



ÉTUDE SUR LE POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DE L'HYDROGÈNE RENOUVELABLE EN BRETAGNE

Synthèse

03 Contexte de la mission

I. ÉVALUATION STRATÉGIQUE, À L'HORIZON 2050, DE LA PÉNÉTRATION DE L'HYDROGÈNE RENOUVELABLE SUR LES TERRITOIRES ET DANS LES INDUSTRIES BRETONNES

A. Le potentiel de consommation d'hydrogène renouvelable

04

1. Les transports terrestres et mobilités

2. Écosystèmes portuaires

07

3. Applications stationnaires et zones non interconnectées

4. Industrie

09

5. Bilan des estimations de consommation

B. Estimation des productions d'hydrogène nécessaires pour répondre aux demandes

10

II. IDENTIFICATION ET VALIDATION DES OPPORTUNITÉS ET RÉALISATIONS DE PROJETS

11

Synthèse des projets identifiés

14

III. CARTOGRAPHIE DES COMPÉTENCES

IV. PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE L'ÉTUDE

16

Le potentiel de projets coopératifs internationaux de développement de l'hydrogène

19

CONTEXTE DE LA MISSION

Face aux grands défis auxquels la Bretagne est confrontée, celui de l'urgence climatique, mais également des déséquilibres territoriaux liés à des phénomènes de polarisation d'activités, et le besoin de réinventer les actions collectives et publiques face au désintérêt de nombre de ses concitoyens, la Région œuvre depuis 2017 à un grand chantier pour faire émerger un nouveau projet de territoire pour la Bretagne : la BreizhCOP. L'ambition est d'accélérer la mise en œuvre de toutes les transitions en Bretagne : transition écologique, transition climatique, transition économique, transition sociétale mais aussi transition méthodologique.

Face à ces défis, l'hydrogène renouvelable constitue un vecteur d'avenir pour la transition énergétique. Il offre des solutions pour pallier le problème d'intermittence des énergies renouvelables. Pouvant être transporté et stocké sous forme liquide ou gazeuse, l'hydrogène peut être utilisé aussi bien dans des procédés industriels que dans la production, le stockage, la mobilité (terrestre, maritime...) et le transport d'énergie d'origine renouvelable.

L'étude stratégique et pré-opérationnelle de développement du potentiel de l'hydrogène renouvelable en Bretagne en 2050, finalisée fin 2019, s'inscrit dans cette perspective. Elle constitue une base de réflexion et de travaux pour l'élaboration de la feuille de route bretonne de déploiement de l'hydrogène renouvelable. Elle contribue ainsi, pour la Bretagne, aux travaux du plan national hydrogène et de la future stratégie hydrogène de l'Union Européenne.

Cette étude régionale a été coordonnée par un groupement de commande réunissant Bretagne Développement Innovation et la Région Bretagne avec le soutien de l'Ademe Bretagne. Confiée au groupement Seiya Consulting – Element Energy – Alca Torda, cette étude a été menée sous le pilotage collaboratif de 40 structures publiques et privées, collectivités, académiques et entreprises, toutes pionnières sur le sujet de l'hydrogène en Bretagne, au sein du comité des partenaires de l'étude régionale sur l'hydrogène.

200 acteurs bretons ont été consultés dans le cadre de cette étude afin d'identifier les enjeux, les attentes, et de dresser les opportunités de projets et les potentiels de développement à court et long terme.



elementenergy



Quatre missions ont été réalisées :

1. Évaluation stratégique, à l'horizon 2050, de la pénétration de l'hydrogène renouvelable sur les territoires et dans les industries bretonnes
2. Qualification et quantification des productions et des consommations locales d'hydrogène renouvelable en Bretagne
3. Identification et validation des opportunités et réalisations de projets à l'horizon 2023
4. Cartographie de compétences de la filière locale et des opportunités nationales voire européennes ou mondiales pour celles-ci

Définition de l'hydrogène renouvelable dans le cadre de l'étude

Communément appelé hydrogène, le dihydrogène H₂ est une molécule qui n'est pas ou peu présente à l'état pur dans la nature. Elle doit donc être produite par des procédés industriels.

Réalisée préalablement aux dispositions réglementaires régissant la traçabilité et l'origine de l'hydrogène produit, l'étude a posé, comme postulat, la définition de l'hydrogène renouvelable ou vert comme produit à partir de procédés utilisant des énergies renouvelables.

L'ÉTUDE DISTINGUE DEUX PRINCIPAUX MODES DE PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE RÉPUTÉS MATURES INDUSTRIELLEMENT :

- **LA PRODUCTION PAR ÉLECTROLYSE DE L'EAU** en utilisant de l'électricité produite elle-même à partir de sources d'énergies renouvelables ;
- **LA PRODUCTION PAR VAPO-REFORMAGE** de bio-méthane.

Les autres procédés de production d'hydrogène renouvelable, à des stades de développement moins matures, existent mais n'ont pas été considérés dans l'étude régionale par manque d'information technique et économique. Elles feront toutefois l'objet de nouveaux travaux complémentaires

ultérieurs, tels que la production **d'hydrogène par voie biologique** ou encore l'exploitation **d'hydrogène aquifère** (présupposé renouvelable) mais également des procédés **d'hydrolase/électrolyse** d'autres ressources d'origine organiques.

Enfin, l'étude définit l'hydrogène « fossile » comme produit à partir d'énergie fossile, et l'hydrogène « coproduit », comme étant produit par un procédé dont la fonction n'est pas d'obtenir cet H₂ (et pouvant être assimilé à de l'hydrogène bas carbone sous réserve qu'il ne soit pas valorisé par ailleurs dans un usage non énergétique).

FOCUS SUR

LA LOI RELATIVE À L'ÉNERGIE ET AU CLIMAT

La Loi relative à l'énergie et au climat, du 8 novembre 2019, donne pour objectif de développer l'hydrogène bas carbone et renouvelable et ses usages industriels, énergétiques et pour la mobilité, avec la perspective d'atteindre environ 20 à 40 % des consommations totales d'hydrogène et d'hydrogène industriel à l'horizon 2030.

La Loi habilite également le gouvernement à prendre une ordonnance pour définir les différents types d'hydrogène ainsi qu'un cadre de soutien et demande d'instituer un dispositif de garantie d'origine pour l'hydrogène d'origine renouvelable.

