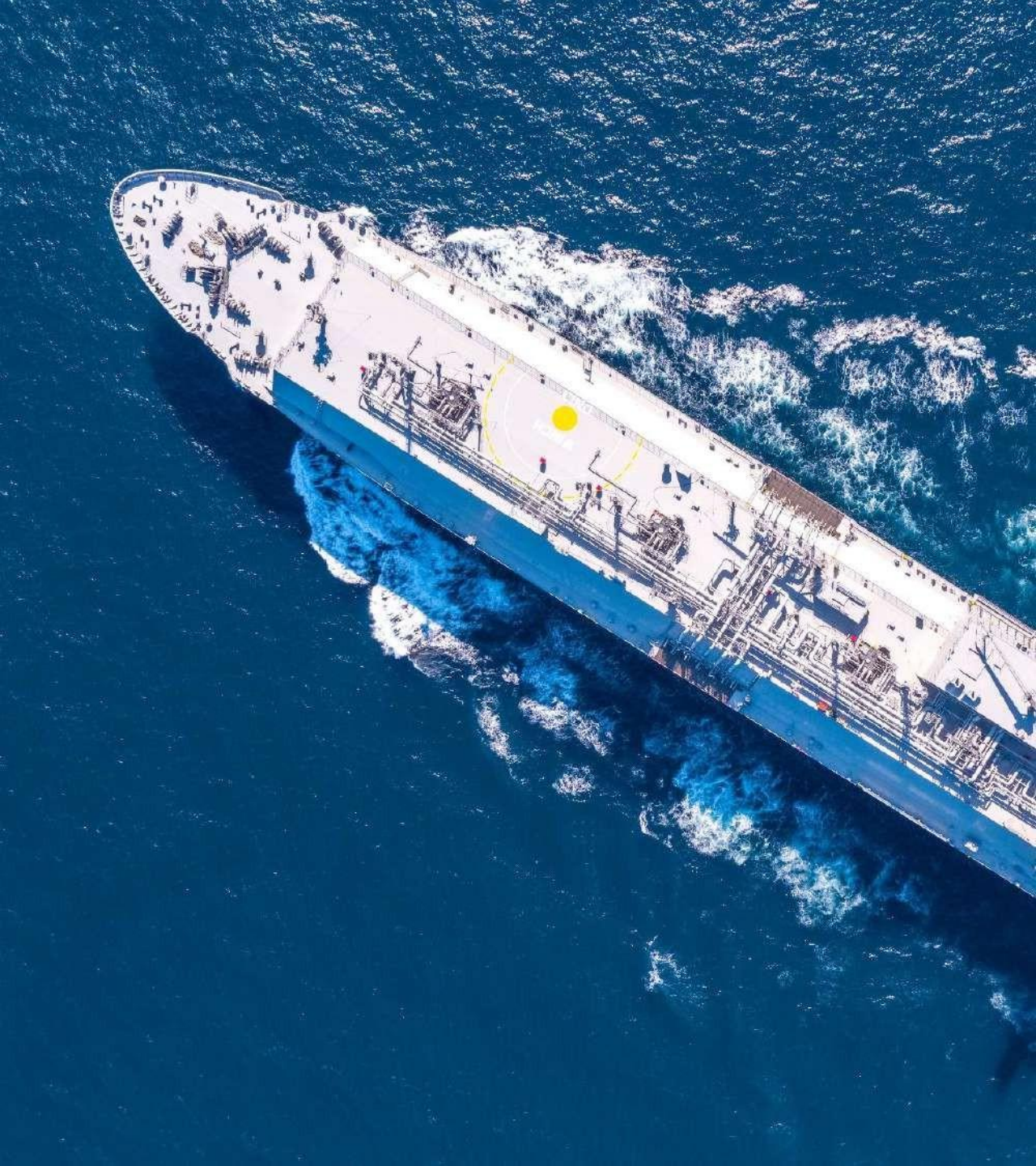


ATELIER CAPTURE, STOCKAGE, TRANSPORT ET VALORISATION DU CO₂ DANS LE SECTEUR MARITIME

13 JANVIER 2026

PARIS





Shipping Decarbonization

Key data

3%

Maritime Transport
share in worldwide
emissions

**850
Mt CO₂**

maritime transport
CO₂ emissions

**300
Mt fuels**

tonnes of fuel per
year

- World Shipping Fleet is aging (23 years)
- Global fleet capacity is expected to growth by 35% in the next 5 years.
- 16% of the vessels order book will be alternative fuels vessels by 2030

TABLE RONDE N°1

CAPTURE ET STOCKAGE DU CARBONE À BORD DES NAVIRES



Marcos RAUL SALIDO, Chef de projet environnement au Bureau Veritas : cadre et travaux réglementaires, présentation livre blanc



Benjamin CHARPENTIER, Chargé de projet d'innovation, GTT : prérequis de la capture carbone à bord des navires, aspects économiques et compétitivité des solutions, projets de GTT



Gwenaelle BENOIT, Innovation Leader chez Ekium : réflexions sur l'intégration de moyens de capture embarqués sur le stockage et transport du CO2 par voie maritime



Julien OLLIVIER, Directeur Division Marine & moteurs, Alfa Laval : défis et opportunités du déploiement de la technologie de capture du carbone sur les navires, projet ReMarCCAbLE



Michel FAOU, Shipping Lead chez TotalEnergies : l'applicabilité de la capture de carbone à bord et son articulation avec les projets du groupe en particulier les sujets de logistique, de capacité de stockage, de pureté du CO2



Modérateur : Pierre-Antoine ROCHAS, Responsable Environnement, Sécurité, Sûreté et Ports chez Armateurs de France



EKIUM

A COMPANY OF GROUPE SNEF



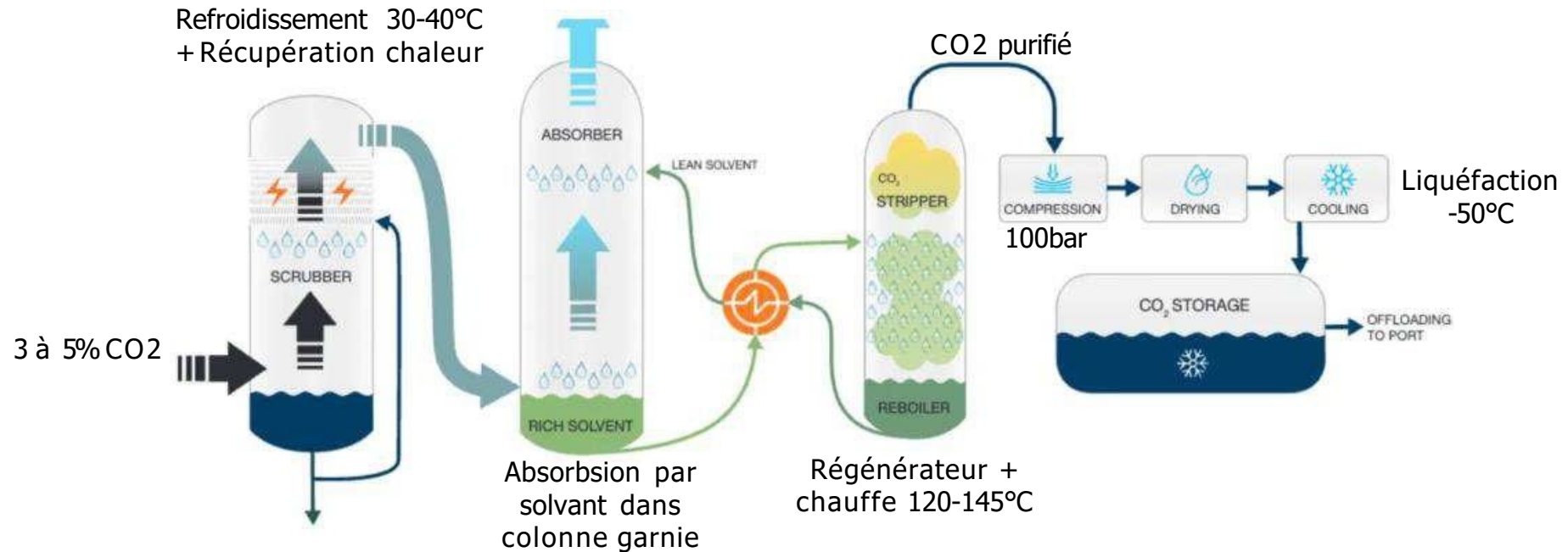
Atelier Capture, stockage, transport et valorisation du CO₂
dans le secteur maritime



