



**Territoires communautaires –
Alliance Intermétropolitaine Loire-Bretagne**

Phase de diagnostic – Etude de potentiel de déploiement Hydrogène renouvelable pour les territoires et l'industrie

Janvier 2024

www.aecenergie.fr

18, rue de la Pépinière – 75008 PARIS
+33(0)1 44 70 78 10
contact@aecenergie.fr



Table des matières

1.	INTRODUCTION	3
2.	PRESENTATION DU CONTEXTE LIE A L'HYDROGENE BAS CARBONE	4
2.1	PRODUCTION D'HYDROGENE BAS CARBONE	4
2.2	MARCHE ET ASPECTS ECONOMIQUES	5
2.3	ACHEMINEMENT DE L'HYDROGENE	5
2.4	USAGES DE L'HYDROGENE	6
3.	DEMARCHE ENTRETIENS	7
3.1	SELECTION D'UN ECHANTILLON D'ENTREPRISES	7
3.2	TABLEAUX DES ENTREPRISES	8
3.3	FORMULAIRE DE QUESTIONS	10
3.4	LIMITES ET POINTS FORTS DE LA DEMARCHE D'ENTRETIENS	12
3.5	SYNTHESE DES ENTRETIENS PAR ENTREPRISES	13
4.	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE L'HYDROGENE	16
4.1	OPPORTUNITES DE PRODUCTION, DE STOCKAGE ET DE DISTRIBUTION D'HYDROGENE	16
4.2	UTILISATEURS POTENTIELS D'HYDROGENE	17
4.2.1.	<i>Secteur industriel</i>	18
4.2.2.	<i>Mobilité</i>	22
4.2.3.	<i>Scénario mixte</i>	23
4.3	FOCUS SUR LE BESOIN EN EAU POUR L'ELECTROLYSE	25
4.4	FOCUS SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'USAGE DE L'HYDROGENE	26
5.	PRECONISATIONS ET STRATEGIE	28
5.1	COURT TERME (3 ANS) : STRUCTURATION DE LA FILIERE	29
5.2	MOYEN TERME (2030) : DEVELOPPEMENT DE PROJETS DE GRANDE ENVERGURE	30
5.3	LONG TERME (2040) : MASSIFICATION DES PROJETS HYDROGENE	31
5.4	CARTOGRAPHIE DES ACTEURS	32
6.	SYNTHESE	33

1. Introduction

Face à l'urgence climatique, il est impératif d'envisager d'autres sources d'approvisionnement en énergie qui préservent davantage notre planète. De ce fait, les territoires se mobilisent pour développer massivement les énergies renouvelables et les technologies de stockage d'énergie.

L'hydrogène apparaît comme un vecteur clé dans les stratégies de décarbonation car il présente de nombreux atouts : sa consommation génère une forte quantité d'énergie et sa production peut être décarbonée, mais aussi, la molécule est présente abondamment sur Terre sous forme naturelle dans l'eau, le charbon, la biomasse, le gaz, et le pétrole. Non sans défis, l'hydrogène est également transportable et stockable sous forme liquide ou comprimée ce qui permet d'offrir une opportunité de flexibilité aux systèmes électriques.

La production d'hydrogène mondiale est de 75 millions de tonnes, l'hydrogène bas carbone représentant seulement 5% de ce volume. Le principal procédé de production, par vaporeformage du gaz naturel, émet aujourd'hui 11,1 kg CO₂ par kilogramme d'hydrogène produit. L'enjeu majeur des décennies à venir sera de décarboner la filière, mais aussi, développer d'autres usages essentiels.

Ces dernières années, les pays européens ont annoncé leur stratégie de développement de la filière hydrogène. La collaboration entre les pays se renforce et des projets extraterritoriaux sont en cours de réalisation, en particulier, le premier hydrogénéoduc mondial reliant la France, l'Espagne et le Portugal. Le *Green New Deal* et *EU Hydrogen Strategy* visent notamment l'installation de plus de 4 GW d'électrolyseurs en 2024 et plus de 40 GW en 2030.

En France, la production d'hydrogène représente plus de 900 kilotonnes par an, les marchés les plus importants sont la désulfurisation de carburants (60%), la synthèse d'ammoniac principalement pour les engrais (25%) et la chimie (10%). Le développement de cette filière est envisagé comme un axe prioritaire pour la souveraineté énergétique et industrielle du pays. Des investissements de 7,2 milliards d'euros ont ainsi été annoncés dans le cadre du plan de relance et près de 9 milliards d'ici 2030. A cet horizon, il est envisagé d'installer une capacité de production d'hydrogène décarboné de 6,5 GW d'électrolyse de l'eau, de développer les mobilités propres (en particulier, les véhicules lourds) et de créer une filière industrielle consommant de l'hydrogène. L'ambition porte sur 680 kilotonnes d'hydrogène bas-carbone consommés annuellement à horizon 2030 avec une répartition de 70% sur le secteur industriel, 23% sur la mobilité et 7% sur le secteur de l'énergie.

Le périmètre de cette étude est l'Alliance Intermétropolitaine Loire-Bretagne (AILB), une association de 15 établissements publics de coopération intercommunale répartis sur les départements d'Ille-et-Vilaine, Loire-Atlantique et Morbihan. Ainsi le territoire se situe à cheval sur deux régions : Bretagne et Pays de Loire. Ces régions ont affirmé une volonté politique en faveur du développement du vecteur hydrogène avec la définition d'une feuille de route dès 2020 et la présence d'industriels locaux pionniers sur le sujet (H2X Ecosystem, Manitou) ou à proximité (Lhyfe, Entech Smart Energies, MAN Energy Solutions) permettant dès à présent la mise en place de nombreux projets et infrastructures autour de l'hydrogène.

Dans ce cadre, l'AILB a sollicité le cabinet AEC pour conduire une **étude de potentiel de déploiement d'hydrogène renouvelable**. L'objectif de l'étude sera de :

- Qualifier et quantifier les futurs besoins d'hydrogène en conduisant des entretiens avec des entreprises à haut potentiel théorique de consommation d'hydrogène.
- Et de définir une stratégie de développement des usages de l'hydrogène.

2. Présentation du contexte lié à l'hydrogène bas carbone

2.1 Production d'hydrogène bas carbone

La molécule de dihydrogène n'existe pas à l'état pur dans la nature et nécessite de l'énergie pour être produite. Aujourd'hui plusieurs méthodes de production d'hydrogène sont déjà à l'œuvre, la plus développée est le vaporeformage du gaz naturel (réaction de la vapeur d'eau avec le méthane). Cette solution, étant la plus rentable économiquement mais la plus carbonée, représente 48% de la production d'hydrogène mondiale. A l'avenir il est envisagé de coupler ce procédé aux technologies de captage de CO₂ afin de diminuer son impact.

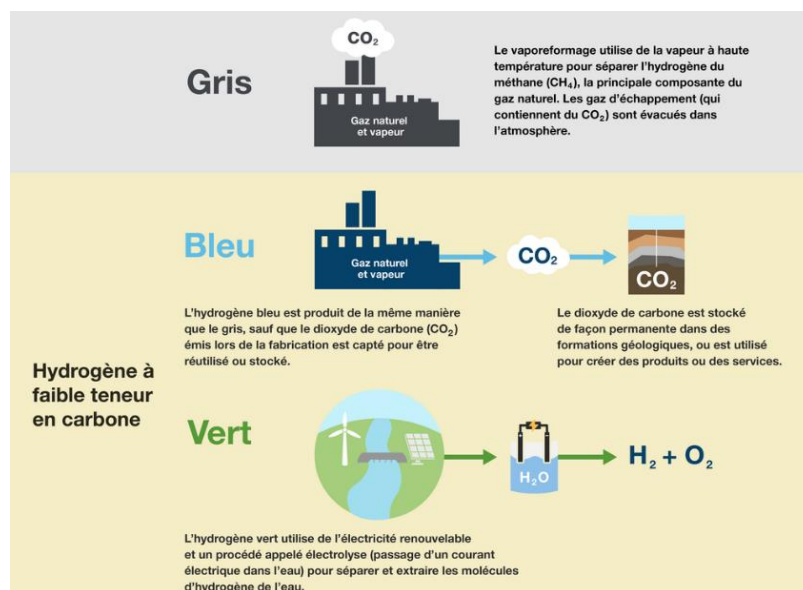
D'autres méthodes de production connues sont la gazéification du charbon (décomposition du charbon par la chaleur en présence d'un réactif gazeux), l'oxydation partielle du pétrole, la production à partir de biomasse et l'électrolyse de l'eau (séparation de la molécule d'eau en hydrogène et oxygène).

Ainsi, si l'utilisation d'hydrogène n'émet pas de gaz à effet de serre (GES) exceptée la vapeur d'eau, sa production - reposant aujourd'hui essentiellement sur la transformation d'hydrocarbures - est fortement émettrice de GES.

En France, les orientations publiques définies dans la loi Energie-Climat donnent une priorité à la décarbonation de l'hydrogène actuellement utilisé dans l'industrie. Il est donc nécessaire de développer la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone. En 2023, ces deux appellations ont été définies réglementairement au niveau européen :

- **L'hydrogène est renouvelable** s'il est produit par électrolyse utilisant de l'électricité issue de sources renouvelables ou toute autre technologie utilisant ces sources sans conflit d'usage, et respecte un seuil de réduction d'émissions de gaz à effet de serre de 70 %. Compte tenu du facteur d'émission de l'hydrogène carboné, dit « gris », de 11,1 kgCO₂eq/kgH₂, le seuil pour l'hydrogène renouvelable est fixé à environ 3,3 kgCO₂eq/kgH₂.
- **L'hydrogène est bas carbone** si son contenu énergétique est dérivé de sources non-renouvelables et respecte le seuil de réduction d'émissions de gaz à effet de serre de 70 %, soit 3,3 kgCO₂/kgH₂.

Les moyens de production permettant de produire de l'hydrogène sous ce seuil sont les ressources renouvelables, le nucléaire et tout procédé de production d'hydrogène gris couplé à un système de capture et de stockage du CO₂. Ainsi, l'hydrogène bas carbone est dit « hydrogène vert » ou « hydrogène bleu » en fonction du moyen de production utilisée, renouvelable ou non.



Aujourd'hui, on parle aussi d'« hydrogène blanc » lorsque celui-ci est trouvé à l'état naturel dans les sorties des fumeurs (des « cheminées » naturelles au fond de l'océan), dans des roches océaniques ou encore dans des cavités salines (comme en Lorraine). Néanmoins, ces gisements sont encore incertains et il existe de nombreux freins techniques pour l'exploiter.

2.2 Marché et aspects économiques

Un des enjeux majeurs dans le développement de la filière d'hydrogène est le coût d'investissement souvent élevé.

Les **coûts de production** varient considérablement en fonction des technologies utilisées :

- Actuellement, les **électrolyseurs** ont une capacité de quelques MW voire de 5MW. Cette puissance est suffisante pour répondre aux besoins de mobilité lourde (jusqu'à 2000 kg H₂/ jour). Les retours d'expérience démontrent que les coûts d'investissement diminuent fortement par effet de volume avec la puissance installée. En conséquence, les experts prévoient une diminution des coûts des électrolyseurs dans les prochaines années car les projets seront de plus grande ampleur. Aujourd'hui, le coût de production varie entre 6-14€/kgH₂ (hors transport et distribution). Or, l'hydrogène est compétitif lorsqu'il est vendu à un coût inférieur à 6 €/kgH₂ en sortie de production.
- La **production à partir de biomasse** présente les coûts d'investissements les plus élevés, il serait nécessaire de consommer 800 kg de biomasse par jour pour atteindre un coût de vente inférieur à 6€/kgH₂.
- Le **reformage du méthane** est le procédé de production d'hydrogène le plus utilisé dans le monde, le coût de production est de 1€/kgH₂. Le dispositif de captage de CO₂ engendrait un surcoût de 0,5€/kgH₂.

Les **coûts d'acheminement** varient en fonction de la méthode choisie. Plusieurs techniques d'acheminement existent :

- **Le transport par camion tube trailer.** L'hydrogène est transporté par camion dans des remorques à tubes contenant jusqu'à 600 kg d'hydrogène gazeux à 150-250 bars. Le coût de transport est évalué entre 0,5 et 1,5 €/kg H₂ selon la distance et la pression de transport utilisée.
- **Le transport par gazoduc.** L'hydrogène est transportable à une pression comprise entre 150 et 200 bars. Selon l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) le coût de transport de l'hydrogène est estimé à 0,5 €/kg H₂ pour les gazoducs de 48 pouces et 0,3 €/kg H₂ pour ceux de 36 pouces.
- **Le transport liquéfié.** L'hydrogène est stocké à des températures extrêmement basses (environ - 235°C), puis transporté dans des conteneurs cryogéniques. Le coût de cette méthode est estimé à 0,9-1,3 €/kg H₂ en fonction de la distance parcourue.
- **Le transport par OLHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers).** Cette méthode consiste à lier l'hydrogène à un composé organique liquide. Cette solution est compatible avec les infrastructures existantes, le coût de transport est estimé à 1,5-2 €/kg H₂.

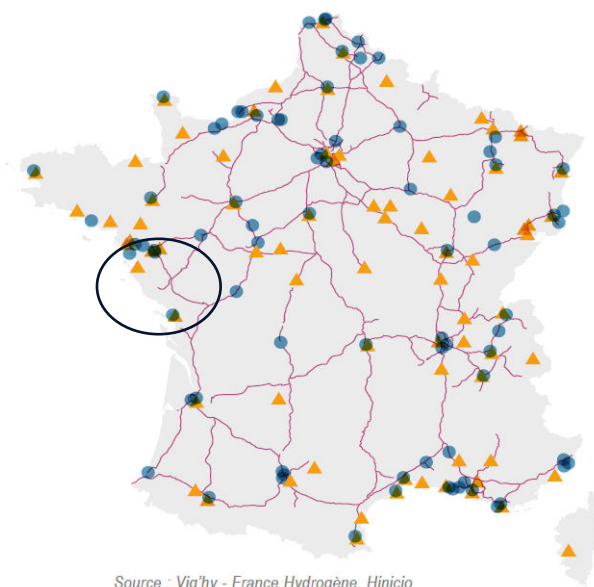
2.3 Acheminement de l'hydrogène

Une fois produit, l'hydrogène est acheminé vers son lieu de consommation. Plusieurs conditionnements et méthodes de transport sont possibles : bouteille sous forme gazeuse, camion-citerne sous forme liquide ou canalisation souterraine.

