



**Quelle transition
énergétique** pour
le secteur maritime et
industriale-portuaire ?

COMPRENDRE POUR AGIR

LIVRE BLANC

Préface



Luc Rémont
Président-Directeur Général d'EDF

Pour que le maritime
montre le chemin
du futur comme
il l'a toujours
fait !

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a long horizontal stroke.



Le secteur maritime est l'artère de la mondialisation. Sans transport maritime, nous n'aurions pas accès à la majorité des ressources que nous consommons et utilisons aujourd'hui. Mais le secteur maritime reste aujourd'hui un secteur fortement carboné. Façonner un avenir maritime durable, où la prospérité économique est harmonisée avec la préservation de notre planète doit être l'une de nos priorités. Comme le disait Jacques-Yves Cousteau, « nous sommes les gardiens de l'océan, responsables de sa santé et de sa préservation pour les générations futures ». Pour préserver cet or bleu et décarboner le secteur maritime, une planification éco-énergétique apparaît essentielle. En cette future année 2025 dédiée à la mer, il est impératif, pour la souveraineté de notre pays, de repenser nos approches en matière de transports, d'énergies et de connaissances.

Le Groupe EDF, porté par les expertises variées de ses filiales et métiers, se positionne en partenaire engagé du secteur maritime et fluvial dans sa transition éco-énergétique. À travers des initiatives telles que la décarbonation des ports et des Zones-Industriales-Portuaires, la décarbonation de la propulsion des navires, la production d'énergies marines renouvelables ainsi que la protection et la préservation de la biodiversité marine, EDF s'engage résolument dans cette transformation cruciale.

Un engagement que je trouve naturel et légitime, pour au moins trois motifs :

- Notre raison d'être offre aux 165 000 salariés

du Groupe EDF la mission de construire un avenir énergétique neutre en CO₂, conciliant préservation de la planète, bien-être et développement, grâce à l'électricité et à des services innovants, en parfaite résonance avec les attentes du secteur maritime et fluvial pour aller vers la neutralité carbone.

- Être à l'écoute du terrain est une priorité pour EDF, qui est convaincu qu'une interaction concertée avec les acteurs du secteur maritime, riches de leur diversité est essentiel pour construire ensemble des solutions adaptées.
- Innover est essentiel dans un secteur maritime en pleine transition, encadré par une réglementation de plus en plus stricte et qui impose de réfléchir à de nouvelles briques technologiques efficaces de décarbonation.

Le secteur maritime régit, sur le plan mondial, l'équilibre écologique et économique. Il est crucial de le préserver. Nous avons ainsi besoin d'innovation et d'une vision claire et précise pour répondre aux défis de l'emploi et de la décarbonation. Accompagner efficacement le secteur maritime et fluvial vers la neutralité carbone s'inscrit pleinement dans les missions fondamentales du Groupe EDF. Ce livre blanc est une invitation à un dialogue ouvert et constructif avec tous les acteurs désireux de contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale et climatique des activités maritimes et fluviales. En travaillant ensemble, nous pouvons construire un avenir maritime plus durable et prospère pour tous.



Sommaire

Chapitre 1

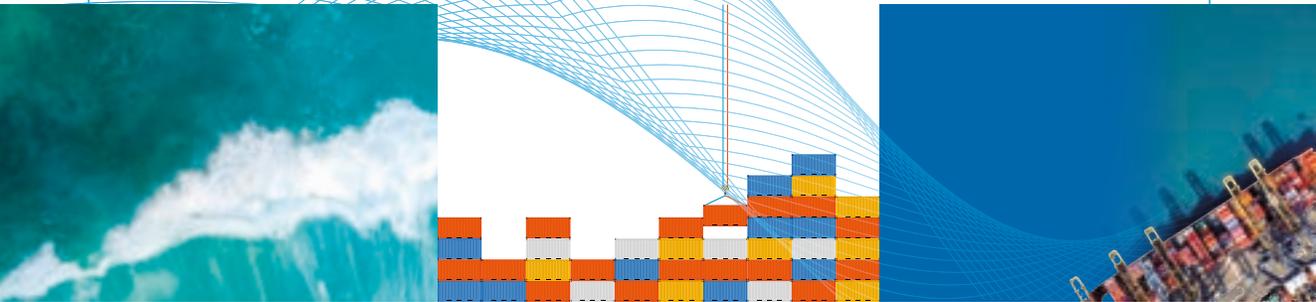
L'océan, poumon de la Terre.
Comment le préserver ?