Capture CO₂ Embarquée : Des Verrous Techniques à la Solution Industrielle

Le Standard Industriel

Capture Post-Combustion par Absorption Chimique



Consommations Spécifiques (Système Conventionnel MEA) :

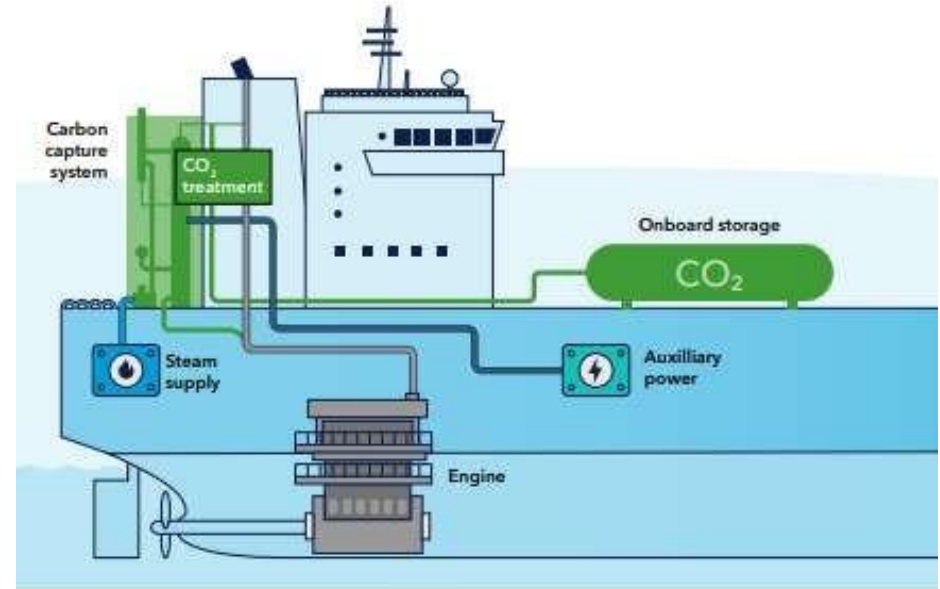
- △ **Chaleur régénération** : 4,1 GJ/t CO₂ capturé (**60%** énergie totale)
- △ **Électricité** (pompes, ventilateurs) : 280 kWh/t CO₂ (**25%** énergie)
- △ **Auxiliaires** (eau refroidissement) : 3,75 GJ/t CO₂ (**15%** énergie)



Problématique pour la capture de CO2

L'équation impossible espace-poids-stabilité

Équipement	Volume (m ³)	Poids (tonnes)	Contraintes Intégration
Colonnes absorption (x3)	900	360	Hauteur 18m → incompatible retrofit (coque neuve)
Régénérateur	510	200	Hauteur 18m
Compression CO ₂	380	150	Vibrations → fondations renforcées
Auxiliaires (pompes, échangeurs)	210	90	Distribution tuyauterie complexe
TOTAL SYSTÈME	2 000 m³	800 t	= 200 conteneurs EVP perdus



Conséquences sur la stabilité (impact sur le centre de gravité) :

- Surélévation CG : +1,5 m → réduction hauteur métacentrique
- Perte stabilité transversale : -8% GMT
- Ballastage compensatoire : +500 t → perte capacité cargo

🎯 Objectif Ekium :
Compacité & Intégration Coque + Réduire volume de 50% et abaisser centre de gravité



Problématiques liées à la chaîne de valeur du CO2 capturé

Au-delà de la capture : purification, stockage embarqué et infrastructures portuaires

△ Exigences de pureté selon usage final

Usage Final	Pureté Requise	Conséquences Non-Conformité
Stockage Géologique (Northern Lights, Porthos)	≥ 99,8% vol	Corrosion pipelines, rejet injection
Utilisation Industrielle (Chimie, boissons)	≥ 99,9% vol	Contamination produits, arrêt process
Valorisation CCU (e-fuels, minéralisation)	≥ 98% vol	Empoisonnement catalyseurs, pertes rendement

Nécessité **post-traitement multi-étapes** : déshydratation (TEG), lavage acide, filtration
 → **+15-20% coût CAPEX, +5% consommation énergétique**

△ Volume et contraintes de stockage à bord

Type de Navire	CO2 capturé	Volume de stockage	Impact
Porte-conteneurs	17800 t/an	350 m ³	70 EVP perdus
Navire Croisière	10500 t/an	200 m ³	15 cabines passagers perdues
RoPax Ferry	16600 t/an	300 m ³	25% capacité garage réduite

Optimisation fréquence déchargement vs perte capacité commerciale

△ **Infrastructures portuaires**

Actuellement en France 0 terminal CO2 opérationnel → export vers la Norvège (Northern Lights) ie 1500km soit 3-4j de transit



Appel à Collaboration

Faire de la carbone capture embarquée un succès collectif

Armateurs

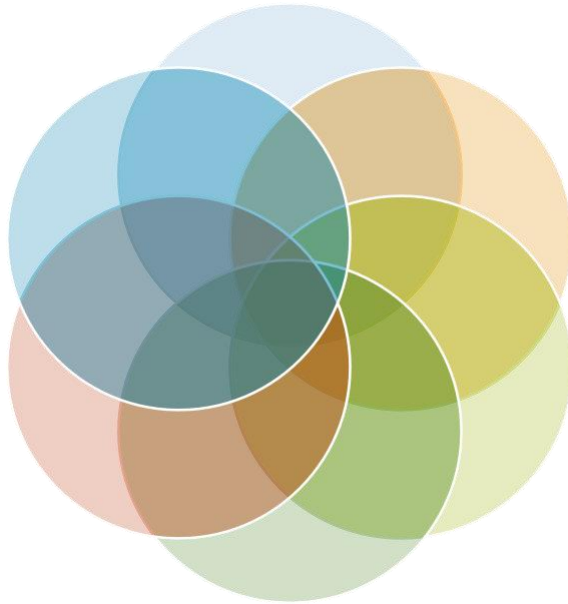
- Navires
- Exploitation
- Retours terrains

