



# La décarbonation du transport maritime : un changement de paradigme

**Alain Bovis**

Président de l'Académie de marine

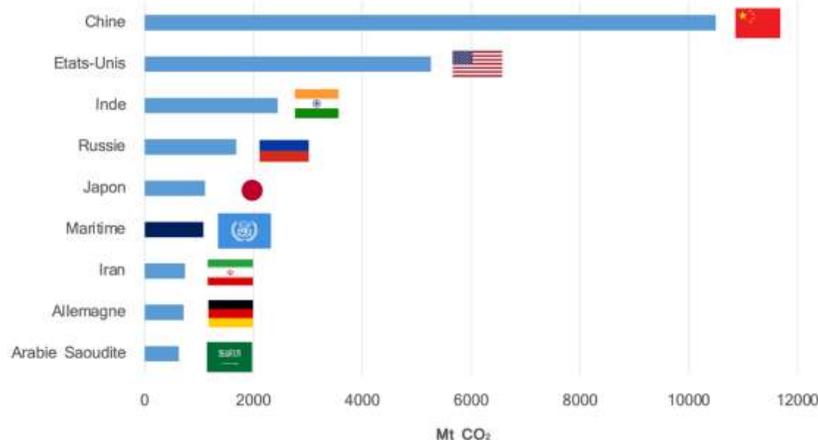
Président de l'Association technique maritime et aéronautique

# Le transport maritime



<https://www.marinetraffic.com/>

-  Cargos
-  Passagers
-  Pétroliers



- **70 000 navires (>1000 gt)**
- **11 Gt transportées (~80% échanges)**
- **2 500 TWh consommées (212 Mtep)**
- **850 Mt CO<sub>2</sub> émises**

# Sources d'Émissions de Gaz à Effet de Serre

Bilan Global 2019, Gt CO<sub>2</sub>eq



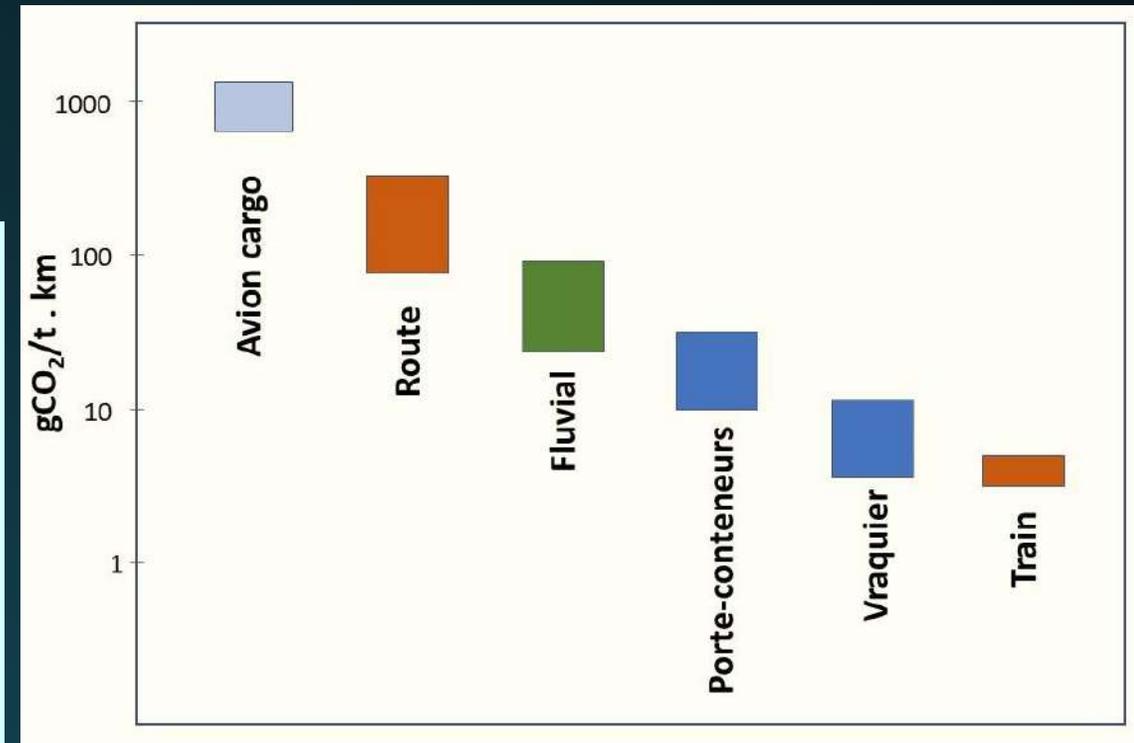
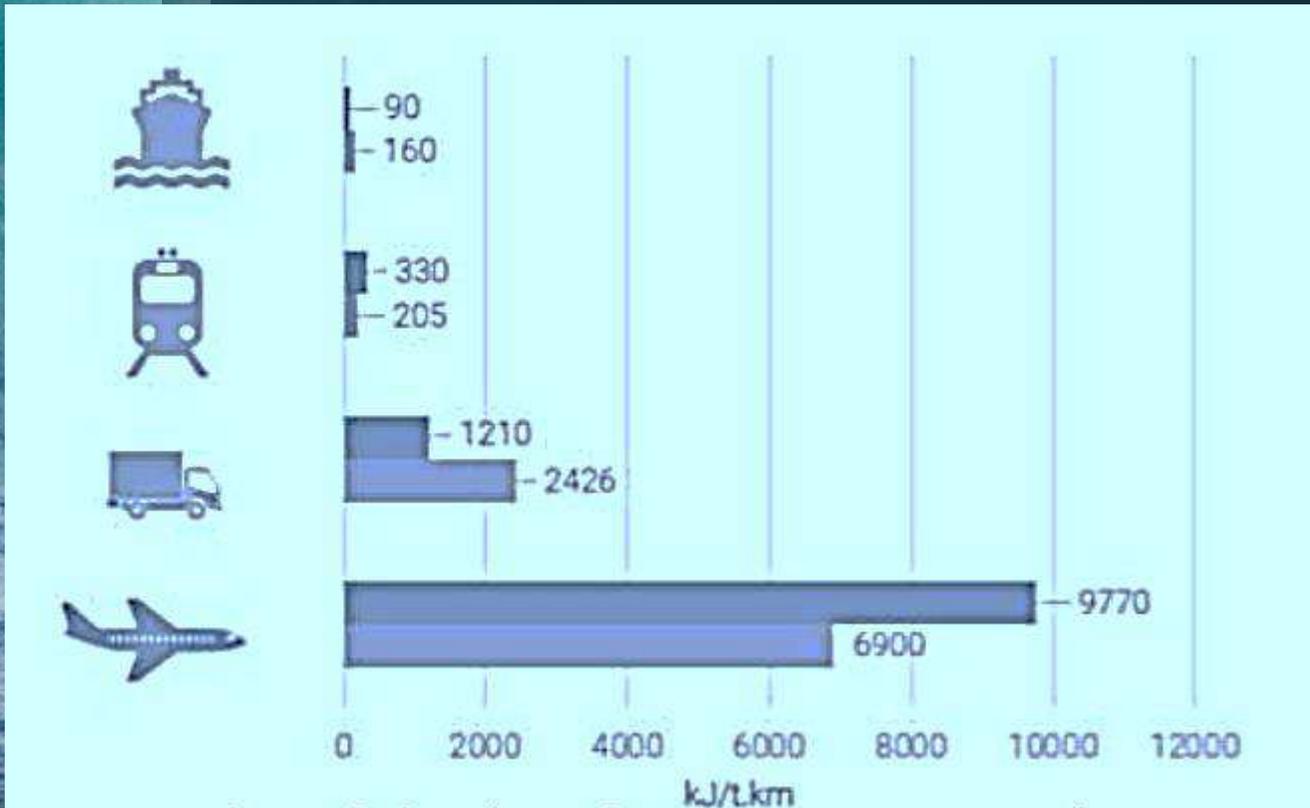
Total: 50 Gt CO<sub>2</sub>eq

