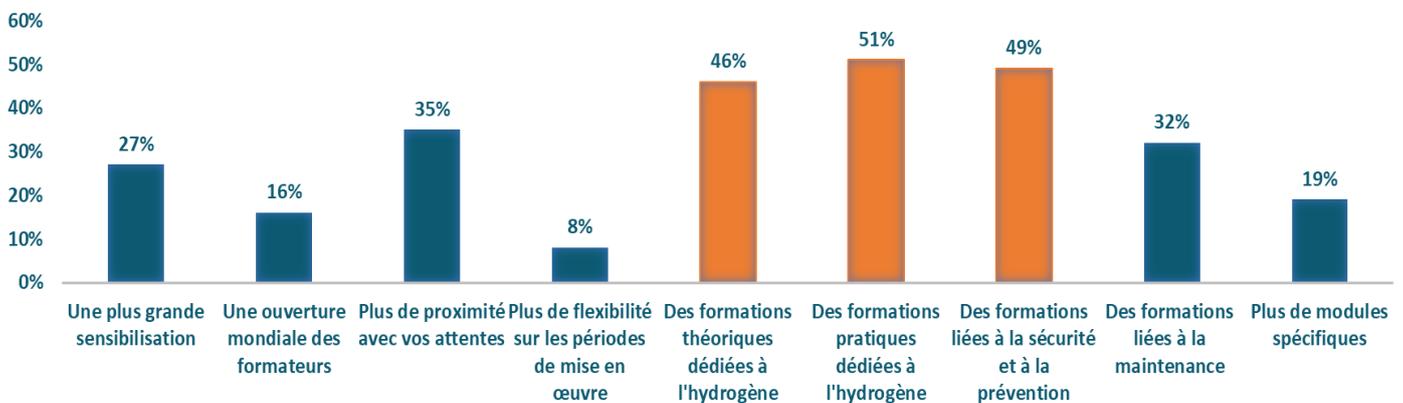
4.4) Enjeux relatifs à la formation

Un enjeu de contenu et de qualité : savoir trouver la bonne formation continue

39 % des répondants soulignent des difficultés à identifier les bonnes formations continues, notamment au niveau ingénieur.

La plupart des répondants déplore **un niveau mal adapté**, un coût des formations ou encore un **contenu insatisfaisant**.

Pour pallier à ces manques, les répondants attendent des contenus théoriques et pratiques dédiés à l'hydrogène ; des modules de sécurité et prévention ; ils envisagent de développer pour certains leurs propres modules pour capitaliser sur leur savoir-faire ; les organismes recensés et le recours à leurs branches professionnels sont également favorisés pour cette recherche de formation.



Exemples de modules spécifiques attendus : les connaissances générales en hydrogène, la maintenance et la sécurité sont les modules prioritairement sollicités. Si les organismes sont en capacité de fournir ces items « de base », il semble que les employeurs souhaitent « aller plus loin » (certains modules sont connus), **notamment sur** :

- La tuyauterie
- Le Suivi des performances / anticipation du vieillissement des PAC
- Des modules sur le chiffrage économique
- L'électrolyse et ses différentes technologies (PAC ; Stack ; Stockage ; Capture CO2 ; Liquéfaction)
- La Sécurité, les Contraintes, la Prévention des risques
- ATEX
- DESP
- Maintenance
- Soudure
-

Les formations initiales :

D'un côté, les formations initiales sont considérées comme **adaptées** car elles :

- Ont su apporter une meilleure **analyse et réactivité dans le monde du travail** des étudiants
- Permettent une **capacité d'assimilation, adaptabilité et autonomie** plus rapide
- **Couvrent des compétences multiples** pour des sujets en développement
- Actuellement en début de mise en œuvre des projets H2, les formations génériques avec des modules dédiés à L'H2 suffisent mais les besoins s'accroîtront avec les projets (notamment sur des formations de Techniciens).

D'un autre côté, ces formations initiales sont **challengeées** car :

- La filière Hydrogène est nouvelle, en croissance, **les technologies évoluent vite et peu d'enseignants sont encore formés à l'écosystème**
- La production par électrolyse est un **nouveau métier**
- La réglementation hydrogène (risques) n'est pas toujours clairement définie, certaines **technologies ne sont pas mures (SOEC)**
- Les offres de formations académiques restent insuffisantes (trop généralistes, trop courtes, pas assez pratiques) avec des apports sur l'hydrogène insuffisamment intégrés ou non visibles (cf. propositions)
- Certains étudiants sont trop juniors pour des applications complexes (HW/SW/Système)

5

Retours qualitatifs

Regard sur la filière :

Les principaux retours des répondants se résument à un mot : **confiance**.

En effet, la filière suscite beaucoup d'enthousiasme et d'espoir. Compte tenu de ses enjeux et des évolutions sociétales, les acteurs sont **résolument tournés vers l'avenir car la conviction d'un futur hydrogène, le plus vert possible, est réelle**.

