

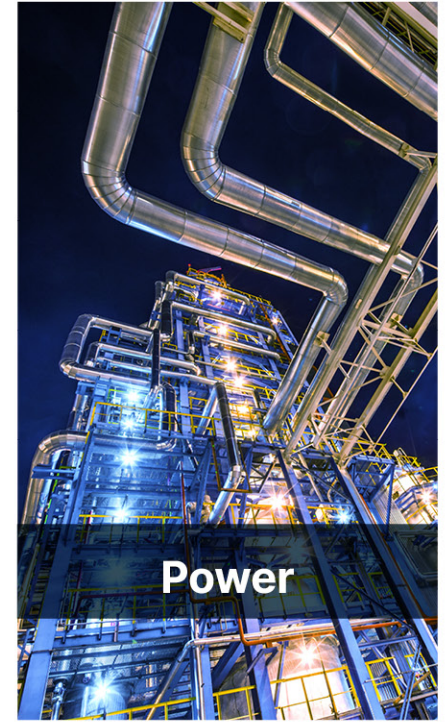
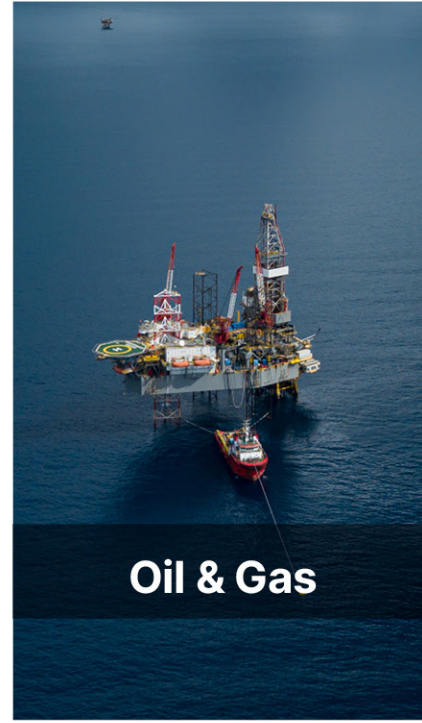
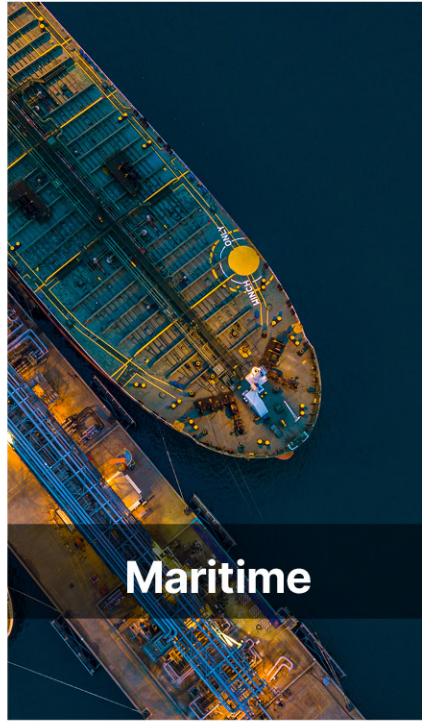
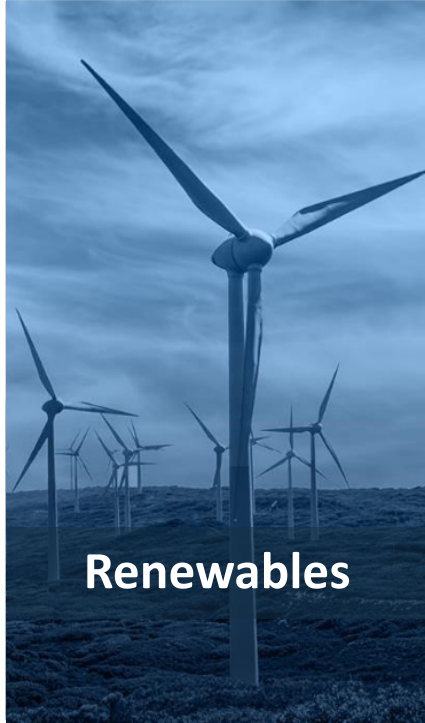


Conférence Centrale Energies

Hydrogène produit en mer - Potentiel, enjeux, freins et opportunités, perspectives économiques

19/01/2022 – Hakim Mouslim

Le Groupe ABL & INNOSEA : Nos Marchés



Hydrogen – Ammonia Offerings



- Onshore Renewables & Energy storage
- Battery – electrolyser coupling



- Hydrogen project development
- Technology/ cost/ markets advisory
- Offshore/subsea storage systems
- Onshore/underground storage
- Electrical/grid for electrolyser systems