Académiques

- R&D
- Validation
- Formation

Financeurs publics

- Subventions
- Garanties
- Innovation Fund



Equipementiers

- Composants
- Intégration
- Maintenance

Energéticiens

- Infrastructures CO2
- Logistique
- Stockage

Régulateurs

- Standards, certification
- IGF code

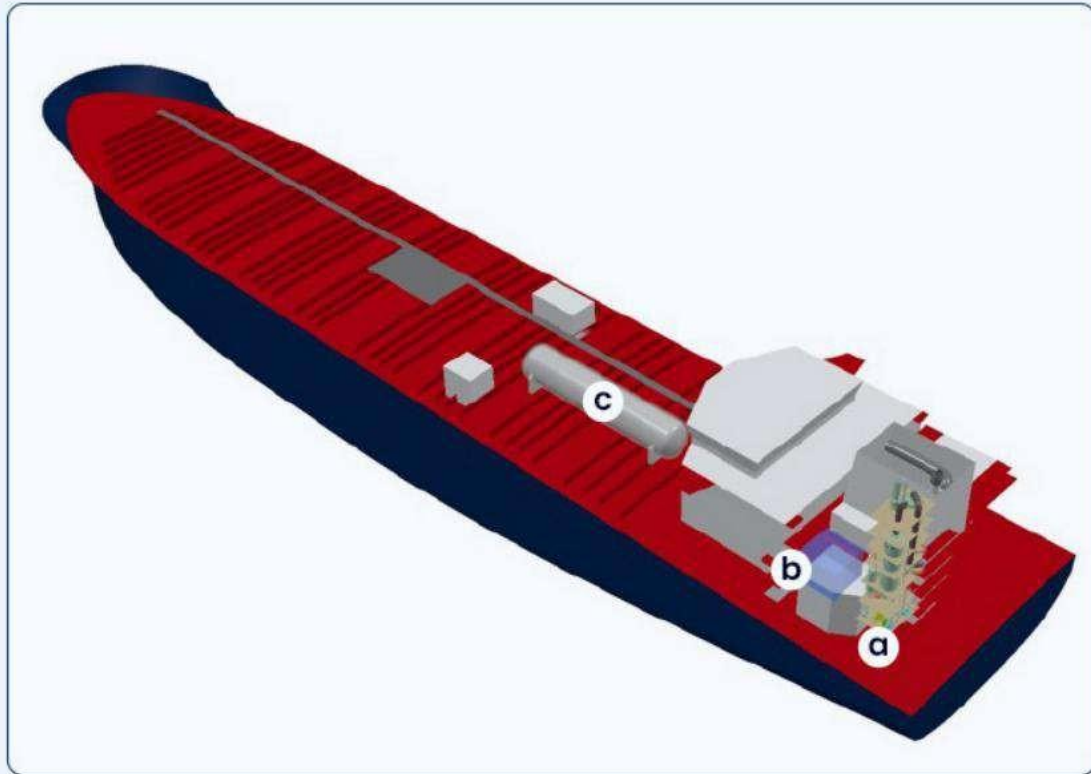
Nos engagements chez Ekium:

- ❖ Poursuivre nos efforts de R&D pour continuer d'oeuvrer à la levée des verrous existants
- ❖ Partager nos résultats R&D (hors brevets)
- ❖ **Co-développer standards**
- ❖ **Former ingénieurs armateurs**
- ❖ Garantir support 20 ans premiers navires

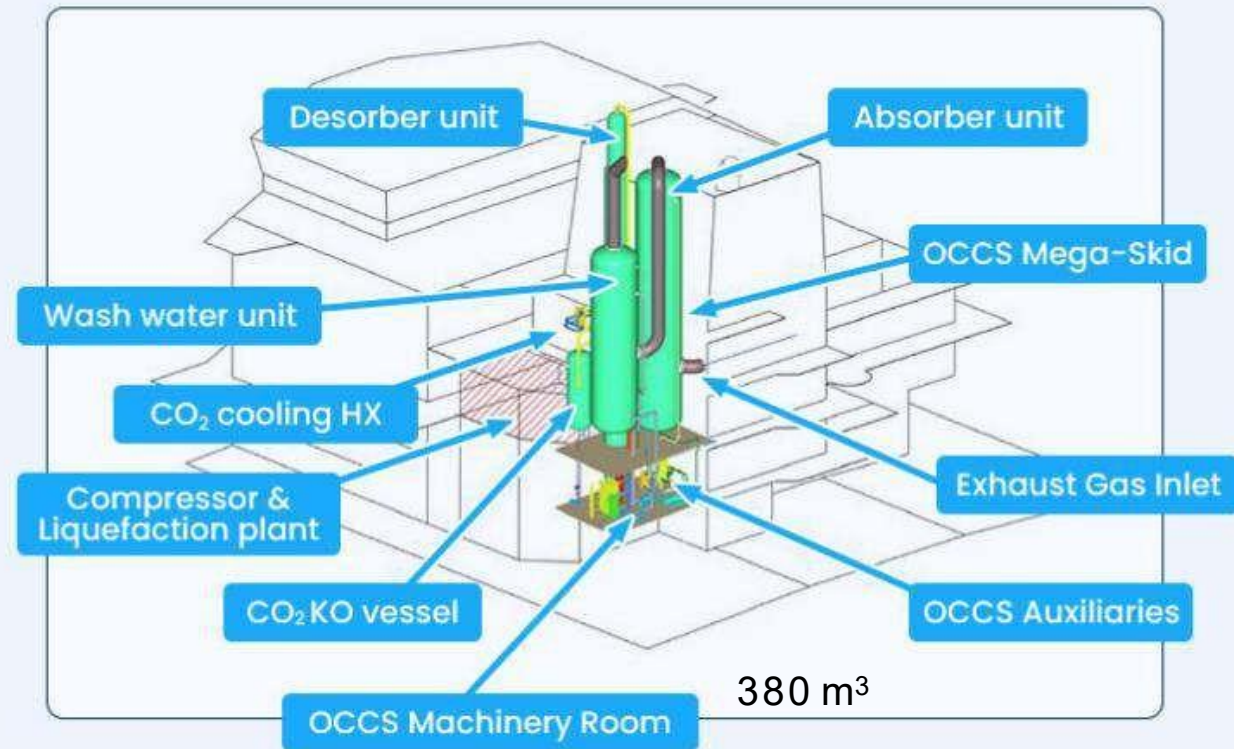


What's the first design?

3D representation of (a) the OCCS mega-skid module, (b) the liquefaction unit, (c) the liquefied CO₂ storage tank on *Stena Impero*.