L'incertitude sur le développement de la filière et la question de la compétitivité des prix de l'hydrogène laissent place de plus en plus à de réelles convictions sur la hausse des rendements, les progrès technologiques, l'accroissement des compétences au fur et à mesure de la concrétisation des projets ou démonstrateurs. Pour autant, tous sont conscients que des investissements d'infrastructures, d'attraction de capitaux et de talents sont encore nécessaires à cette transformation.

Les usages de la **mobilité lourde et de l'industrie** sont prédominants (la mobilité légère n'apparaît pas comme l'usage le plus rapidement transformable – dans sa version individuelle).

Les acteurs ont également beaucoup d'attentes au niveau de la **crystallisation de la demande**. Ils ressentent le besoin :

- de **connexion des acteurs entre eux** ;
- de **créer des projets fédérateurs** intégrant l'amont et l'aval.
- de mettre en avant la dimension **territoriale et proximité** - atout pour la filière.

Il reste cependant forts **écarts de visibilité entre les leaders, les spécialistes et les PME des métiers connexes**. Tous se rassemblent autour de la conviction que la filière ne se développera pas sans la **basculer des usages (par conviction ; par nécessité ; par obligation)**.

Regard Emploi Formation :

La massification, l'industrialisation, les économies d'échelle et le point d'entrée réel pour des acteurs plus éloignés reste **difficile à cerner** ; Il ne leur permet pas toujours de se positionner clairement sur les besoins en emploi ou les montées en compétences. Les difficultés à trouver les profils sont systématiquement relevés. Le manque de profils disponibles à la sortie des études également – attractivité de l'industrie et des métiers.

Au niveau des formations, les **modules de formation spécifiques ne semblent pas toujours aisés à trouver** (hormis les habilitations et les basiques de l'hydrogène). Les demandes sont assez différentes selon les entreprises - car la chaîne de valeur est très ample. Les entreprises souhaitent des professionnels une pluridisciplinarité. Dans ce cas, les modules sont pourtant existants – car les métiers ou qualifications sont classiques et les formations disponibles. Pour exemple pouvoir mixer piping /et mécanicien monteur ou encore électrotechnicien et automatique.

Les entreprises déplorent **un manque de formation en alternance**, idéalement estampillées Hydrogène.

Les formations initiales complétées des formations internes sont jugées satisfaisantes. Les heures de cours sur l'hydrogène sont cependant jugées trop courtes au regard des ambitions de la filière – il est abordé parmi d'autres vecteurs/énergies mais sa chaîne de valeur est spécifique ; la montée en technicité est donc attendue au-delà de la connaissance de l'hydrogène en tant que gaz. Des modules de simple coloration ou plus pointus, commencent à se mettre en place, avec encore peu de visibilité.

Les ingénieurs d'abord généralistes sont la demande première des entreprises ainsi que les techniciens Bac+2. Les **compétences hybrides** sur la chaîne de valeur sont souhaitables. Les **habilitations** électriques, ATEX... sont des prérequis. Les qualités de Rigueur et d'adaptabilité/polyvalence sont les compétences recherchées par les employeurs.

6

Ouvertures

Emploi

La **confiance** dans l'avenir de la filière est affirmée par les acteurs interrogés – **les recrutements en hausse sont donc confirmés.**

La **visibilité emplois** est parfois délicate selon le profil des répondants – s'ils sont trop éloignés des donneurs d'ordre, leur degré **d'incertitude** sera plus grand. Pour les groupes, leur capacité à se projeter, anticiper, attirer et former est évidemment plus grande.

- Ainsi, la taille de la filière, des entreprises et la maturité des projets en cours représentent des aléas au bon repérage des emplois souhaités, écart qui pourrait être réduit par la **tenue d'un baromètre régulier sur la filière.**
- **Les besoins de la filière AURA à 3 ans peuvent être extrapolés à 1 500 postes directement reliés à l'hydrogène.**
- **Les spécialités prioritairement souhaitées en AURA sont :**
 - Pour les doctorants : *R&D, Génie électrique et électrotechnique, énergies renouvelables*
 - Pour les ingénieurs : *Bureaux d'Etudes, Gaz, R&D innovation, Maintenance Systèmes, Conception – Architecte Système Designer, Fluides, Energies, HSE*
 - Pour les techniciens : *Electro, Maintenance industrielle, chargés d'affaires travaux*
 - Pour les opérateurs : *Assembleurs, Soudeurs, Electriciens*
- Certains métiers, aussi relevés par l'étude nationale de France Hydrogène, sont déjà en tension. Il en est de même sur AURA. A cet effet, la **pénurie de profils sur les niveaux**

techniciens serait encore plus sensible et les efforts **d'attractivité vers l'industrie** de jeunes profils doivent être poursuivis.

Les actions menées par les entreprises vers les écoles, et très en amont vers les lycées (collèges) en sont un exemple ; cette démarche ne pouvant être que jumelée avec les pouvoirs publics et l'éducation nationale.

