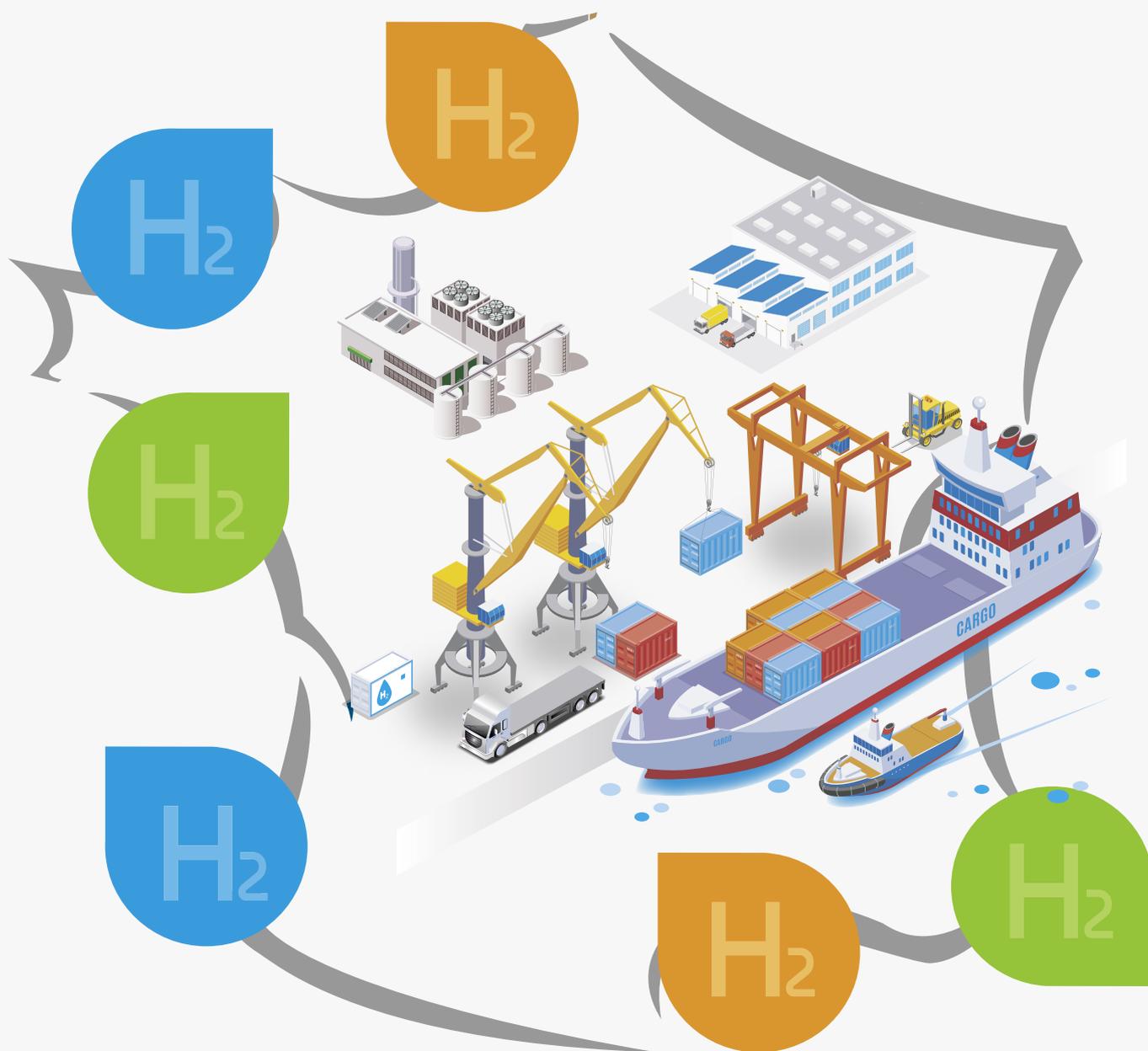


Ecosystèmes portuaires et hydrogène : une ambition commune à bâtir



Intérêts mutuels et enjeux convergents

Sommaire

Résumé exécutif	3
Introduction - Un contexte doublement favorable	5
Avant-propos méthodologique	7
Remerciements	8
Un potentiel de consommation majeure et multi-usages d'ici 2030	9
Une diversité de solutions hydrogène pour répondre à de nombreux usages et besoins	11
Décryptage usage par usage	12
Mobilités et applications stationnaires : des opportunités à différents niveaux de maturité	15
Considérer les typologies différentes des ports	23
Produire et distribuer : l'autre enjeu de la filière hydrogène	27
Et ailleurs ? Les principaux ports mondiaux comme épicerie du déploiement	30
Et ensuite ? Des enjeux et défis à relever collectivement	34
Outils et leviers (recommandations)	36
Annexes	40
Approche méthodologique	41



Résumé exécutif

La dynamique de développement de l'hydrogène est engagée partout dans le monde. Dans un contexte pressant de lutte contre le réchauffement climatique et de relance économique, la France s'est positionnée en 2020 à la hauteur des enjeux avec une Stratégie nationale hydrogène la plaçant dans le peloton de tête des pays les plus avancés en Europe et à l'international. Dotée d'un soutien public de 7,2 milliards d'euros sur 10 ans, les axes privilégiés de la Stratégie nationale sont la décarbonation de l'industrie, le développement des mobilités lourdes et intensives ainsi que le soutien à la recherche, l'innovation et le développement de compétences.

L'objectif ambitieux de mettre en service 6,5 GW de capacité de production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone à l'horizon 2030 représente un véritable changement d'échelle. Atteindre cet objectif à des coûts acceptables va nécessiter le développement de grands écosystèmes territoriaux multi-usages.

Par la densité de leurs activités, les zones portuaires sont des lieux privilégiés pour accélérer le déploiement massif de la filière hydrogène. En retour, l'hydrogène permettra aux ports de répondre à leurs enjeux de décarbonation, de diversifier leur économie et de renforcer leur attractivité.

Identifié dans les feuilles de route nationales du secteur comme la Stratégie Nationale Portuaire, plusieurs ports fluviaux et maritimes s'engagent aujourd'hui pour développer des projets hydrogène pionniers.

Pour ancrer le port comme un territoire « pivot » de la massification de l'hydrogène, la présente étude menée en collaboration avec sept ports partenaires¹, évalue le potentiel de consommation des différents usages d'ici la fin de la décennie.

Les volumes identifiés sont considérables : rapportés aux objectifs de la filière de consommer, selon les hypothèses retenues, entre (*scénario Ambition*) 680 000 et (*scénario Ambition+*) 1 090 000 tonnes d'hydrogène décarboné d'ici 2030², **les zones portuaires partenaires pourraient représenter entre 35 et 55 % de ces objectifs soit respectivement entre 220 et 615 000 tonnes**. Ces productions alimenteraient des usages industriels ainsi que des mobilités spécifiques aux ports et des flottes urbaines comme les flottes de collectivités.

Sur le seul segment de l'industrie, l'activité des ports et surtout les Grands Ports Maritimes représentent une opportunité pour initier de grands hubs hydrogène d'envergure. Ainsi, les ports partenaires pourraient représenter 40 % des consommations industrielles d'hydrogène visées par la filière à 2030 dans le scénario « Ambition » et même 63 % pour le scénario « Ambition+ ».

INDUSTRIE	Raffinage	Sidérurgie	Chimie ⁴	ENERGIE	TOTAL
Total consommation	65 – 100 kt	25 – 100 kt	65 – 195 kt	20 – 120 kt	175 – 515 kt

MOBILITÉ	Véhicules légers (VL) ⁵	Poids-lourds (PL)	Navires Maritimes	Bateaux & Navires « légers »	TOTAL
Total véhicules	13 000 25 000 véhicules	1 600 – 3 200 véhicules	7 – 25 navires	85 – 175 navires	
Total consommation	6,5 – 12,5 ktH₂	5,5 – 13,8 ktH₂	25 – 60 ktH₂	7 – 14 ktH₂	45 – 100 ktH₂

Que ce soit en termes d'industrie, de mobilité ou d'énergie, les écosystèmes portuaires apparaissent donc comme des contributeurs incontournables pour atteindre les objectifs de la filière hydrogène. L'émergence d'écosystèmes de grande envergure permettrait de densifier le maillage hydrogène en France, au bénéfice de tout un territoire, en renforçant les liens avec l'hinterland immédiat. Pour les ports, l'hydrogène permet non seulement de valoriser leurs actifs (terminaux, réseaux gaziers et électriques, gisements ENR, etc.), et d'intégrer une économie circulaire mais il offre également une possibilité de diversification économique.

Tous les ports ne disposant pas des mêmes besoins ni des mêmes situations, les configurations locales se doivent d'être prises en compte. Si des actions et objectifs sont communs, une approche spécifique par port est indispensable.

Les enjeux des écosystèmes portuaires et de la filière hydrogène convergent. Le constat doit maintenant être amplifié en intégrant de nouveaux ports et de nouvelles données. Plusieurs leviers pourront être mobilisés pour obtenir une feuille de route nationale cohérente du déploiement de l'hydrogène dans les écosystèmes portuaires, parmi lesquels, les grands projets structurants, le financement du déploiement, l'innovation, les synergies et continuités industrielles ou encore la réglementation.

1- GPM Marseille, HAROPA, Port Autonome de Strasbourg, Port de Lyon, Port de Sète, Région Bretagne (Brest, Lorient, Vannes), Région Hauts-de-France (Boulogne, Calais).

2- «Trajectoire pour une grande ambition Hydrogène», France Hydrogène, septembre 2021 (p. 4 à 6).