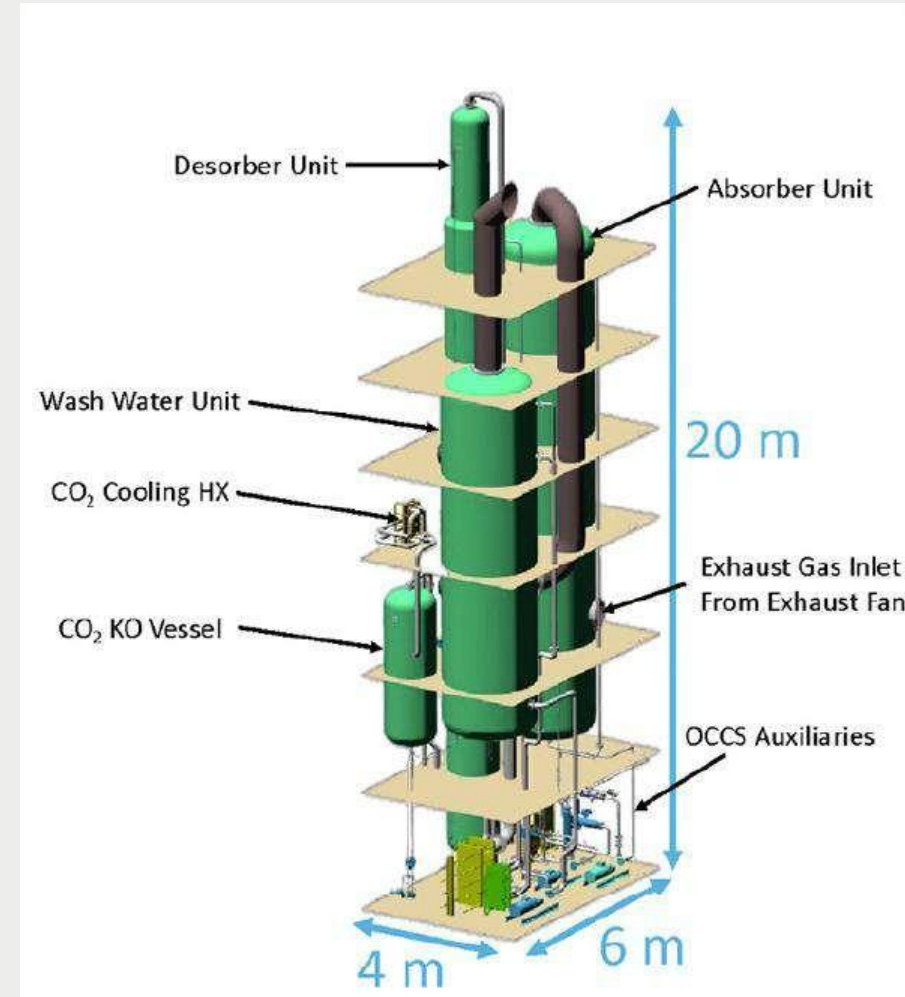
Close-up view of the OCCS mega-skid module and liquefaction unit placed behind the bridge.



Conclusion

- OCCS is doable with existing technologies
- Gain: 19.7% annualized net CO₂ avoided at a 9.2% fuel penalty
- ABS & LR shared an AiP following HAZID and HAZOP
 - HAZID main concern: asphyxiation due to a loss of containment
 - HAZOP main concern: degradation of the amine solvent to impurities
- **Mega skid module** is much easier for integration and retrofit
- Harvesting the waste energy is critical to minimise the fuel consumption and the associated operational cost.

« Primary barriers are **CAPEX** and the lack of infrastructure for offloading captured CO₂ »





TotalEnergies

TotalEnergies CCS

Investing in CCS Service for our customers



Norway

Northern Lights (TotalEnergies 33%, Equinor 33%, Shell 33%)

- Pioneering merchant CCS project
- Phase 1
 - Construction completed
 - Capacity fully booked
- Phase 2
 - FID taken



Netherlands

Aramis (TotalEnergies 60% op.*, EBN 40%)

- Storage
- Transport & gathering
 - 22 Mtpa transport capacity
 - CO2 terminal for gas & cryo
 - Sourcing: gas pipe (local) + shipping (international)

* Storage part, equities differ on transportation, and terminal



UK

NEP** (TotalEnergies 10%, BP 45%, Equinor 45%)

- Onshore and offshore infrastructure for storage in the Endurance reservoir (large scale aquifer)

**Northern Endurance Partnership



Denmark

Bifrost (TotalEnergies 80% op., Nordsøfonden 20%)

- Project
 - Infrastructure to link EU industrial hubs with offshore storage in depleted gas field and saline aquifer

TotalEnergies CCS as a Service

Offering Flexibility and Reliability



- **CCS identified as a key pillar of European Net Zero strategy**
- **The CCS Value Chain is complex and immature:**
 - Nascent market
 - Logistical options and nodes to be implemented and coordinated
 - Most links in the chain are at various stages of study (most in conceptual)
 - Numerous actors with diverse backgrounds and maturity levels
- **North Sea is a core area where TotalEnergies is a major historical player**
- **Build a scalable business offering CCS solutions to our customers**
 - TotalEnergies invested more than \$100 million per year in CO2 storage projects
 - Existing portfolio based on IJV and **Operated assets** (Completed: NorLi 1, FID taken: NEP, NorLi 2, Under dev./study: **Aramis 1&2, Bifrost**)
- **A multistore approach providing flexibility and reliability to cope with various uncertainties (technical, subsidies, regulation...)**

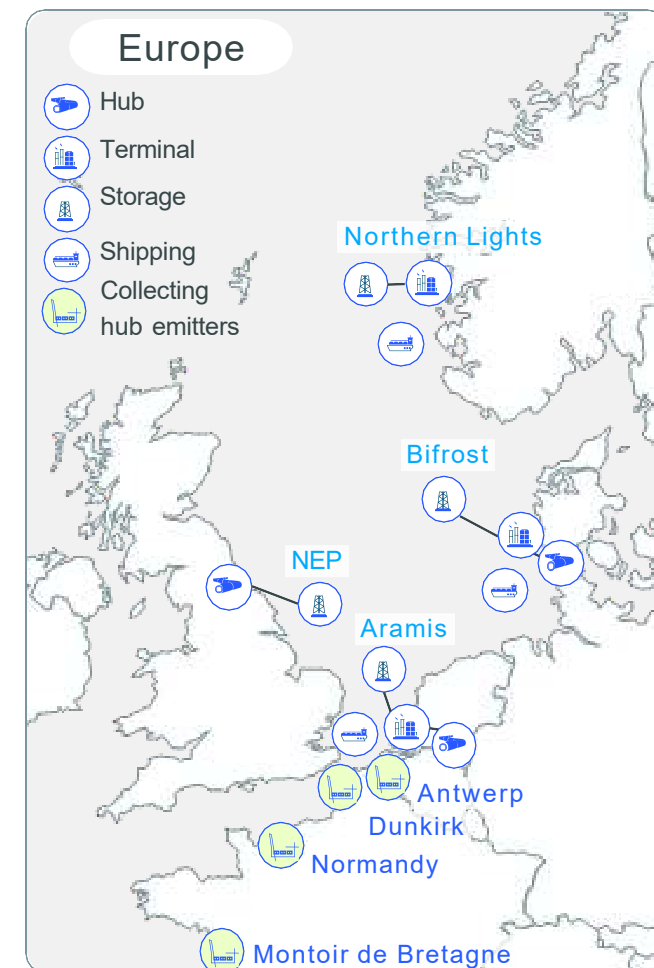


TABLE RONDE N°2

TRANSPORT MARITIME, LOGISTIQUE PORTUAIRE ET VALORISATION DU CO2



Benoît GROSJEAN, Directeur de Sogestran Shipping : la technologie des cuves et cargo-system, spécifique au LCO2, les freins au démarrage de cette industrie (économiques et réglementaires notamment), les acteurs du marché



Oliver HAGEN-SMITH, CEO de Knutsen NYK Carbon Carriers : projet navire transporteur CO2



Adrien CARPENTIER, Head of BOP, Infrastructures, Renewable Energy and Maritime Affairs chez MGH Energy : projet Janassim, ses besoins en CO2 biogénique, les infrastructures à mettre en place pour importer ce CO2 et l'impact du transport de ce CO2 sur le produit final.