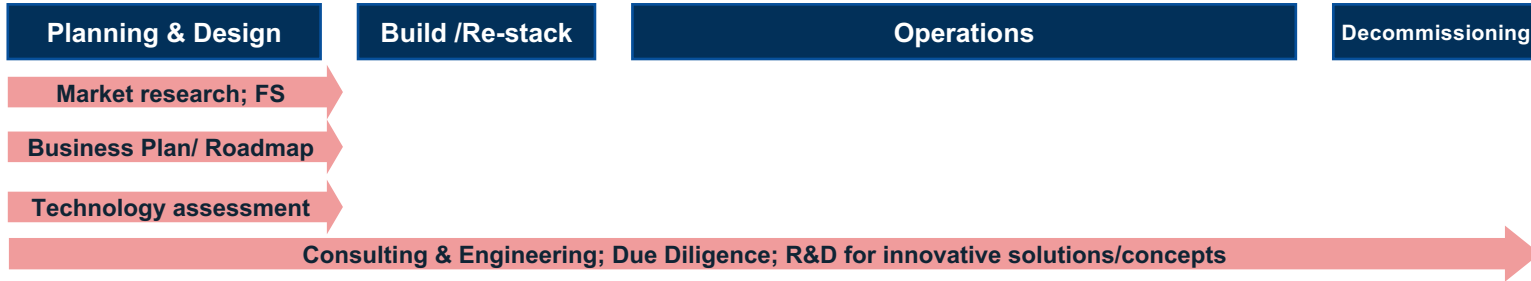
- Hydrogen / ammonia storage & transportation
- Logistics
- Hydrogen/ ammonia applications (e.g. maritime)



- Roadmaps
- Technology
- Research & development
- Offshore H₂



- Hydrogen/ ammonia Ship / Maritime Transport applications



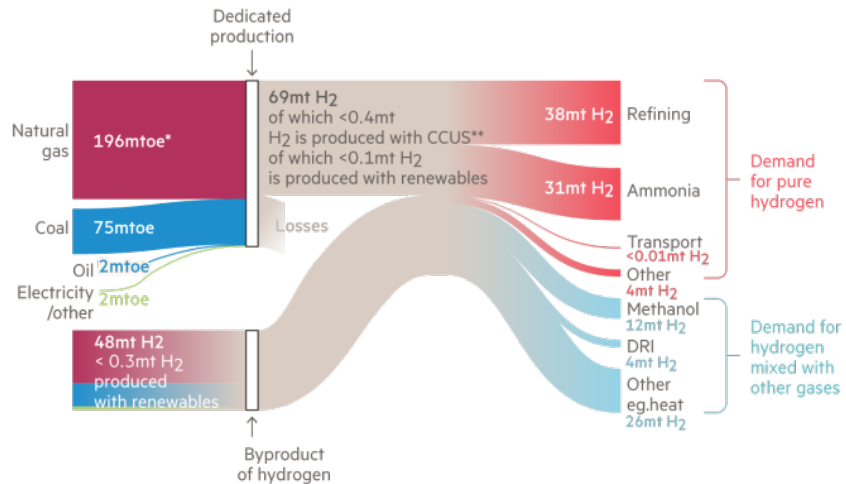
ABL Group experience: 20+ projects over roadmaps, production, storage & transportation, and consumption/applications



Pourquoi l'hydrogène

La chaîne de valeur de l'hydrogène aujourd'hui

Hydrogen value chains



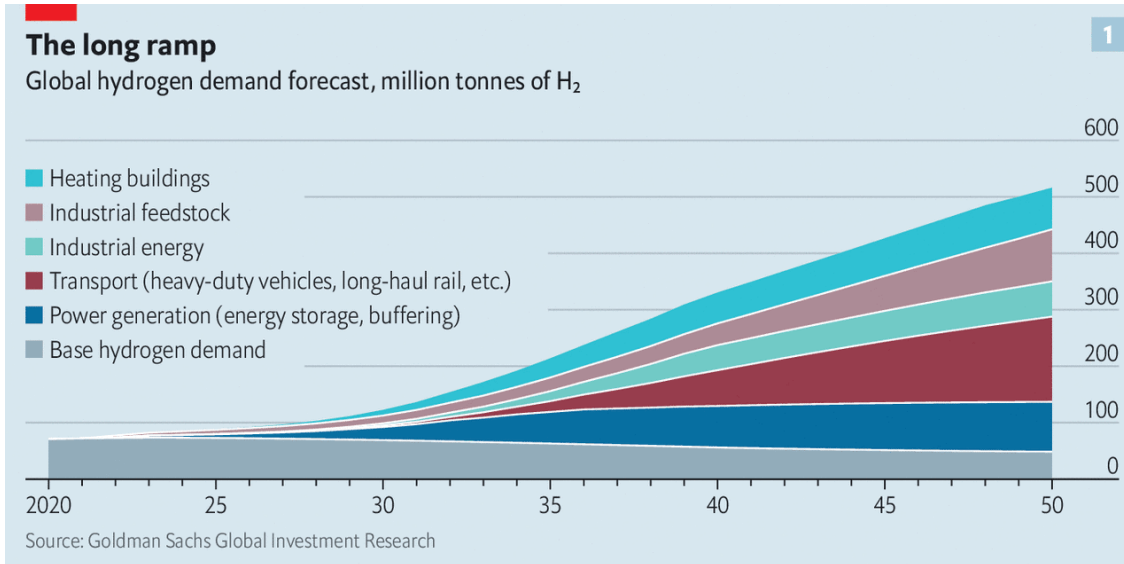
* mtoe=million tonnes of oil equivalent
 ** CCUS=carbon capture, utilisation and storage
 Source: International Energy Agency
 © FT