4 - Incluant la décarbonation de l'ammoniac et la production de e-fuels, notamment du e-méthanol

5 - Dans une logique de « hub » semi-centralisé, la production d'hydrogène dans un port pourrait bénéficier à des flottes de véhicules territoriales et permettre de répondre à une partie des objectifs nationaux (300 000 véhicules légers à 2030)



Introduction

Un contexte doublement favorable

De gaz industriel, l'hydrogène s'impose désormais comme un vecteur incontournable pour la transition énergétique et la décarbonation de nombreux secteurs d'activités. Ce mouvement de fond engagé il y a au moins deux décennies a connu successivement plusieurs coups d'accélérateur grâce notamment à un engagement fort de l'Etat via un premier Plan en 2018 et la Stratégie nationale en septembre 2020. Au niveau européen et mondial, la France a donc pris position dans le peloton de tête des pays engagés dans le soutien au déploiement de la filière hydrogène. Les annonces d'octobre 2021 dans le cadre de « France 2030 » sont venues conforter le choix de la France dans l'hydrogène.

La Stratégie Nationale Hydrogène française : un investissement à la hauteur des enjeux

3 grands axes :

Axe 1 : Accélérer l'investissement pour une industrie de l'hydrogène décarbonée et compétitive

Axe 2 : Développer les mobilités professionnelles

Axe 3 : Développer la R&D&I

Au total : **7,2Md€ d'ici 2030 dont 3,4Md€ d'ici 2023**

6 500 MW équivalent électrolyse devront être déployés sur la décennie

Coopération avec les partenaires européens pour la constitution d'un IPCEI

Les investissements majeurs et indispensables de l'Etat viennent conforter une dynamique industrielle et territoriale engagée de longue date en France. La mobilisation et la coopération de l'ensemble de ces acteurs donnent à la France les atouts nécessaires pour faire de l'hydrogène un pilier essentiel d'une transition énergétique globale et massive, associant diversification du mix énergétique et décarbonation des usages.

Cependant, les défis restent nombreux liés notamment à un coût encore élevé des équipements et d'un système de production / distribution insuffisant. Les années à venir seront donc cruciales pour assurer la montée en puissance de l'hydrogène et son changement d'échelle qui passera en France par la constitution de vastes écosystèmes territoriaux capables de produire massivement pour répondre aux besoins compris dans un périmètre donné.



En parallèle, les ports français évoluent et se transforment pour répondre aux bouleversements de notre époque : adaptation aux changements climatiques, décarbonation accrue et émergence de nouveaux carburants, concurrence internationale et reconfiguration du commerce mondial, diversification économique, liens avec l'arrière-pays (logique d'axe), nouveaux services et digitalisation, etc.

Pour accompagner les transitions portuaires, le gouvernement français a publié une nouvelle Stratégie nationale portuaire adoptée le 22 janvier 2021 dernier par le Comité interministériel de la mer. Elle affiche un « objectif clair de reconquête de parts de marché et de développement économique des ports, à horizon 2025-2050 » décliné en quatre ambitions : performance des chaînes logistiques, développement économique, transition écologique, innovation et numérique³.

La densité des enjeux et activités obligent acteurs et autorités portuaires à adopter une nouvelle vision pour anticiper au mieux les changements à venir. L'hydrogène fait partie de ces changements qui apporteront des réponses concrètes à moyen et long terme. De nombreux ports ont bien saisi l'importance de la thématique, et s'en sont emparés avec de premiers projets pilotes et des réflexions autour de stratégies de déploiement de l'hydrogène pour accompagner sa montée en puissance.

Les liens entre hydrogène et ports s'imposent comme convergents voire concomitants. **L'accélération des projets et déploiements hydrogène dans les ports permettra, non seulement de décarboner massivement des usages difficiles à électrifier mais également de développer de nouvelles activités pour renforcer leur attractivité.** La définition d'une vision à l'échelle nationale du déploiement de l'hydrogène dans les ports sera également un élément clé pour agir sur les bons leviers d'actions.

³ - Stratégie nationale portuaire



Avant-propos méthodologique

Le présent document réalisé avec 7 autorités portuaires partenaires vise à offrir un panorama sur les perspectives et spécificités du déploiement de l'hydrogène dans les ports ainsi que des pistes d'action.

Les 7 ports partenaires



Les chiffres présentés ici ne correspondent ni à une vision des projets en cours ni à l'ambition visée par les différents ports. Ils reflètent un potentiel théorique de consommation. Pour parvenir aux résultats obtenus, une enquête auprès des ports partenaires a été menée pour collecter les données sur leur environnement et les conditions favorables au déploiement de l'hydrogène. En fonction du niveau d'avancement de la réflexion des autorités portuaires sur l'hydrogène les données ont pu être complétées par des extrapolations des ambitions nationales. Des travaux en cours dans d'autres ports ont également été considérés sans être, à ce stade intégrés dans l'étude.

Les résultats et données présentés dans cette étude offrent un « instantané » permettant d'obtenir, à date, une première mesure d'un potentiel de déploiement de l'hydrogène dans les ports. Cette estimation n'est donc pas exhaustive et nécessitera d'être complétée par la suite.

Ce document a pour vocation d'offrir un panorama des opportunités actuelles et à venir de l'hydrogène aux filières concernées, mais également à éclairer les choix en matière de politique publique et d'investissements privés.

Remerciements

Cette étude repose sur la contribution de nombreux partenaires qui nous ont permis d'obtenir de précieuses données et informations. Nous tenons à remercier vivement les équipes des ports mobilisés :

- **Port de Strasbourg** : Manfred RAUSCH
- **HAROPA** : Thierry HERMAN, Morgan VAN HONACKER, Cyrielle RAUSCH
- **Bretagne** : Maximilien LE MENN, Philippe des ROBERT
- **Sète** : Alex LAVERGNE, Géraldine LAMY
- **Port de Lyon** : Valentine DELPHIN, Pascal RICHARD
- **GPM** : Michaël PARRA, Sylvain PICHON, Stéphane REICHE
- **Hauts-de-France** : Lucas TOUSSAINT

Nous remercions également toutes celles et ceux avec qui nous avons pu bâtir notre vision du sujet et qui nous ont aidé à en appréhender la complexité (VNF, Medlink, Norlink, etc.).

Nous remercions également les équipes d'Inicio pour leur disponibilité et la qualité du travail fourni et tout particulièrement Damien VAN HOOST et Jill GALLAND.

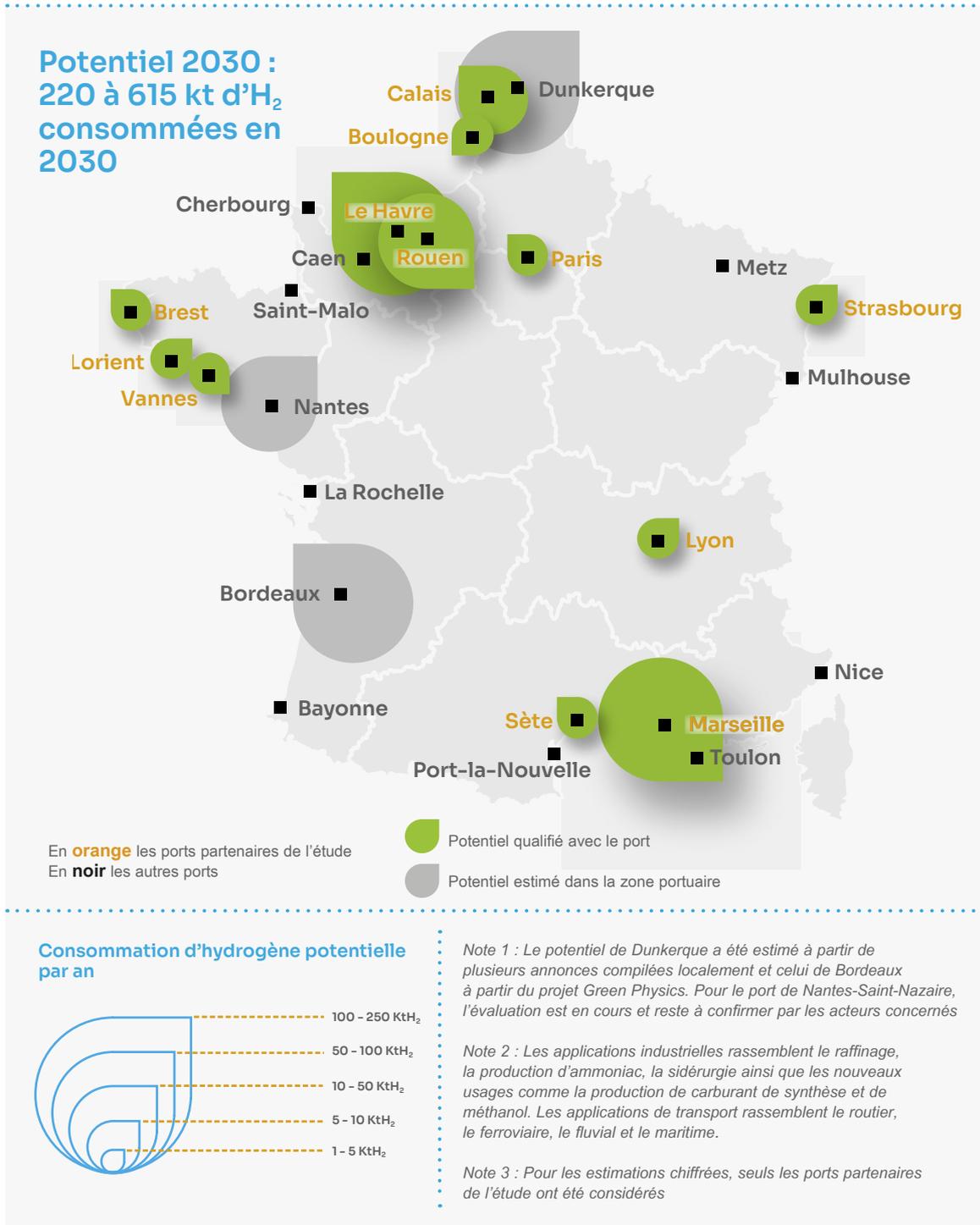
Les échanges se poursuivront en intégrant de nouveaux partenaires : GPM de Bordeaux, Port de Toulon, Ports de Mulhouse, Communauté portuaire Seine Aval, etc.