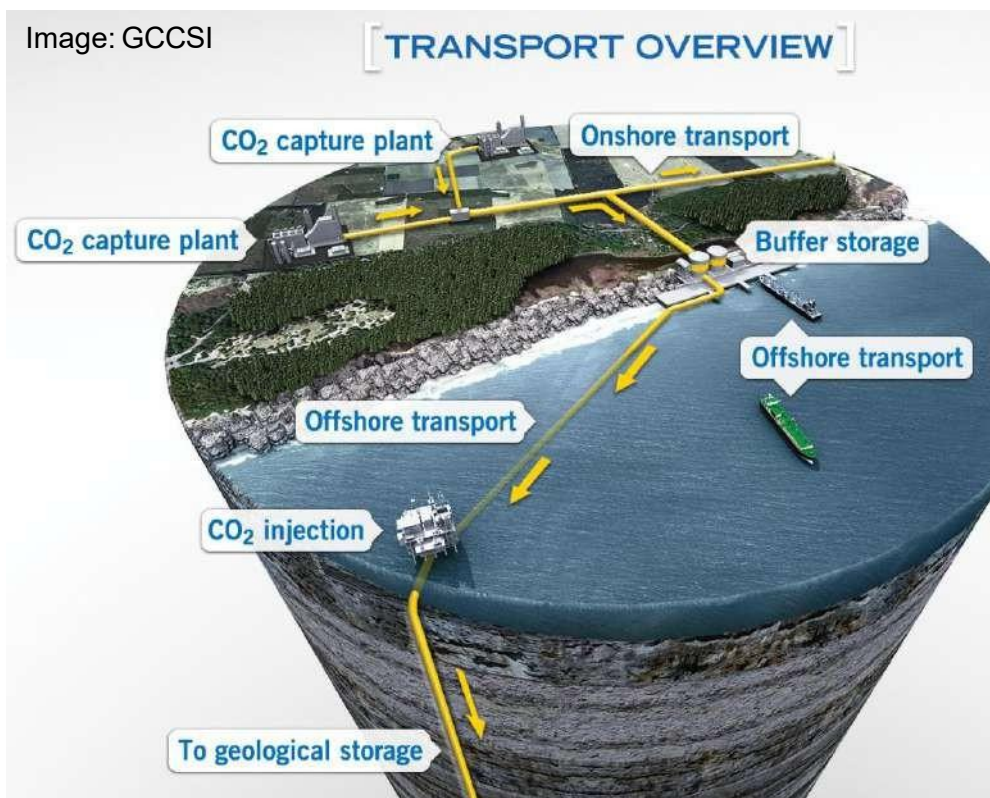


Laurent HAMOU, Head of European & Institutional Affairs chez Elengy : projets CO2, disponibilité prévue des infrastructures CO2 portuaires.



Modérateur : Emmanuel VULLIERME, Directeur stratégie et technique chez Evolen

Key features of the CCS value chain



- **Waste management**
- **Scale game**
- **Capital intensive**
- **Long term commitments**



CO₂ utilization: e-fuel synthesis



[mgh-energy.com](https://www.mgh-energy.com)

SOPER: A pioneer company with 30 years of experience in Energy Transition

SOPER GROUP

SOPER, PIONEER IN RENEWABLE ENERGY PROJECTS IN FRANCE AND MOROCCO

- **Jean-Michel GERMA**, CEO and founder
- 30 years of experience in renewable energy
- 500 MW of renewable energy developed through « La Compagnie Du Vent* »
- **300 M€ of owned assets under management**

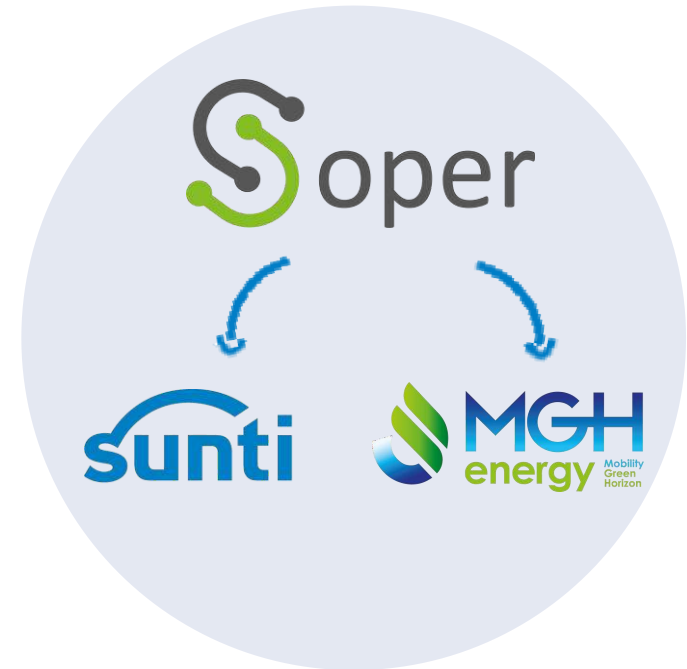
SUBSIDIARIES

TWO 100% SOPER'S SUBSIDIARIES

- **MGH Energy**, focused on the decarbonization of maritime and air transport through e-fuels
- **Sunti**, dedicated to the development of large-scale solar projects in the industrial and agricultural sector

OTHER ACTIVITIES

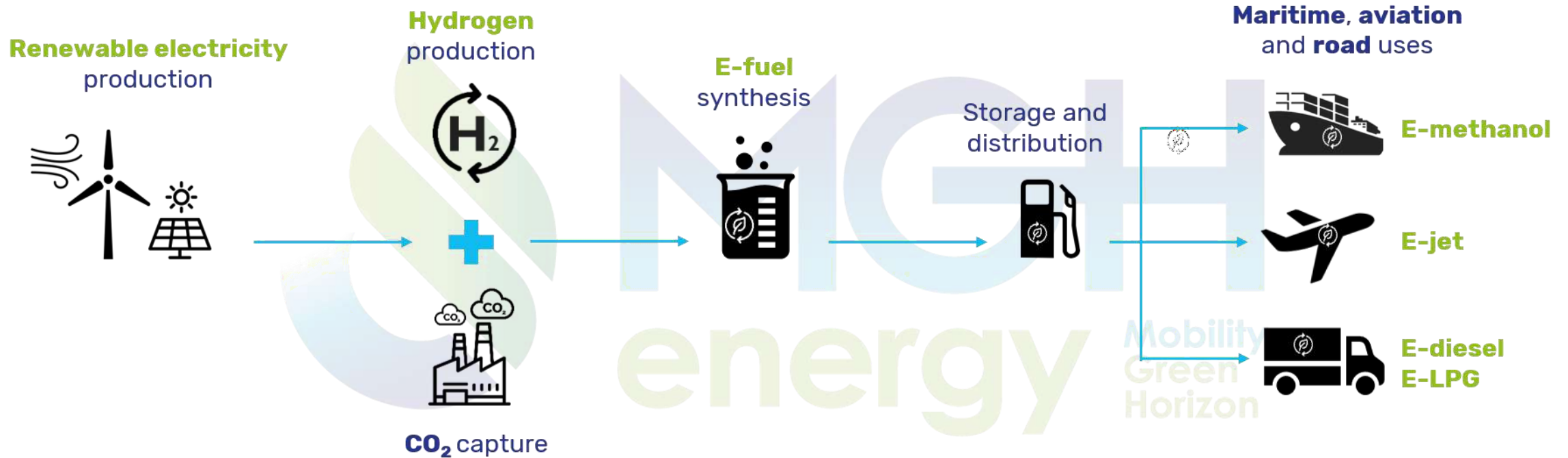
INVESTOR AND ACTIVE MEMBER OF STRATEGIC COMMITTEES FOR INNOVATIVE COMPANIES



* Established in 1989 by Jean Michel GERMA and owned by Soper until 2017.