Auteur: Guillaume Couairon

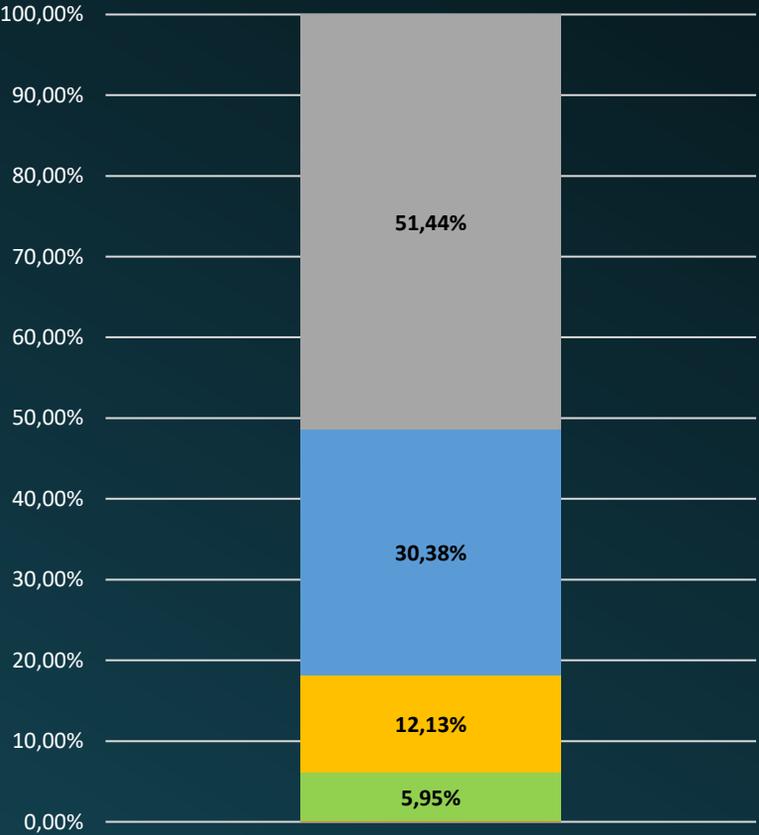
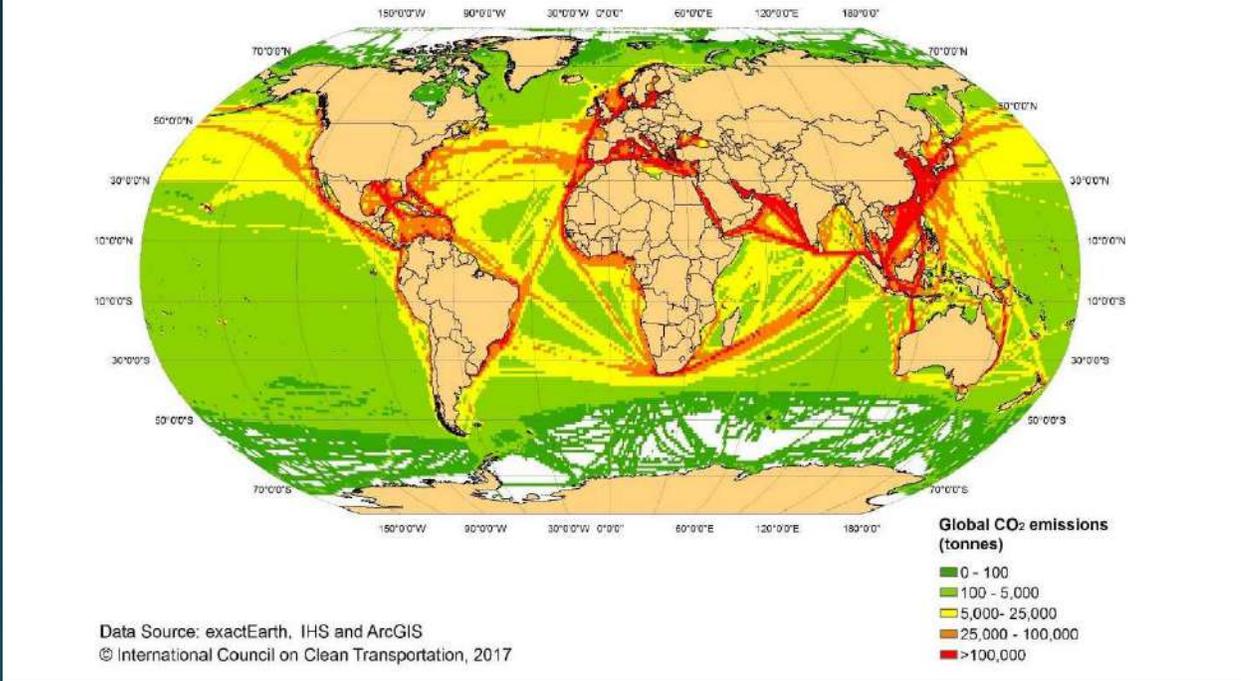
Sources: IEA, Global Carbon Project, IPCC, FAO, World Resources Institute