Ainsi, début 2020, la Direction Générale de l'Énergie et du Climat a lancé une concertation pour la mise en place d'un dispositif de traçabilité de l'hydrogène renouvelable. Concertation à laquelle la Région Bretagne a contribué.

L'étude du potentiel de développement de l'hydrogène renouvelable en Bretagne a donc été réalisée en avance de phase par rapport aux futures dispositions réglementaires applicables à l'hydrogène bas carbone et

renouvelables qui seront définies courant 2020.

Quelques notions données à titre indicatif : Ces dispositions réglementaires relatives à l'encadrement de l'hydrogène, toujours au stade de projet à l'heure de la rédaction de la présente publication, prévoient notamment de compléter le code de l'Énergie par les définitions suivantes :

- Le terme « hydrogène » désigne le gaz composé de molécules de dihydrogène.
- L'hydrogène est qualifié de « renouvelable, bas-carbone ou fossile » en fonction du procédé et de l'énergie primaire utilisés pour sa production, suivant des critères définis par un décret en Conseil d'État.
- L'explicitation du critère « renouvelable et bas-carbone » est prévue par un projet de décret en cours de validation. Les émissions de gaz à effet de serre des différents procédés de production sont calculées selon des modalités définies par arrêté.
- L'hydrogène est dit « fossile » s'il n'est ni renouvelable, ni bas-carbone.

I. Évaluation stratégique,

à l'horizon 2050, de la pénétration de l'hydrogène renouvelable sur les territoires et dans les industries bretonnes

Les chiffres de cette étude sont datés de 2019, à l'exception de la carte des projets Hydrogène en Bretagne actualisée en juin 2020.

A. Le potentiel de consommation d'hydrogène renouvelable

1 | LES TRANSPORTS TERRESTRES

Méthodologie

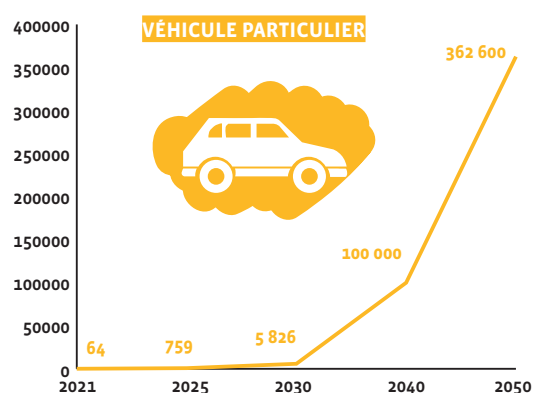
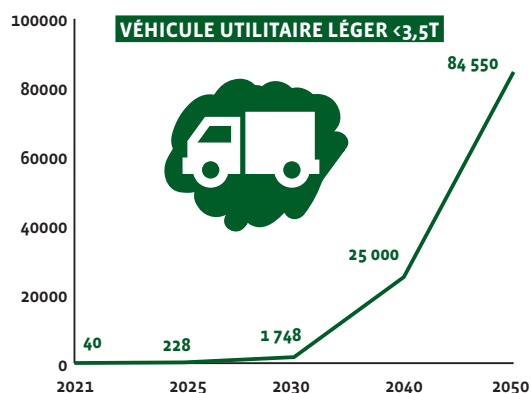
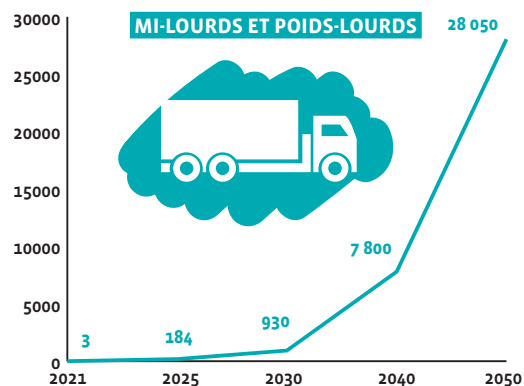
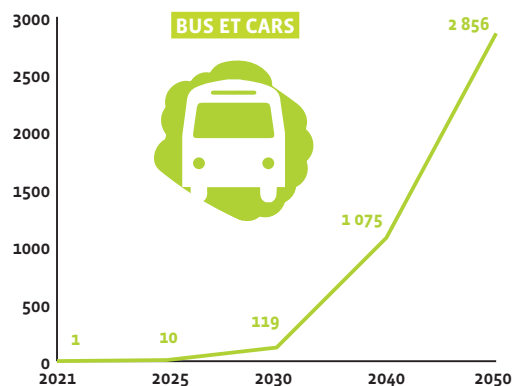
L'estimation des potentiels de consommation d'hydrogène renouvelable a été définie de la manière suivante :

- 1) Calcul de la taille du marché adressable total (nombre de véhicules) et de la part de l'hydrogène dans ce marché, grâce à des méthodes différentes respectivement : pour les horizons 2024 (par extrapolation de la croissance des projets identifiés), 2030 (par extrapolation des capacités industrielles limitées à produire des véhicules) et à 2050 (hypothèse conservatrice tenant compte d'une inertie du stock, 2/3 du parc supposé thermique, 1/3 supposé à 50 % électrique et 50% hydrogène soit 16,5% du parc breton);
- 2) Déduction des consommations en hydrogène par segment de véhicule (particuliers, utilitaires légers < 3,5t, mi-lourd/poids lourds, bus/cars).



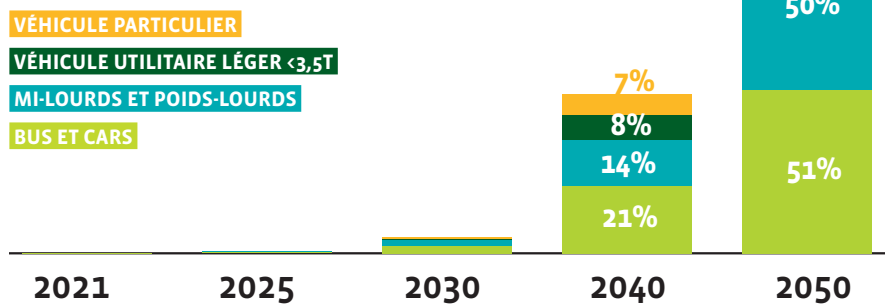
Ici la semi Chereau Hydrogen Power H2 utilisée par DELANCHY en conditions réelles d'exploitation ; une remorque dont le groupe frigorifique fonctionne à l'hydrogène.