MGH Energy: Active throughout the whole value-chain

MGH Energy aims to develop, build and operate **e-fuels production plants**.



DEVELOPMENT

FINANCING

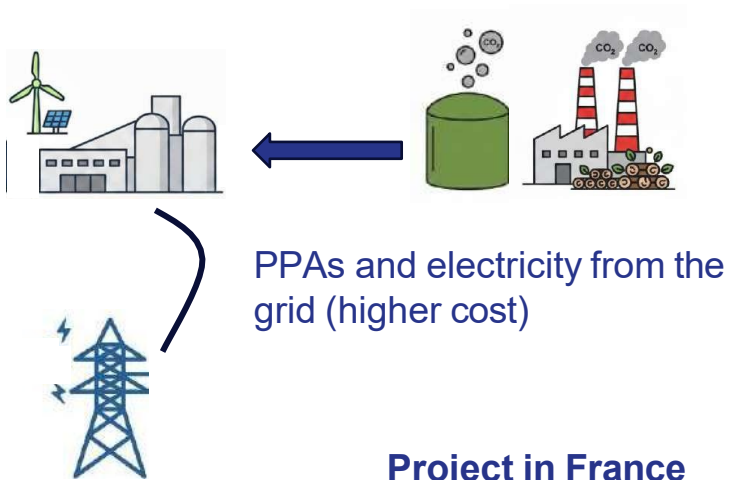
CONSTRUCTION

OPERATION

Why transporting the CO₂?

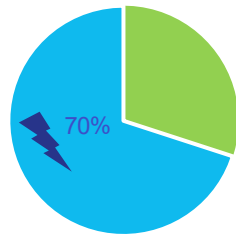
Two options to develop an e-fuel project:

Develop the projects next to **the biogenic CO₂ sources**



PPAs and electricity from the grid (higher cost)

Project in France

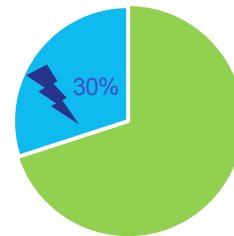


Develop the projects in the areas with the **best renewable potential**



Own electricity production with exceptional capacity factors:
Wind: close to 50%
Solar: above 25%

Janassim
MGH energy Maroc



The impact of the CO₂ liquefaction and transport on the final cost of the product is marginal compared to the savings on the electricity cost.



Comment le maritime peut s'intégrer dans l'économie CCS

Atelier Capture, stockage, transport et valorisation du CO₂ dans le secteur maritime
Janvier 2026

Elengy, leader des terminaux méthaniers en Europe

Filiale de NaTran au sein du Groupe ENGIE

+ de 50 ans d'expertise et **leader** des services GNL en Europe

Entité régulée qui remplit une mission de **service public** avec un **devoir de transparence**, **d'indépendance** et de **non-discrimination**



Une gamme de service adaptée aux **besoins de ses clients** en termes de **capacité** et de **flexibilité**

Une attention particulière à **l'intégration des sites** dans leur **environnement local**

+ 400 collaborateurs

Montoir-de-Bretagne

Mise en service 1980
Capacité 10 Gm³/an
Réservoirs 360 000m³
Navires jusqu'à 267 000 m³ (Q-Max)

Fos Cavaou

Mise en service 2010
Capacité 10 Gm³/an
Réservoirs 330 000m³
Navires jusqu'à 267 000 m³ (Q-Max)

Fos Tonkin

Mise en service 1972
Capacité 1,5 Gm³/an
Réservoirs 80 000m³
Navires jusqu'à 75 000 m³ (Med-Max)

L'industrie du CCS en Europe sera lancée par et pour le secteur industriel

- Les chaînes CCS représentent
 - des investissements considérables (2,5 Md€ pour le projet GO CO₂), des OPEX associés importants,
 - un défi de coordination entre les différents segments investissements de capture.
- Les projets CCS sont portés par des sites industriels qui émettent plusieurs centaines de kt/an sur un site, et qui n'ont **pas d'alternatives de décarbonation** :
→ en pratique les **cimenteries et la chaux**

Entre 2/3 et 80 %
Émissions liées à la
décarbonation du calcaire



Entre 1/3 et 20 %
Émissions liées à la
production d'énergie

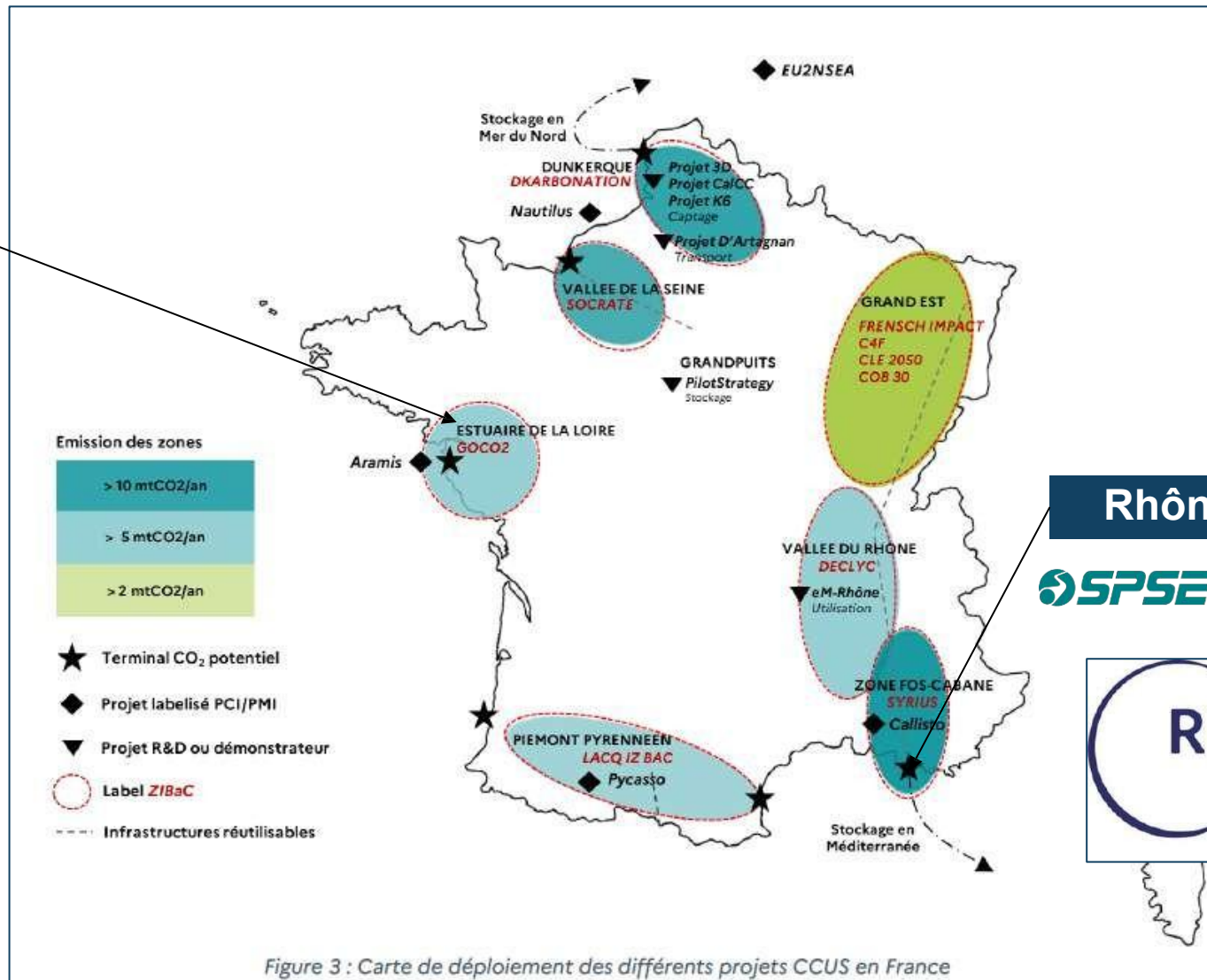
- La stratégie CCS en France suit cette logique, avec une planification des chaînes CCS visant les clusters industriels.