Le transport est un enjeu clé dans la structuration de la filière et doit être abordé sur plusieurs échelles.

- À l'échelle européenne, les politiques publiques sont très ambitieuses et les projets de pipeline d'hydrogène se multiplient. Le projet H2Med envisage la liaison Barcelone et Marseille et sera étendu jusqu'en Allemagne.

- À l'échelle française, la stratégie est de consommer au plus près du lieu de production. La distance économiquement acceptable de transport est située entre 50-150 km parcourus en fonction de la taille du projet.



Plusieurs projets d'hydrogène maillent le territoire aujourd'hui autour des principaux pôles de consommation. La cartographie ci-après présente les lieux de consommation d'hydrogène envisagés à horizon 2030. La région Bretagne et Pays de la Loire constitue un des principaux pôles de consommation de la France. Les ronds (●) représentent les sites de consommation majeurs et les triangles (▲) les projets hydrogène en cours de montage (production et distribution).

2.4 Usages de l'hydrogène

L'hydrogène peut répondre à de nombreux usages dans le secteur de l'industrie, des transports et de l'énergie.

- Dans le **secteur industriel**, l'hydrogène est majoritairement utilisé comme réactif dans la production d'ammoniac, de méthanol et d'acier, ou encore, dans la production de chaleur. De nouveaux usages apparaissent dans la sidérurgie, mais encore peu matures.

Exemple d'application dans la sidérurgie :

L'entreprise suédoise « Hybrit » s'est équipée de fourneaux à hydrogène vert pour fabriquer de l'acier. L'injection d'hydrogène permet d'éviter l'utilisation de charbon dans le procédé.

- Dans le **secteur des transports**, l'hydrogène se développe dans le transport routier et maritime. Des études sont en cours pour déterminer la possibilité d'utiliser l'hydrogène dans l'aviation.

Exemple d'application dans le secteur des transports :

La compagnie de transport de Strasbourg s'est équipée d'un bus à pile à combustible : le H2 City Gold de la marque Toyota.

- Dans le **secteur de l'énergie**, l'hydrogène est acheminé dans les réseaux de gaz (mélangé) et est utilisé pour le stockage d'énergie et le raffinage. En effet, pour assurer une gestion flexible du réseau électrique face au développement des énergies renouvelables, il peut être intéressant d'intégrer le stockage d'hydrogène en tant qu'élément stratégique.

Il est intéressant de prioriser les usages en fonction des émissions de CO₂ évitées. À titre d'exemple, Carbone4 a publié une étude permettant de prioriser les usages d'hydrogène en fonction de leur pouvoir de décarbonation. L'étude priorise les 4 usages suivants : la production d'ammoniac et de méthanol, la sidérurgie, le secteur maritime et le stockage d'énergie.

3. Démarche entretiens

Pour mieux cerner les besoins futurs de consommation hydrogène et les opportunités de production, AEC a conduit une douzaine d'entretiens avec des entreprises jugées comme ayant un fort potentiel de conversion à ce vecteur énergétique. Plusieurs critères sont rentrés en jeu pour qualifier ce potentiel, à savoir, la consommation énergétique, la situation géographique et le secteur d'activité de l'entreprise.

3.1 Sélection d'un échantillon d'entreprises

Les travaux réalisés par l'Agence d'Attractivité et de Développement ont permis d'identifier 56 acteurs potentiels pour l'utilisation du vecteur hydrogène. Les entreprises répertoriées sur le territoire de l'AILB sont réparties comme suit :

- 15 entreprises du secteur des transports et logistique ayant plus de 200 salariés,
- 15 entreprises ayant une forte consommation d'électricité (supérieure à 19 GWh),
- 26 entreprises ayant une forte consommation de gaz (supérieure à 6 GWh).

Avant d'établir le premier contact, AEC a approfondi le potentiel de conversion à l'hydrogène de ces entreprises, en effectuant des recherches plus précises sur les domaines d'activités de chacune et les procédés industriels employés et en explorant les opportunités de prise de contact, tout en sélectionnant des entreprises sur l'ensemble des EPCI adhérents à l'AILB. Ces données ont été croisées avec la liste des entreprises soumises à la réglementation des installations classées pour l'environnement (ICPE) dans le but d'obtenir une liste complète. Ainsi, les entreprises ont été priorisées en 4 niveaux : de 0, correspondant aux entreprises prioritaires à 3, correspondant aux entreprises moins prioritaires sur la cartographie.

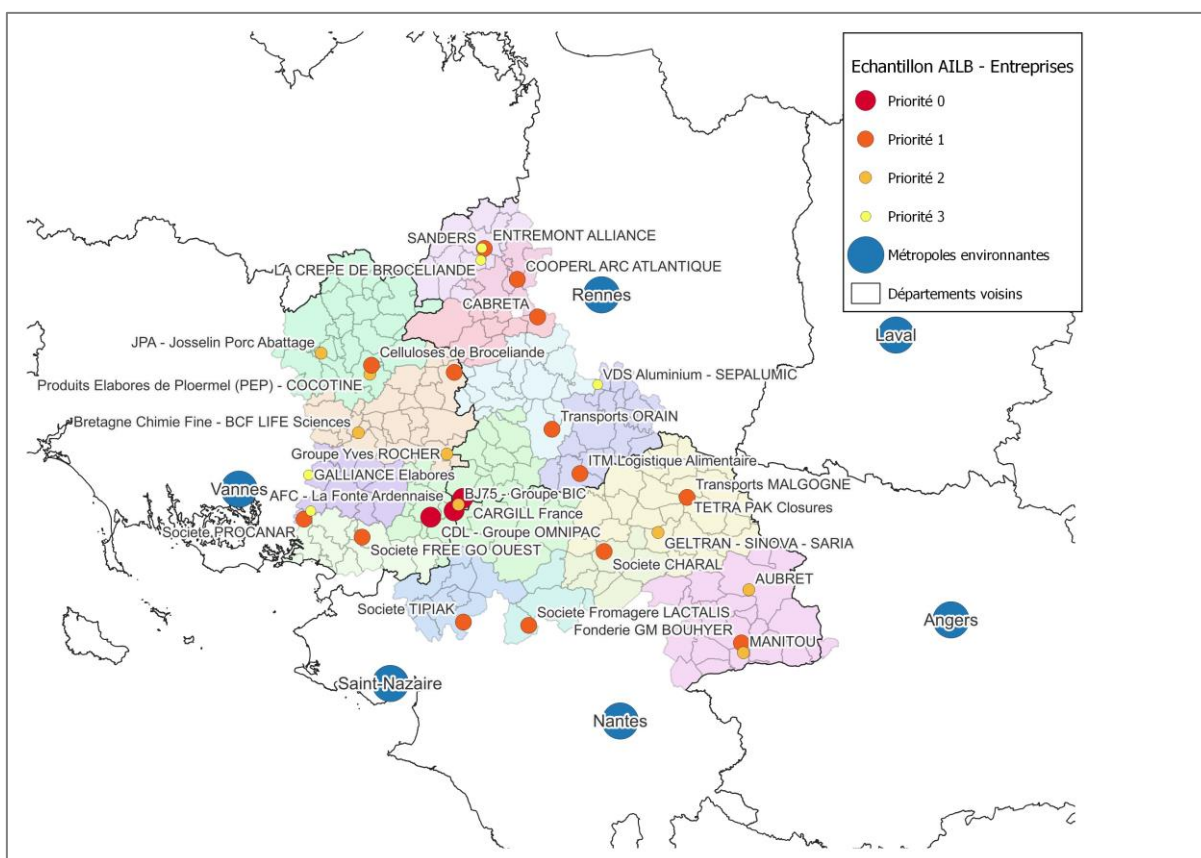


Figure 1 : Sélection d'entreprises par niveau de priorité

3.2 Tableaux des entreprises

Les entreprises répertoriées sont présentées dans le tableau ci-dessous par niveau de priorité. Dans le cadre de l'étude et parmi les 33 entreprises sondées, 12 entreprises ont répondu favorablement à nos sollicitations à travers la réalisation d'un entretien, 7 autres ont répondu qu'elles ne souhaitent pas participer à l'étude et enfin les 14 restantes n'ont pas répondu à nos sollicitations malgré de multiples relances.

Nom de la société	Territoire communautaire	Commune d'implantation	Domaine d'activité	Priorité	Energie	Entretien réalisé
CARGILL France	CA Redon Agglomération	Redon	IAA - Fabrication de pectine - Agent de texture	0	GAZ - ELEC	Non Pas de réponse
AFC - La Fonte Ardenaise	CA Redon Agglomération	Redon	Fabrication de pièces de sécurité en fonte grise et bainitique	0	ELEC	Non Pas de réponse
Fonderie GM BOUYER	CC 'ays d'Ancenis - COMPA	Ancenis-Saint-Géréon	Fonderie de fonte	1	ELEC	Oui
Transports ORAIN	CC Vallons de Haute Bretagne	Guipry-Messac	Transports Routiers de Marchandises et de Voyageurs ¹	1	GO - LOG	Oui
ITM Logistique Alimentaire	CC Bretagne Porte de Loire	Grand-Fougeray	Transports routiers et Fret de proximité ¹	1	GO - LOG	Non Pas de réponse
Société Fromagère LACTALIS	CC Pays de Blain	Bouvron	IAA - Fabrications fromagères de pâtes pressées cuites	1	GAZ - ELEC	Non Pas de réponse
Société CHARAL	CC de Nozay	Nozay	IAA - Fabrication en-gros - Viandes et Charcuteries	1	GAZ	Non Pas de réponse
Société TIPIAK	CC Pontchâteau - Saint-Gildas	Pontchâteau	IAA - Fabrications Alimentaires	1	GAZ	Non Pas intéressé
Société FREE GO OUEST	CC Arc Sud Bretagne	Péaule	Transports Routiers - Fret de proximité - Logistique	1	GO - LOG	Oui
Société PROCANAR	CC Questembert Communauté	Lauzach	Transformation / Conservation - Viande de Volaille	1	GAZ	Oui
Société MIX BUFFET	Oust à Brocéliande Communauté	Guer	Transformation et conserves de Légumes	1	ELEC	Oui
CELLULOSES DE BROCELIANDE	Ploërmel Communauté	Ploërmel	Hygiène bébé et Hygiène féminine - Usage unique	1	ELEC	Oui
ENTREMONT ALLIANCE	CC Saint-Méen / Montauban	Montauban-de-Bretagne	IAA - Fabrication et Affinage de Fromages	1	GAZ - ELEC	Non Pas intéressé
COOPERL ARC ATLANTIQUE	CC Montfort Communauté	Montfort-sur-Meu	IAA - Transformation et Conservation Viandes - Charcuterie	1	GAZ	Non Pas intéressé
CABRETA	Brocéliande Communauté	Bréal-sous-Montfort	Fabrication de bennes - Carrosserie	1	GAZ	Oui
Transports MALGOGNE	CC Châteaubriant - Derval	Châteaubriant	Transports Routiers et Fret Interurbain	1	GO - LOG	Non Pas intéressé
CDL - Groupe OMNIPAC	CA Redon Agglomération	Allaire	Fabrication Autres Articles Papier ou Carton	2	GAZ - ELEC	Oui

Nom de la société	Territoire communautaire	Commune d'implantation	Domaine d'activité	Priorité	Energie	Entretien réalisé
GELTRAN - SINOVA - SARIA	CC Châteaubriant - Derval	Issé	Alimentation Animale - Fabrication et Gros	2	GAZ	Non Pas de réponse
MANITOU	CC Pays d'Ancenis - COMPA	Ancenis-Saint-Géréon	Fabrication de Machines et Equipements de Levage	2	GAZ - ELEC	Non Pas de réponse
TETRA PAK Closures	CC Châteaubriant - Derval	Châteaubriant	Emballages de Produits Alimentaires	2	ELEC	Non Pas de réponse
AUBRET	CC Pays d'Ancenis - COMPA	Vallons-de-l'Erdre	IAA - Préparation Industrielle - Produits à base de Viandes	2	GAZ	Non Pas intéressé
BJ75 - Groupe BIC	CA Redon Agglomération	Redon	Fabrication en gros d'Articles pour Fumeurs	2	ELEC	Non Pas de réponse
JPA - Josselin Porc Abattage	CC Ploërmel Communauté	Josselin	IAA - Abattage, Découpe, Désossage de Viande - AGROMOUSQUETAIRES	2	ELEC	Non Pas de réponse
Produits Elaborés de Ploërmel (PEP) - COCOTINE	CC Ploërmel Communauté	Ploërmel	IAA - Produits Elaborés d'Oeufs Frais et Surgelés	2	GAZ - ELEC	Non Pas intéressé
Bretagne Chimie Fine - BCF LIFE Sciences	CC Oust à Brocéliande Communauté	Pleucadeuc	IAA - Fabrication Acides Aminés à base de Plumes de Volailles	2	ELEC	Oui
Groupe Yves ROCHER	Hors AILB	La Gacilly	Fabrication et Distribution de Cosmétiques Végétales	2	GAZ - ELEC	Oui
SPI - Société de Protéines Industrielles SAS	CC Questembert Communauté	Berric	Préparation Industrielle de Produits à base de Viande	3	GAZ	Non Pas de réponse
GALLIANCE Elaborés	CC Questembert Communauté	La Vraie-Croix	Plats Préparés à base de Volailles	3	GAZ	Non Pas intéressé
SANDERS	CC Saint-Méen / Montauban	Montauban-de-Bretagne	Fabrication Alimentation Animale	3	GAZ	Oui
LA CREPE DE BROCELIANDE	CC Saint-Méen / Montauban	Boisgervilly	IAA - Fabrication et Commercialisation de Crêpes et Galettes Fraîches	3	GAZ	Non
VDS Aluminium - SEPALUMIC	CC Vallons de Haute Bretagne Cté	Bourg-des-Comptes	Conception et fabrication de gammes de produits en aluminium	3	GAZ	Non
ALM Industrie	CC Saint-Méen / Montauban	Saint-Méen le Grand	Maintenance et chaudronnerie industrielle	3	GAZ	Non
Coopérative Garun-Paysanne	CC Saint-Méen / Montauban	Montauban-de-Bretagne	Nutrition animale	3	GAZ	Oui

3.3 Formulaire de questions

Les questions formulées nous permettent d'obtenir des informations sur le positionnement de l'entreprise, le niveau de réflexion et de connaissance sur le vecteur hydrogène. Ces informations sont précieuses pour connaître le niveau de maturité des entreprises sur ce sujet et la temporalité d'une possible conversion à l'hydrogène. Les possibilités de décarbonation de leur procédé industriel et de leur flotte de véhicules par de l'hydrogène est aussi évaluée. D'autres aspects importants, tels que les capacités d'investissement de l'entreprise dans de nouveaux équipements, ainsi que des éléments prospectifs à court, moyen et long terme (stratégie bas carbone, achats, projets, études) sont également évoqués.