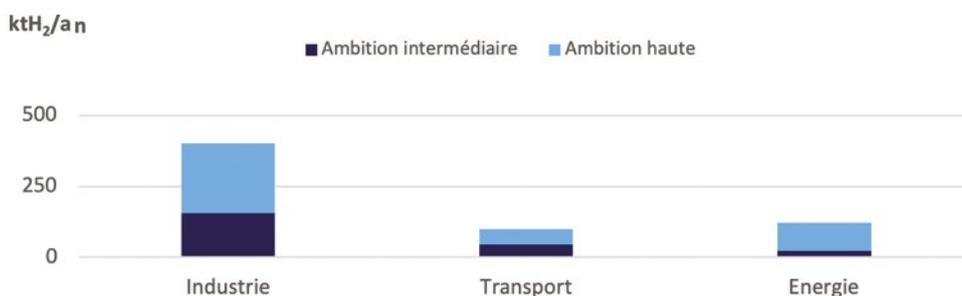
Un potentiel de consommation majeure et multi-usages d'ici 2030

Industrie, mobilités, stationnaires, réseaux énergétiques : les ports regroupent, à des échelles différentes, un large panel de cas d'usages où l'hydrogène fait sens. Décryptage...





Répartition du potentiel H2 dans les ports par application



INDUSTRIE	Raffinage	Sidérurgie	Chimie ⁴	ENERGIE	TOTAL
Total consommation	65 – 100 kt	25 – 100 kt	65 – 195 kt	20 – 120 kt	175 – 515 kt
Equivalent MWeq	540 – 830 MWeq	210 – 830 MWeq	540 – 1 625 MWeq	165 – 1 000 MWeq	1 455 – 4 285 MWeq

MOBILITÉ	Véhicules légers (VL) ⁵	Poids-lourds (PL)	Navires Maritimes	Bateaux & Navires « légers »	TOTAL
Total véhicules	13 000 25 000 véhicules	1 600 – 3 200 véhicules	7 – 25 navires	85 – 175 navires	
Total consommation	6,5 – 12,5 ktH ₂	5,5 – 13,8 ktH ₂	25 – 60 ktH ₂	7 – 14 ktH ₂	45 – 100 ktH ₂
Equivalent MWeq	54 – 104 MWeq	46 – 115 MWeq	210 – 500 MWeq	57 – 117 MWeq	367 – 836 MWeq

4 - Incluant la décarbonation de l'ammoniac et la production de e-fuels, notamment du e-méthanol

5 - Dans une logique de « hub » semi-centralisé, la production d'hydrogène dans un port pourrait bénéficier à des flottes de véhicules territoriales et permettre de répondre à une partie des objectifs nationaux (300 000 véhicules légers à 2030)



Les ports au coeur du déploiement de l'hydrogène



A l'occasion des Journées Hydrogène dans les Territoires 2021 à Dunkerque, France Hydrogène a publié sa « Trajectoire pour une grande ambition hydrogène⁶ » présentant les objectifs visés par la filière pour 2030. Deux scénarios de consommation ont été réalisés, différenciés, en fonction du rythme de déploiement un scénario « Ambition » à 680 000 tonnes d'hydrogène décarboné d'ici la fin de la décennie et un scénario « Ambition + » à 1 090 000 tH₂. Cette évaluation à l'échelle nationale a également été doublée d'une analyse territoriale par l'identification de sept grands bassins de consommation, représentant 85 % de la demande finale à 2030 et qui bénéficieront d'une logistique intégrée avec des hubs de production et système de distribution semi-centralisée. Dans ce schéma de déploiement, les zones portuaires, qui concentrent usages industriels, de mobilité et énergétique, occuperont une place centrale.

Ainsi, selon les hypothèses retenues, les zones portuaires partenaires⁷ pourraient respectivement représenter 35 % du scénario « Ambition » et 55 % du scénario « Ambition+ ». Leur contribution est donc majeure et leur poids considérable, y compris dans la structuration des différents bassins.

6 - « Trajectoire pour une grande ambition Hydrogène », France Hydrogène, septembre 2021 (p. 4 à 6).
7 - (p.14) GPM Marseille, HAROPA, Port Autonome de Strasbourg, Port de Lyon, Port de Sète, Région Bretagne (Brest, Lorient, Vannes), Région Hauts-de-France (Boulogne, Calais).





Décryptage usage par usage

Décarbonation de l'industrie

Le marché de l'hydrogène représente aujourd'hui en France environ 900 000 tonnes, principalement pour le raffinage (désulfuration des hydrocarbures) et la chimie lourde (ammoniac, HMD, peroxyde d'oxygène). Ces besoins sont prégnants principalement dans les grandes plateformes intégrées souvent situées dans le périmètre de zones portuaires. Outre ces usages historiques, d'autres émergent et pourraient se révéler très structurants dans la constitution d'écosystèmes portuaires tels que la sidérurgie pour la réduction du minerai de fer ou la production de molécules de synthèse combinant hydrogène, carbone et oxygène.

De nombreux secteurs industriels portuaires pourraient ainsi profiter de l'essor de l'hydrogène pour se décarboner : chimie fine et de spécialité, verrerie, métallurgie, cimenterie etc.

L'activité industrielle des ports et surtout des Grands Ports Maritimes représente une opportunité pour initier de grands hubs hydrogène d'envergure. Ainsi, les ports partenaires pourraient représenter 40 % des consommations industrielles d'hydrogène visées par la filière à 2030 dans le scénario « Ambition » et 63 % pour le scénario « Ambition+ ».

Cependant, les « Ambitions » pourraient être revues à la hausse tant les besoins en matière de décarbonation sont importants. A titre d'exemple, au niveau d'HAROPA (et notamment sa partie avale), les évaluations les plus récentes estiment que 7 Mt de CO₂ pourraient être captées à l'horizon 2040. Une partie serait transportée puis stockée

L'enjeu environnemental est de taille. Au cours de l'étude, 18 sites industriels émetteurs de CO₂ ont été recensés dans le périmètre d'un port partenaire ou à proximité immédiate (moins de 15 kms) pour un total de plus de 16 millions de tCO₂ émises par an soit, en moyenne, entre 800 000 et 900 000 tCO₂/an par site. Répondre aux besoins de chaque site nécessitera une réponse adaptée où l'hydrogène constituera un pilier, surtout pour les secteurs intensifs et difficiles à électrifier.

géologiquement, notamment en Mer du Nord, et une autre valorisée sur place notamment avec la production d'e-fuels. A l'heure actuelle, « seulement » 156 000t de CO₂ sont orientées vers la production d'e-fuels par combinaison avec de l'hydrogène, notamment pour des usages aéronautiques, soit environ 2 % des volumes globaux. Bien qu'il y ait un manque de visibilité sur les conditions technico-économiques de développement d'une filière de molécules de synthèse en France, les volumes ciblés représentent, pour le moment, une partie relativement modeste de l'ensemble du gisement CO₂.

La décarbonation de l'industrie s'impose comme un enjeu stratégique» non seulement en matière de transition écologique mais également pour permettre à la France de produire massivement sur son territoire.

Raffinage / Masshyla – Fos-sur-Mer : Le projet Masshyla vise la production d'hydrogène renouvelable à base d'énergie solaire photovoltaïque pour alimenter dans un premier temps la bioraffinerie TotalEnergies la Mède dans la zone de Fos-sur-Mer en lieu et place du vaporeformage. Un projet structurant pour la filière et le territoire, contribuant ainsi au développement de la chaîne de valeur hydrogène vert en France (production de 5 tonnes d'H₂/jour à terme).

Raffinage / Normand'Hy – Port-Jérôme : Air Liquide a porté à 100 % sa participation dans le projet H2V Normandy de Port-Jerome avec l'objectif de déployer 200 MW d'électrolyseur PEM en 2025. L'hydrogène produit permettra de décarboner les activités industrielles du territoire, notamment le raffinage.

Sidérurgie / ArcelorMittal – Dunkerque (non inclus dans cette étude) : une étude a été lancée pour la construction d'une usine DRI (Direct Reduced Iron) à grande échelle, combinée à une aciérie électrique. Au départ, l'installation de DRI utiliserait du gaz naturel, mais l'expérience d'ArcelorMittal dans la production de DRI, combinée aux résultats du projet DRI-hydrogène à Hambourg, permettront à cette installation d'être entièrement « prête pour l'hydrogène ».





Synergies industrielles et production de molécules de synthèse

L'hydrogène a de nombreux atouts pour s'intégrer dans une économie circulaire et profiter de fortes synergies avec d'autres molécules (principalement oxygène et carbone mais également azote) dans l'optique d'accélérer la décarbonation des ports. Les molécules de synthèse ainsi obtenues (méthanol, ammoniac, jetfuel, etc.) alimenteront un marché déjà existant et, à l'avenir, d'autres usages de mobilités lourdes dans le secteur maritime ou l'aviation, incluant toutefois la prise en compte d'enjeux de sécurité et d'impact environnemental (toxicité, corrosivité, etc.). A la décarbonation s'ajoute un enjeu de réindustrialisation et de relocalisation d'activités historiques puisqu'aujourd'hui 600 000 t de méthanol sont consommées chaque année en France alors que la production nationale est quasi-nulle. Les molécules de synthèse peuvent également s'avérer particulièrement utile dans les territoires où le stockage du carbone semble difficile (moitié Sud).