(\*) Inklus centrales de production de chaleur par cogénération

# Efficacité énergétique – efficacité carbone



# Une transition tardive

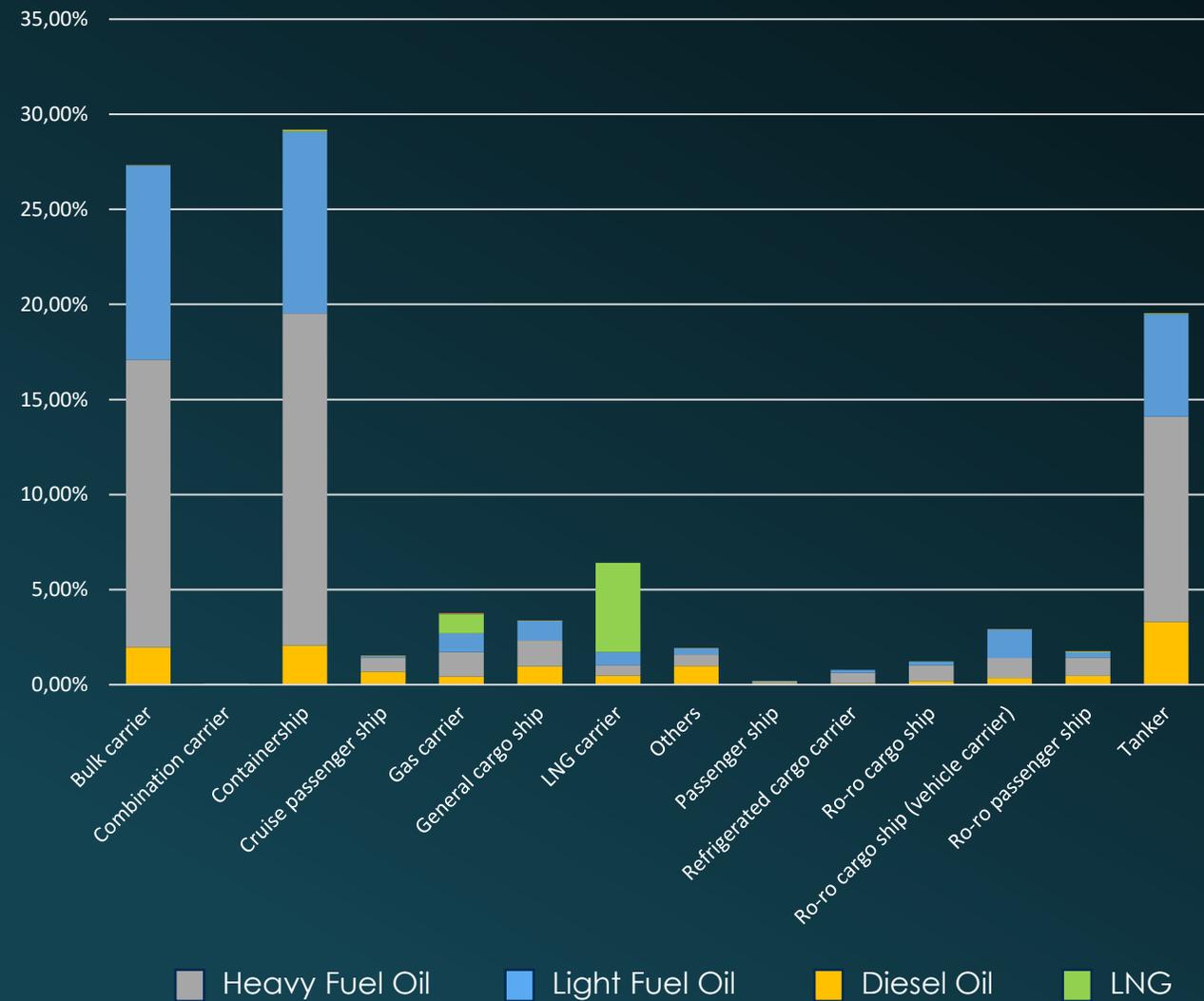


Heavy Fuel Oil
  Light Fuel Oil
  Diesel Oil
  LNG



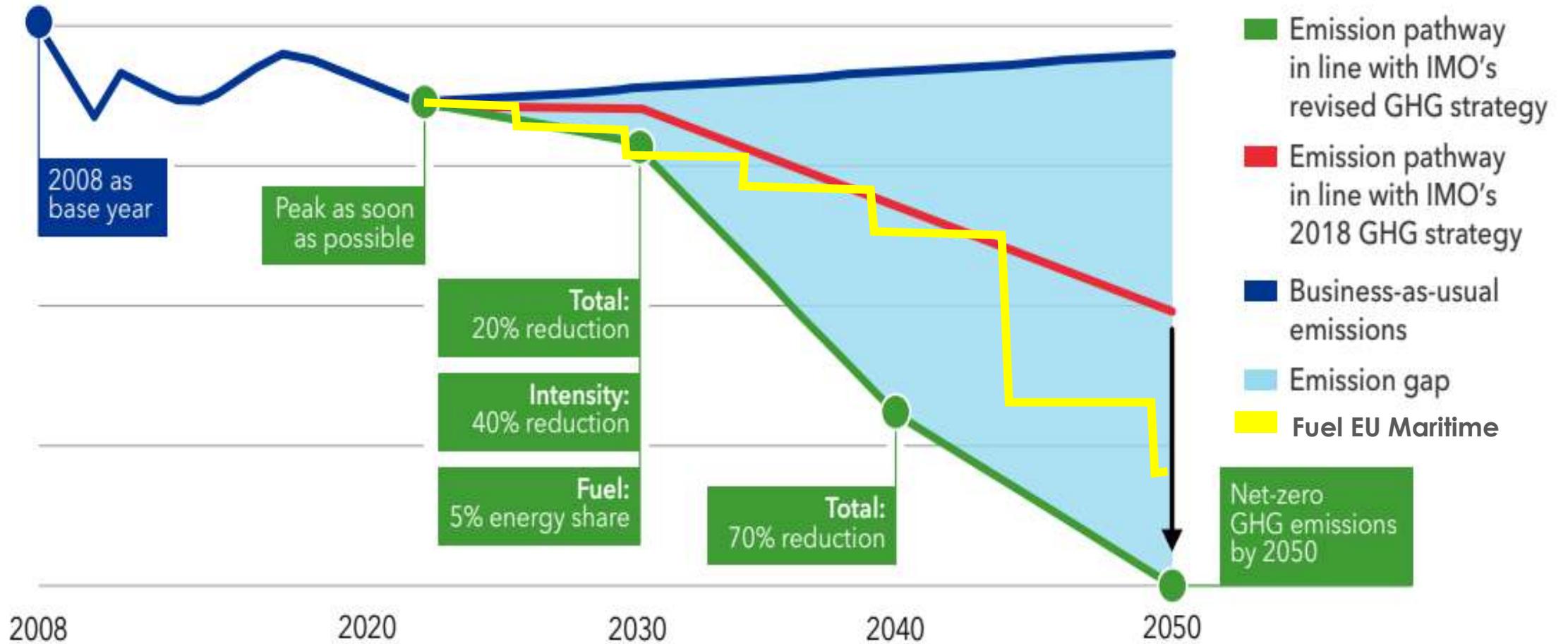
# Les carburants maritimes (2021)

- **Les navires de transport de plus de 5 000 t représentent 80 % de la consommation**
- **Parmi ceux-là, 3 classes de navires représentent encore 80 % de cette part**



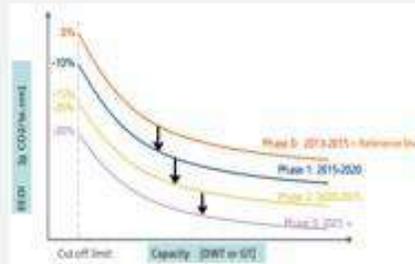
# Stratégie GES révisée (07/2023) de l'OMI Fuel EU Maritime (25/07/2023)

Units: GHG emissions



# Un cadre réglementaire en construction

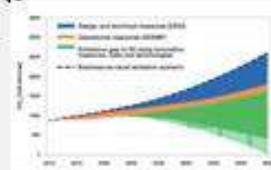
OMI



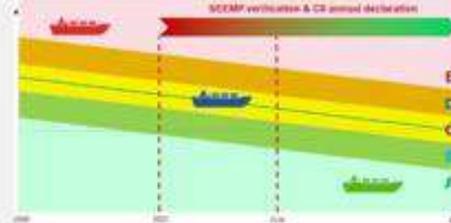
Index d'efficacité énergétique pour les navires neufs (EEDI) 3 Phases (2015-2030)



Adoption de la Stratégie climat de l'OMI



Système de collecte des données d'émissions (DCS)



Index d'efficacité énergétique pour tous les navires (EEXI)

Cibles d'intensité carbone opérationnelle (CII) Période 2023-2030

*En discussion : Mesures de moyen terme : standards carbone des carburants + instrument de marché (taxe) ?*

2013

2018

2019

2023

2025

UE

Système de collecte des données d'émissions (EU MRV)