HYPOTHÈSES DU NOMBRE D'UNITÉS DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES À PILE À COMBUSTIBLE EN BRETAGNE À HORIZON 2050



HYPOTHÈSES DE PART DE MARCHÉ FINALE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES À PILE À COMBUSTIBLE EN BRETAGNE SUR LE MARCHÉ TOTAL DES VÉHICULES VENDUS EN BRETAGNE À HORIZON 2050 (EN %)

D'ici 2050, la part de marché des véhicules mi-lourds et poids-lourds et des bus et cars électriques (fonctionnant à pile à combustible) est estimée à un peu plus de 50 % du marché total de ces véhicules vendus en Bretagne.



2 | LES ÉCOSYSTÈMES PORTUAIRES

EXEMPLE TYPES D'APPLICATIONS DES USAGES DE L'HYDROGÈNE AU SEIN D'UNE INFRASTRUCTURE PORTUAIRE



Usage logistique

Usage stationnaire

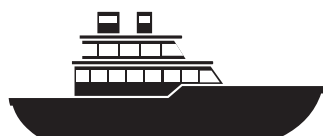
Usage lié aux transports

Usage portuaire

Véritables « **hubs énergétiques** », les écosystèmes portuaires sont des interfaces où se produisent les ruptures de charges dans les modes de transports. Ils concentrent l'ensemble du spectre des enjeux de mobilités décarbonnées terrestres, maritimes, voire fluviales (consommation des plateformes logistiques et industrielles, consommation des navires à quai ou manœuvrant et du transports fret routier/ferroviaire lorsqu'ils sont présents).

Les **écosystèmes portuaires** constituent également des voies d'acheminement des potentielles futures productions offshore d'hydrogène. Ces activités génèrent une consommation d'énergie importante et concentrée sur une surface territoriale définie et contrôlable.

HYPOTHÈSE DE CONSOMMATION D'HYDROGÈNE DANS UN ÉCOSYSTÈME PORTUAIRE À HORIZON 2040



CABOTAGE EUROPÉEN

STATION DE
RAVITAILLEMENT
CONNEXION À TERRE

1 050 000 kg/an



INTERNATIONAL

CONNEXION
À TERRE

175 000 kg/an



LIAISON FERRIES UK ET IRLANDE

CONNEXION
À TERRE

530 000 kg/an



PLAISANCE

STATION DE
RAVITAILLEMENT

4 000 kg/an



PARC OFFSHORE

STATION DE
RAVITAILLEMENT

1 100 000 kg/an



CROISIÈRE

CONNEXION
À TERRE

50 000 kg/an

Méthodologie

L'estimation des potentiels de consommations des applications des écosystèmes portuaires et maritimes intègre :

- 1) L'Accord de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) trouvé lors de la Conférence 2015 des Nations Unies sur les changements climatiques (COP 21) de réduction d'au moins 40 % des émissions de GES (par tonne au kilomètre) par les navires d'ici 2030, avec pour objectif d'atteindre 70 % d'ici 2050, et réduction des émissions d'au moins 50 % en 2050 par rapport à 2008, tout en poursuivant l'action en faveur d'une décarbonation totale du transport maritime ;
- 2) La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) qui vise, à 2050, l'atteinte de la neutralité carbone des segments de flotte captive d'État, de la flottille portuaire et de la flotte de plaisance et à assurer le développement
- 3) Le calcul de la part de marché adressable par l'analyse systématique des flottes, sur la base d'une extrapolation d'un cluster type (Lorient), segmentée d'une part en fonction de leur attache (transport maritime versus flottes captives attachées au port étudié), et segmentée d'autre part en fonction du type d'usage (caractérisant 3 types d'usage (alimentation à quai, alimentation du bord, propulsion) ;
- 4) La déduction de la puissance/consommation en diesel/fuel ;
- 5) Et l'estimation des parts de marché « puissance hydrogène convertie » de 30 % à 50 % en 2050.

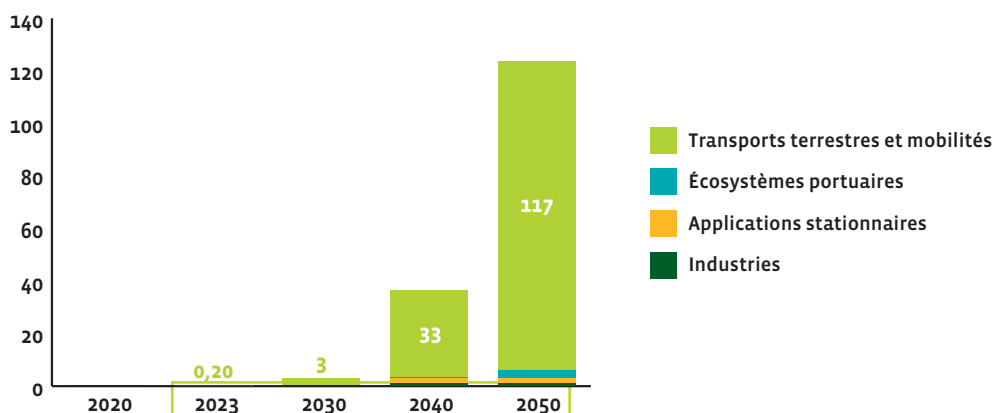
3 | LES APPLICATIONS STATIONNAIRES ET ZONES NON INTERCONNECTÉES

Le potentiel étant considéré comme relativement faible sur le territoire, aucune hypothèse de consommation n'est posée avant 2030.