Si des postes sont théoriquement qualifiés BAC+2 par les spécifications, la pénurie de profils permet l'accès à de bons professionnels de tous niveaux adaptables et respectant les consignes.

- **Les nouveaux métiers liés à de nouvelles technologies sont pour l'instant relativisés par les acteurs.** Ils estiment en effet que les candidats actuellement sur le marché sont en capacité de faire face aux exigences des postes grâce à leurs qualifications. Pour autant, le domaine se spécialise et les connaissances attendues deviennent de plus en plus larges

Formations initiales et continues

- La nécessité de **polyvalence, de coloration, de connaissance de l'écosystème** hydrogène est soulignée au niveau ingénieur.
- Pour le niveau technicien, ce sont principalement des **habilitations spécifiques, et surtout la bonne maîtrise de son métier de base** (expérience et formation/action) qui sont prioritaires, ainsi que les capacités **d'adaptabilité**. La notion de **rigueur et d'adaptabilité** sont cruciales pour les recruteurs.
- Les **formations initiales sont jugées satisfaisantes** mais mériteraient d'être plus **approfondies** sur le sujet hydrogène. Pour les ingénieurs, la mise à niveau de ces formations liée à leur polyvalence est jugée aisée à réaliser avec quelques remises à jours de briques (Généralités sur l'hydrogène – Electrolyse – Fonctionnement PAC ... et plus surprenant la maîtrise de la lecture d'un process industriel et de la gestion des flux) ; pour les techniciens, le temps de formation est plus comprimé et plus simple à réaliser sur une troisième année – sauf à typer « H » initialement la formation (cf. le cas de plusieurs BTS en cours au niveau de certaines régions)
- Les **formations continues sont plus challengées** au-delà des habilitations usuelles. On note le dynamisme de certains acteurs ou régions pour pousser plus loin à la création de hubs de formation avec des équipements spécifiques et clairement labellisés Hydrogène.
- Les demandes d'approfondissement exprimées portent principalement sur : **des connaissances globales Hydrogène ; L'électrolyse et ses différentes techniques ; le chiffre économique ; PAC ; Sécurité ...**
- **Les passerelles entre les filières et les métiers peuvent exister :**

- La filière Oil and Gaz fournit les profils les plus facilement adaptables pour autant l'hydrogène à ses spécificités (dimensions, process, lignes plus complexes.)
- Pour des profils extérieurs, les habilitations sont les minima requis, les qualifications métiers dans une moindre mesure pour peu que les notions de sécurité, rigueur et adaptabilité sont détenues par le professionnel. Dans la réalité les conversions sont à jauger individuellement.

L'étude documentaire, l'enquête, les témoignages peuvent ouvrir sur les suggestions suivantes :

1. Un existant concret à réaffirmer et à faire connaître

La région **Auvergne Rhône-Alpes s'inscrit pleinement dans le futur de l'hydrogène** de par sa position géographique et les entreprises présentes sur son territoire – sa feuille de route affiche son ambition sur les emplois et les formations – toutefois, d'autres régions ont également structuré leur offre hydrogène avec une **lisibilité et une communication forte**.

Faire connaître : Communiquer et s'afficher plus fortement et spécifiquement comme région hydrogène peut-être un facteur **d'attractivité pour les étudiants et les entreprises**, en montrant ce qui existe déjà, les perspectives et les ambitions des acteurs, ainsi que le dynamisme du secteur.

2. L'Ambition d'une Région, Leader sur le domaine de la formation

Fort des formations de tous niveaux déjà dispensées, la région est en **capacité de devenir une, sinon la région leader sur le domaine de la formation à destination des étudiants, des futurs salariés, mais aussi des formateurs, des décideurs et des utilisateurs**. La nécessité d'une déclinaison claire est fondamentale car les attendus sont distincts.

3. Recenser / Afficher

Pour ce faire, les acteurs doivent s'emparer du sujet de la formation en accompagnant graduellement les montées en compétence et en polyvalence exigées par la filière, avec un effort de visibilité des formations déjà dispensés et une **coordination / cartographie / un guichet des formations existantes**.

Les modules existent même si des mises à jour sur l'état de l'art sont à réaliser périodiquement via un nombre croissant d'échanges entre les entreprises et les formateurs. **Leur labellisation « Hydrogène » doit être plus franche**, et la notion de **formation/action** est souhaitable comme dans certaines régions et pays.

4. Fédérer

Avec les grands groupes à notoriété nationale et mondiale déjà présents sur le territoire, il existe tout un écosystème de PME et de pépites qu'il convient de **fédérer et d'informer via les groupements et les pôles de compétitivité qui ont un rôle central à jouer**.

5. Ouverture

La position géographique est un atout pour les possibilités de connexion de l'hydrogène en Europe ; d'un point de vue industriel, mais également d'un point de **vue attractivité des talents de demain via, par exemple, les programmes de type Erasmus**.



62 avenue des Champs Elysées - 75 008 Paris

Immeuble Plaza - 93 Avenue de la Villette 69003 Lyon

Tour Europe – 20 place des Halles 67000 Strasbourg