L'hydrogène aujourd'hui

- Utilisation actuelle prédominante dans l'industrie: raffinage, production d'ammoniac, de méthanol, d'acier.
- Utilisation finale : agriculture, sidérurgie, métallurgie, raffinage.
- Très faible utilisation dans le transport
- Très peu d'H₂ sans CO₂
- Chaîne de valeur "mature" pour l'H₂ Gris

Pourquoi l'hydrogène

La demande en hydrogène actuelle et future



The Economist

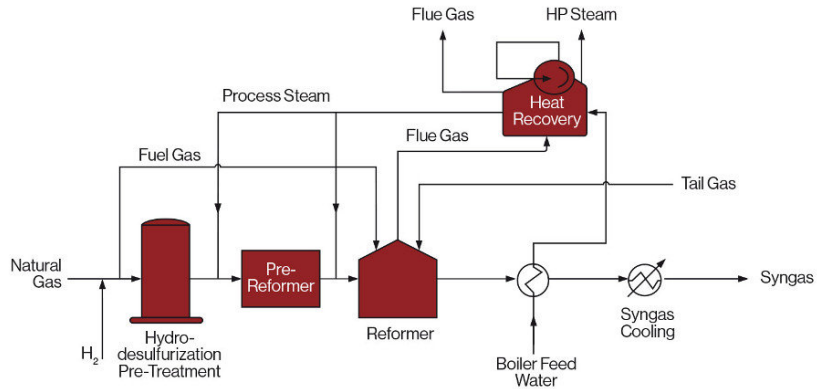
L'hydrogène aujourd'hui

- Utilisation future: production de chaleur, industrie, transport, Electricité, etc.
- Production actuelle majoritairement à partir de carburants fossiles → CO₂
- Enjeu de réduction des émissions GES grâce à l'hydrogène vert
- Stratégie verte, décarbonation

L'hydrogène et le contexte du climat

Production d'hydrogène – exemple du SMR “*Steam Methane Reforming*”

- Unités de production d'hydrogène fortement standardisés



Points clés

- Hydrogène “gris”
- Avec le SMR , 10kg de CO₂ sont émis pour 1kg d’H₂ produit
- En France, la production d’H₂ produit 10Mt de CO₂ soit 2% des émissions de CO₂ (base 2019)
- Possibilité de capture CO₂ avec CCS

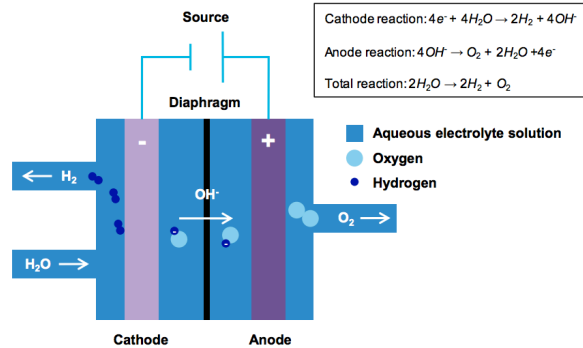
• Source: Air Liquide - <https://www.engineering-airliquide.com/fr/reformage-du-methane-vapeur-production-dhydrogene>