Les solutions de la filière permettent également la valorisation d'oxygène, coproduit de l'électrolyse, pour, par exemple des besoins en oxycombustion, et peuvent interagir avec les besoins et excédents en chaleur.



Mobilités et applications stationnaires : des opportunités à différents niveaux de maturité

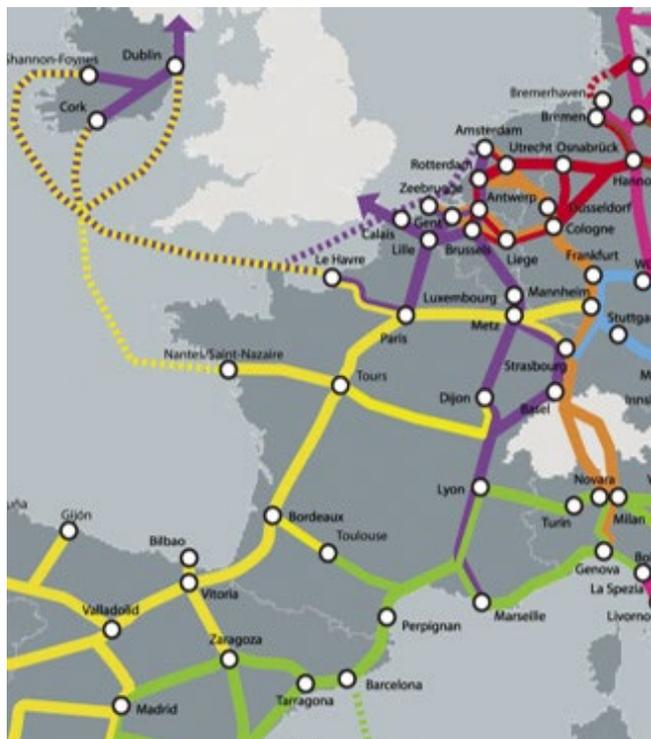
Depuis maintenant plusieurs années, les filières hydrogène française et européenne ciblent prioritairement les mobilités lourdes, professionnelles, intensives avec un fort besoin en autonomie aussi bien pour le secteur routier qu'*off-road* mais également fluvial, ferroviaire et maritime. Les ports, zones logistiques incontournables ouvertes sur les grands flux commerciaux, concentrent ces usages, notamment au sein d'espaces clairement définis comme des terminaux (céréaliers et agroalimentaires, vrac liquide, vrac solide, conteneurs, opérations de manutention diverses, etc.) ou des plateformes de transport combiné (Unités de Transport Multimodal capables d'emprunter la route comme le rail, etc.).

Au sein de chaque port, il convient de distinguer à la fois les activités routières, fluviales, maritimes et ferroviaires mais également d'avoir une seconde ligne de partage entre les mobilités intra-portuaires, dédiées aux usages spécifiques du port et celles dites extra-portuaires répondant à des flux logistiques connectant le port à son hinterland plus ou moins lointain. Bien que l'hydrogène puisse apporter une réponse globale sur l'ensemble de ces gammes d'usages, les besoins et enjeux ne sont pas les mêmes tout comme les logiques de déploiement associées.

Mobilités extra-portuaires : vers des modes de transport massifiés et multimodaux

Au cours de l'étude, un premier recensement partiel a permis d'identifier plus de 22 000 poids-lourds (26 tonnes et plus) empruntant chaque jour le périmètre d'un port partenaire. Une centralité renforcée par le positionnement de la plupart des ports français le long ou à l'extrémité de grands corridors de transport européens. L'hydrogène représente à court et moyen terme une alternative zéro émission pour ces poids-lourds qu'ils effectuent des trajets longue distance ou des circuits plus courts, régionaux voire locaux.

Le groupement H2Accelerate composé de grands constructeurs européens et d'énergéticiens distingue trois phases d'ici 2030 dans le développement de poids-lourds à hydrogène : une première phase d'apprentissage avec quelques centaines de véhicules déployés entre 2021 et 2025 en Europe, une deuxième phase marquée par une industrialisation accrue des équipements entre 2025 et 2028 puis un troisième temps à la fin de la décennie marquée par une maturité commerciale à part entière¹⁰.



Les objectifs en termes de déploiement de poids-lourds hydrogène d'ici 2030 varient : entre 5 000 et 10 000 dans la « Trajectoire 2030 » de France Hydrogène, voire jusqu'à 14 500 pour une récente étude menée par « Equilibre des Energies¹¹ ». Ces objectifs représentent un véritable changement d'échelle pour la filière hydrogène française tout en correspondant aux flux logistiques portuaires. En effet, ces objectifs représenteraient entre 22 % et 65 % des 22 000 poids-lourds circulant quotidiennement dans le périmètre des ports partenaires. Une véritable rupture dans l'exploitation des flottes mais qui bénéficierait d'effets d'échelles sur des solutions à maturité commerciale.

Le Livre Blanc prochainement publié par le groupe de travail Mobilité Hydrogène France de France Hydrogène fournira de nombreuses informations utiles sur le déploiement des camions et poids-lourds à hydrogène.

¹⁰ - White paper du consortium H2Accelerate

¹¹ - Présentation de l'étude menée par Equilibre des énergies



Port de Los Angeles : 5 camions en test avant l'extension à grande échelle¹²

En juin 2021, 5 camions de type « class 8 » équipés de piles à combustible ont été mis en service sur le Port de Los Angeles. Construits par Toyota et Kenworth, ils permettront de tester en condition réelle pendant douze mois les bénéfices et la faisabilité d'une solution hydrogène pour des poids-lourds. Pour Gene Seroka, Directeur général du Port de Los Angeles : « Transporter des marchandises entre notre port et "l'Inland Empire"¹³ », est la première étape vers un futur à zéro-émission. Ce projet est un modèle pour le développement et la commercialisation de la prochaine génération de camions propres et d'engins spéciaux de manutention des cargaisons, pour la région et au-delà. Tout comme l'air que nous respirons, l'air propre et les bénéfices économiques qui ne manqueront pas d'être générés par ce projet, doivent s'étendre au-delà du périmètre immédiat et de l'empreinte écologique directe du port.

Ce projet regroupe également plusieurs logisticiens et transporteurs : Toyota Logistics Services (TLS), UPS, Total Transportation Services (TTSI) et Southern Counties Express (SCE). Les deux stations prévues pour alimenter les camions sont opérées par Shell, en partenariat avec Air Liquide pour la fourniture d'hydrogène. Le coût total est de 82,5 millions d'euros dont la moitié financé par le CARB (California Air Resources Board).

¹² - Port of Los Angeles demonstrates hydrogen fuel cell electric freight, 9 juin 2021

¹³ - Qui comprend les comtés de Riverside et San Bernardino. A différencier de la ville et du comté de Los Angeles même.



Port de Marseille-Fos : 8 camions bientôt déployés

Attendue début 2022, une station hydrogène alimentera une première flotte de huit camions de 44 tonnes spécialement conçus dans le cadre du projet. Construite dans le cadre de HyAMMED (Hydrogène à Aix-Marseille pour une Mobilité Écologique et Durable), projet en partie financé par l'ADEME et intégré au programme européen H₂Haul, cette station bénéficiera également du soutien de la Région Sud et de l'Europe via le FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking). La station construite et opérée par Air Liquide pourra, à termes, alimenter jusqu'à 20 camions. Parmi les autres partenaires du projet figure des transporteurs et des acteurs de la grande distribution tels que Carrefour, Coca-Cola European Partners et Monoprix.

L'activité maritime et/ou fluviale est bien entendu essentielle et centrale dans l'activité d'un port. Toutes les catégories de navires et bateaux utilisent chaque jour les installations portuaires françaises : navires de charge pour le transport de marchandises et pondéreux, porte-conteneurs en lien avec le commerce international, ferries assurant des dessertes à l'échelle européenne, flottes de pêche ou encore barges fluviales transitant sur les voies de navigation intérieure. Les activités de ces navires de commerce sont complétées par celles de navires de service, notamment pour desservir des plateformes énergétiques en mer, par exemple pour des champs d'éoliennes offshore à venir en France. 400 navires de pêche, 200 bateaux et plus de 150 navires de toute taille (hors plaisance)

ont ainsi été dénombrés, dont la grande majorité n'excède pas les 5 MW de puissance et où, d'un point de vue technique, des solutions incluant une part significative d'hydrogène (hybridation ou 100 %) sont possibles à moyen terme.

Quant aux flux de navires les plus imposants (ferry, paquebots, vraquiers, feeders et porte-conteneur), ils nécessiteront une réponse adaptée avec de premiers démonstrateurs à l'échelle prévus d'ici la fin de la décennie. Il est possible qu'un mix énergétique pluriel, associant l'ensemble des carburants et solutions, se développe dans les années à venir pour sortir rapidement des motorisations au fioul lourd ou au GNR tout en répondant à leurs besoins colossaux. A titre d'exemple, de premières études évaluent qu'un seul ferry fonctionnant à 100 % avec du e-méthanol nécessitera 9500 tH₂/an. Décarboner ces mobilités grâce à l'hydrogène est donc un élément crucial pour un écosystème portuaire bénéficiant d'une véritable dynamique avec les premiers déploiements d'envergure attendus dès 2022 et l'existence d'une filière française d'excellence.



1-Projet d'un CTV (Crew Transfer Vessels) à hydrogène Crédit : Piriou



2-Projet HYLIAS à Vannes d'une navette hydrogène de 150 à 200 passagers Crédit : L2O Naval

A l'instar des corridors routiers ou ferroviaires, la Commission européenne souhaite encourager et développer des projets d'infrastructure et de décarbonation le long d'axes maritimes et fluviaux structurants à l'échelle continentale, via le dispositif « Motorways of the Sea ». Différentes études de faisabilité et premiers projets de déploiement ont été soutenus dans ce cadre, notamment en Mer du Nord et en Mer Baltique¹⁴. A nous, acteurs français, de nous mobiliser pour positionner la France et l'hydrogène dans ces corridors maritimes avec l'objectif de soutenir la transition énergétique des ports.