Inclusion du transport maritime dans l'ETS

Adoption du package Fuel EU Maritime

*En discussion : Règlement FuelEU Maritime*

# Les solutions techniques à la décarbonation

## Sobriété

Réduction des Flux maritimes

Réduction de vitesse

## Efficacité énergétique

Optimisation opérationnelle

Conception navire

Rendement propulsif

## Energies moins carbonées

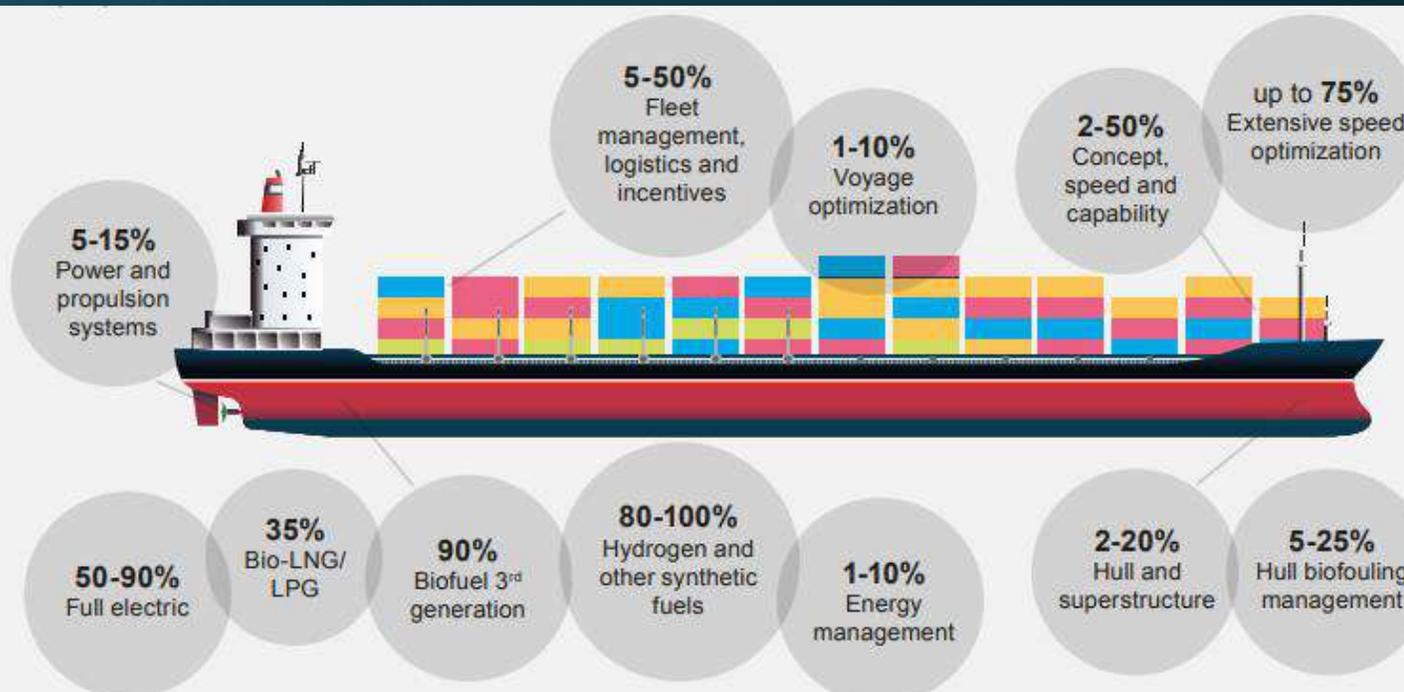
Energie fossile moins carbonée