L'hydrogène et le contexte du climat

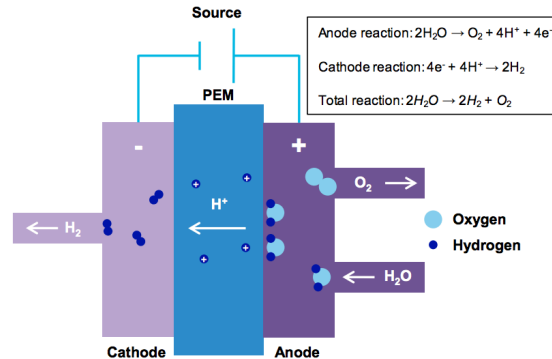
Production d'hydrogène - Electrolyse

- Technologies d'électrolyseurs maîtrisées

Alkaline electrolysis



Proton exchange membrane electrolysis

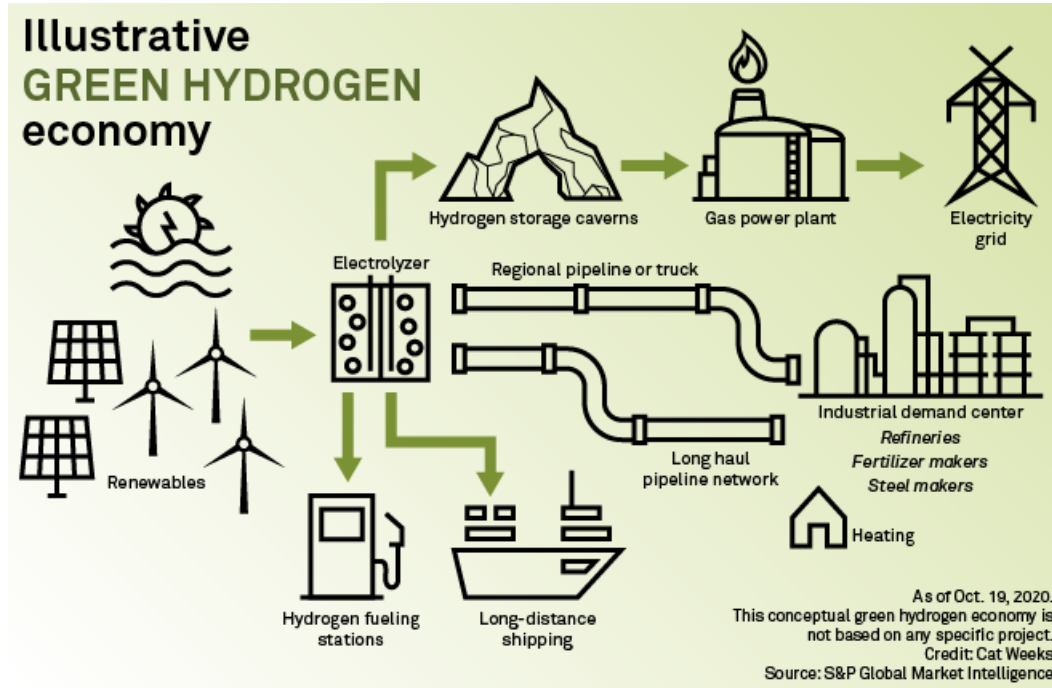


Points clés

- Technologies présentes et matures sur le marché
- Alcalin plus répandu sur le marché (+ de retour d'expérience en matière de sécurité) mais PEM suit de près
- CAPEX (PEM ou ALK) proches mais en faveur de l'ALK
- Durée de vie à évaluer pour les grosses installations (50kh à 80kh)