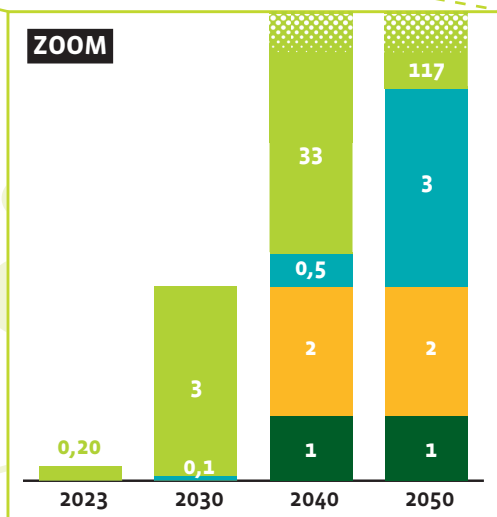
4 | L'INDUSTRIE

Les résultats de l'étude indiquent que très peu d'industriels en Bretagne utilisent de l'hydrogène.

5 | BILAN DES ESTIMATIONS DE CONSOMMATION



**BILAN PROSPECTIF RÉCAPITULATIF DES
POTENTIELS DE CONSOMMATION
ANNUELLE D'HYDROGÈNE PAR USAGE
(EN kt H₂)**



B. Estimation des productions d'hydrogène nécessaires pour répondre aux demandes

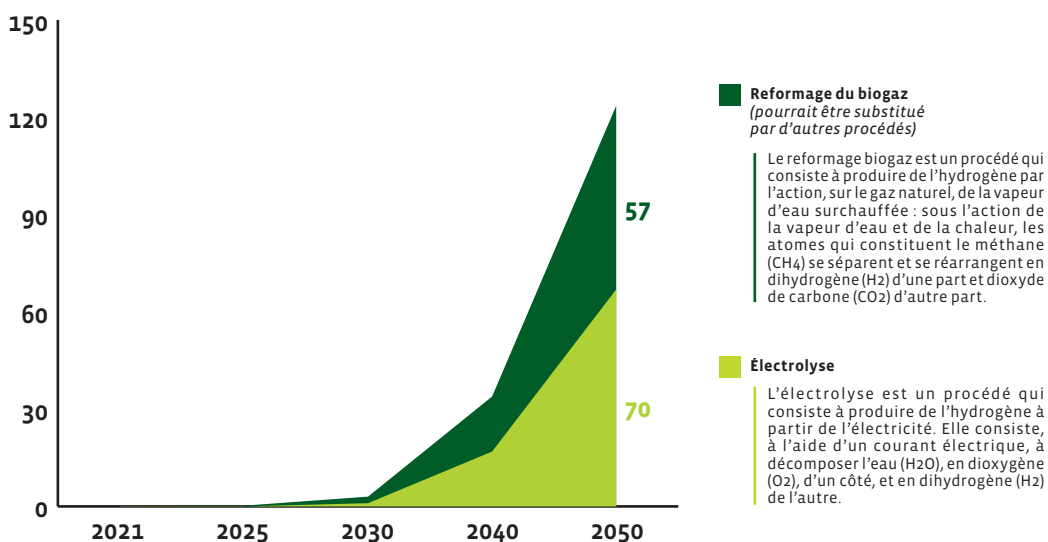
Méthodologie

L'étude stratégique régionale s'est basée sur l'analyse d'une projection à 2050 des technologies de production industrielle d'hydrogène matures, dont les paramètres technico-économiques sont aujourd'hui connus, à savoir le reformage du biogaz et l'électrolyse.

Les autres technologies en voie de développement (pyrogazeification, pyrolyse et autres procédés biologiques de transformation de biomasse, etc.) n'ont pas encore atteint un niveau de maturité technologique et économique industrielle suffisant, mais seront également disponibles à l'horizon 2030.

Cette difficulté à intégrer les futures technologies de production a conduit au choix méthodologique de proposer un scénario de production adapté au plus juste des besoins des consommations dans le tableau ci-dessous.

ESTIMATION DU BESOIN DE PRODUCTION POUR RÉPONDRE À LA DEMANDE (KT/AN)



L'étude a confirmé l'adéquation avec les potentiels en ressource électrique renouvelable et biomasses bretonnes disponibles et mobilisables.

II. Identification et validation des opportunités et réalisations de projets

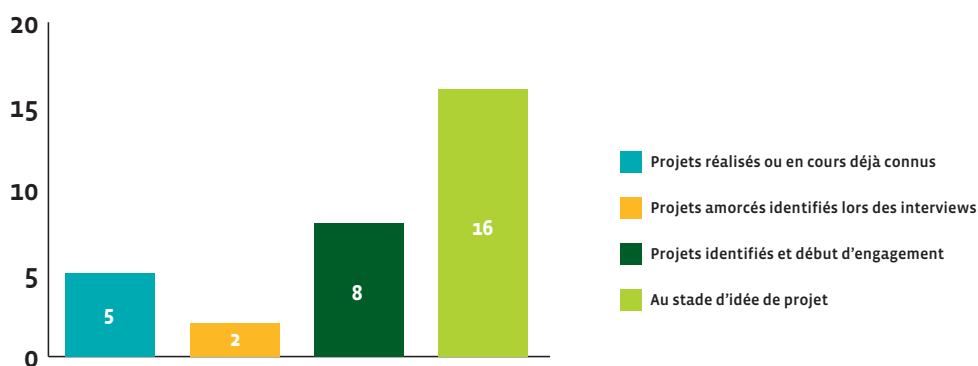
Méthodologie

Trois typologies de territoires ont été identifiés au cours de l'étude :