Bio-carburants

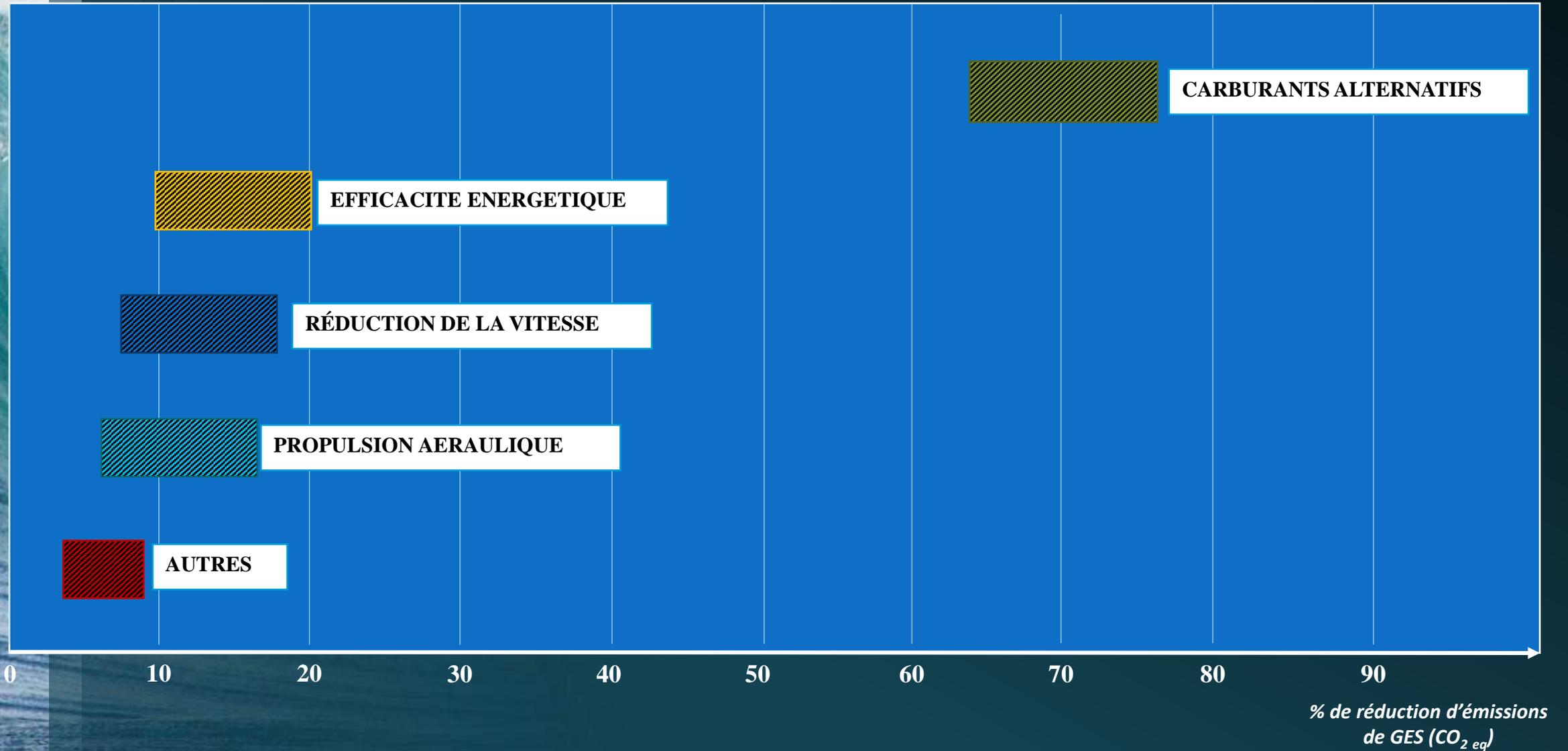
E-carburants

Electricité/H<sub>2</sub>

Vélique

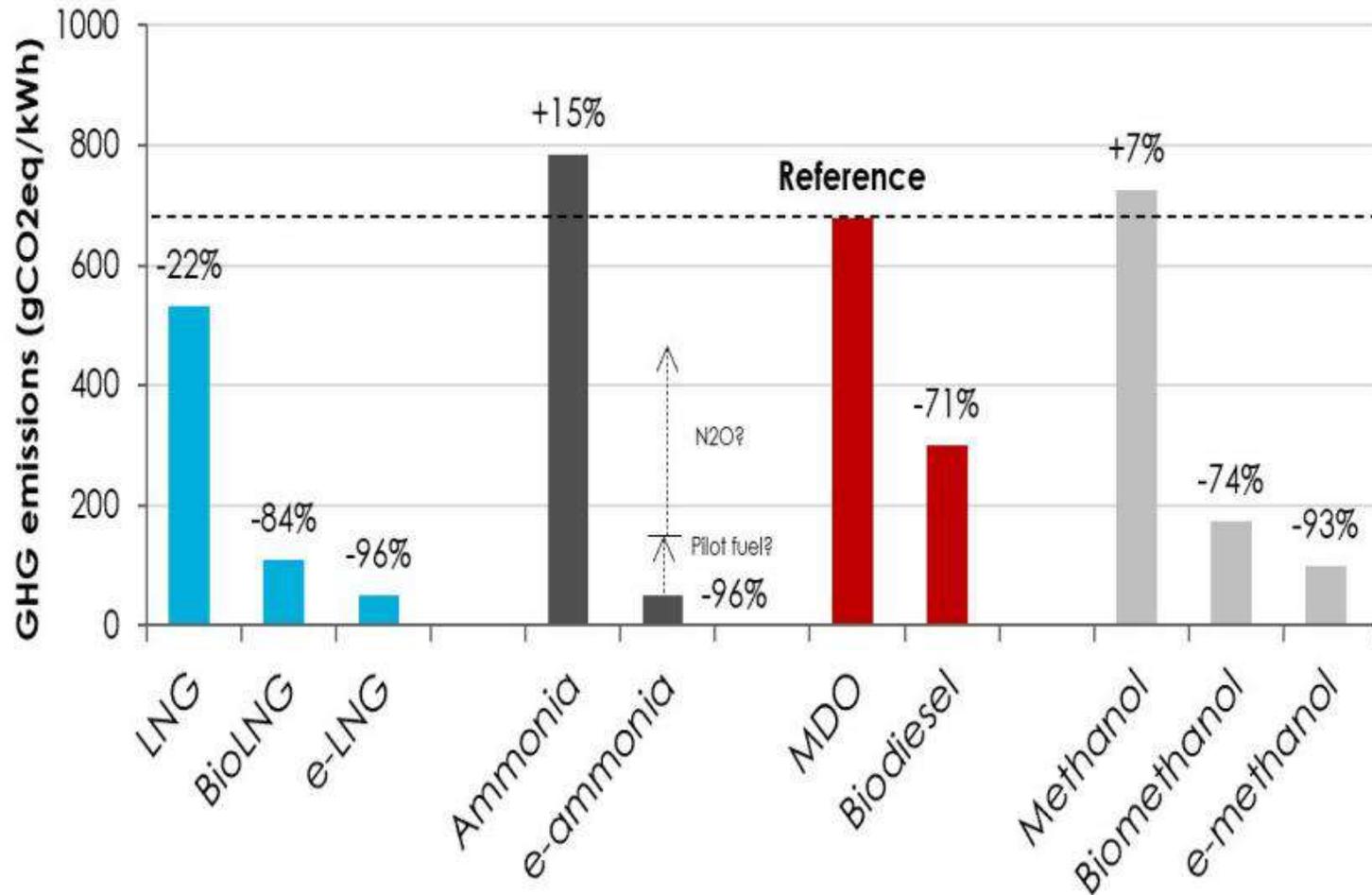


# D'efficacité variable



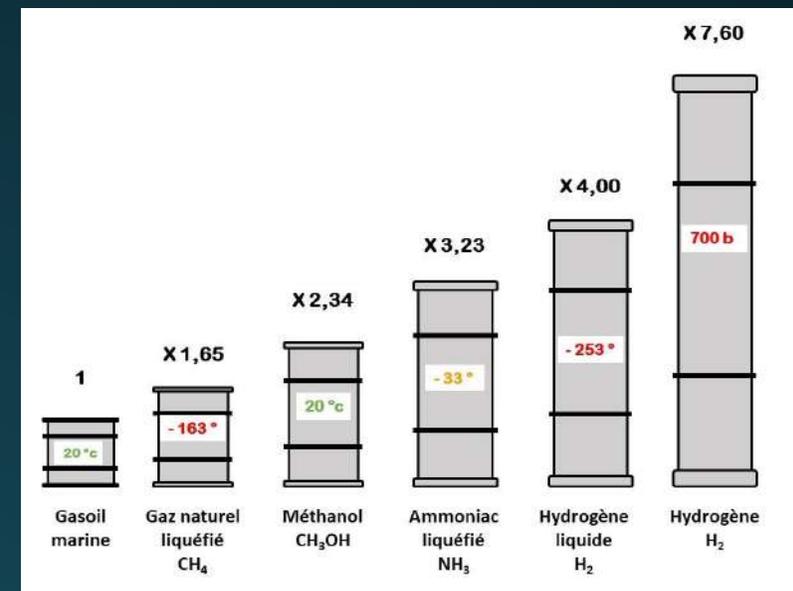
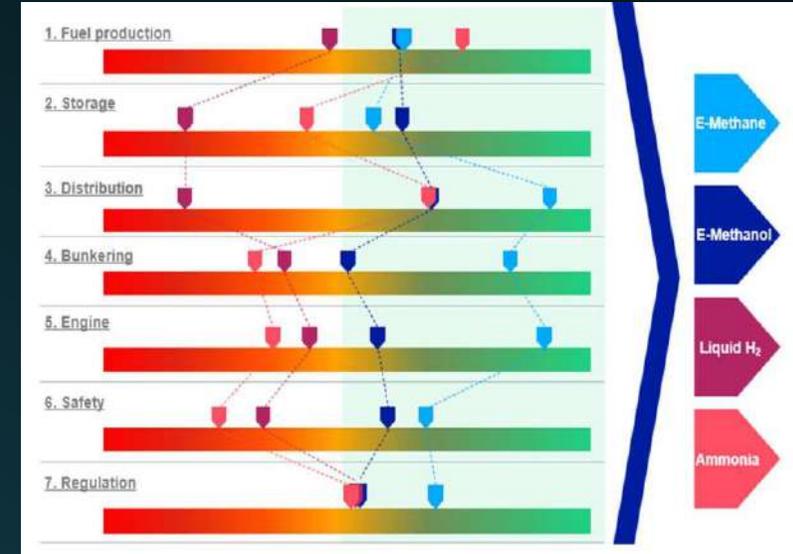
# Carburants alternatifs: les bilans

## Maturité industrielle



Efficacité carbone

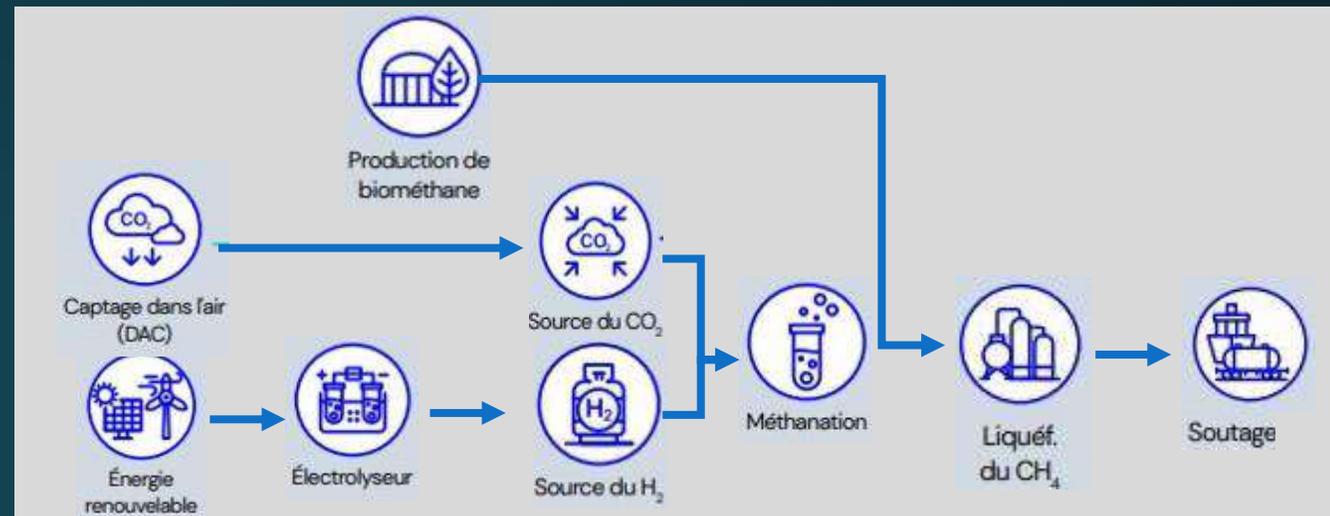
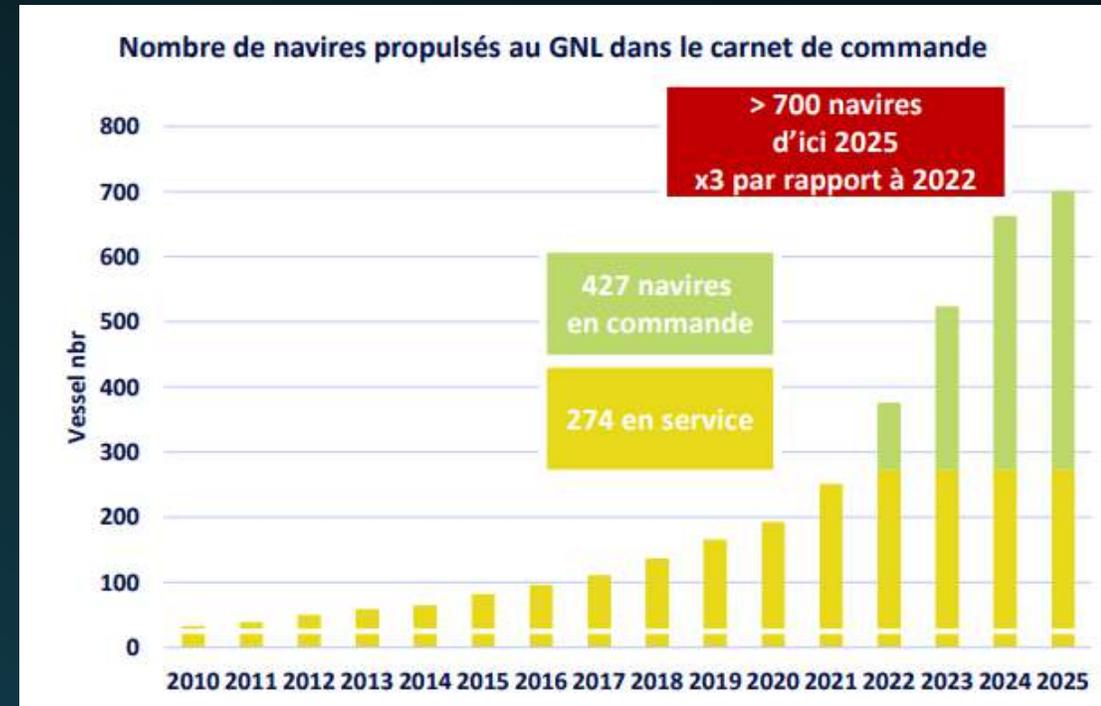
Energie volumique