L'hydrogène vert

Production à partir des énergies renouvelables

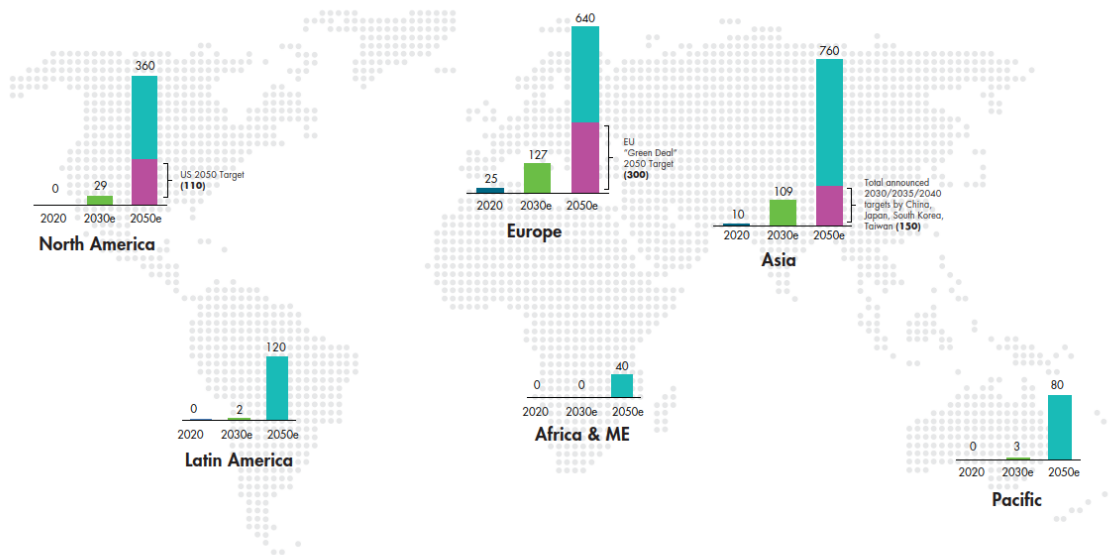


- Production à partir des énergies renouvelables
- Production in-situ ou bien déportée
- Transport et stockage de l'H₂ produit
- Besoin d'eau (~ 10l de H₂O pour 1,1kg d'H₂)
- Eg. Utilisation finale dans le transport (1,1kg d'H₂ = 130 km selon Toyota*)

L'hydrogène vert produit en mer

A l'échelle internationale : vers 2000 GW en 2050

Where could 2,000 GW of offshore wind by 2050 be built?



Unit: GW

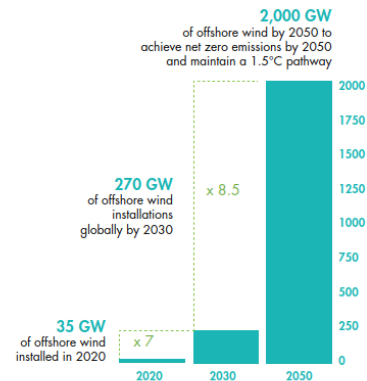
Source: GWEC Market Intelligence

- Installations as of 2020
- Installations by 2030 under current policies
- Regional forecast by 2050, based on 2,000 GW global target
- Current regional or national targets

Pour maintenir Hyp 1.5 degrés

Closing the offshore wind gap by 2050

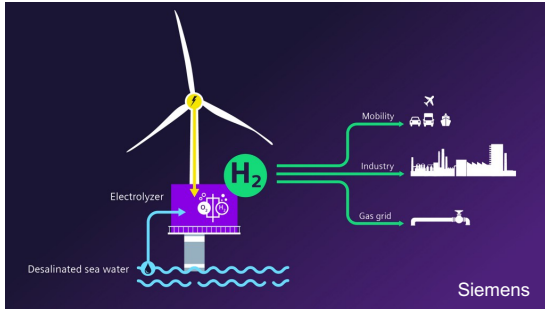
Unit: GW



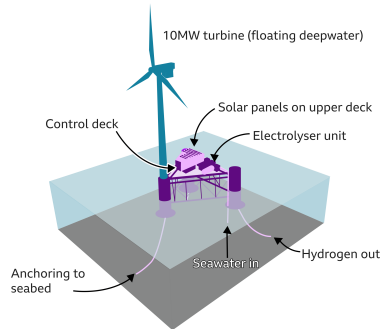
Source: GWEC Market Intelligence; IRENA World Energy Transitions Outlook 2021.

L'hydrogène vert produit en mer

Production in-situ en mer



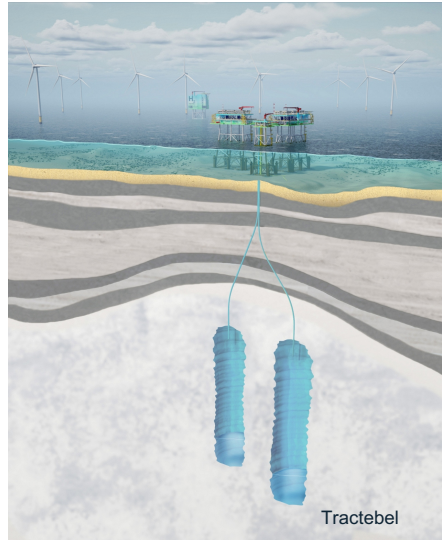
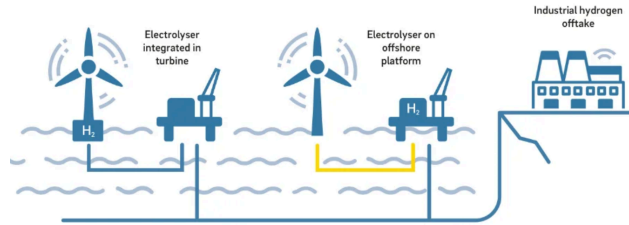
Plan for offshore production of hydrogen



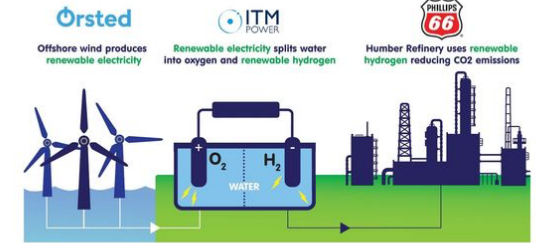
Source: ERM



Production "sous-station H2"