14 - <https://www.onthemosway.eu/wp-content/uploads/2015/11/2.-Jos%C3%A8-Anselmo-MoS-OCT-2015-Final.compressed.1.pdf>

Le montage de projets concernant ce type de mobilités est un axe très structurant pour parvenir à un écosystème de grande envergure mais nécessite de mobiliser l'ensemble de la chaîne de valeur : chargeurs, transporteurs / armateurs, logisticiens, distributeurs de carburants et autorités portuaires avec chacun ces propres contraintes mais un objectif commun : décarboner.

Mobilités intra-portuaires et usages stationnaires

La diversité des activités logistiques et industrielles présentes dans les zones portuaires ainsi que leur caractère intensif obligent les différents acteurs à déployer des équipements adaptés capables d'assurer le transport et la manutention de différentes charges, colis et produits. Reachstackers (*cf photo infra*), cavaliers, empileuses, chargeuses, tracteurs, pelleteuses mais aussi chariots élévateurs sont donc indispensables à l'activité de tout port. Une flotte de plus de 300 véhicules de ce type ont été recensés à ce stade avec les ports partenaires. A l'heure actuelle, l'offre hydrogène est encore émergente mais présente pour certains cas d'usages.

Une offre hydrogène qui s'étoffe et se diversifie : L'exemple de Gaussin


GAUSSIN
MANU G I S T I Q U E



**Transport de conteneur
(APM – 75 T)**

Consommation : 8 – 10 kgH₂ / jour

Autonomie : 8 à 12h

Commercialisation : 2021



[En savoir plus sur la publication : Panorama des solutions hydrogène](#)



*Exemple de Reach staker en fonctionnement (CNR – Port de Lyon Edouard Herriot
©Photographie Camille Moirenc)*

De nombreux véhicules utilitaires circulent également à l'intérieur du périmètre du port pour effectuer diverses missions de service, chaque autorité portuaire possède par exemple sa propre flotte de véhicules pour assurer ces activités (150 à 200 VL / VUL identifiés à ce jour pour les différents ports). Les flottes liées aux activités commerciales sont bien plus importantes mais difficiles à estimer à ce jour. En mer aussi, les navires de service représentent une large gamme d'usages et d'activités pour entretenir les installations (dragues, chalands, etc.) ou pour accompagner les manœuvres d'autres navires (remorqueurs, pilotes, etc.). D'autres navires fluvio-maritimes assurent la liaison entre différents sites d'un même port (barges et pousseurs principalement). Les mobilités maritimes et fluviales requièrent également des apports énergétiques une fois à quai, notamment pour alimenter des équipements auxiliaires liés aux spécificités de leurs activités (hôtellerie, vie à bord, etc.). Ces besoins de « recharge à quai » sont aujourd'hui satisfaits par des groupes électrogènes diesel mais la demande est forte pour électrifier ces usages. Les systèmes piles à combustible peuvent alors, en fonction des configurations territoriales et des conditions de raccordement, apporter une véritable réponse.

Le fret ferroviaire constitue également un maillon essentiel de la logistique portuaire, capable de déplacer des volumes très importants, notamment de vrac liquide ou solide, en toute sécurité. Près de 30 locomotives et 30 navires de service ont ainsi été recensés.



Les pilotes de Seine en action (crédit : HAROPA).

Caractéristiques des vedettes utilisées :

7 à 18m, motorisation comprise entre 150 à 860 kW.



Navires « remorqueurs » (crédit : HAROPA)



Drague hybride intégrant une pile à combustible et permettre d'économiser 20 % de gasoil.

La mise en service est prévue pour 2023 (crédit : région Occitanie).

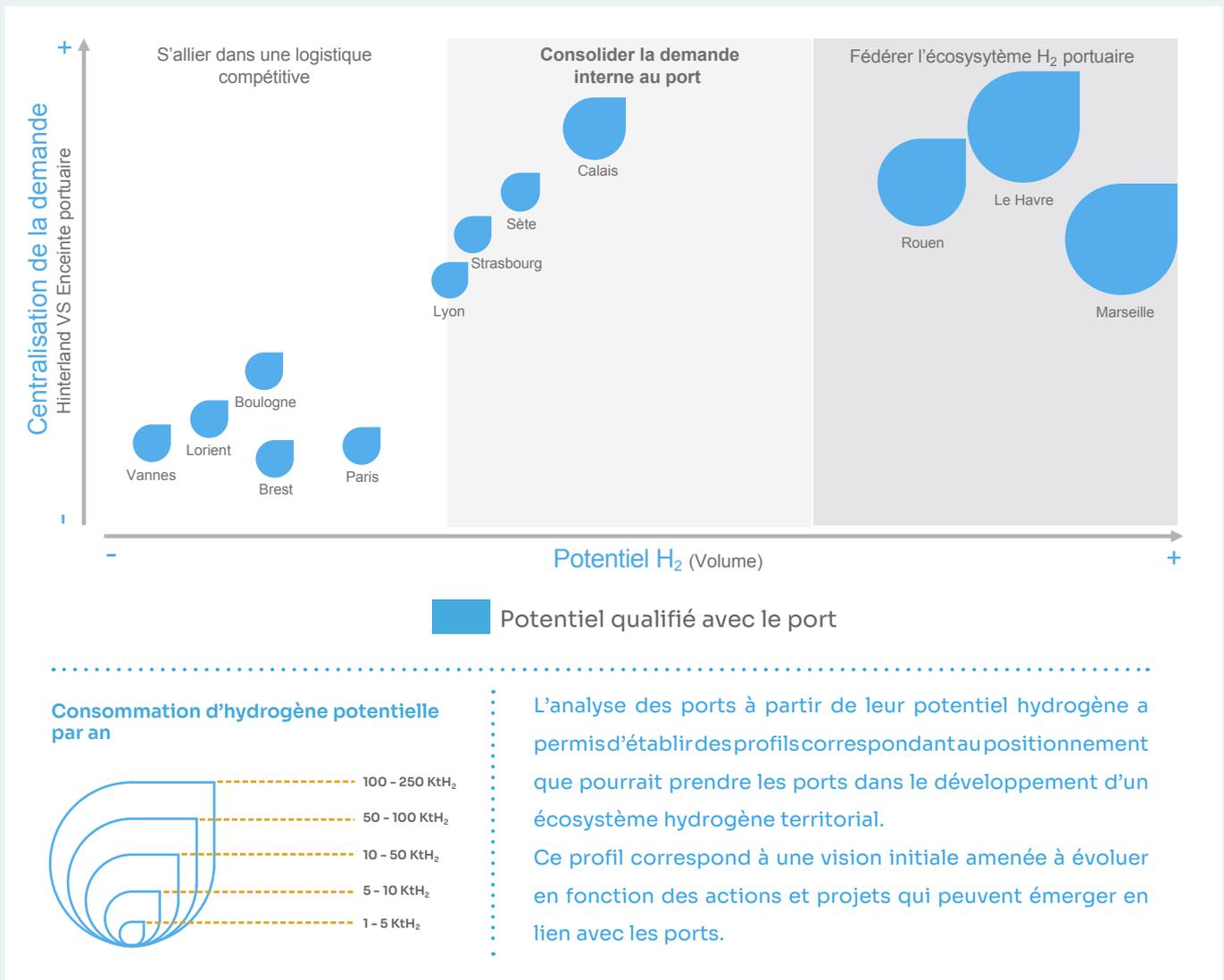
Enfin, il est important de mentionner des équipements fixes incontournables aux activités logistiques comme des portiques (de chargement-déchargement, de stockage, etc.), des pontons, grues ou tapis roulants, généralement alimentés par des groupes électrogènes diesel de forte puissance (plusieurs MW).



Considérer les typologies différentes des ports

Le constat est là : les ports ont un rôle central à jouer dans la massification de la filière hydrogène. Cependant, les volumes et les caractéristiques des activités peuvent varier d'un port à l'autre impliquant des stratégies et des moyens d'action différents. La capacité d'un port à produire massivement en son sein est une variable essentielle dans la viabilité de son projet hydrogène. Les volumes de production associés à l'écosystème induiront des effets d'échelle plus ou moins importants qui permettront de réduire les coûts de l'hydrogène et ainsi de répondre aux conditions économiques des usages visés (de 1,5 €/kgH₂ pour la grande industrie à 5 €/kgH₂ pour les mobilités pour une parité avec les solutions actuelles).

Selon sa place dans l'écosystème, le rôle à jouer par le port diffère



Fédérer – Les grandes zones industrialo-portuaires

La caractéristique première de ces ports est de concentrer des activités industrielles fortement consommatrices d'hydrogène décarboné dans les années à venir (voir ci-dessus ¹⁵) : Vallée de Seine (Le Havre, Port-Jérôme, Rouen), Bouches-du-Rhône (Fos, Lavéra, Berre), Bouches-du-Rhône (Fos, Lavéra, Berre), Nord (Dunkerque) mais aussi Loire-Atlantique (Donges) ou encore Gironde (Ambès). Ces ports ne doivent cependant pas être réduits à leur industrie lourde car ce sont également de grands sites multimodaux avec plusieurs milliers d'hectares de zones logistiques en service ou disponibles et donc tous les équipements associés pour lesquels des solutions hydrogène représentent un levier majeur de décarbonation. Toutes ces spécificités leur donnent un rôle majeur et structurant à l'échelle nationale avec la possibilité de rayonner sur un large territoire, au bénéfice d'un grand nombre de consommateurs.