En effet, ce contact est aussi l'occasion d'identifier les possibles risques d'une conversion à l'hydrogène, les freins et les opportunités déjà identifiés par l'interlocuteur. Ainsi, le questionnaire est organisé en plusieurs axes :

- Les **questions d'ordre général** permettant d'identifier le contact de l'entreprise, de caractériser l'activité de l'entreprise, les démarches engagées pour la décarbonation de leur production, le niveau d'acceptabilité et de réflexion sur une éventuelle conversion au vecteur hydrogène, les capacités d'investissement et décisionnelles.
- Les **questions sur les usages possibles de l'hydrogène** dans l'entreprise. En effet, nous nous intéressons à deux grandes familles d'usages : l'industrie et la mobilité. Dans le questionnaire, le but sera d'évaluer le gisement potentiel de conversion, en prenant en compte les actions déjà engagées par l'entreprise en matière de décarbonation mais aussi vérifier que le process industriel est compatible à une conversion à l'hydrogène.

Ci-dessous le détail des questions posées aux entretiens.

Axe	Questions	Notes
Process industriel	Gisement déjà mesuré/quantifié/estimé localement	L'entreprise est invitée à préciser les gisements et/ou opportunités de conversion du vecteur hydrogène déjà identifiés. Cette question est destinée aux entreprises ayant déjà engagé une réflexion sur la conversion à l'hydrogène.
	Gisement déjà exploité ?	Si l'entreprise exploite un gisement hydrogène, elle est invitée à préciser la quantité exploitée.
	Acceptabilité et/ou motivation à l'idée de récupération d'énergie	La motivation est un élément de bascule important dans un éventuel changement de source d'approvisionnement énergétique.
	Capacités d'investissements ? TRI attendu sur un projet EnR	En fonction des tailles des entreprises les capacités d'investissement seront très variables et la faisabilité d'un projet de décarbonation n'est pas garantie. Des indications sur les TRI attendu nous permettent d'évaluer des éventuels besoins de complément financier.
	Connaissez-vous les appels d'offre de l'ADEME dans le cadre du plan de relance ?	Cette question a vocation à informer les participants de l'existence des APP de l'ADEME en tant que source de financement.
	Echéance prévue de renouvellement des systèmes endothermiques ou exothermiques	Le renouvellement des équipements peut être un élément de bascule vers des procédés moins carbonés.

	Evolution des besoins prévus	L'entreprise peut connaître une forte période de croissance qui serait à considérer dans les gisements futurs.
	Investissements sur les process prévus à court/moyen/long termes	Les investissements prévus indiquent les orientations stratégiques de l'entreprise.
Mobilité	Quel est l'usage principal des véhicules de votre entreprise ?	Le but est de connaître si c'est un usage faible, moyen ou intense. Ainsi, nous pourrions mieux évaluer l'intérêt de l'hydrogène dans la mobilité.
	Quelle est la distance moyenne parcourue par chaque véhicule dans une journée, une semaine, un mois ?	Le kilométrage parcouru des véhicules nous permet de quantifier le gisement hydrogène.
	Quelles sont vos consommations de carburants journalières, hebdomadaires, mensuelles ?	Le carburant consommé nous permet de connaître la motorisation des différents véhicules et d'estimer un taux de convertibilité vers des motorisations hydrogène.
	Quel est le renouvellement courant du parc automobile (nb de véhicules achetés dans l'année par catégorie) ?	Comme pour l'industrie, le renouvellement de la flotte de véhicules peut être un élément de bascule vers des motorisations moins carbonées.
	Connaissez-vous le principe de la motorisation hydrogène, les véhicules disponibles sur le marché, leurs caractéristiques ?	Cette question a vocation à sensibiliser les participants aux motorisations hydrogène existantes et leurs caractéristiques. Ainsi que d'évaluer le niveau de connaissance sur le sujet.
	Avez-vous envisagé d'acquérir des véhicules hydrogène ?	La motivation et l'acceptabilité des participants à acquérir des véhicules hydrogène est évaluée ici.
	Votre parc compte-t-il des véhicules à motorisation hydrogène ?	Ici nous approfondissons le bilan des usages hydrogène sur le territoire de l'AILB.
	Identifier-vous des risques sur votre activité vous incitant à diversifier vos motorisations ?	Ainsi nous pouvons anticiper les risques et proposer des solutions pour les contourner.
	Quels sont les facteurs faisant actuellement obstacles à l'acquisition de véhicules hydrogène ?	Ainsi nous pouvons anticiper les risques et proposer des solutions pour les contourner.
	Avez-vous déjà réalisé des études portant sur cette conversion ?	L'entreprise est invitée à préciser les gisements et/ou opportunités de conversion du vecteur hydrogène déjà identifiés. Cette question est destinée aux entreprises ayant déjà engagé une réflexion sur la conversion à l'hydrogène.
	Quelle est votre état de réflexion quant à l'usage de l'hydrogène ?	La motivation est un élément de bascule important dans un éventuel changement de source d'approvisionnement énergétique.
	Identifiez-vous des freins quant à l'utilisation d'hydrogène (technique, réglementaire, économique etc..) ?	Ainsi nous pouvons anticiper les risques et proposer des solutions pour les contourner.

3.4 Limites et points forts de la démarche d'entretiens

La démarche engagée nous a permis d'accroître le niveau d'information sur les besoins futurs d'hydrogène sur le territoire, ainsi que les opportunités de production. Néanmoins, l'enquête présente ses limites et celles-ci sont à prendre en compte dans l'interprétation des résultats de l'étude.

La première limite est l'échantillon d'entreprises évalué, seulement une dizaine d'entreprises a répondu à nos sollicitations, ce qui représente 40% des entreprises sollicitées et identifiées comme ayant un haut potentiel théorique de conversion à l'hydrogène. Ce nombre limité d'entretiens ne représente pas l'ensemble du territoire de l'AILB, et par conséquent des lacunes peuvent exister dans les données récoltées.

En outre, l'analyse est réalisée grâce aux données collectées lors des différents entretiens. Ces derniers étant sur des sujets techniques divers et variés (procédés industriels, logistiques, flotte de véhicules, politique RSE, investissements, etc.) et avec des interlocuteurs ayant des profils variés, les volumes de données collectées varient d'une entreprise à une autre. Le caractère approximatif des données est à considérer, et parfois, l'impossibilité d'obtenir des informations nous amène à utiliser d'autres sources de données théoriques. Toutefois, AEC a veillé à maintenir une cohérence des données entre les retours des entretiens et les autres sources utilisées.

Le niveau de réflexion des entreprises sur une éventuelle conversion au vecteur hydrogène est aussi très différent d'une structure à une autre. Pour certaines entreprises, où des études ont déjà été engagées, nous avons obtenu des données précises sur la possibilité d'exploiter ce vecteur énergétique. A contrario, l'obtention de réponses précises a été rendue plus complexe pour les entreprises de taille moyenne qui n'ont peut-être pas les moyens d'engager ce type de recherche. En revanche, l'entretien a permis de les questionner et de les sensibiliser à cette filière.

Malgré toutes les limites évoquées précédemment, la démarche nous a permis d'obtenir plusieurs informations précieuses qui nous autorisent à tirer des conclusions quant à la structuration de la filière. En effet, les entretiens sont un bon moyen pour prioriser les sites interrogés. Grâce à la démarche, plusieurs sites sont écartés car leur stratégie de décarbonation est déjà définie, mais aussi, d'autres sont considérés comme prioritaires car leur politique leur permet une conversion à l'hydrogène.

Les discussions ont permis d'obtenir une solide appréhension du degré d'intérêt des entreprises concernant leur transition vers l'hydrogène. En outre, cela nous a permis de déterminer la temporalité de ce changement, en prenant en considération leur capacité financière et leur processus décisionnel. Cela apporte une valeur indéniable aux analyses purement théoriques, en tenant compte des défis concrets rencontrés sur le terrain.

De plus, la démarche s'avère être un bon moyen pour sensibiliser les entreprises et fournir des informations plus détaillées, contribuant ainsi à une meilleure compréhension du domaine de l'hydrogène. Un certain nombre d'entreprises interrogées sont enclines à participer à des réunions ou à suivre des formations afin de mieux appréhender ces sujets. La diffusion des résultats de l'étude contribuera également à fournir ce type d'information.

Enfin, les échanges ont facilité l'identification d'éventuels points de blocage sur lesquels l'AILB pourrait intervenir, ou encore, de définir les conditions pour lesquelles les entreprises sont prêtes à basculer vers de l'hydrogène. Ainsi, l'AILB peut appréhender les attentes des sociétés pour adopter une stratégie de développement local de la filière.

3.5 Synthèse des entretiens par entreprises

Le tableau ci-dessous synthétise les retours obtenus lors des différents entretiens, en particulier, les obstacles et les opportunités identifiés par chaque entreprise dans le déploiement de l'hydrogène.

Entreprise	Commune	Secteur d'activité	Niveau d'intérêt pour l'H2	Acceptabilité	Niveau de connaissance sur l'H2	Usage H2 possible	Production H2 possible	Obstacles au passage à l'hydrogène	Opportunités au passage à l'hydrogène	Temporalité
Bretagne Chimie Fine - BCF LIFE Sciences	Pleucadeuc	Chimie Fine	Élevé	Bonne	Moyen	Industrie et mobilité	Non	Industrie : l'approvisionnement en hydrogène en gros est aujourd'hui trop couteux et difficile. Mobilité : Les coûts d'achats ainsi que les difficultés d'approvisionnement représentent un obstacle pour acquérir des véhicules hydrogène. L'entreprise possède des bornes électriques qui représentent des coûts de recharge intéressants. Les salariés sont ainsi incités à acquérir des véhicules électriques.	En attente du réseau hydrogène et d'une clarification du positionnement de la Bretagne au sujet du déploiement de l'hydrogène. Favorable à l'essai de chariots élévateurs H2. L'entreprise se consacre actuellement aux diminutions des consommations énergétiques, la substitution sera réfléchie à partir de 2027. La société, de type PME, à une capacité de décisionnelle rapide.	5 ans
FREE GO OUEST	Péaule	Transport de marchandise	Élevé	Bonne	Moyen	Mobilité	Non	Un obstacle identifié est la possibilité d'approvisionnement encore trop faible. Encore trop d'incertitudes sur la technologie, les coûts, les fournisseurs et les subventions disponibles pour un passage à l'hydrogène.	Aujourd'hui, 100% des poids lourds fonctionnent au gasoil. L'entreprise est en attente d'un réseau maillé de stations de ravitaillement hydrogène et d'une centralisation des fournisseurs. Un ravitaillement sur site, à Nantes, Vannes et Rennes serait idéal. La société est partante pour une expérimentation et est prête à investir pour adapter progressivement sa flotte.	5 ans
CABRETA	Bréal-sous-Montfort	Carrossier constructeur de bennes	Moyen	Bonne	Faible	Industrie	Non	L'hydrogène pourra être envisagé comme solution mais le facteur décisionnel sera le coût d'investissement. La société faisant partie d'un grand groupe italien, les investissements sont décidés au siège de l'entreprise.	En fin d'année l'entreprise réalise son bilan de gaz à effet de serre. Dans ce cadre, l'entreprise pourra explorer les possibilités de décarbonation de son process. La société est intéressée pour connaître le principe de fonctionnement, les solutions techniques et les coûts associés à ce vecteur.	5 ans
Celluloses de Brocéliande	Ploërmel	Hygiène bébé, hygiène féminine, masque FFP2	Moyen	Bonne	Faible	Mobilité	Oui	Industrie : Le process industriel est électrifié et des mesures d'économie d'énergie sont déjà engagées. L'entreprise récupère la chaleur de ses lignes de production pour chauffer les locaux. D'autres mesures sont envisagées pour optimiser la récupération d'énergie. Mobilité : les motorisations hydrogène et les coûts de conversion sont encore méconnues.	Mobilité : L'entreprise possède un intérêt pour la substitution des chariots élévateurs. L'entreprise est engagée dans la démarche RSE depuis mai 2023 et est en cours de certification ISO 50 001. Des projets d'installation de bornes de recharge et d'installation de panneaux photovoltaïques sont en réflexion. L'entreprise possède du foncier disponible pour éventuellement stocker de l'hydrogène.	5 ans
Fonderie GM BOUYER	Ancenis-Saint-Géréon	Fonderie de fonte	Moyen	Bonne	Moyen	Industrie et mobilité	Non	Le frein technique est le principal obstacle, aujourd'hui les solutions de substitutions sont encore peu matures et les coûts élevés.	Industrie : Les équipements sont sur le point de bascule, l'entreprise utilise du gaz pour allumer la coke et procéder à la fonte. L'entreprise souhaite s'engager dans la décarbonation de son process. Néanmoins, il existe peu de leviers pour décarboner son activité. L'entreprise suit les travaux de recherche réalisés sur le sujet. Mobilité : L'entreprise a un partenariat avec Renault pour les véhicules électriques. Si des solutions hydrogène sont proposées, ils sont partants.	3 ans
PROCANAR - Groupe LDC	Lauzach	Industrie Agroalimentaire	Moyen	Moyen	Faible	Industrie	Non	Industrie : Les procédés industriels sont peu adressables aujourd'hui du fait des difficultés économiques et de la disponibilité de la ressource. Les gains environnementaux sont aussi méconnus. Mobilité : faible parc de véhicules en propre. Les chariots élévateurs sont électriques mais leur usage est faible donc l'intérêt de passage à l'hydrogène est limité. Capacité décisionnelle limitée car c'est le groupe LDC qui porte ces décisions.	L'entreprise s'est engagée dans une démarche RSE pour la réduction des consommations d'origine fossile. La réalisation d'un bilan carbone est prévue à partir de 2024. L'entreprise réfléchit à challenger les sous-traitants et favoriser les offres de prestations vertueuses.	10 ans