→ Le maritime sera dépendant de l'émergence de ces chaînes.

Stratégie Nationale CCUS – Juillet 2024

GOCO2

nafran elengy



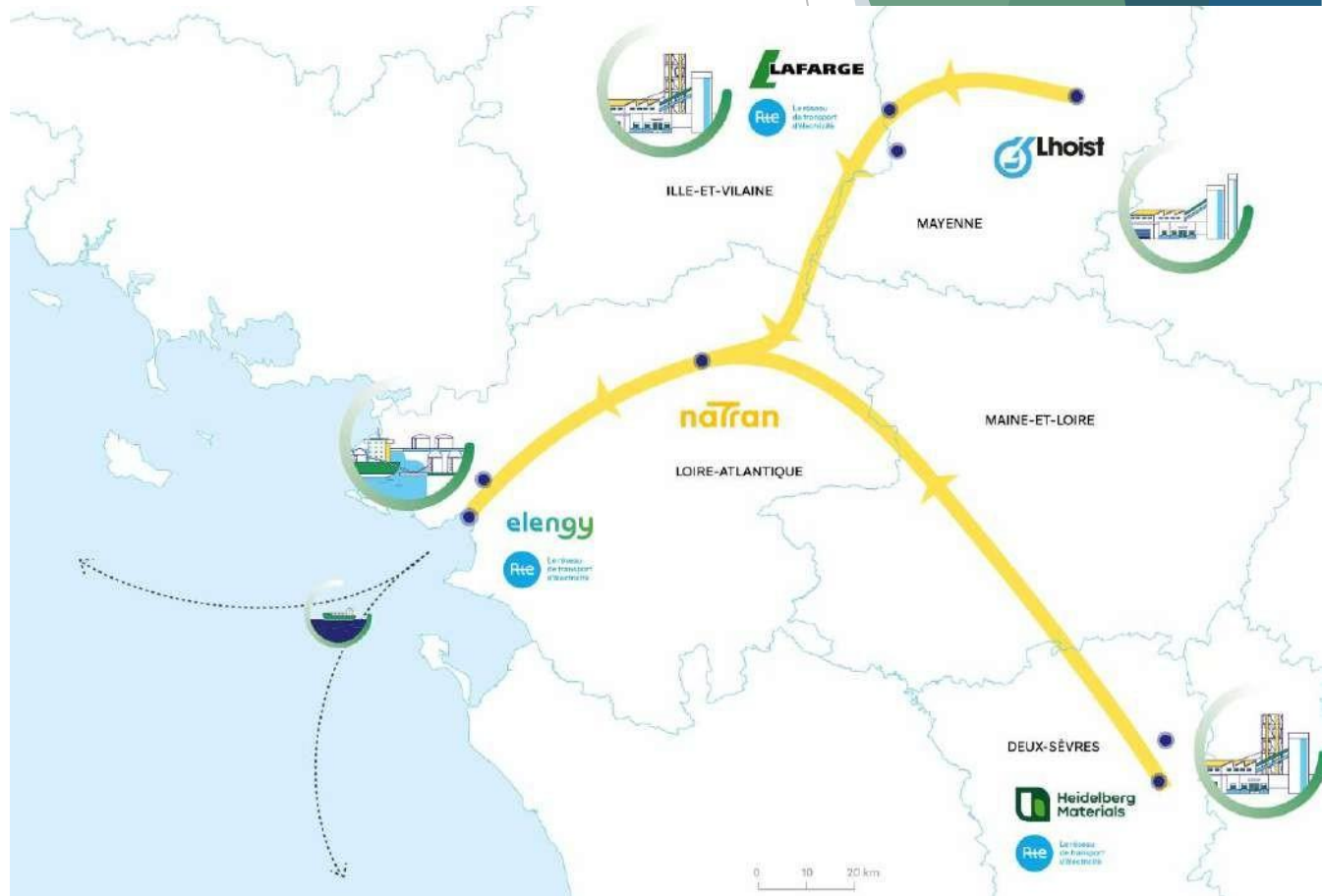
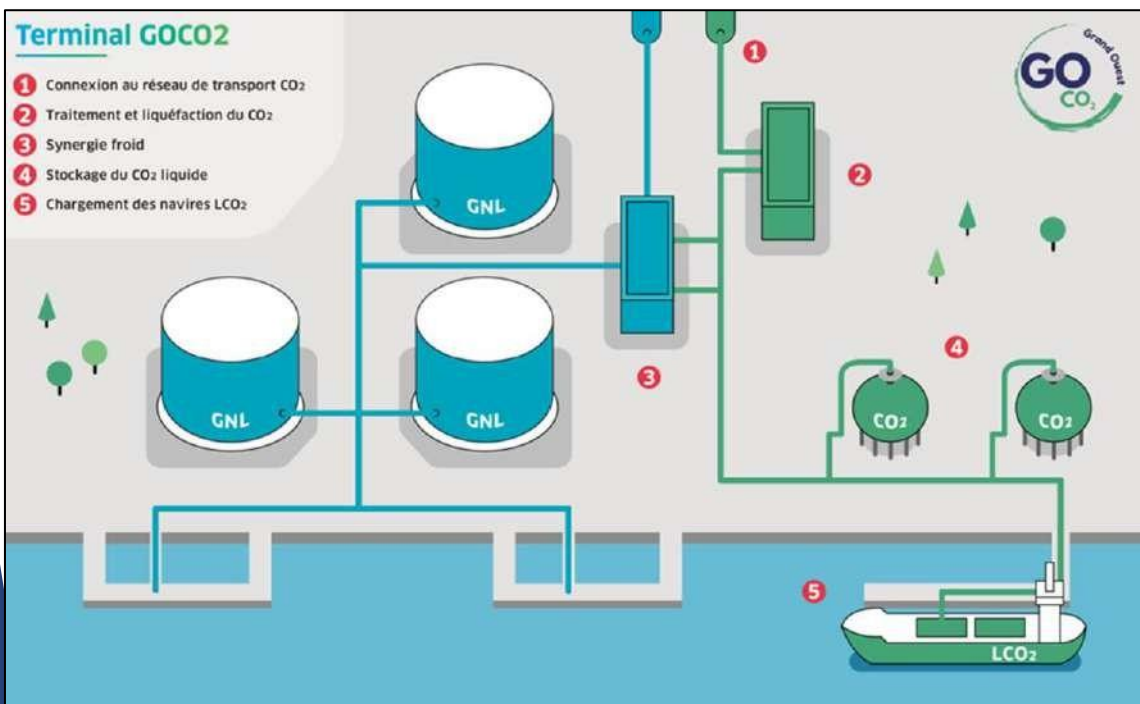
Rhône CO2