Le GPM Marseille-Fos voit transiter plus d'1,4 millions de conteneurs par an (second plan) et bénéficie d'une arrivée rail-route (premier plan). Le bassin Ouest compte également un terminal pétrolier et minéral (troisième plan) pour alimenter les activités d'ArcelorMittal et des trois raffineries de la zone. (crédit : Bassin Ouest / GPMM)

Consolider – Ports diversifiés (Strasbourg, Lyon, Calais, Paris)

D'autres ports bénéficient d'un positionnement stratégique sur des axes majeurs de transport. Ils jouent un rôle d'interface européenne et sont intégrés à de vastes aires urbaines, générant par conséquent un trafic et des flux importants. Un écosystème hydrogène de grande taille peut donc émerger grâce à des usages de mobilité. Cependant, ces ports devront accompagner l'émergence de ces nouveaux usages qui sont à différents niveaux de maturité. De possibles synergies territoriales avec des activités industrielles denses situées soit dans leur propre périmètre soit à proximité immédiate permettront également de structurer davantage leur écosystème. La valorisation de ces différents atouts renforcera la viabilité économique à moyen terme de leur écosystème.

S'allier – Des ports davantage spécialisés (Lorient, Vannes, Boulogne, etc.)

Centrés autour de mobilités spécifiques, principalement maritimes et fluviales, (pêche, plaisance, dessertes côtières et insulaires, etc.), certains ports devront intégrer un maillage hydrogène plus vaste pour consolider leur propre écosystème et ainsi être suffisamment robuste dans les années et décennies à venir. Leur rôle sera important à l'échelle de façades maritimes ou de corridors mais également dans la montée en puissance d'une chaîne de valeur technique et industrielle grâce à la diversification d'activités historiques. Accompagner l'hydrogène dans ces ports peut donc prendre d'autres formes, complémentaires à celles de grands ports industriels ou diversifiés.



*Exemple du Port de Lyon inséré dans la métropole (CNR – Port de Lyon Edouard Herriot
©Photographie Camille Moirenc)*

Les liens avec l'arrière-pays (métropoles, corridors, etc.)

Par son rôle d'interface, le port connecte son arrière-pays ou « hinterland » aux grands flux d'échanges internationaux. En premier lieu, le port interagit de manière étroite avec les collectivités et infrastructures voisines. L'interface ville/port est donc un enjeu essentiel. Ainsi, sur le déploiement d'un écosystème hydrogène de grande taille, avec une production massive à un coût compétitif dans une zone portuaire pourrait profiter à des usages proches, notamment en matière de flottes de collectivités : bus, bennes à ordures ménagères, VUL / VL, etc. Les complémentarités peuvent même aller plus loin et intégrer d'autres écosystèmes structurants également mobilisés par le développement de l'hydrogène comme des aéroports. Les usages intensifs de mobilités lourdes y sont également nombreux et seulement distants de quelques kms (généralement 20 ou 30 kms), avec des calendriers similaires. De grandes plateformes logistiques routières avec un trafic important de poids-lourds peuvent également être intégrées.





Une logistique de distribution hydrogène à partir du port et intégrée à l'échelle d'une ville, d'une métropole voire d'un département peut donc permettre d'accélérer le recours à des solutions décarbonées, surtout dans des territoires où la réduction des gaz à effet de serre croisent celle de la qualité de l'air pour les populations (Zones à Faibles Emissions – ZEF, etc.).

Proposer un maillage dense de capacités de production / distribution d'hydrogène dans les ports offrira également aux professionnels du transport (chargeurs, transporteurs, logisticiens, bateliers et armateurs) de la visibilité sur les disponibilités en hydrogène au sein de plateformes logistiques clairement identifiées et incontournables.



Produire et distribuer : l'autre enjeu de la filière hydrogène

Les défis autour d'un écosystème hydrogène complet

Les ports sont au cœur du changement d'échelle de la filière hydrogène compte tenu des possibilités de consommation massives et multi-usages. Dans l'étude « Trajectoire pour une grande ambition hydrogène¹⁶ » de France Hydrogène, les ports sont centraux dans l'émergence de 7 grands bassins de déploiement qui disposeront d'une logistique intégrée, associant production massive et schémas de distribution pour alimenter différents usages compris dans une « zone d'influence¹⁷ » plus ou moins étendue.

¹⁶ - Trajectoire pour une grande ambition Hydrogène», France Hydrogène, septembre 2021.

¹⁷ - Trajectoire pour une grande ambition Hydrogène», voir notamment p.10 et p. 33. France Hydrogène, septembre 2021.

En fonction des spécificités de déploiement, les tailles des sites de production seront très différentes, allant d'environ 20 à 1 700 MW selon les hypothèses retenues¹⁸ et avec la possibilité de proposer un hydrogène à un coût compétitif en fonction des usages visés. Cependant, alimenter l'ensemble des usages ciblés nécessitera des sources énergétiques abondantes, disponibles et à un prix attractif. Produire 220 ktH₂/an nécessitera 12 TWh et près de 34 TWh pour atteindre les 615 ktH₂/an. Pour couvrir tout ou partie de ces apports, les ports français pourront mobiliser des actifs énergétiques importants comme des parcs renouvelables d'envergure (supérieurs à 50 MW), notamment hydroélectriques et/ou éoliens offshore. La valorisation d'apports énergétiques plus décentralisés comme des ombrières sur les vastes surfaces de toitures des zones logistiques ne doit pas être négligé. D'autres apports énergétiques seront nécessaires et le recours à l'électricité du réseau, constituera un apport conséquent au moins pour les principaux hubs supérieurs à 100 MW. A titre de comparaison, un parc éolien offshore de 500 MW pourrait produire entre 25 et 30 ktH₂/an si l'intégralité de sa production était dédiée à l'hydrogène. D'autres solutions comme la thermolyse de biomasse ou encore la pyrolyse du méthane par plasma (notamment à partir de terminaux GNL) pourraient être sollicités.

En outre, les enjeux de production d'hydrogène rencontrent les problématiques foncières des ports. Les réserves de terrain disponibles ne sont pas toujours suffisantes pour envisager une production sur site, le port deviendrait dans cette configuration un lieu de distribution avec une production à proximité. Une situation notamment présente dans les ports fluviaux intérieurs.



18 - Importance du facteur de charge pour une mesure en «équivalent électrolyseur». dans le cadre de cette étude nous avons choisi de retenir un fonctionnement des installations à 75 % soit 6600h/an. Cette hypothèse est à comparer avec les spécificités territoriales.

Et l'import / export ?

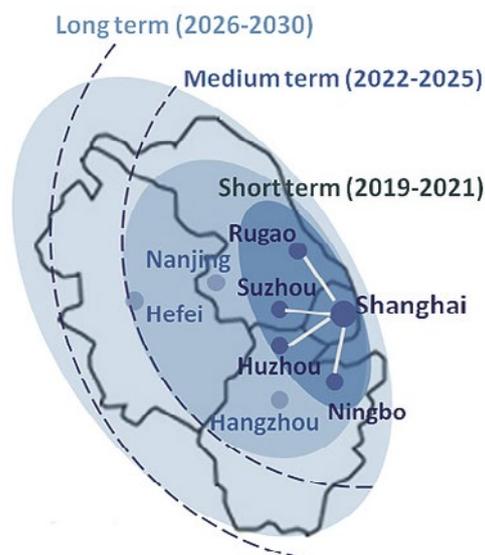
Une autre orientation possible et explorée par certains acteurs est l'importation d'hydrogène (ou ses dérivés : ammoniac, méthanol, LOHC-Liquid Organic Hydrogen Carrier) produit dans des pays où l'énergie renouvelable est disponible à un coût compétitif. Le photovoltaïque a par exemple vu ses coûts fortement diminuer au cours de ces dernières années et de grands projets proposent un prix de production de l'électricité extrêmement faible. Lors de récentes mises aux enchères, la fourniture d'électricité est annoncée à 29 €/MWh au Chili ou même 13,5 €/MWh à Abu Dhabi. Plus proche de la France, des territoires affichent des prix d'électricité renouvelable très attractifs. Au Portugal, des projets affichent un prix de 11,5 €/MWh ! Les coûts de l'éolien et notamment offshore, connaissent également une baisse sensible, avec des développements conséquents par exemple en Mer du Nord. A partir de ces « hotspots » renouvelables il est donc possible d'obtenir un hydrogène à très faible émission carbone et compétitif y compris pour des usages industriels, car la fourniture d'électricité peut représenter jusqu'à 75 % du prix final de l'hydrogène. Cependant, ces productions potentielles sont souvent isolées et éloignées des lieux de consommation d'où la nécessité de les transporter, parfois sur de très longues distances à l'aide de navires ou de canalisations. L'impact sur le prix final de l'hydrogène distribué peut alors être conséquent voire dissuasif. L'AIE rappelle dans son rapport de 2021 que l'hydrogène importé depuis le Moyen-Orient vers l'Europe (2,25-3,29€/kg H₂) devrait se rapprocher des coûts de production « sur site » tout en restant moins compétitifs (2 €/kg H₂) en 2030¹⁹. Si la mise en place d'échanges internationaux d'hydrogène (ou ses dérivés) doit se concrétiser, les ports occuperont une place primordiale comme cela est aujourd'hui le cas pour le GNL.

19 - Global Hydrogen Review, 2021, AIE, voir p.161.



Et ailleurs ?