Entreprise	Commune	Secteur d'activité	Niveau d'intérêt pour l'H2	Acceptabilité	Niveau de connaissance sur l'H2	Usage H2 possible	Production H2 possible	Obstacles au passage à l'hydrogène	Opportunités au passage à l'hydrogène	Temporalité
Transports ORAIN	Guipry-Messac	Transport de marchandise	Moyen	Bonne	Bon	Mobilité	Oui	L'entreprise prévoit le passage au GNV sur le court terme. Le passage à l'hydrogène n'est pas envisagé pour le moment car il n'y a pas d'offre concurrentielle sur le marché des camions et le coût des véhicules ne permet pas de maintenir l'activité. Les stations de ravitaillement sont encore peu nombreuses.	L'entreprise est favorable à disposer d'un parc avec des motorisations différentes (électrique, GNV, hydrogène). Une station de ravitaillement à Redon serait un point de bascule, notamment dans l'activité du transport scolaire. La réalisation du projet H2X aurait un effet levier dans le développement de l'hydrogène et l'implication des acteurs du territoire. La société est intéressée pour être producteurs d'hydrogène ou répondre à des APP.	-
Coopérative Garun-Paysanne	Montauban-de-Bretagne	Nutrition animale	Faible	Moyen	Moyen	Industrie	Non	La conversion des consommations au gaz naturel est récente. L'interlocuteur n'a pas d'information sur les usages hydrogène dans l'industrie. Les investissements prioritaires concernent des problématiques de maintenance et leur capacité d'investissement reste faible. L'entreprise est soumise à de fortes contraintes réglementaires et est classée SEVESO ce qui impacte ses possibilités de production et stockage d'hydrogène.	Il y a un potentiel fort d'écosystème H2 car l'entreprise est située dans une zone industrielle dense avec deux autres sociétés concurrentes sur la nutrition animale. De plus, la collectivité est motrice sur les sujets environnementaux et des projets d'autoconsommation collective sont en cours de réflexion.	-
Groupe OMNIPAC	Allaire	Fabrication de papier/carton	Faible	Moyen	Moyen	Industrie	Non	La politique de décarbonation est étudiée depuis 2 ans, l'entreprise a engagé une étude qui démontre que l'hydrogène n'est pas une possibilité de décarbonation dans leurs activités. Ainsi, l'entreprise s'est tournée vers la conversion la biomasse. La mobilité est gérée par un prestataire externe.		5 ans
Mix Buffet	Guer	Industrie Agroalimentaire	Faible	Moyen	Moyen	Industrie et mobilité	Non	Industrie : Peu d'intérêt à l'heure actuelle car des investissements conséquents ont été engagés pour le passage au propane en 2023. Mobilité : Faible parc de véhicules en propre, les véhicules sont loués tous les 2-3 ans.	Mobilité : Un intérêt de conversion peut se présenter à la conversion des chariots élévateurs qui fonctionnent aujourd'hui au propane. D'autres mesures indirectes sont à l'étude telles que prioriser les sous-traitants utilisant des mobilités "vertes".	5 ans
Yves Rocher	La Gacilly	Cosmétiques	Faible	Moyen	Bon	Industrie et mobilité	Non	L'évaluation du potentiel de conversion à l'hydrogène a été réalisée en 2021, mais l'étude a démontré que les coûts étaient trop élevés, en particulier, pour les chariots élévateurs et les camions. De même pour les usages industriels : l'entreprise s'oriente vers une électrification de ses besoins énergétiques. La société a investi dans une chaudière biomasse couplée à un réseau de chaleur qui relie deux de ses sites. L'entreprise est également soumise à de fortes contraintes réglementaire dû à son statut SEVESO. Des projets d'ombrières de parking sont en cours de réalisation.		-
Sanders	Montauban	Alimentation animale	Moyen	Bon	Moyen	Industrie	Non	Industrie : Sanders appartient au groupe Avril, les décisions de stratégie de décarbonation sont prises à l'échelle du groupe : il n'y a pas de réflexion sur ce vecteur énergétique car des investissements sont déjà engagés dans des projets propane et de biomasse (les usines produisent de la biomasse agricole). La consommation énergétique du groupe représente qu'une faible partie des émissions de gaz à effet de serre (les matières premières sont les plus émettrices). Au sein du site de Montauban, l'espace de stockage est limité mais, dans les autres usines, il est possible d'obtenir du foncier pour de tels projets. Mobilité : l'usage de chariots élévateurs est faible. Le transporteur est sous-traité et les véhicules légers sont en leasing.	Bonne acceptabilité et ouvert à explorer de nouveaux vecteurs énergétiques qui permettent de stabiliser le coût de production. Ils projettent une stabilité dans la production d'aliments malgré une baisse de production récente. Les équipements sont anciens et des remplacements sont prévus prochainement.	5 ans

Plusieurs éléments sont à retenir des différents entretiens qui vont alimenter la stratégie de déploiement de l'hydrogène à l'échelle de l'AILB. Tout d'abord, nous observons que les **obstacles** évoqués sont souvent les mêmes :

- Pour la **mobilité**, ce qui est souvent cité sont les coûts d'investissement élevés des camions et des chariots élévateurs. Le manque de compétitivité et d'offres de ces véhicules, ainsi que les difficultés d'approvisionnement liées à un manque de stations de ravitaillement sur le territoire sont un frein certain. La question de l'approvisionnement est également un sujet de préoccupation avec une gestion des avitaillements plus complexe que pour des véhicules électrique batterie.
- Pour l'**industrie**, il s'agit plutôt de freins techniques : les industriels ne connaissent pas les solutions techniques pour la substitution à l'hydrogène de leur process (combustion de gaz naturel, production de vapeur, etc.). Les difficultés d'approvisionnement et de stockage sont aussi un frein au choix de ce vecteur énergétique. En outre, une entreprise a sougné la contrainte réglementaire que pourrait engendrer le passage à l'hydrogène (classification SEVESO).

Par ailleurs, les entreprises ayant entrepris des investissements pour la décarbonation de leur énergie n'ont pas choisi ce vecteur énergétique. L'hydrogène n'est pas envisagé comme une solution à court terme. Néanmoins, l'acceptabilité est bonne et les entreprises sont ouvertes à un accompagnement sur ces sujets.

D'autres **facteurs susceptibles de constituer un tournant vers l'hydrogène** ont également émergé des discussions. Ci-dessous, nous synthétisons les différents points :

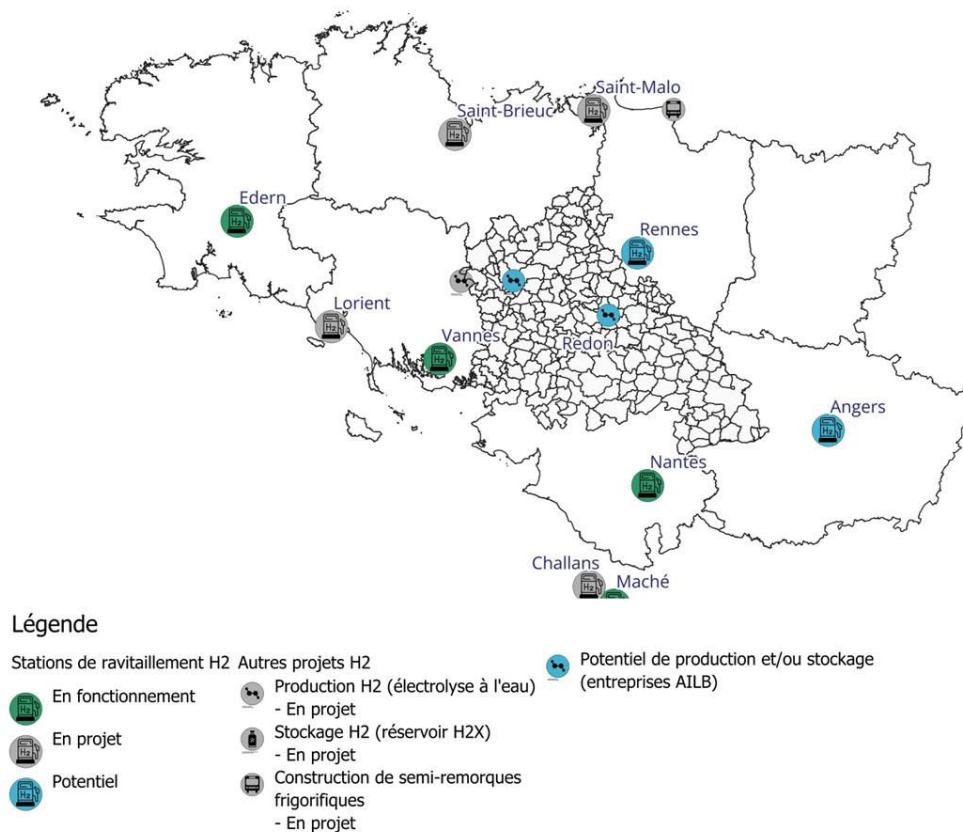
- Favoriser l'émergence d'un **réseau d'avitaillement en hydrogène** en différents points stratégiques sur le territoire de l'AILB (Redon) et en périphérie (ouest de Rennes, nord de Nantes et Vannes) et centraliser les fournisseurs pour simplifier l'approvisionnement.
- Obtenir une **offre de véhicules lourds et de chariots élévateurs à l'hydrogène à des prix compétitifs**.
- Formuler **les solutions techniques et les coûts associés** pour une conversion des procédés industriels à l'hydrogène.
- Définir les **acteurs et partenaires locaux** à associer dans ce type de démarche.
- **Clarifier la stratégie** à l'échelle locale du déploiement de la filière.
- **Communiquer davantage** sur les projets existants, les appels à projets et les subventions disponibles.

4. Potentiel de développement de l'hydrogène

Créer un écosystème hydrogène revient à associer les différents acteurs, technologies, infrastructures et politiques dans le but de structurer la filière sur toute sa chaîne de valeur, de la production à la consommation. Dans l'étude, nous allons donc explorer les opportunités de production, de stockage, de distribution et d'utilisation du vecteur énergétique.

4.1 Opportunités de production, de stockage et de distribution d'hydrogène

Il est intéressant d'adopter une vision extraterritoriale (en dehors des limites de l'AILB) afin de mieux appréhender les opportunités de production, de stockage et de distribution offertes par les territoires voisins. En effet, les régions Bretagne et Pays de la Loire sont très actives dans le développement de projets hydrogène, nous pouvons donc voir que plusieurs projets sont déjà en cours de réalisation (représentés en gris sur la cartographie ci-dessous). Ces derniers sont également consultables sur [Vig'hy](#) (cartographie en ligne recensant les projets hydrogène).



Au niveau des **stations de ravitaillement**, plusieurs villes sont déjà équipées :

- Vannes possède une station d'une capacité de 300 kg/jour.
- Nantes possède 3 stations d'une capacité totale de 86 kg/jour.

D'autres sont en projet à Lorient, Challans, Saint-Brieuc et Saint Malo et devraient ouvrir dans les deux prochaines années. Nous remarquons toutefois que des points stratégiques de ravitaillement manquent, notamment à Rennes et Angers. En effet, un véhicule léger hydrogène dispose d'une autonomie moyenne de 640 km, il serait donc nécessaire de disposer d'un point de ravitaillement tous les 400 km minimum.

A l'échelle de l'AILB, la concrétisation du projet de station à Redon pourrait être un élément de bascule pour les entreprises de logistique du territoire. Pour rappel, l'ambition du projet est de produire et de distribuer de l'hydrogène sur la commune de Redon. Aussi, une commune voisine du territoire de l'AILB, Buléon, envisage de produire de l'hydrogène afin d'approvisionner deux stations de distribution pour de la mobilité lourde et maritime. Pour l'instant, il n'y a pas de données sur les capacités de production envisagées pour ce projet.

Enfin, deux entreprises interrogées se disent favorables à produire et/ou stocker de l'hydrogène : Transports Orain et Cellulose de Brocéliande (en bleu sur la cartographie). Il serait donc intéressant de creuser la faisabilité de tels projets avec ces entreprises.

Dans le cadre du plan de relance, l'ADEME a lancé deux appels à projets : le premier « écosystèmes territoriaux hydrogène » qui vise à structurer la filière hydrogène. Dans ce cadre, l'ADEME subventionne les projets de production à l'électrolyse d'eau de puissance égale ou supérieure à 2MW sous réserve d'avoir une partie des usages sécurisée. Un autre appel à projets « briques technologiques et démonstrateurs » vise à soutenir les projets pilotes liés à la production et au transport de l'hydrogène et pourrait être ciblé dans le cadre d'un usage industriel du vecteur hydrogène.