SPSE elengy



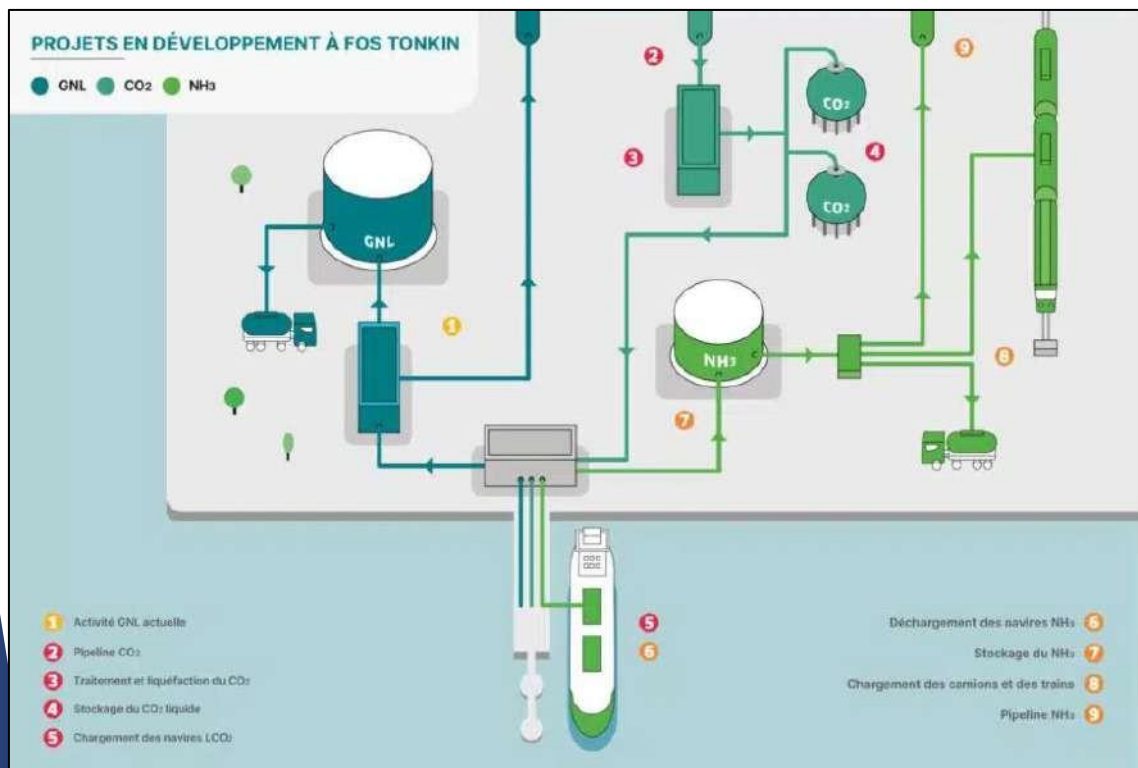
Le projet GO CO₂ à Montoir-de-Bretagne

- 2,3 Mt CO₂ par an
- 330 km de canalisation NaTran
- Des synergies froid avec la chaîne GNL

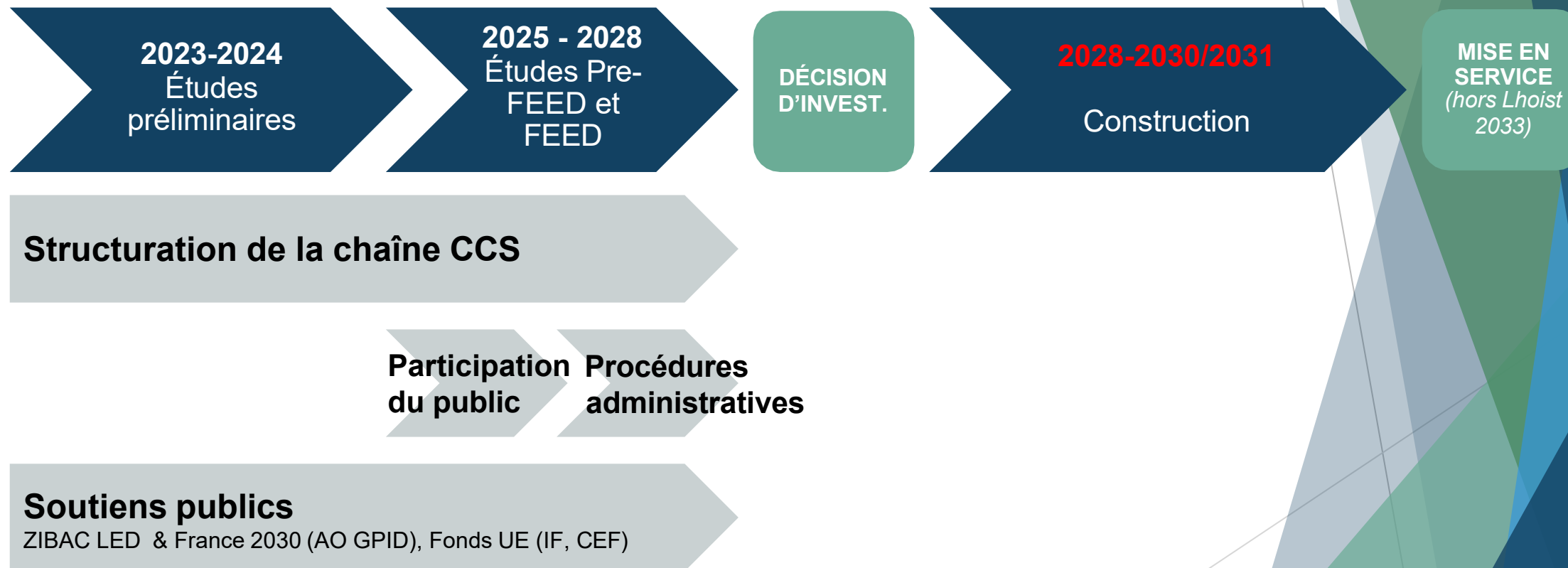


Le projet Rhône CO₂ à Fos-sur-mer

- 1,2 Mt CO₂ par an
- 300 km de canalisations existantes utilisées
- La création d'un terminal multi-molécules à Fos Tonkin



Calendrier simplifié des projets GOCO₂ et Rhône CO₂



Intérêt économique du CCS pour le maritime

- Amont

- Baisser le contenu carbone des **biocarburants** :
en **capturant le CO₂ biogénique** émis lors de la production de biocarburants,
jusqu'à 50% de décarbonation en plus (cas du bioGNL)
valorisé @700 €/tCO₂, 100 €/MWh
- **Disposer de CO₂ biogénique** pour produire des e-carburants
(les cimentiers génèrent beaucoup de CO₂ biogénique)

- Aval

- Capture à bord : **le CO₂ capturé** devra être
 - acheminé au terminal
 - si nécessaire, épuré
 - chargé dans les navires**chaîne logistique à construire**, réflexion à intégrer dans les études ZiBaC
- Valorisation : reconnaissance à valider dans les méthodologies européennes
 - de calcul du contenu carbone pour valorisation FuelEU maritime et IRICC (*si biocarburants*)
 - des émissions à ne plus déclarer pour l'ETS
 - voire d'émissions négatives si il s'agit de biocarburants