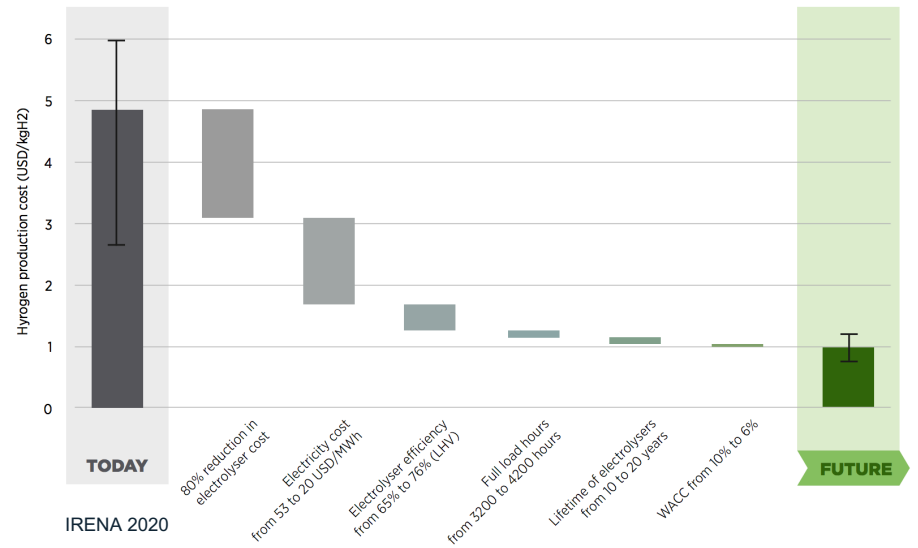
Production déportée à terre



L'hydrogène vert produit en mer

Quelques points sensibles

- Scaling (Effet d'échelle) et Rendement (Power to H₂)
- Purification de l'eau de mer et stockage (Désalinisateurs)
- Marinisation d'équipements (Electrolyseurs, compresseurs)
- Température de fonctionnement
- Stabilité du courant produit par le parc EMR
- Vieillessement des équipements (Electrolyseurs)
- Maintenance offshore
- Stockage et Transport de l'H₂ produit
- Chaîne logistique
- CAPEX (Electrolyseurs et Plateformes offshore)

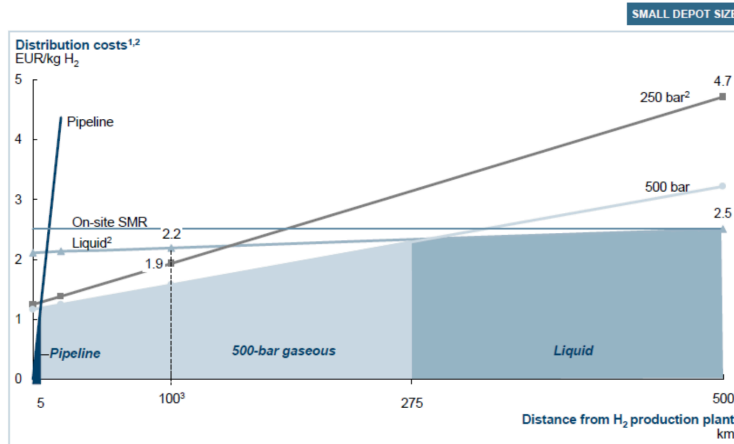


L'hydrogène produit en mer

Enjeu de transport

- Transport de l'hydrogène selon distance

FOR DISTANCES OVER 5 KM, 500 BAR GASEOUS DISTRIBUTION IS THE LOWEST-COST OPTION;
LIQUID DISTRIBUTION IS ONLY APPROPRIATE FOR DISTANCES OF >275 KM



¹ Assuming 50% truck, trailer and conditioning utilisation
² Cost of liquid filling station is EUR 0.68/kg H₂ lower than 500-bar station: to reflect this, EUR 0.68 is deducted from liquid distribution costs; similarly, 250-bar station is EUR 0.17/kg H₂ more expensive than 500-bar station and thus, EUR 0.17 is added to 250-bar distribution costs
³ 100 km based on Clean Team data; other ranges calculated, assuming following payload of trailers: liquid 3.5 t, 500 bar 0.8 t, and 250 bar 0.4 t