4.2 Utilisateurs potentiels d'hydrogène

Cette étude constitue une première brique dans la définition des usages possibles de l'hydrogène sur le territoire de l'AILB. Néanmoins il convient de préciser que l'identification de ces usages potentiels ne signifie pas un basculement de ces entreprises vers ce vecteur énergétique. Sur cette cartographie, nous définissons les usages identifiés :

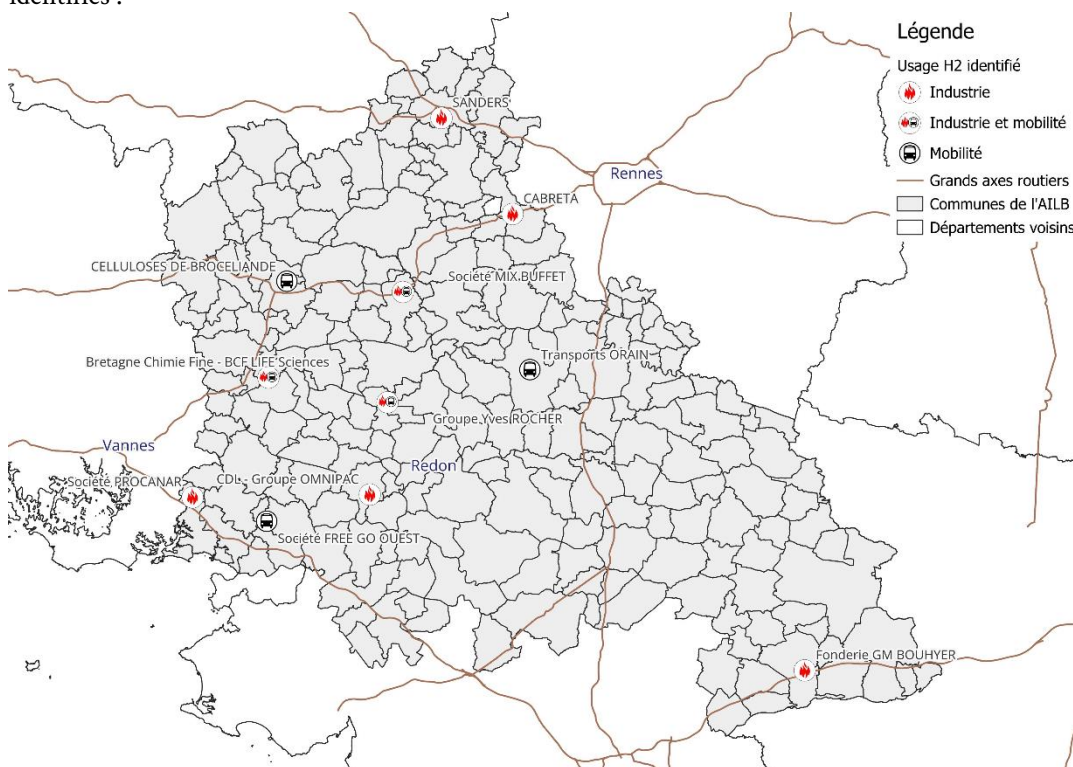


Figure 2 : Usage hydrogène identifiés parmi les entreprises interrogées

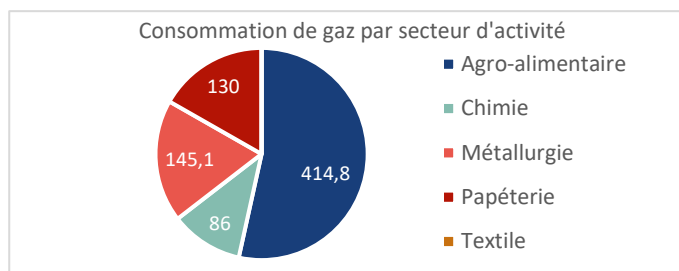
- **Industrie** : il s'agit principalement de la production de chaleur industrielle en utilisant l'hydrogène comme combustible. Nous n'avons pas été en mesure de caractériser précisément l'usage de l'hydrogène dans ces industries car celui-ci sera très dépendant du procédé et des équipements présents.
- **Mobilité** : il s'agit de la mobilité lourde pour les entreprises de logistique, mais aussi, le remplacement de chariots élévateurs.

L'enjeu est d'estimer les besoins futurs d'hydrogène sur le territoire de l'AILB de manière à aligner la production sur la demande. Il s'agit aussi de prendre en compte les actions de sobriété amorcées par les différentes entreprises et, finalement, d'identifier les circuits courts possibles alliant production, stockage et consommation.

4.2.1. Secteur industriel

A l'échelle de l'AILB, ce secteur consomme 1 583 GWh/an d'électricité et 1 287 GWh/an de gaz en 2021 (SDES). Les entreprises du secteur agro-alimentaire dominent le paysage industriel, comptant pour 60 % de l'ensemble, ce qui en fait le secteur le plus consommateur. La répartition des sociétés par secteur d'activité est la suivante :

Secteur d'activité	Nombre d'entreprises
Agro-alimentaire	16
Chimie	2
Métallurgie	5
Papèterie	3
Textile	1
Transport routier	3
TOTAL	30



1. Usages de l'hydrogène dans l'industrie

L'hydrogène peut être utilisé dans diverses applications industrielles en raison de ses propriétés uniques, notamment sa densité massique d'énergie élevée et son absence d'émission directe de GES. Voici quelques-uns des usages de l'hydrogène dans l'industrie :

- L'hydrogène est largement utilisé dans **l'industrie chimique** pour diverses applications. Outre ses nombreuses applications dans les procédés chimiques, il est important de souligner son rôle dans le domaine du **raffinage du pétrole**, où il est produit et directement employé pour purifier les produits pétroliers en éliminant les impuretés et en réduisant la teneur en oxygène.
- L'hydrogène est aussi utilisé pour sa combustion en tant que **source d'énergie** dans les équipements industriels, mais aussi dans les systèmes de réfrigération et de climatisation. Le vecteur énergétique est utilisé comme **fluide de travail** dans les systèmes de compression et d'absorption, dans les pompes à chaleur et dans les **piles à combustible**. Il peut être donc converti en électricité et chaleur via ces piles à combustible.
- L'hydrogène est aussi utilisé dans la **production d'ammoniac** qui est un composant clé de l'engrais. La méthode la plus courante pour sa production est le vaporeformage de gaz naturel, d'où l'intérêt du secteur agro-alimentaire dans la production d'hydrogène et sa décarbonation. L'ammoniac liquide est aussi considéré comme une solution de transport de l'hydrogène sur des grandes distances car il dispose de plusieurs avantages : sûreté, densité énergétique élevée, stockage à grande échelle et sur le long terme.
- Le **méthanol**, qui est un composant clé dans la fabrication de divers produits chimiques et de carburants, est produit également grâce à l'hydrogène. Aussi, l'hydrogène est utilisé dans la **réduction de métaux rares**, qui est une étape cruciale pour obtenir des métaux purs à partir de minerais ou de composés métalliques. Son utilisation dans la sidérurgie peut être étendue dans la fourniture de chaleur

dans les processus de fusion et de forgeage de l'acier. L'hydrogène permet également d'obtenir des soudures de haute qualité avec la technique de soudure à l'arc.

- Enfin, le composé chimique est utilisé dans les stations de **traitement d'eau** pour éliminer les métaux lourds, les composés organiques et d'autres polluants.

2. Méthodologie

Dans l'analyse prospective des besoins futurs d'hydrogène, l'ensemble des entreprises possédant un potentiel de conversion sont étudiées (ayant fait l'objet d'un entretien ou non). Le risque de ne pas considérer ces sociétés serait de sous-estimer le potentiel d'hydrogène du territoire.

Afin d'estimer le taux de substitution des consommations énergétiques de ces entreprises par l'hydrogène, un jeu d'hypothèses est établi, prenant en compte à la fois les retours des entretiens, ainsi que les éléments de contexte de la filière tels que la maturité technologique, le temps de structuration et de commercialisation des technologies émergentes, et les perspectives du secteur quant à l'adoption de l'hydrogène.

Ainsi, pour les entreprises qui ont fait l'objet d'un entretien, nous avons été en mesure de caractériser précisément les éléments suivants :

- **Le niveau d'intérêt de l'entreprise pour passer à l'hydrogène : faible, moyen ou élevé.**
Ce niveau prend en compte l'intérêt de l'entreprise de convertir son procédé industriel à l'hydrogène. Par exemple, une entreprise qui vient d'investir dans un procédé énergétique décarboné autre que l'hydrogène présente un intérêt faible. A l'inverse, une entreprise favorable à l'expérimentation présente un intérêt élevé.
- **L'usage hydrogène identifié : mobilité, industrie ou les deux.** Grâce aux échanges nous savons l'usage de l'hydrogène dont l'entreprise peut bénéficier. Parfois, il est peu intéressant de considérer ce vecteur pour le process industriel mais il reste pertinent pour le remplacement de chariots élévateurs.
- **Les données de consommation et le parc automobile.** Les données recueillies concernant la consommation énergétique par source d'énergie, le volume du parc automobile, ainsi que les distances annuelles parcourues nous ont permis de quantifier le potentiel d'utilisation de l'hydrogène par ces entreprises sur ces usages. Les perspectives sont aussi prises en compte : actions de sobriété énergétique et/ou croissance de l'activité prévue dans les prochaines années.

Nous définissons alors un taux de conversion des consommations énergétiques en hydrogène en fonction du niveau d'intérêt de l'entreprise. Ce taux est défini comme suit :

<u>Hypothèse avec entretien</u>	2030			2040		
<i>si intérêt</i>	Faible	Moyen	Elevé	Faible	Moyen	Elevé
Industrie	0%	20%	60%	0%	40%	80%

- Un intérêt faible correspond à 0% de consommation hydrogène dans l'industrie à horizon 2030 et 2040.
- Un intérêt moyen correspond à 20% de consommation hydrogène dans l'industrie à horizon 2030 et 40% à horizon 2040.
- Un intérêt élevé correspond à 60% de consommation hydrogène dans l'industrie à horizon 2030 et 80% à horizon 2040.

Ce taux est pondéré en fonction du secteur industriel qui ne présente pas les mêmes opportunités de conversion à l'hydrogène. Pour les entreprises n'ayant pas fait l'objet d'un entretien, des hypothèses générales sectorielles sont prises.

Le tableau ci-dessous synthétise les hypothèses sectorielles :

	Maturité technologique	Temps de structuration du secteur (années)	Prospection à passer à l'H ₂
Agro-alimentaire	Moyenne	5	Moyen
Chimie	Elevé	3	Elevé
Métallurgie	Faible	7	Moyen
Papeterie	Faible	7	Faible
Textile	Faible	7	Faible

Hypothèse sans entretien

Secteur	2030	2040
Agro-alimentaire	10%	20%
Chimie	15%	25%
Métallurgie	5%	20%
Papèterie	2%	3%
Textile	2%	3%
Mobilité	5%	15%

3. Résultats

Les entreprises sont actuellement en train de mettre en place des initiatives visant à améliorer l'efficacité énergétique, avec deux objectifs principaux : réduire leurs coûts énergétiques et minimiser leur impact environnemental en réduisant leurs émissions de carbone. De nombreuses sociétés exploitent déjà la chaleur produite par leurs processus industriels pour chauffer leurs locaux, et elles envisagent d'optimiser davantage ce système. Nous avons donc estimé que les entreprises vont diminuer de 10% leur consommation énergétique à horizon 2030 et de 20% à horizon 2040. Ce qui donne une consommation du secteur industriel de 1097 TWh en 2030 et 975 TWh en 2040.

Grâce à tous ces éléments, nous avons pu projeter la quantité d'hydrogène qui pourrait être consommée sur le territoire de l'AILB en 2030 et 2040. Les résultats présentés concernent uniquement les **usages de l'hydrogène dans l'industrie**. Ce qui donne :

- Une consommation annuelle d'hydrogène de 2700 tonnes à horizon 2030 avec une répartition par secteur de 40% le secteur agroalimentaire, 40% les industries chimiques et 21% la métallurgie.
- Une consommation annuelle d'hydrogène de 4400 tonnes à horizon 2040 avec une répartition par secteur de 40% le secteur agroalimentaire, 28% les industries chimiques et 31% la métallurgie.

	Industrie	
	2030	2040
Consommation H ₂ (en tonnes/an)	2 700	4 400
Capacité installée - électrolyse (MW)	16-18	27-29

Nota : un électrolyseur d'une puissance installée de 6 MW fonctionnant 24h/24 peut produire un peu moins de 1 kilotonne d'hydrogène chaque année. D'après ce scénario, une capacité installée de 40 MW serait nécessaire pour répondre aux consommations d'hydrogène de l'industrie en 2040. Attention, ce résultat reste estimatif, il est important d'accroître le dialogue avec ces entreprises pour préciser ce potentiel de consommation à l'avenir.

L'entreprise présentant le plus de potentiel serait BCF LIFE Sciences (estimé à 1300 tonnes annuelles en 2030). Effectivement, le secteur d'activité de l'entreprise est propice à l'utilisation de l'hydrogène.