Les principaux ports mondiaux comme épice centre du déploiement



Hydrogen Corridor Development in the Yangtze River Delta Region

Shanghai : Un vaste déploiement par écosystèmes coordonné à partir du port ?²⁰

Shanghai « met tout en œuvre » pour s'imposer comme un « port hydrogène de premier plan » dans les années à venir. Pour cela, la ville et le port souhaitent se positionner comme le « noyau » du développement de l'hydrogène dans la région du delta du fleuve Yangtze – zone urbaine extrêmement dense (27 millions d'habitants). Ainsi, d'ici 2023, Shanghai vise à mettre en circulation près de 10 000 véhicules à pile à combustible à hydrogène et mettre en service 30 stations de recharge en hydrogène. D'autres stations de recharge devraient être prévues dans les quartiers résidentiels, autour des aéroports et près du parc Disneyland de Shanghai.

²⁰ - CarbonBrief, 24 juin 2021

Hambourg (H2H Project)²¹ : Quand l'union fait la force

Douze entreprises et entités ont décidé de s'allier pour former le « Hamburg Hydrogen Network ». Ce réseau comprend les fondateurs du projet « Hamburg Green Hydrogen Hub » qui sont Shell, Vattenfall, Mitsubishi Heavy Industries et Wärme Hamburg ainsi que de nouveaux venus incluant Airbus, ArcelorMittal, Gasnetz Hamburg, GreenPlug, Hamburger Hafen und Logistik, l'autorité portuaire de Hambourg, HADAG Seetouristik und Fährdienst et Stadtreinigung Hamburg. Leur première action concrète est d'avoir soumis une candidature collective à un programme de soutien à l'échelle de l'UE (9 projets complémentaires déposés dans un dossier commun à l'IPCEI).

Reliant production, distribution et utilisation d'hydrogène pour une large gamme d'applications, les partenaires ont comme objectif de réduire significativement les émissions de CO₂. Dès 2026, 170 000 tonnes de CO₂ pourraient être évitées annuellement. Par ailleurs, les opportunités et perspectives sont colossales, à l'échelle de l'un des principaux ports européens. Grâce à la production sur site par électrolyse, à l'acheminement d'hydrogène produit en mer et aux connexions avec le réseau européen émergent (Backbone), ce groupement permettrait de réduire de 16 millions de tonnes annuelles les émissions de CO₂ du port avec la production de plus d'un million de tonnes d'hydrogène par an d'ici 2030.

L'hydrogène vert produit par le « Hamburg Green Hydrogen Hub » remplacerait les combustibles fossiles dans l'industrie (sidérurgie, etc.), dans le secteur du transport et de la logistique. L'utilisation de la chaleur résiduelle issue des électrolyseurs pour le réseau de chauffage urbain et le traitement thermique des déchets municipaux réduirait davantage les émissions de gaz à effet de serre.

²¹ - Twelve companies join forces to form the Hamburg hydrogen network, Fuelcellworks, 26 avril 2021.



Rotterdam : Un hub associant production sur site d'hydrogène bas carbone et renouvelable ainsi qu'importations²²

Le port de Rotterdam valorise l'ensemble de ses actifs et « prédispositions » pour devenir un hub hydrogène de taille européenne et mondiale : décarbonation de l'industrie, potentiel éolien offshore, captage et stockage de carbone en Mer du Nord (CCUS), corridors logistiques et routiers. La massification de l'hydrogène s'inscrit dans une feuille de route décennale avec plusieurs paliers de montée en puissance. D'ici 2030, les autorités portuaires prévoient de produire 1,16 millions de tonnes d'hydrogène par an par CCUS et aussi par électrolyse. En 2050, avec le développement de l'import/export d'hydrogène, ce sont près de 20 MtH₂/an qui devraient transiter par la zone portuaire pour répondre aux besoins territoriaux mais également alimenter l'Europe du Nord-Ouest et en premier lieu les Pays-Bas et l'Allemagne.

22 - *Port of Rotterdam becomes international hydrogen hub*, 7 mai 2021. Lien vers la note de position ici >>
<https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/hydrogen-vision-port-of-rotterdam-authority-may-2020.pdf>

Valence : Démultiplier des usages hydrogène pour répondre aux besoins spécifiques de la manutention portuaire²³

H₂Ports est le premier projet européen axé sur le test d'équipements portuaires lourds alimentés par des piles à combustible. Le projet est dirigé par la Fundacion Valenciaport, le centre de recherche et d'innovation du port et financé par la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCHU-JU) à hauteur de 4 millions d'euros. Le projet a pour objectif de démontrer et de valider au moyen d'essais en condition réelle sur deux terminaux de fret (MSC Terminal Valencia et Valencia Terminal Europe), la viabilité d'engins de manutention hydrogène. Les prototypes sélectionnés sont un reach stacker de manutention de conteneurs et un terminal remorqueur utilisé dans les opérations ro-ro.

H₂Ports permettra d'accélérer la transition entre innovation et application industrielle dans ce secteur stratégique, contribuant ainsi à mettre en œuvre et déployer des technologies bas carbone dans le secteur de la logistique portuaire.

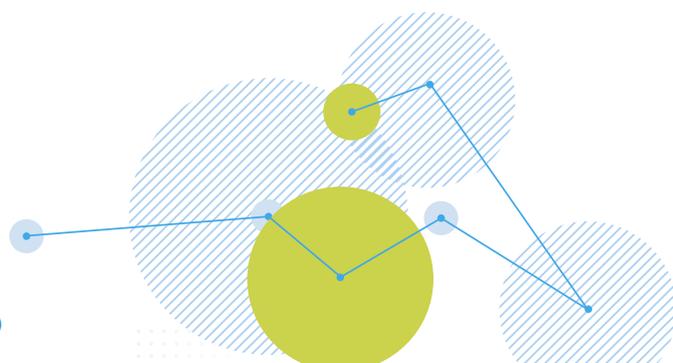
23 - *Port of Valencia - H₂Ports / Fuel Cells and Hydrogen in Ports*.

Anvers : une station hydrogène multi-usages pour répondre à des besoins variés

La société CMB (Compagnie Maritime Belge) et plus précisément sa filiale innovation « CMB Tech » a mis en service en juin 2021 au sein du port d'Anvers une station de distribution d'hydrogène produit à l'aide d'un électrolyseur de 1,2 MW. Cette station, située au niveau de la capitainerie du port, bénéficie d'un emplacement stratégique à la fois proche des activités logistiques propres à l'écosystème, pour alimenter des poids-lourds, navires et bateaux, mais également à proximité du tissu urbain local facilement accessible par les différentes flottes de la collectivités (bus, BOM, etc.).

CMB a également développé un camion « dual-fuel » consommant alternativement du diesel et de l'hydrogène. Roy Campe, CTO de CMB.TECH. ne s'y trompe pas et revient sur sa stratégie : « À l'avenir, les ports deviendront des hotspots d'hydrogène car vous avez une grande concentration d'applications difficiles à électrifier. De plus, de nombreux ports auront accès à l'hydrogène soit via de grandes capacités de production à partir d'électrolyseurs soit via des importations. Nous sommes donc très heureux de pouvoir de mettre la station en service après deux ans et demi de développement ».

A signaler également que le port d'Anvers multiplie les projets hydrogène. Plusieurs partenaires industriels (Engie, Fluxys, Indaver, Inovyn, Oiltanking, PMV/z) se sont associés avec comme objectif de produire du méthanol pour répondre dans un premier temps aux besoins de l'industrie chimique locale qui s'élèvent à 300 000 tonnes par an. Une première usine de production est attendue pour la fin 2022 avec une capacité de production d'environ 8 000 tonnes de méthanol durable par an.





Et ensuite ?

Des enjeux et défis à relever collectivement

Les autorités portuaires ont un rôle central à jouer dans le développement de l'hydrogène, au regard de leur compétence en matière de maîtrise foncière, mais également avec l'objectif de diversifier les offres de service portuaire. Au regard de leur compétence en matière de maîtrise foncière, mais aussi dans l'optique de diversifier les offres de service portuaires. Leurs missions les amènent à assurer des fonctions de coordination stratégique impliquant une grande diversité d'acteurs.

Les ports facilitateurs dans l'émergence des usages et des projets hydrogène

- 1. Favoriser le déploiement de solutions de production massive d'hydrogène bas carbone et renouvelable** pour les usages industriels actuels mais également nouveaux : raffinage, chimie lourde, sidérurgie, consommateurs diffus (verrerie, métallurgie, etc.)
- 2. Accompagner et accélérer le déploiement des usages mobilité lourde hydrogène autour de l'activité portuaire permettant de structurer l'offre logistique hydrogène :** terrestre (routiers et de manutention), ferroviaire, fluvial, maritime
- 3. Accompagner et soutenir les projets pilotes et premiers déploiements comme facteurs déclencheurs de l'écosystème portuaire hydrogène**
- 4. Accompagner l'innovation dans le secteur maritime et fluvial** en valorisant les actifs industriels des différents ports
- 5. Conforter des projets de grande envergure** autour d'une économie circulaire associant hydrogène, carbone et tout autre vecteur (chaleur, etc.)
- 6. Adopter une logique d'écosystème multi-acteurs et multi-échelles en intégrant l'ensemble des acteurs territoriaux pertinents**

Les ports accélérateurs de l'émergence de l'hydrogène

1. Déterminer le positionnement du port dans sa zone d'influence et définir son schéma d'approvisionnement
2. Identifier les meilleures solutions d'approvisionnement hydrogène en fonction des actifs portuaires et des caractéristiques de l'écosystème (réseaux, stockage, terminal import/export H₂, routier, ferroviaire et fluvial, etc.)
3. Définir une politique de réduction des émissions carbone sur la zone portuaire favorable au développement de l'hydrogène décarboné pour les usages mobilités et industriels.
4. Axer les investissements sur la zone portuaire sur des actifs en lien ou favorisant le développement de la production hydrogène et ses usages
5. Identifier les zones favorables à l'implantation des infrastructures hydrogène et faciliter les conditions d'accès pour les porteurs de projets.





Outils et leviers (recommandations)

Les recommandations décrites ci-dessous consistent à identifier différents cadres d'actions à mobiliser, articuler et décliner au niveau territorial pour obtenir une feuille de route nationale cohérente.