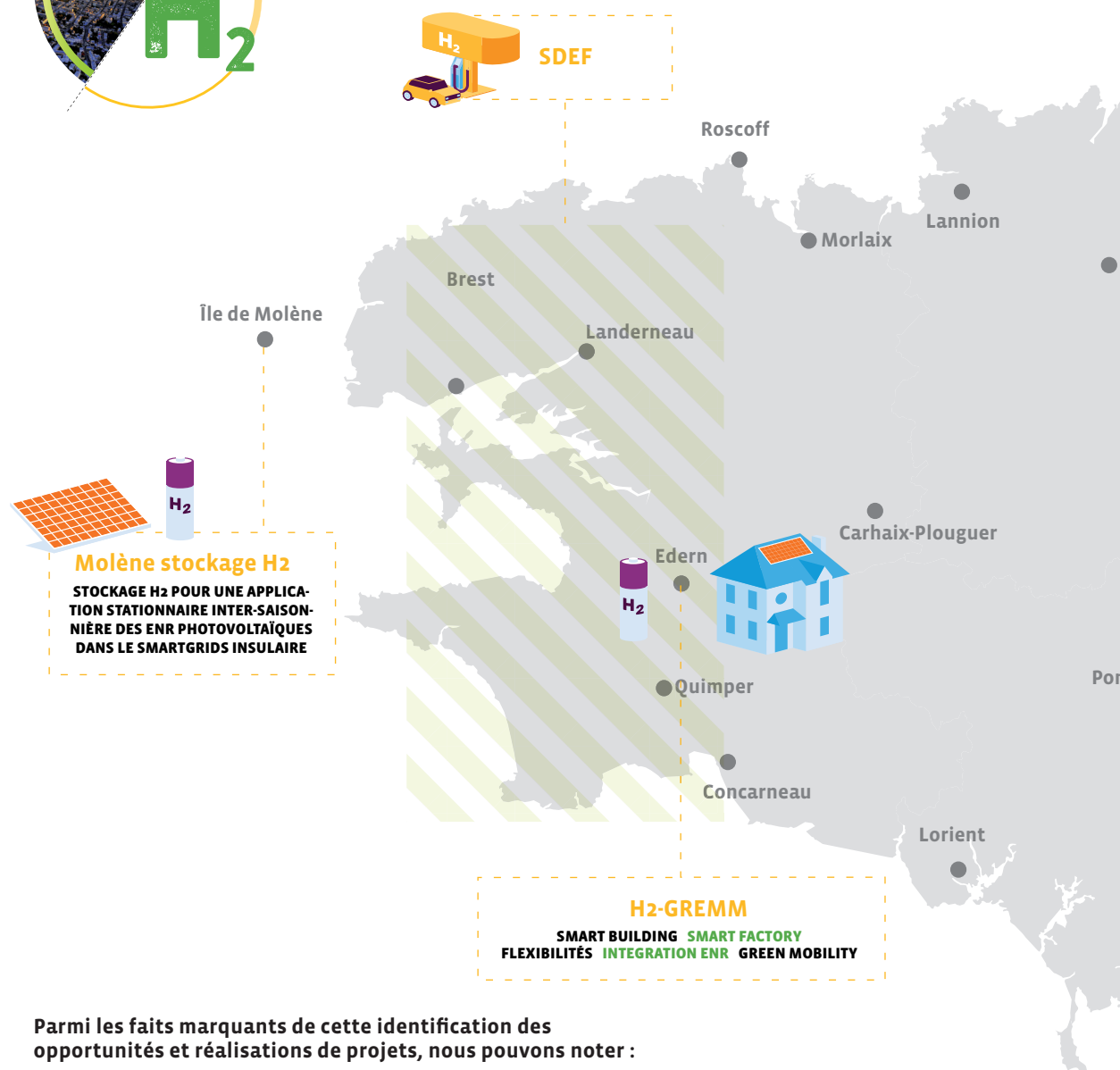
1. Les territoires déjà engagés dans des projets concrets ;
2. Les territoires qui expriment un intérêt pour l'hydrogène renouvelable et sont en phase d'avant-projet ou en cours de réflexion ;
3. Les territoires qui découvrent l'hydrogène renouvelable.

Synthèse des projets identifiés

PROJETS HYDROGÈNE IDENTIFIÉS SUR LE TERRITOIRE BRETON (SUR LA BASE DE 42 ENTRETIENS MENÉS)



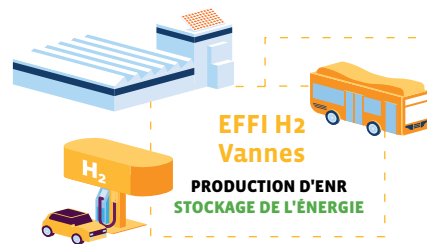
Les projets relatifs à la mobilité hydrogène renouvelable, usages et infrastructures, sont les plus avancés. Les acteurs du maritime, et, en particulier, les chantiers de constructions de navires ont les technologies de l'hydrogène renouvelable dans leurs projets, à des stades plus ou moins avancés. Les collectivités et les syndicats d'énergie sont en cours de réflexion, avec une appétence croissante pour des applications autour des mobilités.



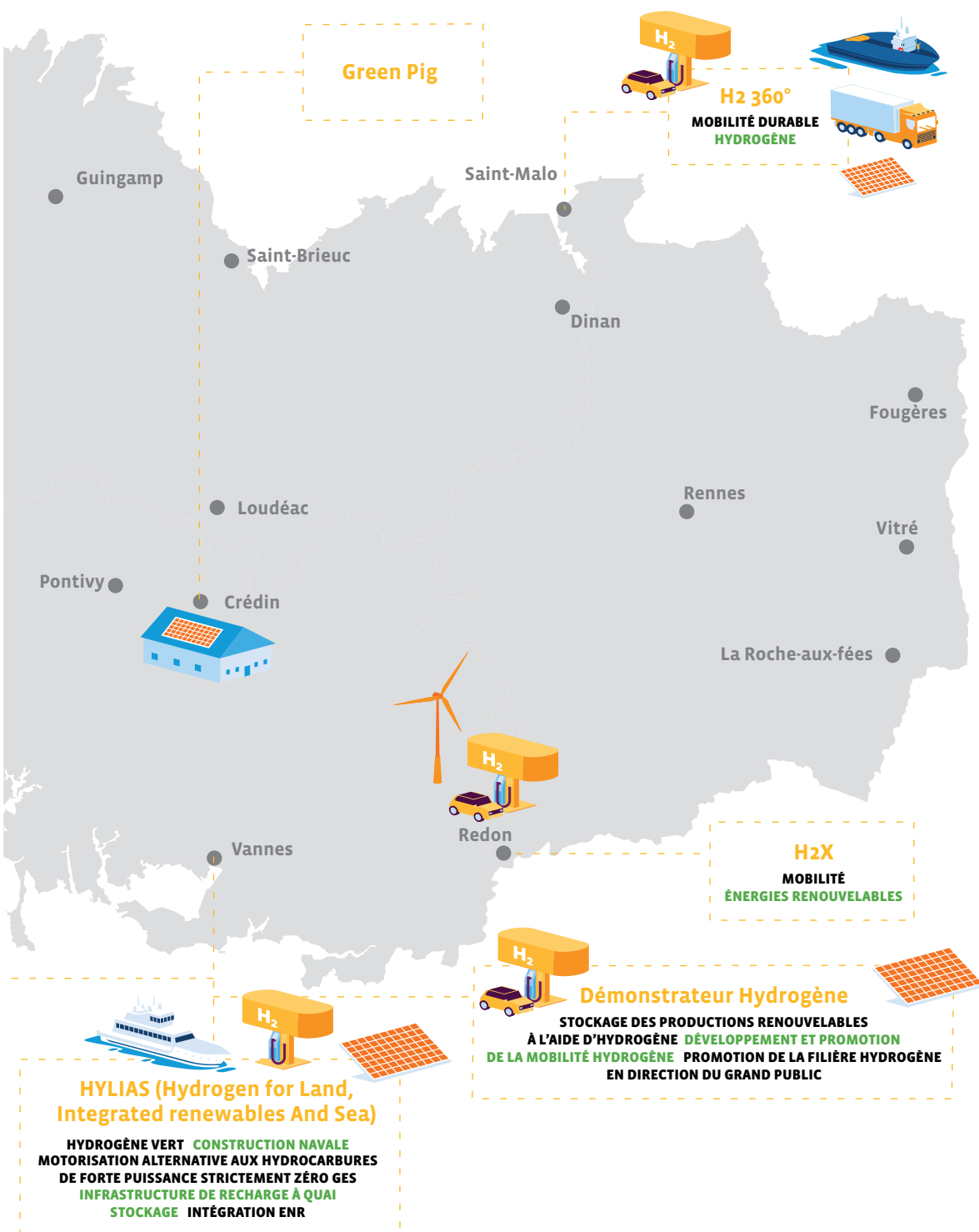
Parmi les faits marquants de cette identification des opportunités et réalisations de projets, nous pouvons noter :