# Le Gaz Naturel Liquéfié



- 40 % du tonnage et 30 % des navires en commande
  - 50 % des navires de croisière en commande
  - 30 % des porte-conteneurs en commande
- Peut intégrer progressivement du bio-méthane ou e-méthane



# Le méthanol

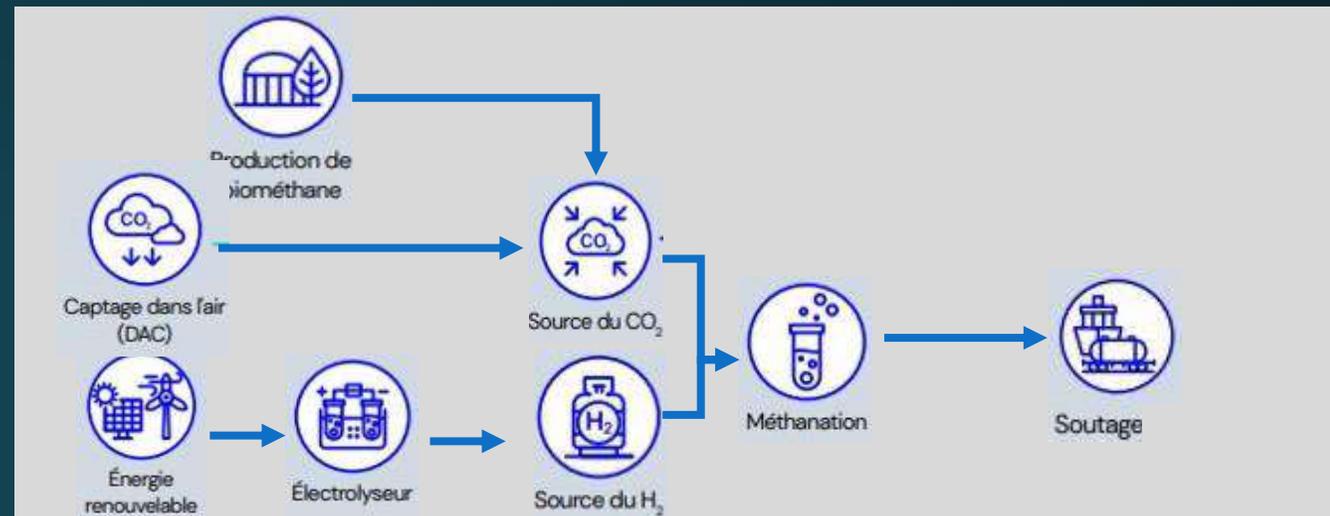


Laura Maersk

- Liquide à température ambiante
- Technologie éprouvée
- Facilité de stockage et transport

- E-carburant si produit avec des intrants verts

- 151 navires en commande
- 8 % du tonnage en commande
- Faible infrastructure production-distribution



# L'ammoniac

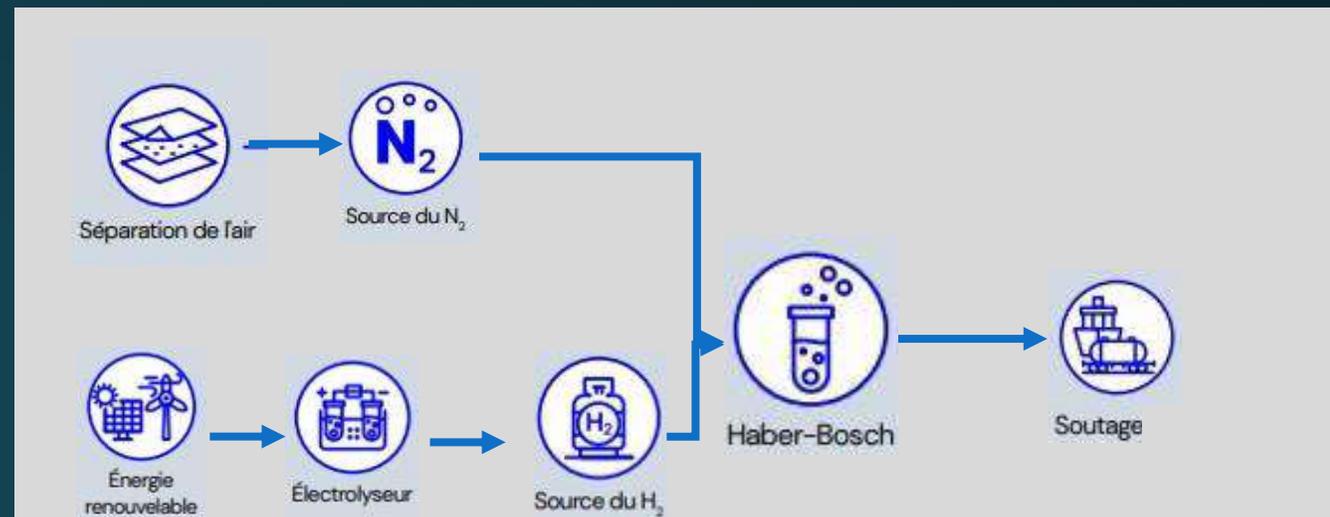


EXMAR LPG

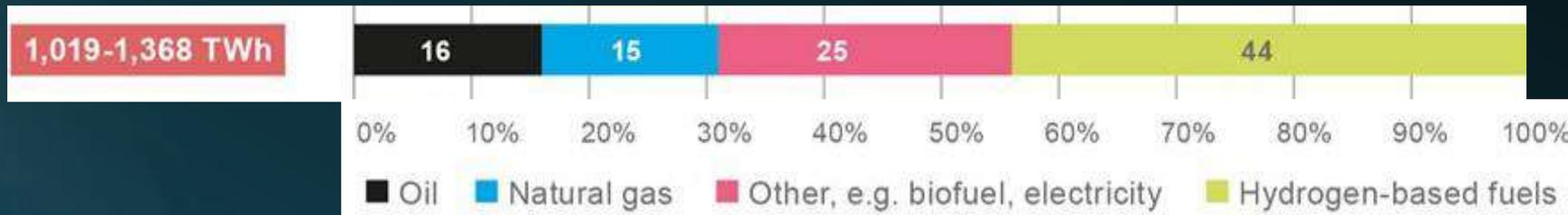
- **Totalement décarboné si énergie verte**
- **NO<sub>x</sub> ?**