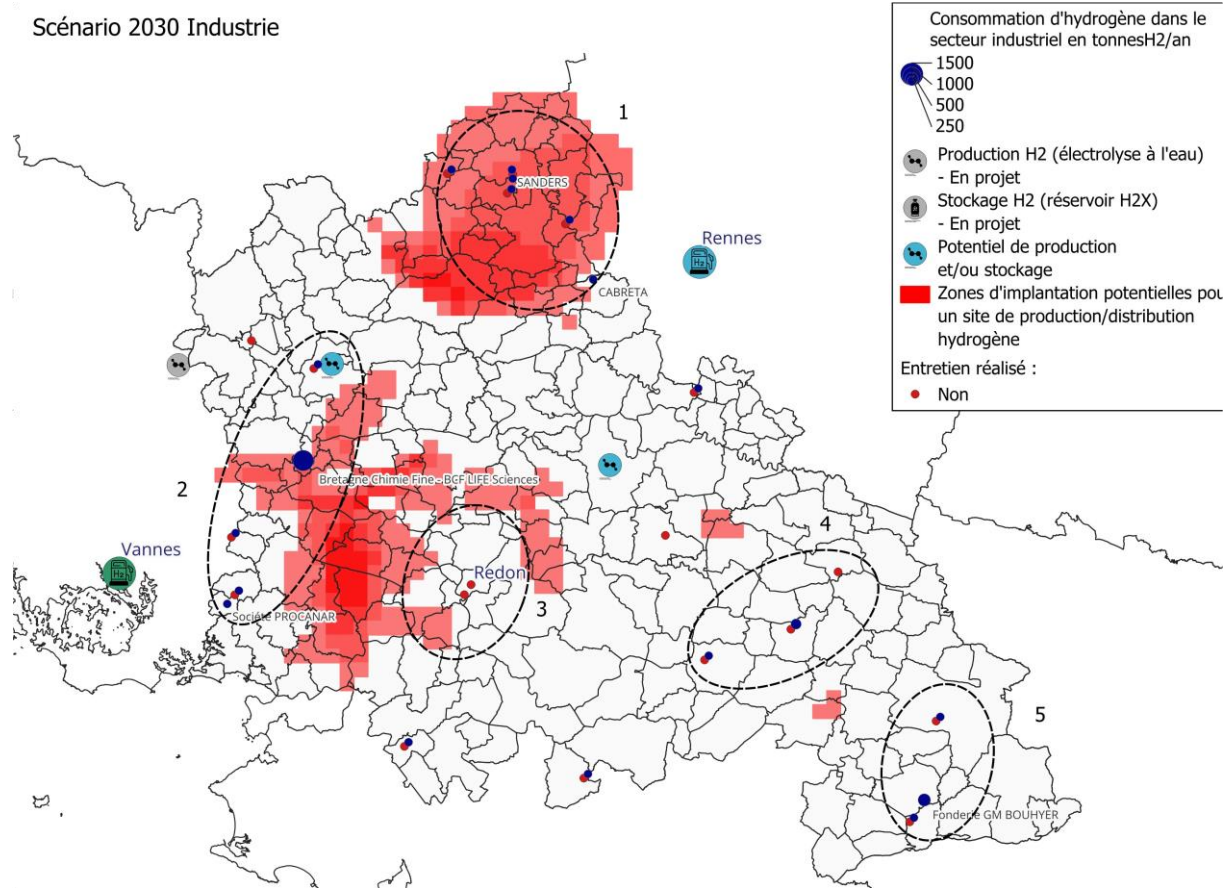


Figure 3 : Cartographie présentant les entreprises consommant de l'hydrogène (secteur industrie 2030)

Sur cette cartographie, nous représentons les possibles consommateurs à horizon 2030, et aussi, les projets de production et de stockage d'hydrogène en cours (entourés en vert). Les entreprises présentant un potentiel de production et/ou de stockage (d'après les entretiens réalisés) sont aussi représentés. Nous identifions 5 pôles consommateurs entourés en noir et numérotés de 1 à 5 :

Numéro pôle	Tonnes H ₂ /an
1	266
2	1230
3	0
4	271
5	583

En effet, nous observons que sur le moyen terme, les usages de l'hydrogène pourraient rester assez faibles (temps de structuration et de maturité des technologies). Toutefois, ces consommations pourraient s'accroître si des projets structurants sont réalisés sur le territoire.

4.2.2. Mobilité

1. Les usages de l'hydrogène dans la mobilité

L'hydrogène est de plus en plus usité comme une source d'énergie propre et polyvalente dans le domaine de la mobilité. Voici une description des principaux usages de l'hydrogène dans ce contexte :

- **Voitures à hydrogène** : Les voitures à hydrogène concernent majoritairement les voitures électriques à pile à combustible hydrogène. Celles-ci utilisent l'hydrogène comme combustible pour alimenter une pile à combustible, qui génère de l'électricité pour alimenter le moteur électrique du véhicule. Ces véhicules n'émettent que de la vapeur d'eau et de la chaleur comme sous-produits, ce qui en fait une option de mobilité à zéro émission de GES.
- **Camions et bus à hydrogène** : Des véhicules utilitaires tels que des camions et des bus utilisent également l'hydrogène comme source d'énergie. L'hydrogène est stocké dans des réservoirs à haute pression, puis utilisé pour alimenter des piles à combustible, offrant une mobilité propre, une plus grande autonomie et un taux de disponibilité élevé par rapport aux batteries électriques.
- **Trains à hydrogène** : En substitué des trains diesel et sur des réseaux ferroviaires non électrifiés, le train à hydrogène constitue une solution pertinente car ils permettent une production d'électricité à bord à partir de l'hydrogène stocké pour alimenter les moteurs électriques des trains. Cela permet une mobilité ferroviaire plus propre, en particulier sur des lignes non électrifiées. En outre, des solutions de retrofit sur du matériel roulant thermique sont à l'étude à la SNCF permettant de limiter les coûts de conversion et d'augmenter la durée de vie de certains matériels roulants.
- **Navires à hydrogène** : Les bateaux et les navires peuvent également utiliser l'hydrogène comme carburant. Les piles à combustible à bord produisent de l'électricité à partir de l'hydrogène stocké.
- **Vélos et scooters à hydrogène** : Des véhicules plus légers, tels que des vélos et des scooters, peuvent être propulsés par des piles à combustible à hydrogène. Cela permet une mobilité urbaine plus propre et silencieuse.
- **Infrastructures d'avitaillement en hydrogène** : Le développement d'infrastructures d'avitaillement en hydrogène, et notamment de distribution, est essentiel pour soutenir ces modes de mobilité. Ces stations peuvent produire, stocker et distribuer de l'hydrogène pour les véhicules à hydrogène. L'ADEME subventionne les projets produisant plus de 300 tonnes d'hydrogène par an (électrolyseur de 2 MW) et ayant une partie des usagers sécurisée.

2. Méthodologie

Comme pour le secteur industriel, les entretiens menés nous ont permis d'obtenir des informations précises concernant le parc automobile des entreprises. Pour celles qui n'ont pas été interrogées, des hypothèses générales sont prises :

- Nous considérons que les industries possèdent entre 2 et 3 chariots élévateurs dont 60% électriques et 40% thermiques. En moyenne, ces chariots fonctionnent 1500 heures par an (pour un usage moyen).
- Les entreprises disposent de peu de véhicules légers en propre, en moyenne, 2 à 3 véhicules. D'après le SDES, les véhicules fonctionnant au diesel parcourent en moyenne 14109 km/an et les véhicules électriques parcourent en moyenne 8924 km/an. Enfin, les poids lourds parcourent en moyenne 43644 km/an.

Comme pour le secteur industriel, nous définissons alors un taux de convertibilité des consommations énergétiques en hydrogène en fonction du niveau d'intérêt de l'entreprise. Ce taux est défini comme suit :

<u>Hypothèse avec entretien</u>	2030			2040		
<i>si intérêt</i>	Faible	Moyen	Elevé	Faible	Moyen	Elevé
Mobilité	0%	30%	40%	0%	60%	80%

- Un intérêt faible correspond à 0% de consommation hydrogène à horizon 2030 et 2040.
- Un intérêt moyen correspond à 30% de consommation hydrogène à horizon 2030 et 50% à horizon 2040.
- Un intérêt élevé correspond à 60% de consommation hydrogène à horizon 2030 et 80% à horizon 2040.

Ce taux est pondéré en fonction des types de mobilité considérés qui présentent des maturités technologiques différentes.

	Maturité technologique	Temps de structuration secteur (années)	Prospections à passer à l'H ₂	Kg H ₂ consommé /100km
Chariots élévateurs	Elevé	3	Moyenne	5
Véhicules légers	Elevé	3	Moyenne	1
Transport routier	Moyenne	7	Elevé	8
Autocar	Moyenne	5	Moyenne	9

3. Résultats

Les résultats présentés dans cette partie concernent uniquement **l'usage de l'hydrogène dans la mobilité**. En appliquant ce jeu d'hypothèses, nous obtenons :

- Une consommation d'hydrogène de 1600 tonnes à horizon 2030.
- Une consommation d'hydrogène de 3200 tonnes à horizon 2040.

	Mobilité	
	2030	2040
Consommation H₂ (en tonnes/an)	1 600	3 200
Capacité installée - électrolyse (MW)	10	20

Concrètement, les 3 entreprises qui sont susceptibles de consommer le plus d'hydrogène dans la mobilité les prochaines années sont la société Transport ORAIN (estimé à 1095 tonnes/an en 2030 et 2189 tonnes/an en 2040), Free Go Ouest (estimé à 461 tonnes/an en 2030 et 920 tonnes/an en 2040) et ITM Logistique (estimé à 24 tonnes/an en 2030 et 70 tonnes/an en 2040). Ces trois entreprises de logistique porteraient la consommation d'hydrogène dans l'usage de la mobilité dans le territoire de l'AILB. Toutefois, il est utile de souligner que la valeur calculée pour ITM Logistique est très approximative puisque l'entreprise n'a pas fait l'objet d'un entretien.

Pour les autres sociétés, la consommation d'hydrogène resterait assez faible (inférieure à 200 kgH₂/an). L'hydrogène serait utilisé principalement pour alimenter des chariots élévateurs.

4.2.3. Scénario mixte

Dans ce scénario, nous cumulons les consommations d'hydrogène de l'industrie et de la mobilité dans un scénario mixte global :

	Scénario mixte	
	2030	2040
Consommation H ₂ (en tonnes/an)	4 200	7 600
Capacité installée - électrolyse (MW)	25-30	45-50

En termes de proportions, le transport routier représenterait 1/3 des consommations d'hydrogène sur le territoire de l'AILB. C'est donc un secteur prioritaire et structurant pour le développement de la filière sur le territoire.

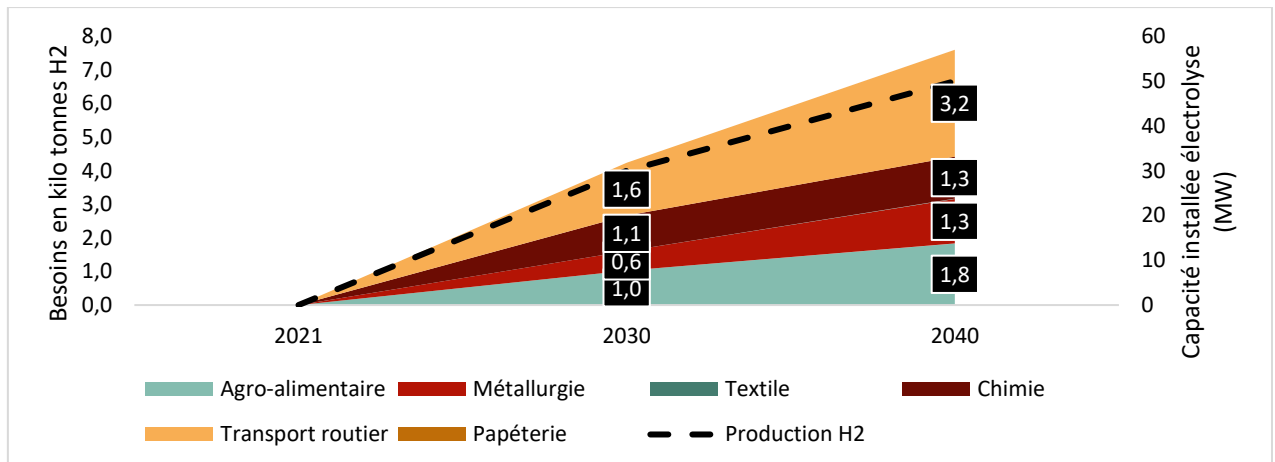


Figure 4 : Scénario mixte

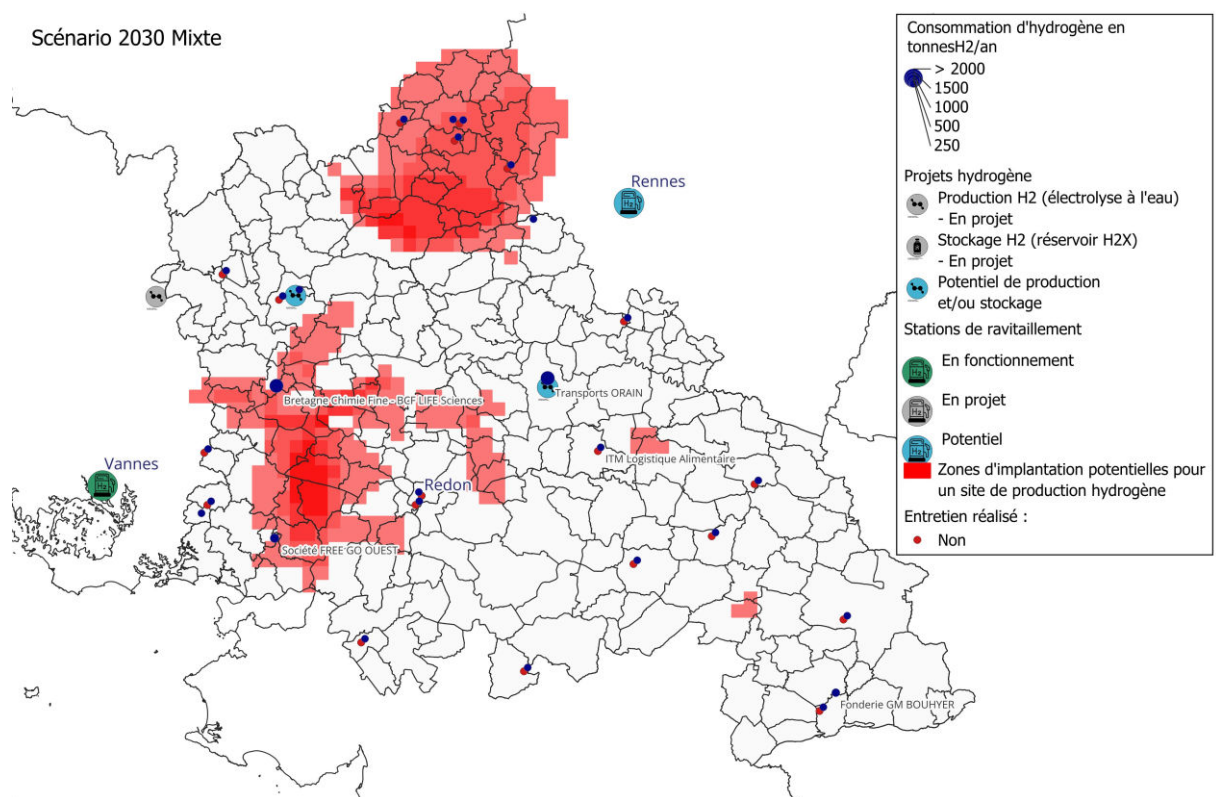


Figure 5 : Cartographie présentant les entreprises consommant de l'hydrogène (scénario mixte 2030)

4.3 Focus sur le besoin en eau pour l'électrolyse

Dans un contexte de stress hydrique croissant en France et en particulier en régions Bretagne et Pays de la Loire du fait du changement climatique en cours, la ressource en eau est un facteur d'attention lors de la définition d'une stratégie de développement énergétique incluant de fait la filière hydrogène et les projets de production d'hydrogène qui vont avec.