- **DES ÉCOSYSTÈMES HYDROGÈNES RENOUVELABLES NAISSANTS**, en rapport avec la mobilité, le maritime et fluvial, la production, le stockage.
- **DES PROJETS INDUSTRIELS INNOVANTS** (de bio-méthane notamment).
- **UN MIX DE PRODUCTION EN MARCHÉ.**

➡ Les projets homologués par l'association SMILE (juin 2020) sont à retrouver en ligne sur le site smile-smartgrids.fr, dans la rubrique projets.



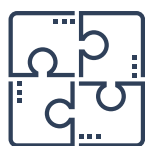
CARTE DES PROJETS HYDROGÈNE RENOUVELABLE IDENTIFIÉS EN BRETAGNE



BRETAGNE
DÉVELOPPEMENT
INNOVATION



III. Cartographie des compétences



145

ACTEURS

78

ENTREPRISES



44

COLLECTIVITÉS

et gestionnaires
d'infrastructures
portuaires et aéroportuaires

15

STRUCTURES

d'accompagnement
et d'innovation

8

ÉTABLISSEMENTS

de recherche et formation

Issu d'une enquête menée à l'été 2019

DIVERSITÉ DES ACTEURS

FOURNISSEURS

DE SOLUTIONS

- Production d'énergie
- Stockage
- Transport, distribution
- Conversion
- Services (études, réglementations & sécurité)

UTILISATEURS

POTENTIELS

- Transporteurs routiers, maritimes
- Plateformes logistiques
- Entreprises ayant des flottes de véhicules importantes (véhicules utilitaires légers)
- Des applications stationnaires (alimentation de zones non interconnectées, sites sensibles) et industrielles détectées