- **Propulsion: Livrable à partir de 2026**
- **Transporteur/stockeur d'hydrogène**

- **Technologie moteur en développement**
- **Toxicité (évaporation)**
- **Corrosion**
- **Faible énergie volumique**
- **Faibles performances de combustion**
- **Infrastructure à créer**



# Les besoins 2050



➤ Electricité décarbonée : 900 – 1200 TWh



➤ Biocarburants: 30 à 40 Mtep en 2050



➤ Hydrogène vert/jaune : 23 Mt/an



➤ CO<sub>2</sub> : 330 Mt/an

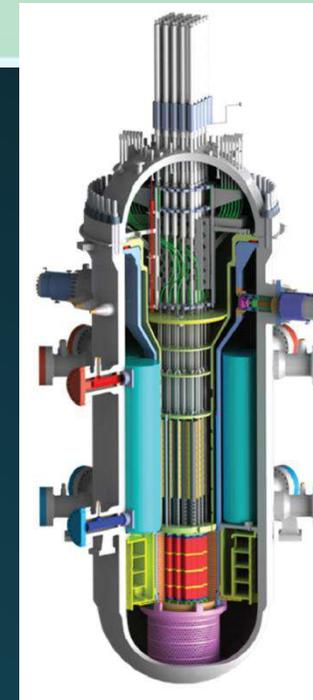
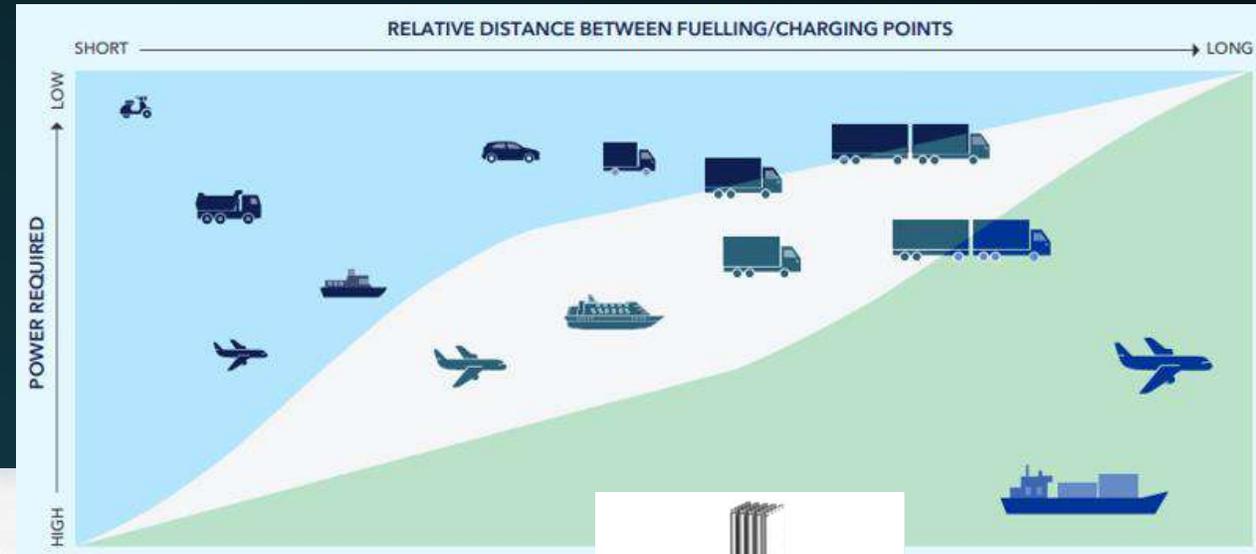
# Propulsion électrique



Projet Pilothy: chalutier  
de 17 m  
Piles à combustible



Navire de croisières polaires Commandant Charcot  
Hybride GNL – Batteries Li-ions (50 t - 4500 kWh)



# La propulsion vélique: une filière d'avenir



**TOWT Anemos**  
Juillet 2023



**Ville de Bordeaux 2022**



**Berge Bulk Olympus**  
Octobre 2023

**Orient Express Silenseas**  
Solid Sail 2026

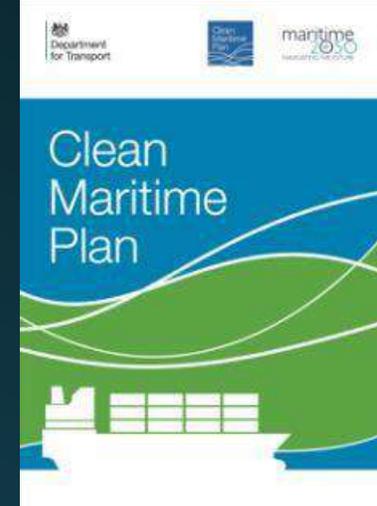
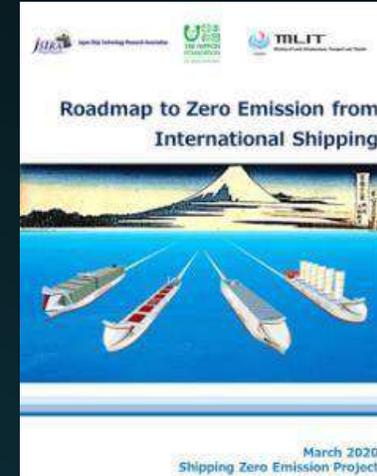
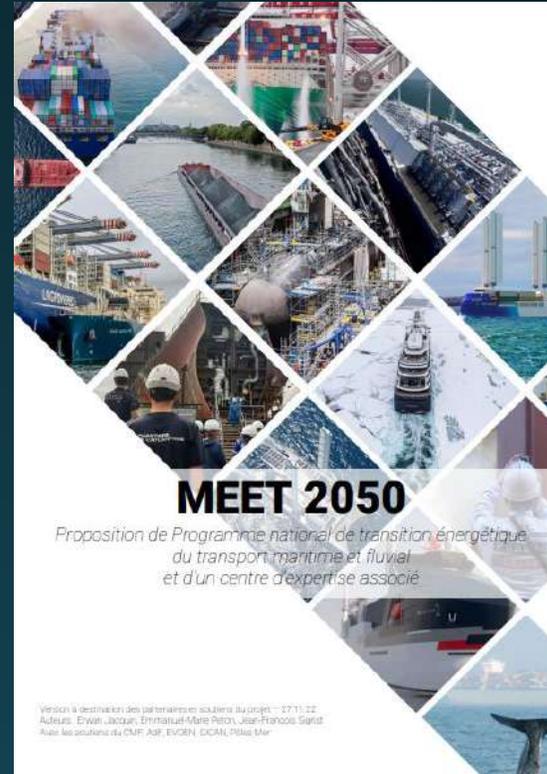
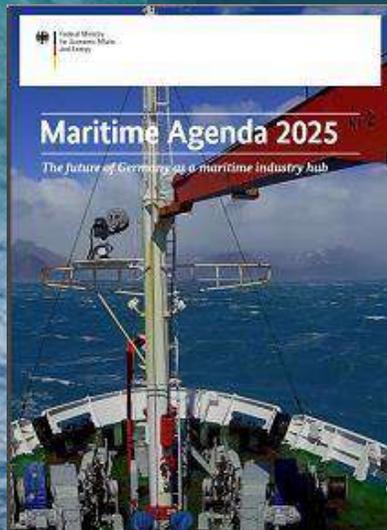
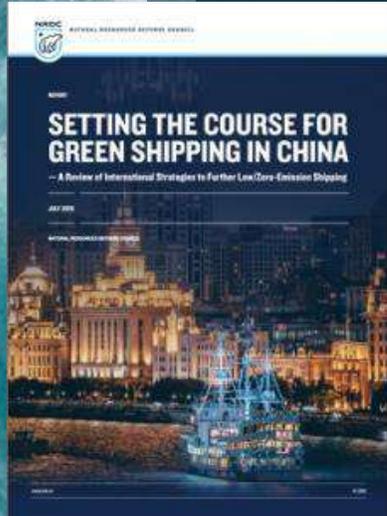