Le procédé de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone par électrolyse de l'eau est le plus avancé dans le déploiement de la filière pour la prochaine décennie et fait l'objet d'une concentration des moyens notamment de la part des pouvoirs publics et donc de l'allocation de subvention. Suivant la technologie d'électrolyse considérée, un prélèvement maximum de l'ordre de **20 litres d'eau par kilogramme d'hydrogène** produit est nécessaire, dont **9 litres de consommation nette**, c'est-à-dire non rendue directement au milieu prélevé.

D'après les statistiques du Ministère de la Transition Ecologique, en 2021, en excluant l'eau turbinée, le prélèvement total est de l'ordre de 37 milliards de m³ d'eau. Dans le détail, l'énergie et essentiellement le refroidissement des centrales électriques, est le premier poste de prélèvement de l'eau avec 53% du total (soit près de 20 Milliards de m³), suivi par l'eau potable (18% et 6,5 milliards de m³), l'alimentation des canaux fluviaux (15 % et 5,5 milliards de m³). L'irrigation pour l'agriculture ainsi que les autres activités économiques et industrielles (donc hors énergie et irrigation) représentent chacun 7 % du total et environ 2,7 milliards de m³.

A la maille nationale et selon l'objectif de 6,5 GW d'électrolyseurs installés permettant de produire 1 million de tonnes d'hydrogène, les prélèvements d'eau générés sont de **l'ordre de 20 millions de m³ d'eau** dont une consommation nette d'eau associée représente 10 millions de m³. En comparant avec les niveaux de prélèvement de 2021 en France, le prélèvement et la consommation d'eau pour la production d'H₂ par électrolyse de l'eau représenterait **moins de 0,05% des prélèvements annuels** et 0,3% des prélèvements en eau potable. De tels niveaux, bien que significatifs en termes de volume, sont très faibles à l'échelle de la France.

En outre, il faut préciser que la substitution de la production d'hydrogène par vaporeformage du gaz naturel par un procédé d'électrolyse n'affecte que très peu le besoin supplémentaire en eau.

A la maille de l'AILB et d'après les résultats obtenus précédemment, l'ordre de grandeur est encore plus faible. En effet, **à horizon 2030, 0,005% de l'eau prélevée sur les départements du Morbihan, d'Ille-et-Vilaine et de Loire-Atlantique serait utilisée pour la production des 4 200 tonnes d'hydrogène, soit environ 76 000 m³**. Ceci représenterait de l'ordre 0,03% des prélèvements en eau potable constatés sur les départements du Morbihan, d'Ille-et-Vilaine et de Loire-Atlantique en 2021.

A horizon 2040 et afin de produire les 7 600 tonnes d'hydrogène, le taux d'eau dédiée à la production d'hydrogène augmente mais reste très faible (0,05% des prélèvements d'eau potable) et représenterait un volume total d'environ 135 000 m³.

Maille	Prélèvement annuel total - hors eau turbinée (Nm3/an)	dont le secteur de l'énergie (Nm3/an)	dont l'eau potable (Nm3/an)	Scénario mixte - 2030		Scénario mixte - 2040	
				Prélèvement et consommation d'eau pour la production d'H ₂ par électrolyse (Nm3/an)	dont consommation d'eau (Nm3/an)	Prélèvement et consommation d'eau pour la production d'H ₂ par électrolyse (Nm3/an)	dont consommation d'eau (Nm3/an)
Départements : 56, 44 et 35	1 426 098 980	865 667 996	298 844 906	76 153	38 077	135 383	67 692
		61% du total	21% du total	0,03% de l'eau potable		0,05% de l'eau potable	0,005% de l'eau potable
National	36 997 349 320	19 736 952 431	6 515 340 336	18 333 171	9 166 585		
		53% du total	18% du total	0,3% de l'eau potable			

4.4 Focus sur l'impact environnemental de l'usage de l'hydrogène

Une analyse environnementale est proposée pour évaluer le gain escompté suite au basculement d'une source d'énergie carbonée à de l'hydrogène bas carbone ou renouvelable.

Le tableau ci-dessous présente les émissions de CO₂ pour différentes sources d'énergies en France et a utilisé pour estimer approximativement les gains escomptés par le déploiement du vecteur hydrogène en lieu et place du **gaz naturel pour l'industrie** et, par simplification, **du diesel pour la mobilité**. Pour le diesel, faute de données vérifiées, le choix a été fait d'utiliser le facteur d'émission du fioul domestique (soit 0,314 kg CO₂e/kWh) conformément aux valeurs retenues dans l'étude de CITEPA intitulée « *Facteurs d'émission CO₂ et pouvoirs calorifiques inférieurs (PCI) nationaux (valeurs par défaut) par type de combustible* ».

Émissions de CO₂ des différentes sources d'énergies en France

Source d'énergie	Énergie	Émissions de CO ₂ (kgCO ₂ e/kWh)
Énergie nucléaire	Électricité * (centrale nucléaire)	0.006
	Électricité * (centrale hydraulique)	0.006
Énergie renouvelable	Électricité * (éolien terrestre)	0.014
	Électricité * (éolien en mer)	0.016
	Bioéthanol *	0.144
	Biométhane *	0.016
	Bois granulé *	0.027
	Bois bûches *	0.032
	Électricité * (photovoltaïque)	0.044
	Électricité * (géothermie)	0.045
	Hydrogène ** (vaporeformage)	0.330
	Hydrogène ** (bas carbone - mix réseau français)	0.084
	Hydrogène ** (renouvelable - PV)	0.078
	Hydrogène ** (renouvelable - Eolien)	0.021
Énergie fossile	Gaz naturel *	0.243
	Propane *	0.270
	Butane *	0.273
	Fioul domestique *	0.314
	Électricité * (centrale gaz)	0.418
	Électricité * (centrale fioul)	0.730
	Électricité * (centrale charbon)	1.060

* ADEME - Base Carbone

** ADEME - Développer l'hydrogène renouvelable et bas carbone (2021)

L'analyse environnementale, présentée dans le tableau ci-dessous, met en évidence les émissions de CO₂ potentiellement concernées par la substitution au vecteur hydrogène, du gaz naturel pour l'industrie et du diesel pour la mobilité à horizons 2030 et 2040. Les émissions de CO₂ liées à la production hydrogène suivant trois scénarios de production : bas carbone (mix réseau français), renouvelable photovoltaïque et renouvelable éolien.

Année	Capacité additionnelle installée (MW)	Production annuelle d'hydrogène (t H ₂ /an)	Emission de CO ₂ concernée par la substitution H ₂ (kgCO ₂ e/an)			Emission de CO ₂ pour la production H ₂ (tCO ₂ e/an)		
			Gaz naturel	Carburant	Total	Bas carbone - mix réseau français	Renouvelable - Photovoltaïque	Renouvelable - Eolien
Industrie - 2030	17	2 495	20 206	-	20 206	6 986	6 487	1 746
Industrie - 2040	28	4 109	33 281	-	33 281	11 506	10 684	2 876
Mobilité - 2030	10	1 468	-	15 359	15 359	4 109	3 816	1 027
Mobilité - 2040	20	2 935	-	30 718	30 718	8 218	7 631	2 055
Scénario mixte - 2030	27	3 962	20 206	15 359	35 566	11 095	10 302	2 774
Scénario mixte - 2040	48	7 044	33 281	30 718	63 999	19 724	18 315	4 931

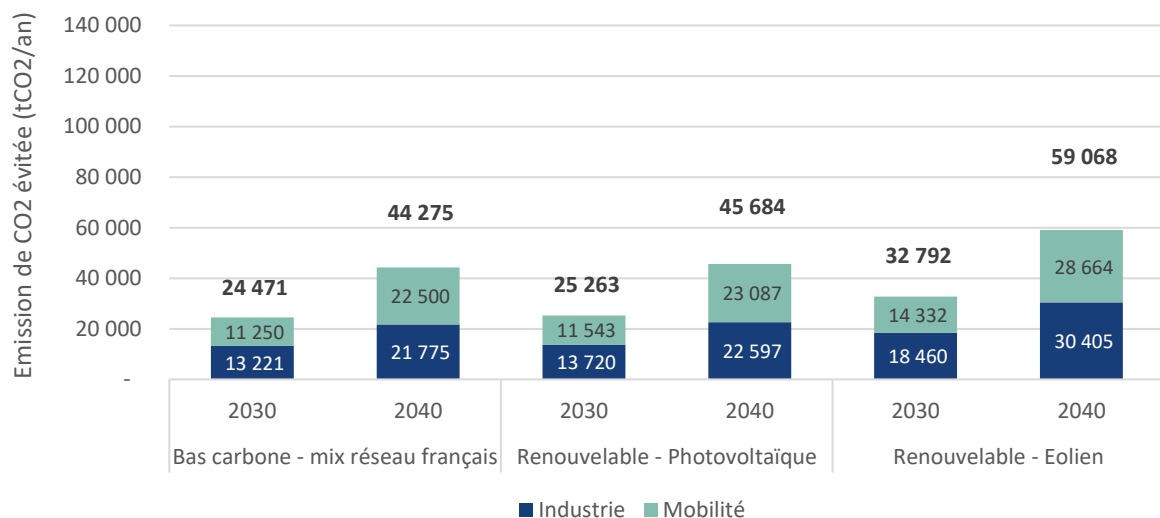
Le bilan des émissions de CO₂ est donc déduit de l'écart entre les émissions de CO₂ potentiellement concernées par la substitution au vecteur hydrogène et celles liées à la production hydrogène (voir tableau ci-dessous).

Année	Capacité additionnelle installée (MW)	Production annuelle d'hydrogène (t H ₂ /an)	Emission de CO ₂ évitée (tCO ₂ e/an)		
			Bas carbone - mix réseau français	Renouvelable - Photovoltaïque	Renouvelable - Eolien
Industrie - 2030	17	2 495	13 221	13 720	18 460
Industrie - 2040	28	4 109	21 775	22 597	30 405
Mobilité - 2030	10	1 468	11 250	11 543	14 332
Mobilité - 2040	20	2 935	22 500	23 087	28 664
Scénario mixte - 2030	27	3 962	24 471	25 263	32 792
Scénario mixte - 2040	48	7 044	44 275	45 684	59 068

Ainsi, à horizon 2030, le bilan fait état d'une émission de CO₂ évitée de l'ordre de **25 000 tonnes par an dans le cas d'une production d'hydrogène bas carbone ou renouvelable d'origine photovoltaïque** contre près de **29 000 tonnes par an pour de l'hydrogène renouvelable d'origine éolienne**.

La tendance est globalement similaire à horizon 2040 avec un accroissement de la part des émissions de CO₂ évitées grâce au secteur de la mobilité. Dans le détail, les valeurs avoisinent 44 000 tonnes pour l'hydrogène bas carbone, près de 46 000 tonnes pour l'hydrogène renouvelable photovoltaïque et plus de 59 000 tonnes pour de l'hydrogène renouvelable éolien.

A titre de comparaison, l'objectif national en 2030 a pour ambition de permettre une diminution des émissions de CO₂ pour l'industrie de l'ordre de 34% (passant de 80 millions de tonnes émises par an à 53 millions de tonnes).



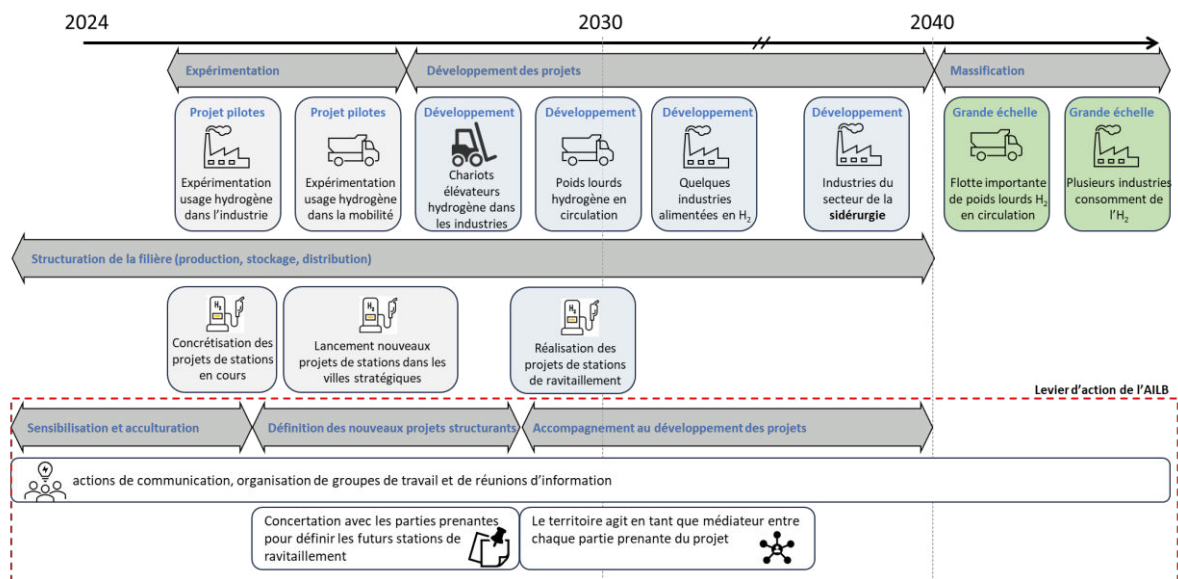
5. Préconisations et stratégie

Il est essentiel de formuler une stratégie de développement pour l'hydrogène sur le territoire de l'AILB à différentes échelles temporelles. En effet, l'hydrogène en tant que vecteur énergétique est actuellement en phase de développement, avec des niveaux de maturité commerciale variables selon les usages. Par conséquent, il est impératif d'élaborer une stratégie qui prenne en compte cette évolution, en commençant par structurer le développement à court terme, puis en cherchant à le généraliser à plus long terme.