FOCUS ENTREPRISES

70%

DE PME

48%

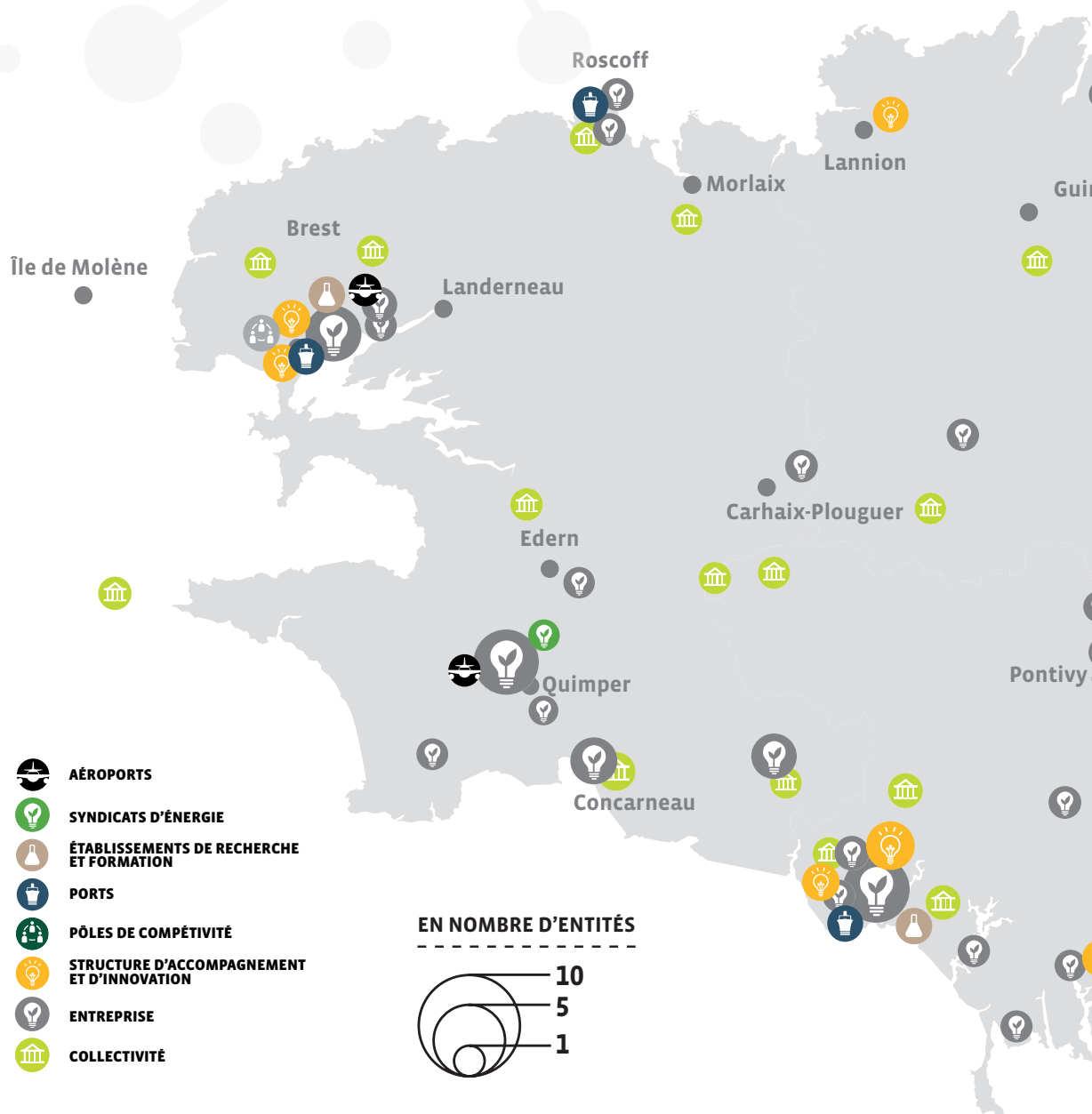
DES ACTEURS

souhaitent intégrer l'hydrogène
renouvelable à court terme

d'ici
2 ans

Des compétences
identifiées sur
toutes les grandes
briques de la chaîne
de valeur





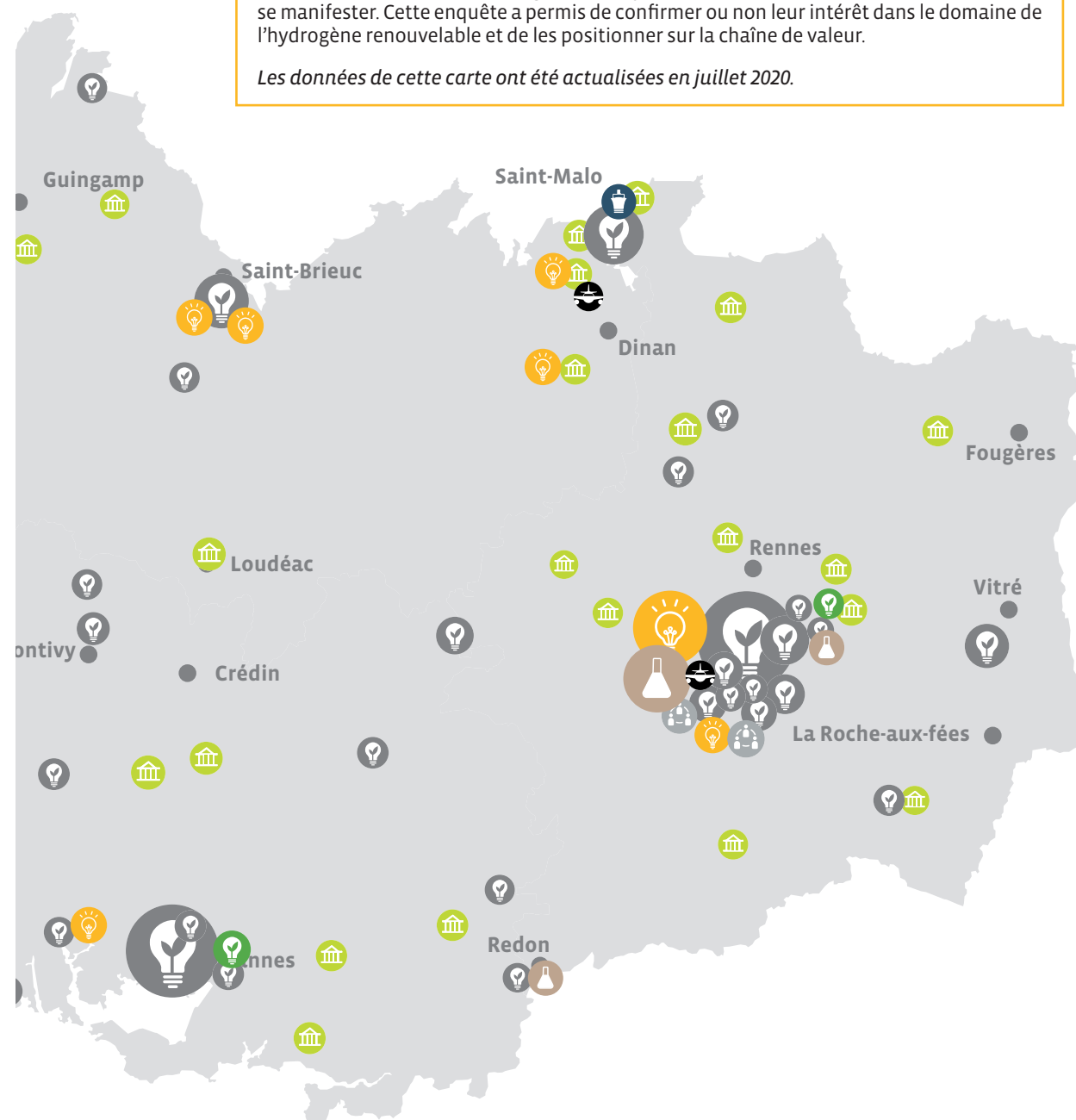
Octobre 2019
 Sources : Cartographie des compétences hydrogène - enquête IGN - GEOFLA® ET RGE®
 © Bretagne Développement Innovation

CARTE DES COMPÉTENCES DES ACTEURS DANS LE DOMAINE DE L'HYDROGÈNE RENOUVELABLE EN BRETAGNE

Méthodologie

Les données ont été recueillies lors d'une enquête menée auprès de 400 acteurs pré-identifiés pour leurs compétences, puis largement relayée pour que des acteurs non identifiés puissent se manifester. Cette enquête a permis de confirmer ou non leur intérêt dans le domaine de l'hydrogène renouvelable et de les positionner sur la chaîne de valeur.

Les données de cette carte ont été actualisées en juillet 2020.