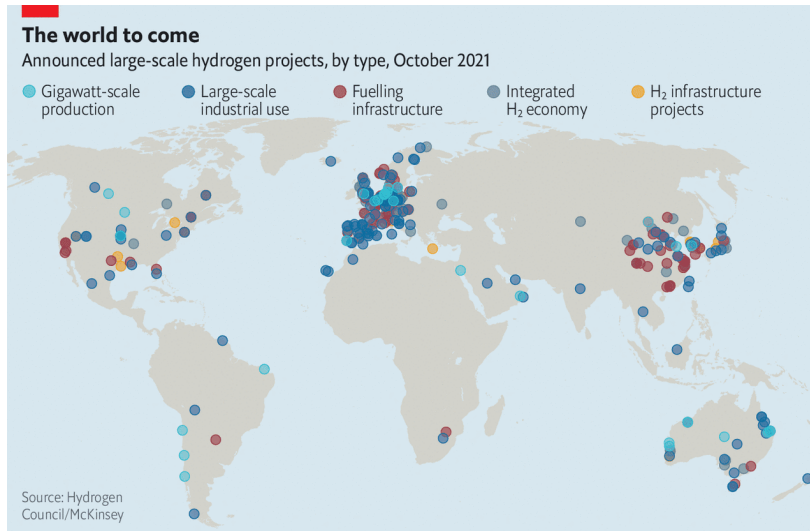
Points clés

- Transport par pipeline à l'état gazeux est le moins coûteux
- Liquéfaction de l'hydrogène requiert beaucoup d'énergie (-253°C)
- 36% de l'énergie contenue dans 1 kg d'H₂ est égale à l'énergie nécessaire à la liquéfaction
- Conversion Methanol, Ammoniac
- Transport par la mer à l'état gazeux