Si nous synthétisons :

- Sur le court terme il s'agira d'accentuer les **actions de communication et de sensibilisation** autour de ce vecteur énergétique avec les entreprises volontaires en s'appuyant sur des partenaires territoriaux. Pour cela, il pourrait être envisager de communiquer une version de synthèse de l'étude aux entreprises ayant répondu aux sollicitations. Ces discussions pourront déboucher sur de **l'expérimentation** avec certaines entreprises et le lancement de « projets pilotes ».
- À moyen terme, l'objectif consistera à mettre en place des **projets de plus grande envergure**, tels que l'acquisition de camions ou de chariots élévateurs fonctionnant à l'hydrogène pour certaines entreprises, ainsi que l'intégration de l'hydrogène dans les processus industriels pour d'autres. Pour que ces initiatives voient le jour, il est essentiel de réaliser simultanément des **projets structurants** tels que la création d'une première station d'avitaillement en hydrogène évolutive pour permettre dans un premier temps la distribution d'hydrogène et la sécurisation des consommations en hydrogène puis dans un second temps la mise en place d'un système de production par électrolyse lorsque le besoin sera plus important et la source d'électricité renouvelable suffisante.
- À long terme, l'objectif consistera à **étendre de manière significative les projets liés à l'hydrogène**. Pour cela, il sera important de capitaliser sur l'expérience acquise par les entreprises pionnières, ce qui facilitera la transition vers l'hydrogène pour les petites structures qui souhaitent s'engager dans cette voie. Le déploiement de plusieurs stations de distribution voire de production et distribution sera un élément clef à la structuration d'une filière hydrogène pertinente sur le territoire.

Nous présentons ci-dessous les grandes étapes :



5.1 Court terme (3 ans) : structuration de la filière

Les retours des entretiens démontrent que globalement les entreprises ne sont pas prêtes à passer à l'hydrogène aujourd'hui. Ces dernières priorisent des solutions déjà matures et moins coûteuses, souvent elles optent pour la biomasse, le propane ou l'électrique batterie comme sources d'énergie. En effet, les applications techniques et les coûts associés à des projets hydrogène sont encore peu connus par ces sociétés. Les grandes entreprises qui ont entrepris des démarches de décarbonation de leur consommation d'énergie ont généralement écarté l'hydrogène en raison de ses coûts perçus comme élevés et se concentre sur l'électrification de leur procédé et une amélioration de l'efficacité énergétique. Les plus petites entreprises se trouvent souvent dans l'incapacité de mobiliser les ressources nécessaires pour explorer ces nouvelles ressources énergétiques mais peuvent avoir une capacité décisionnelle plus rapide, un point intéressant pour le développement de projets pilotes.

Face à la crise énergétique, ces entreprises ont pris des mesures visant à **améliorer leur efficacité énergétique voire à réduire leur consommation d'énergie**. Elles ont déjà identifié les domaines où des réductions de consommation peuvent être réalisées, et elles procèdent au remplacement progressif de leurs équipements. Ainsi, ces actions sont actuellement leur priorité, tandis que la décarbonation de leur consommation énergétique est envisagée comme une étape ultérieure (moyen terme).

Cependant, la plupart des entreprises interrogées ont montré une réceptivité favorable à l'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique en particulier pour des usages dans la logistique et la mobilité. Cela indique que le potentiel de conversion vers l'hydrogène demeure prometteur, pourvu qu'un soutien plus robuste soit instauré localement.

De plus, il est intéressant de noter qu'une partie des entreprises se montre favorable à l'idée **d'expérimentations**. Cela offre une opportunité pour initier des projets pilotes en collaboration avec ces entreprises, tout en bénéficiant de soutiens financiers (de ADEME, de la Région, au national voire à la maille européen). Ces initiatives pionnières auront un impact structurant et pourront ensuite inspirer d'autres entreprises, qui bénéficieront des enseignements tirés de ces expériences.

Il est donc pertinent de citer les différents **domaines d'intervention possibles de l'AILB** :

- L'élément déclencheur de cette démarche est **l'acculturation des entreprises à l'hydrogène** en tant que vecteur énergétique, notamment en ce qui concerne ses applications techniques dans l'industrie et la mobilité, les coûts associés, ainsi que les acteurs impliqués. Le territoire de l'AILB peut jouer un rôle catalyseur dans le développement de ces projets pilotes en agissant comme un intermédiaire entre les entreprises et les experts du domaine.
- En collaborant avec des experts du domaine, l'AILB a la possibilité d'organiser des rencontres entre les acteurs impliqués dans la démarche. Ces réunions peuvent servir à **identifier les besoins structurels des entreprises pour faciliter leur transition vers l'hydrogène**.

5.2 Moyen terme (2030) : développement de projets de grande envergure

Pour résumer les obstacles soulevés par les entreprises en ce qui concerne l'adoption de l'hydrogène, deux problématiques clés émergent : des coûts considérés comme prohibitifs (notamment par rapport à des solutions 100% électrique) et une technologie qui n'a pas encore atteint un niveau de maturité suffisant (notamment pour des usages industriels). En outre, certaines entreprises attendent la création d'un réseau de production et de distribution d'hydrogène déjà opérationnel pour garantir un approvisionnement sécurisé. Cependant, il est important de noter que cette initiative doit être mise en œuvre à l'échelle nationale ou régionale afin d'assurer une efficacité optimale.

Les entreprises cherchent aussi des garanties concernant la compétitivité des prix de l'hydrogène, leur stabilité à long terme ainsi que l'approvisionnement. En effet, certaines de ces sociétés ont été fortement impactées par les récentes augmentations des coûts de l'énergie, ce qui fait de la stabilité des prix de l'énergie un facteur clé susceptible de les intéresser. Dans les études d'évolution des coûts de l'hydrogène publiées par France Hydrogène, il est prévu une réduction des coûts des électrolyseurs dans les prochaines années. Cette diminution des coûts se ferait par un changement d'échelle des projets, dans lesquels l'hydrogène pourrait devenir plus compétitif que toute autre solution carbonée d'ici 2040. Dans la mobilité, le prix des véhicules est aussi prévu à la baisse dans les prochaines années du fait d'une massification de l'offre.

Si nous prenons les objectifs nationaux et les moyens actuels mis en place pour déployer l'hydrogène sur le territoire national. Nous pouvons estimer que la filière sera plus structurée et que les prix seront plus compétitifs à horizon 2030. Ainsi, il s'agit maintenant de travailler sur des projets à plus grande échelle de production et de consommation d'hydrogène.

- Dans le **secteur de la mobilité**, l'acquisition de chariots élévateurs et de poids lourds hydrogène sera plus accessible.
- Dans le **secteur de l'industrie**, l'usage de l'hydrogène sera plus courant et la mutualisation des moyens de production et de consommation pourront être mis en place entre les sociétés du territoire. Aussi, le secteur industriel de la sidérurgie aura accompli des avancées significatives en vue de remplacer l'utilisation du coke. L'hydrogène reste une possibilité assez prometteuse pour ce secteur.

Il est donc pertinent de citer les différents **domaines d'intervention possibles de l'AILB** :

- L'AILB est en mesure de jouer un rôle de médiateur facilitant la collaboration entre les différentes industries en favorisant davantage la mutualisation des efforts. Cela peut être réalisé à travers des rencontres visant à partager les retours d'expérience entre les entreprises.
- De plus, l'AILB peut jouer un rôle essentiel en veillant à la cohérence territoriale de ces projets et en renforçant la collaboration avec les communes voisines.

5.3 Long terme (2040) : massification des projets hydrogène

Il s'avère complexe d'anticiper avec précision les évolutions de la demande en hydrogène à long terme, car celles-ci sont influencées par de multiples facteurs externes, tels que les incitations gouvernementales, la politique de décarbonation de la France, le coût de l'énergie et les progrès technologiques. Cependant, toutes les projections convergent vers l'idée que l'hydrogène deviendra compétitif en termes de coût, en partie grâce à l'augmentation prévue du prix du carbone, estimé à 150 € par tonne de CO₂ en 2040 (EU ETS, IEA). Il est important de souligner que les objectifs gouvernementaux à cette échéance visent à accroître la capacité de production d'hydrogène en France.

Tous ces éléments nous amènent à anticiper une phase de généralisation des projets liés à l'hydrogène. Par conséquent, les technologies seront suffisamment matures pour une adoption plus aisée au sein des entreprises du territoire.

Il est donc pertinent de citer le principal **domaine d'intervention possibles de l'AILB** à cette échéance :

- Le rôle de l'AILB devrait évoluer au fil du temps, devenant moins prépondérant une fois la filière énergétique de l'hydrogène bien établie. Dans cette phase, sa mission principale consistera probablement à assurer la cohérence territoriale des projets et à garantir la sécurité des utilisateurs, notamment par le biais de la réglementation et de l'encadrement appropriés.

5.4 Cartographie des acteurs

Il est essentiel de repérer les acteurs locaux et nationaux qui sont déjà impliqués dans des initiatives liées à l'hydrogène sur le territoire de l'AILB, car ils peuvent jouer un rôle clé dans le processus de structuration de la filière. Nous pouvons identifier certains des acteurs en se basant sur leur position au sein de la chaîne de valeur de l'hydrogène, comme suit :

Structuration filière



Usages hydrogène



Accompagnement et conseil



6. Synthèse

1 Démarche

L'étude, commandée par l'Alliance Intermétropolitaine Loire-Bretagne (AILB), vise à **évaluer le potentiel de déploiement de l'hydrogène renouvelable** dans ce territoire. Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Qualifier et quantifier les besoins futurs en hydrogène en menant des entretiens avec des entreprises à fort potentiel théorique d'utilisation de cette technologie.
- Définir une stratégie de développement des usages de l'hydrogène dans la région.

Ainsi, une douzaine d'entretiens auprès d'entreprises locales ont été conduits par le cabinet afin d'estimer les besoins futurs d'hydrogène dans le secteur industriel et la mobilité.

2 Retour entretiens

Plusieurs points clés issus des entretiens alimentent la stratégie de déploiement de l'hydrogène à l'échelle de l'AILB. Les **obstacles** récurrents concernent les **coûts élevés** des véhicules et chariots à hydrogène, le manque de compétitivité, l'approvisionnement difficile, ainsi que les **freins techniques dans l'industrie** liés au manque de connaissances sur les solutions d'hydrogène. Les investissements en décarbonation ne privilégient généralement pas l'hydrogène à court terme, mais **l'acceptabilité de cette solution est élevée**. Des **facteurs de pivot** vers l'hydrogène comprennent la construction d'un réseau de stations d'avitaillement, l'obtention de véhicules abordables, le développement de solutions techniques pour l'industrie, l'implication des acteurs locaux, la clarification de la stratégie locale, et une communication accrue sur les projets et les subventions disponibles.

3 Scénarisation

Le tableau ci-dessous fournit une synthèse de principales données chiffrées obtenues dans le cadre de la scénarisation sur le territoire de l'AILB, à savoir les consommations d'électricité, d'eau et la production d'hydrogène envisagée suivant le scénario et l'horizon retenu (2030 ou 2040). Une comparaison est également fournie avec l'objectif national de 6,5 GW d'électrolyse installés.

Année	Capacité additionnelle installée (MW)	Consommation d'électricité		Consommation d'eau		Production d'hydrogène	
		Journalière (kWh/jour)	Annuelle (MWh/an)	Journalière (Nm3/jour)	Annuelle (Nm3/an)	Journalière (kg H2/jour)	Annuelle (t H2/an)
Exemple - un électrolyseur	2	44 640	15 163	14.36	5 246	804	294
Industrie - 2030	17	379 440	128 889	122.09	44 592	6 831	2 495
Industrie - 2040	28	624 960	212 288	201.08	73 446	11 250	4 109
Mobilité - 2030	10	223 200	75 817	71.82	26 231	4 018	1 468
Mobilité - 2040	20	446 400	151 634	143.63	52 461	8 036	2 935
Scénario mixte - 2030	27	602 640	204 706	193.90	70 822	10 849	3 962
Scénario mixte - 2040	48	1 071 360	363 922	344.71	125 907	19 286	7 044
Objectif National - 2030	6 500	145 080 000	49 281 137	46 679.94	17 049 849	2 611 701	953 924

Production d'hydrogène : La mise en œuvre des projets en cours sur le territoire jouerait un rôle clé dans le développement de la filière hydrogène au sein de l'AILB. Certaines entreprises interrogées se montrent disposées à expérimenter, pourvu qu'elles bénéficient d'un accompagnement soutenu.

Consommation d'hydrogène : Dans le scénario d'évolution des consommations d'hydrogène dans l'usage de l'industrie et la mobilité sur le territoire de l'AILB, on estime que la consommation atteindrait 4,9 kilotonnes en 2030 et 9,4 kilotonnes en 2040. Dans ce cas, une capacité installée de 40 MW pour la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau serait nécessaire pour répondre à ces besoins de consommation.

Cependant, ce travail comporte certaines limites en raison du caractère approximatif des données recueillies, de la restriction en nombre des interlocuteurs interrogés, ainsi que du volume limité d'entretiens effectués.

4 Stratégie

Une stratégie de développement de l'hydrogène dans la région de l'AILB doit prendre en compte plusieurs échelles temporelles. **À court terme**, la priorité est la **sensibilisation et la communication** auprès des entreprises volontaires, en collaboration avec des partenaires locaux, ouvrant la voie à des expérimentations et des projets pilotes. **À moyen terme**, l'objectif est de **concrétiser des projets plus ambitieux**, tels que l'adoption de véhicules à hydrogène par certaines entreprises et l'intégration de l'hydrogène dans les processus industriels pour d'autres. Pour ce faire, il est crucial de développer des infrastructures essentielles, notamment une station d'avitaillement en hydrogène évolutive (d'abord uniquement de distribution puis dans un second temps de production et distribution d'hydrogène renouvelable). **À long terme**, l'objectif est de **généraliser l'utilisation de l'hydrogène**, en s'appuyant sur l'expérience des entreprises pionnières pour encourager la transition vers l'hydrogène, y compris pour les petites structures désireuses de s'engager dans cette voie. Le déploiement d'un réseau de stations de distribution voire de production et distribution d'hydrogène renouvelable permettra de structurer l'offre et la demande en hydrogène sur le territoire de l'AILB.