IV. Principales recommandations de l'étude

APPROCHE CALENDRAIRE

d'ici

2025

amorcer les écosystèmes territoriaux (à partir des projets identifiés sur le territoire).

puis jusqu'en

2030

consolider par le marché sous l'influence simultanée de la commande publique et de l'offre industrielle.

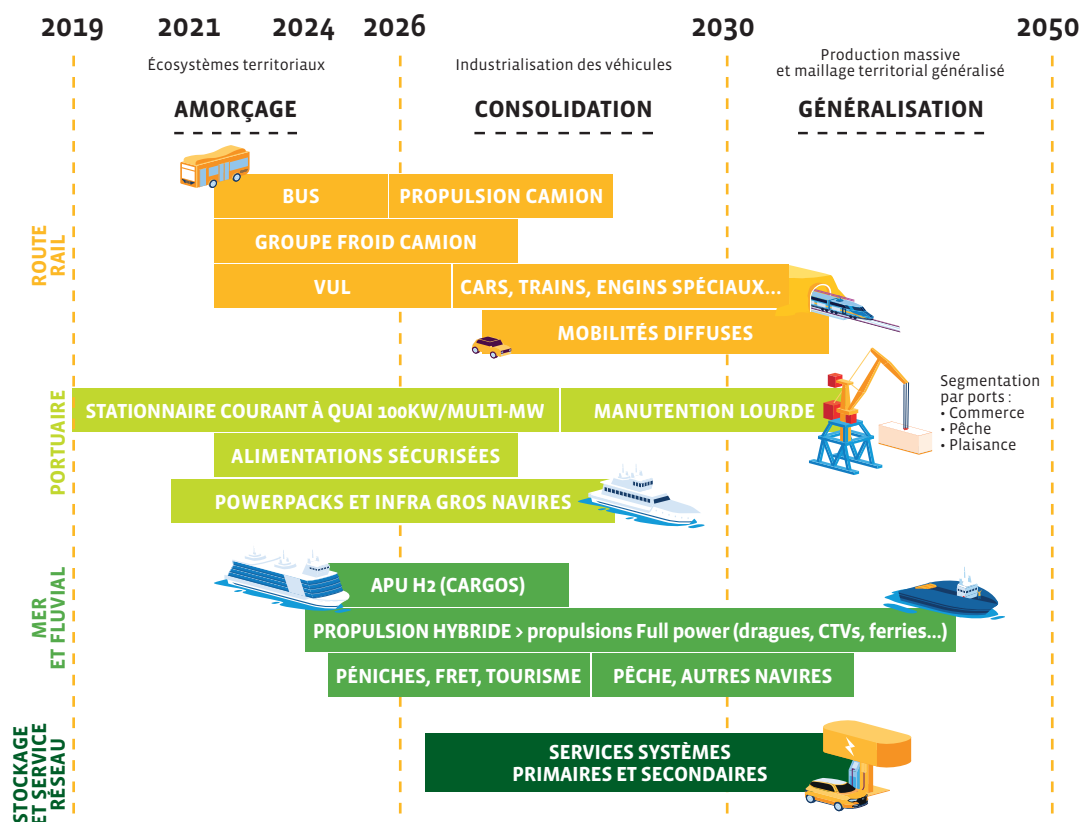
et enfin à

2050

accompagner le déploiement généralisé des infrastructures de production et distribution et de l'offre industrielle.

USAGES ET PRODUCTION

PERSPECTIVE BRETONNE





EUROPEAN HYDROGEN
VALLEYS PARTNERSHIP

Le potentiel de projets coopératifs européens de développement de l'hydrogène :

LA RÉGION BRETAGNE FÈDÈRE DEPUIS 2019, AU SEIN DE LA PLATEFORME EUROPÉENNE S3 « VALLÉES DE L'HYDROGÈNE », UN PREMIER CERCLE PARTENARIAL DE 17 RÉGIONS NORVÉGIENNES, FRANÇAISES, PORTUGAISES, GRECQUES, BELGES ET DES PAYS-BAS. ELLE ASSOCIE AUSSI LE GROUPE INDUSTRIEL HYDROGEN EUROPE AINSI QUE LE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ FCH JU AUTOUR D'UNE FEUILLE DE ROUTE DU DÉVELOPPEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PORTUAIRES, MARITIMES ET FLUVIALES H₂.

Les objectifs de cette plateforme, qui réunit 31 régions européennes, sont de contribuer à la modernisation industrielle des régions dans le domaine de l'hydrogène, mais également d'accélérer leur passage du laboratoire vers le marché en amplifiant les financements disponibles au niveau européen.

Les Régions membres du groupe ont acté le principe d'une mutualisation des compétences et des savoir-faire industriels pour relever le défi de l'émergence d'une véritable filière d'excellence européenne, forte et structurée, en capacité de démontrer sa compétitivité parmi les grands acteurs internationaux notamment asiatiques et s'inscrivant désormais autour de feuilles de route et d'un grand projet commun, intégrant :

- La mise en place d'une large communauté d'autorités portuaires et d'armateurs.
- La coordination de projets d'investissements publics/privés, par l'animation synchronisée des filières des régions partenaires pour mettre en place de flottes de navires à hydrogène, la logistique portuaire adaptée et associée, notamment pour la production d'hydrogène dans des ports maritimes ou fluviaux clefs des régions partenaires.
- La définition et le montage des coopérations industrielles autour de fonds croisés régionaux, nationaux, européens et privés, et en proposant puis en animant ces projets coopératifs notamment comme Projet d'Intérêt Européen Commun.

COORDINATION DU GROUPE « ÉCOSYSTÈME MARITIME ET PORTUAIRE H₂ »



<https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/hydrogen-valleys>



Contact Bretagne Développement Innovation

Philippe des Robert
p.desrobert@bdi.fr

Contact Ademe Bretagne

Jean-Noël Guerre
jean-noel.guerre@ademe.fr

Contact Région Bretagne

Maximilien Lemenn
maximilien.lemenn@bretagne.bzh

• Gosselin design & digital - RCS Rennes 480 918 366 - 10/2020 - Crédit photo : Sylvain Malmouche - Regards Photographes Laval / Frédéric Le Moullour / Brest Métropole / Panoramique / Région Bretagne



www.bdi.fr