L'hydrogène produit en mer

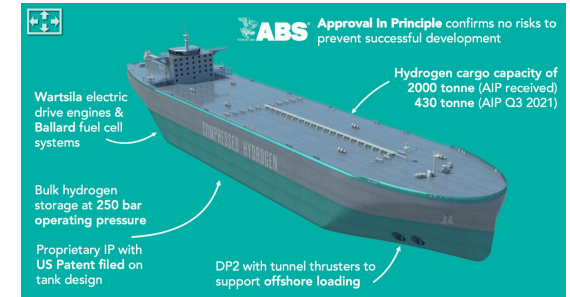
Production d'hydrogène à grande échelle

- Projets de production d'hydrogène à grande échelle dans le monde

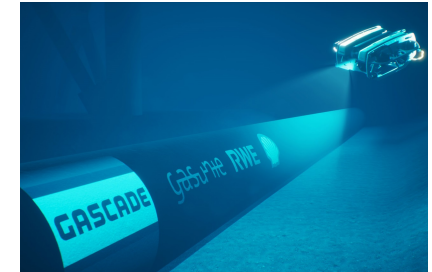


The Economist

Modes de transport de l'H₂ produit

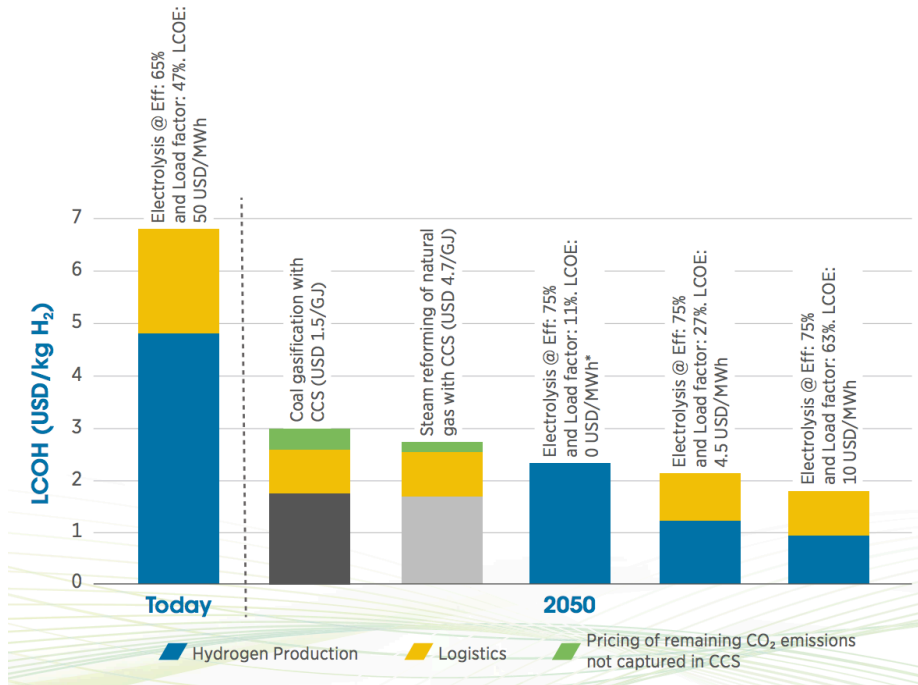


CMAL / ABL



Les coûts de l'hydrogène en mer

Résumé IRENA : LCOH



Points clés

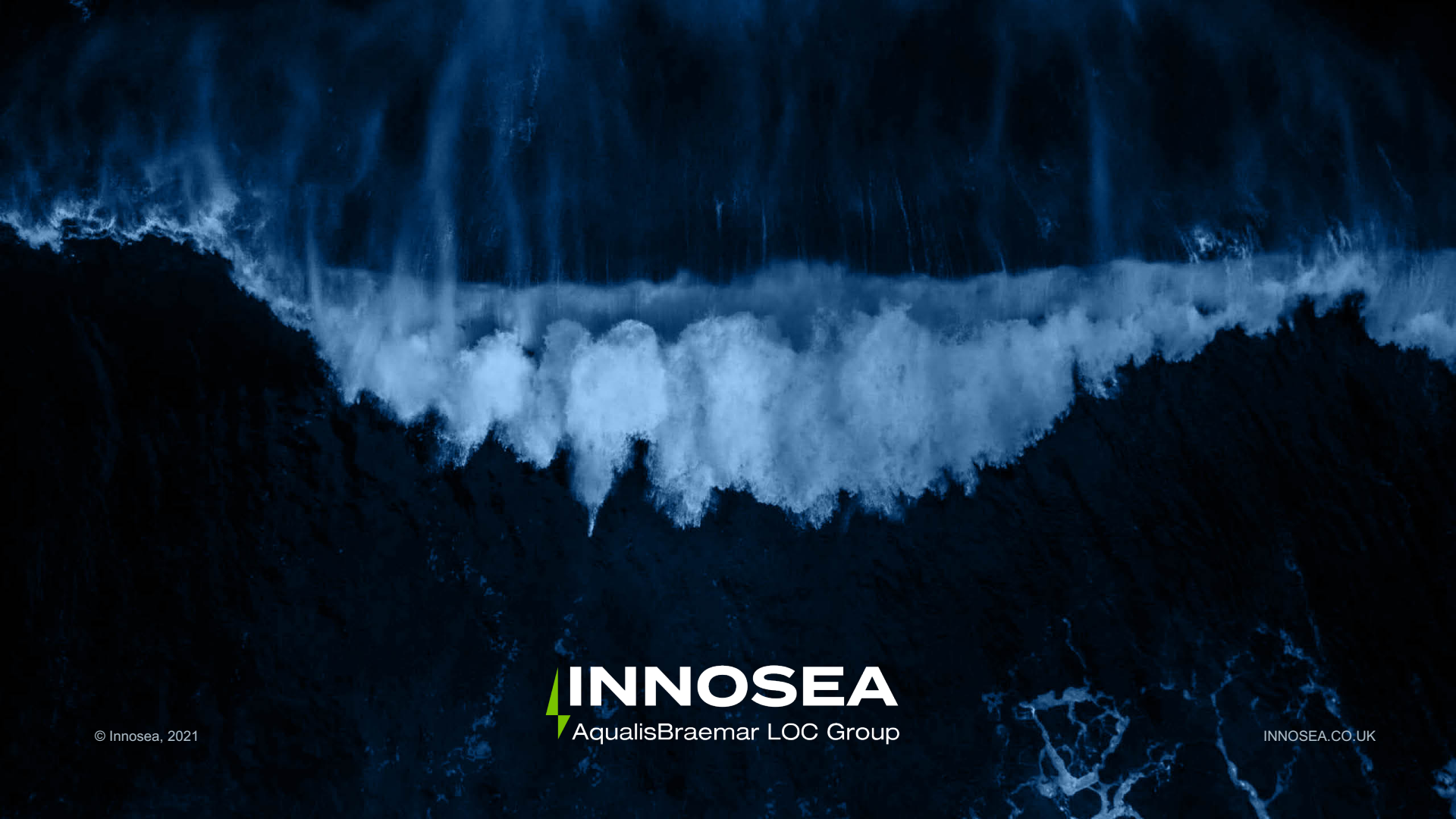
- Importance d'améliorer l'efficacité des électrolyseurs
- Coût du transport important
- Levier et prix du carbone €/tonCO₂
- Evolution du prix de du kWh pour la production SMR/C+O₂
- Premium de coût pour la production offshore

Conclusion

Facteurs clés de succès pour le développement de l'hydrogène en mer

- Politiques Zero CO₂ – Climat
- Stratégies nationales développement H₂
- Coût du CO₂ y compris pour le transport
- Standardisation production, stockage, transport
- Créer une Economie de l'H₂ : mécanismes d'investissements
- R&DI sur équipements: Electrolyseurs, Trspt





© Innosea, 2021

INNOSEA
AqualisBraemar LOC Group

INNOSEA.CO.UK