**Farwind Energy**

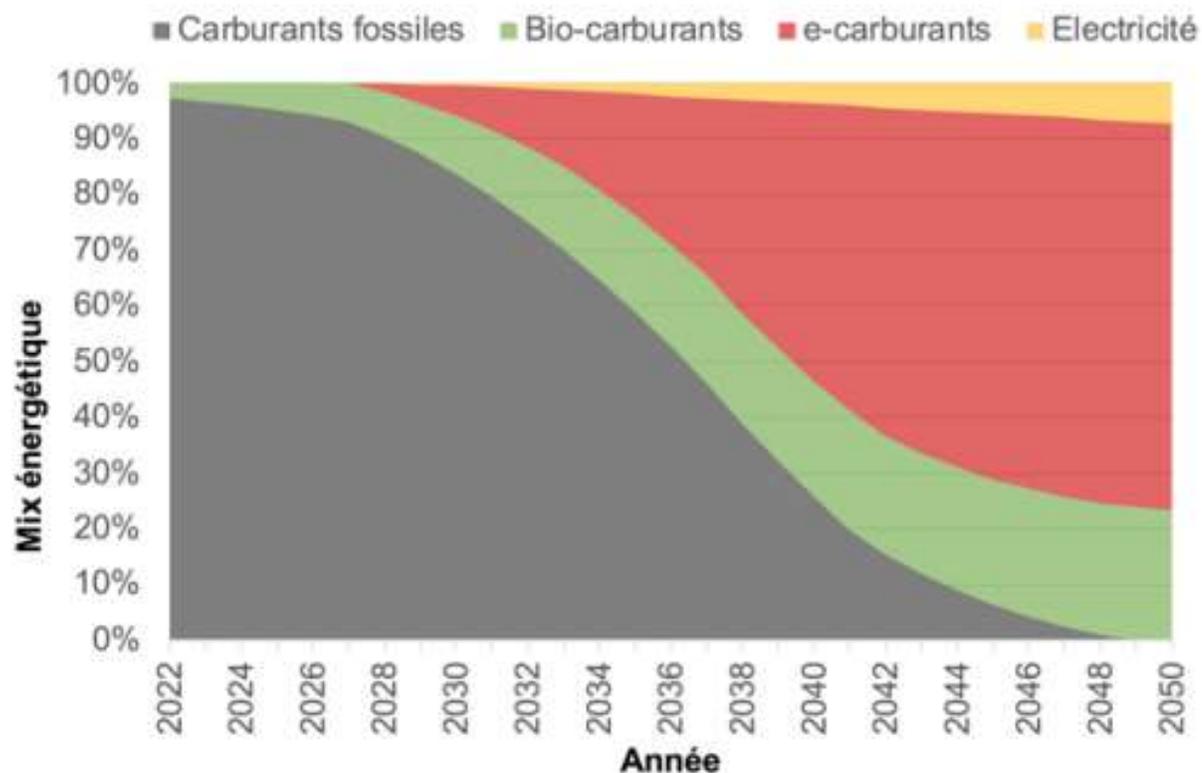


**Canopée**  
**OceanWings**  
Juillet 2023

# La feuille de route française



# Evolution du mix énergétique français (scénario de référence)



Source: DGAMPA – MEET 2050 – Scénario de référence

Académie des Technologies – Avis du 13 septembre 2023

France	2035	2050	2035	2050
besoin en carburant des ports	2,8 MT	3,8 MT	31 TWh	43 TWh
dont carburant durable	0,3 MT	3,0 MT	3 TWh	34 TWh

# Des enjeux stratégiques pour la France

**Atteinte des objectifs nationaux de décarbonation**

**Renouvellement des flottes**

**Adaptation des ports**

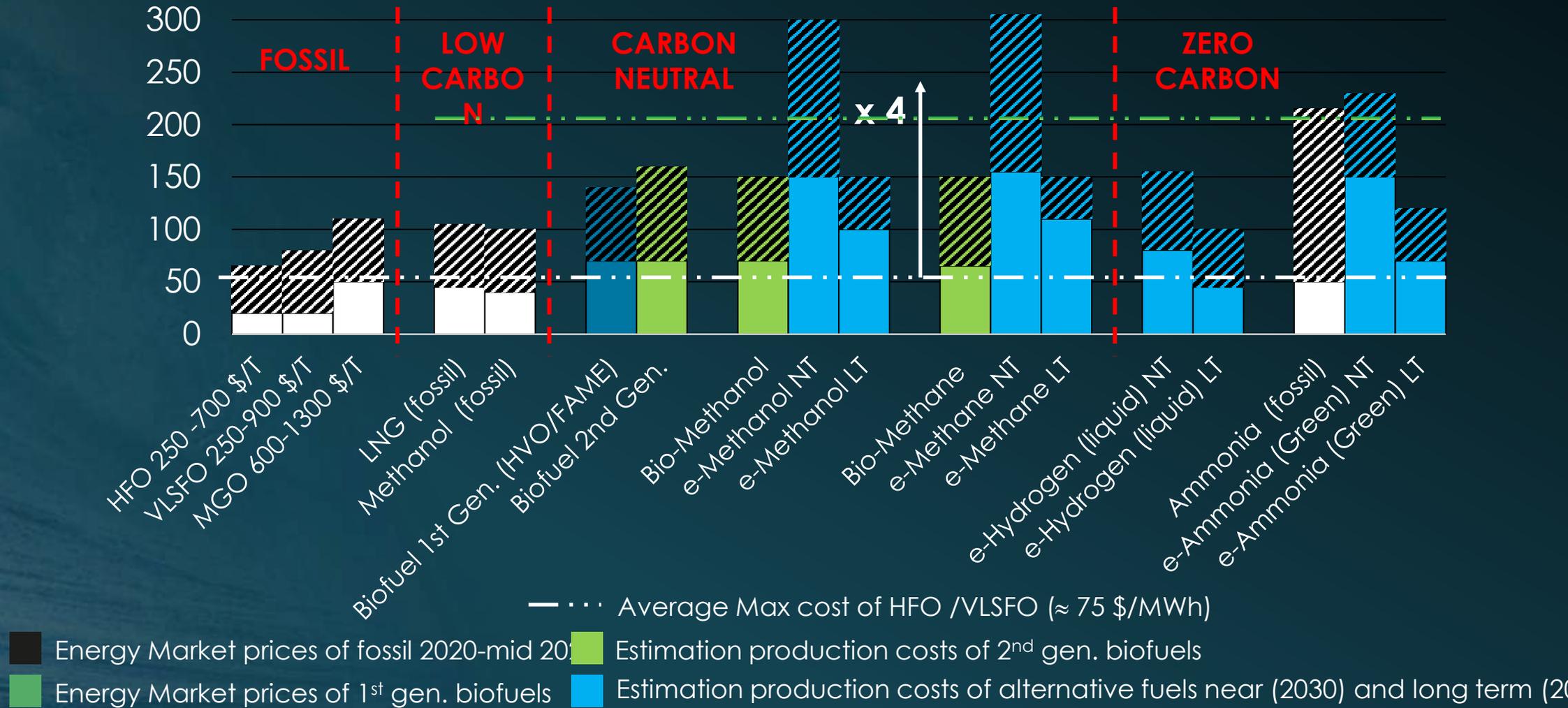
**Accès aux carburants alternatifs**

**Préservation des filières industrielles et des emplois**





# Estimation des coûts de production (\$/MWh)



# Les défis

## ➤ La disponibilité

- Bio-carburants
- Hydrogène
- Electricité
- CO<sub>2</sub> renouvelable

## ➤ L'accessibilité

- Souveraineté énergétique
- Transport et distribution
- Conflits d'usage

## ➤ L'affordabilité

- Coût des navires
- Coûts des infrastructures
- Coûts des carburants (pénalités)

# Le scenario