Financement du déploiement

o Accompagner et structurer les sollicitations auprès des différents dispositifs de financement existants :

- Proposer un accompagnement régional « unique » pour répondre aux AAP européens pour faciliter le montage de dossiers : MIE / CEF (y compris Motorways of the sea) en lien avec les implementing partners (Banque des Territoires, BEI, etc.), FEDER, Interreg, etc.
- Inciter et accompagner les armateurs ainsi que les acteurs maritimes et fluviaux à recourir aux différents dispositifs existants : « suramortissement vert », « green shipping guarantee » de la BEI, etc.
- Recourir à certains dispositifs comme les programmes CEE (Fret 21, etc.)
- Elaborer un « Fonds Océan » lié à l'intégration du secteur maritime aux crédits ETS (en lien avec Fit for 55).

o **Construire une offre de location longue durée pour certains usages** (mobilités, groupes électrogènes, etc.) avec des partenaires de référence (acteurs du leasing, Banque des Territoires, etc.) pour permettre aux utilisateurs de tester et déployer les solutions technologiques sans porter l'intégralité du coût d'investissement et donc inciter la transition vers l'hydrogène.

o **Mobiliser de nouveaux investisseurs privés et acteurs de la finance** (ingénierie, etc.) prêts à soutenir et à investir dans des solutions décarbonées innovantes adaptées aux besoins (levées de fonds, etc.).

Grands projets et infrastructures

o Encourager la constitution de groupements structurants réunissant développeurs, constructeurs, utilisateurs et investisseurs, capables de mener des projets concrets répondant à des usages fortement consommateurs d'hydrogène dans l'industrie et dans certaines mobilités (maritime, aéronautique, flottes routières importantes) avec le soutien des pouvoirs publics locaux (agences de développement régionales...) comme nationaux (ADEME) et européens (CINEA).

- S'organiser, au minimum à l'échelle de bassins, pour structurer des réponses aux appels à projets les plus structurants (IPCEI, Innovation Fund, etc.)

o Accompagner la réalisation de schémas d'avitaillement en carburants alternatifs intégrant l'hydrogène et les molécules de synthèse pour l'ensemble des usages de mobilité, en lien notamment avec les corridors européens.

o Croiser les informations et cartographies avec les autorités compétentes pour déterminer les zones préférentielles de développement de la chaîne de valeur hydrogène : réglementation (PPRT, etc.), disponibilité, extension et raccordements réseaux gaz, électriques, chaleur etc.

- Identifier les besoins en raccordement aux réseaux, que ce soit au niveau du réseau de transport ou de distribution d'électricité, et accompagner leur adaptation (répartition des coûts, etc.) à l'échelle territoriale voire départementale en fonction des spécificités.



Innovations

- **Accélérer la mise en place de plateformes d'innovations et de démonstration**, en lien notamment avec des instances existantes, pour permettre aux autorités et acteurs portuaires de bénéficier d'un appui technique voire financier (CEREMA et l'initiative « Ports du Futur », agences de développement régionales, etc.).

- **Soutenir les travaux de l'Institut pour la Transition Eco-Energétique du Maritime (T2EM)** qui va opérer le «programme navire&port 0 émission» avec le double objectif de pousser un PEPR intégrant une forte composante hydrogène et carburants de synthèse, et d'accélérer l'intégration des technologies associées à bord de navires concepts et leurs interfaces portuaires.

- **Définir les briques technologiques les plus « critiques » et communes à un maximum d'acteurs portuaires** pour :
 - Faire baisser les coûts d'accès aux équipements par mutualisation des fournitures (procédures d'achats groupés, etc.).
 - Proposer à des partenaires industriels pertinents de répondre à des appels à projets comme « Projets de recherche».

Réglementation et prospective

- **Construire une feuille de route de réduction majeure des émissions de gaz à effet de serre** avec les acteurs industriels présents en s'appuyant notamment sur leur politique RSE.

- **Accompagner la fin de la défiscalisation du GNR désormais prévue pour le 1er janvier 2023.**

- **Accompagner la mise en place de l'indice d'efficacité énergétique pour les navires neufs par l'OMI et les gains de l'hydrogène / carburants de synthèse pour atteindre les objectifs fixés²⁴.**

- **Inscrire l'hydrogène comme une composante nécessaire des différentes feuilles de route gouvernementales en matière de politique maritime et littorale :**
 - Positionner les différentes ambitions hydrogène et carburants de synthèse des ports dans les Stratégies de Façades Maritimes.
 - Décliner les différentes propositions et actions liées à l'hydrogène présentes dans la Stratégie Nationale Portuaire.
 - Intégrer l'hydrogène et les carburants de synthèse dans les travaux de l'Observatoire Logistique.

Complémentarités industrielles et territoriales

- **Identifier les scénarios possibles de diffusion de l'hydrogène à partir de l'écosystème portuaire et les mutualisations possibles avec les territoires voisins (infrastructures, équipements, usages, etc.).**

- **Proposer un plan d'adaptation des compétences (GPEC par exemple) pour identifier les passerelles possibles entre les activités historiques du port et les nouvelles liées au développement de l'hydrogène afin d'accélérer la création de valeur / diversification du port.**

- **Accélérer et accompagner les transferts technologiques entre acteurs de la recherche et filière industrielle (label C.R.T., C.D.T. et P.F.T., etc.) avec adaptation des réseaux de formation (3 à 8 du CAP/BEP au doctorant).**



Annexes



Approche méthodologique : Proposer une vision stratégique de l'hydrogène dans un écosystème de grande taille

1) Evaluation du potentiel hydrogène de l'ensemble des usages

Pour évaluer le potentiel d'un écosystème hydrogène à 2030, plusieurs entrées sont possibles. L'identification des consommations potentielles a été privilégiée, en croisant, d'un côté, des remontées d'informations sur le parc et la diversité des usages portuaires et, de l'autre, le rythme de développement de la filière industrielle hydrogène marqué par des niveaux de maturité différents selon les solutions. Ainsi, l'objectif de cette étape est bien d'offrir des ordres de grandeur sur les volumes en jeu et donc les équilibres au sein d'un futur écosystème hydrogène d'envergure.

La question du périmètre retenu est également centrale puisque l'évaluation peut se faire dans des limites clairement identifiées (ici le port) mais également inclure d'autres territoires adjacents comme des intercommunalités, des aéroports ou des zones logistiques. L'objectif sous-jacent est en effet d'estimer les effets d'échelle possible sur les coûts de production grâce à la mutualisation des usages. Les problématiques de distribution sont également à considérer même si elles interviendront dans un deuxième temps.

2) Mobiliser les acteurs et identifier leur volonté de s'investir sur le sujet

Ce travail prospectif nécessite donc de recenser un certain nombre de données et d'informations qui sont détenues directement par l'autorité portuaire mais également par des acteurs exerçant dans le périmètre concerné ou par des partenaires. Ce temps de collecte est nécessaire pour élaborer sa stratégie et prendre en compte toutes les dimensions que recouvrent le déploiement de l'hydrogène. Elle permet également de mobiliser et de sensibiliser de nouveaux acteurs et d'initier une réflexion stratégique sur la thématique hydrogène avec l'ensemble des parties prenantes concernées (transporteurs, logisticiens, chargeurs, industriels, armateurs, collectivités, etc.). Initier une démarche collective autour de l'hydrogène pour avancer et proposer une vision concrète est tout aussi important et fondamental que d'obtenir ces premiers ordres de grandeur chiffrés.

3) Déterminer les priorités

L'évaluation d'un premier potentiel de consommation multi-usages et la mobilisation de l'ensemble des acteurs pertinents permettront d'installer de solides fondations pour construire une feuille de route pluriannuelle à l'échelle de l'écosystème. Ce travail sur les consommations pourra être affiné par la suite et devra être complété par une identification des sites de production mais également de stockage possibles en fonction de différents actifs et des réserves foncières. Plusieurs scénarios de déploiement se dessineront alors. L'autorité portuaire, en lien avec ses acteurs et partenaires, pourra progressivement retenir quelques scénarios voire en arrêter un seul pour définir ses priorités stratégiques en fonction du positionnement de chacun, des investissements à planifier, du phasage dans le temps des différents déploiements, des soutiens possibles à mobiliser (financiers, techniques, etc.), etc.

Mobilité

Type de mobilité	Consommation	Sources
Véhicule léger	0,5 tH ₂ /an	PFA
Bus	3 tH ₂ /an	SDD
Bennes à ordures	3 tH ₂ /an	Institut Montaigne
Poids-lourds	11 tH ₂ /an	France Hydrogène
Manutention	0,080 à 3 tH ₂ /an	Hinicio
Fluviale	80 tH ₂ /an	France Hydrogène
Maritime (services)	80 tH ₂ /an	France Hydrogène
Maritime (ferry ou cargo)	2 000 tH ₂ /an	Hinicio (en mélange ou dual-fuel engine)
Ferroviaire	40 tH ₂ /an	Hinicio

Industrie

Type de produit	Consommation	Sources
Méthanol (MeOH)	0,24 kgH ₂ /kgMeOH	Hinicio
	1,72 kgCO ₂ /kgMeOH	Hinicio
eKérosène	0,32 kgH ₂ /kgKérosène	Hinicio
	3,88 kgCO ₂ /kgKérosène	Hinicio
Ammoniac (NH ₃)	0,178 kgH ₂ /kgNH ₃	AlchE
Sidérurgie (HDRI)	~ 50 kgH ₂ /t _{acier}	Hinicio
Energie	11,6 Nm ³ /kgH ₂	Encyclopédie des gaz
	3,55 kWh/Nm ³ (H ₂)	Encyclopédie des gaz

.....



www.france-hydrogene.org