- 1.1 Une absence de gouvernance mondiale régulant de manière globale les activités anthropiques ayant un impact sur la santé des océans - P.13
- 1.2 Un acteur majeur de l'économie mondialisée - P.15

Chapitre 3

Quelles solutions pour **décarboner le maritime** ?

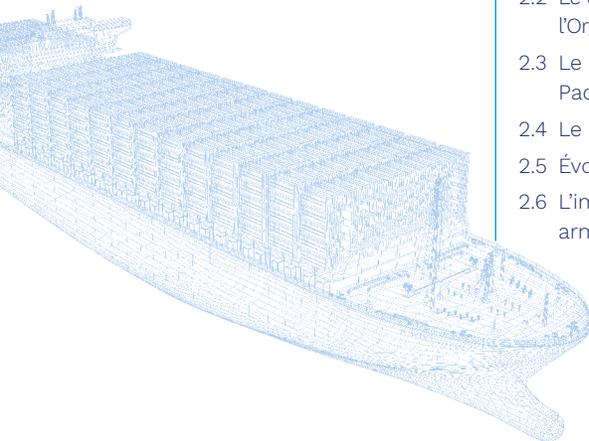
- 3.1 Diverses solutions envisageables pour optimiser l'efficacité énergétique des navires et lutter contre leurs émissions de GES - P.38
- 3.2 Des solutions à adapter suivant le type de navire et le type de besoin - P.45
- 3.3 Quelles solutions pour décarboner les ports ? - P.46
- 3.4 La décarbonation du maritime, une augmentation des besoins en énergies décarbonées - P.48
- 3.5 Production d'énergies marines renouvelables - P.49



Chapitre 2

L'évolution du contexte réglementaire maritime et son impact

- 2.1 Les chiffres du transport maritime mondial - P.18
- 2.2 Le contexte réglementaire mondial régi par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) - P.20
- 2.3 Le contexte réglementaire européen régi par le Paquet Climat « Fit For 55 » - P.23
- 2.4 Le contexte réglementaire français - P.27
- 2.5 Évolution de la réglementation maritime - P.30
- 2.6 L'impact de ces réglementations sur les armateurs - P.34



Chapitre 5

EDF et le secteur maritime

- 5.1 EDF accompagne la décarbonation du secteur maritime au travers sa réflexion stratégique EDF et la mer - P.72
- 5.2 Les quatre axes de la stratégie EDF & la mer - P.73
- 5.3 Des expertises et compétences transverses pour décarboner le secteur maritime - P.74
- 5.4 ... qui permettent de proposer des solutions globales et adaptable en fonction des besoins, notamment sur les ports - P.78
- 5.5 Une forte présence dans les territoires - P.80
- 5.6 ... Et aussi à l'international - P.84
- 5.7 EDF est pleinement engagé dans la préservation de la biodiversité au travers d'actions concrètes - P.91
- 5.8 ... Et adapte l'ensemble de ses actifs de production de bord de mer face aux risques du changement climatique - P.92



Chapitre 4

Le secteur maritime, un enjeu de souveraineté pour la France

- 4.1 La France, un large espace maritime sur l'ensemble du globe aux différents enjeux - P.54
- 4.2 Un enjeu économique et stratégique pour le pays - P.55
- 4.3 Un enjeu financier : la finance bleue impulsée par l'Europe et la France - P.56
- 4.4 Une richesse portuaire sur l'ensemble du territoire - P.57
- 4.5 Une nécessité de recréer des symbioses et une cohésion au sein de l'écosystème maritime français - P.64
- 4.6 Le monde maritime de demain au travers la feuille de route de décarbonation du maritime française - P.66

Chapitre 6

Quelques projets et réalisations **exemplaires**

Cas n°1 - [Dunkerque] EPIFLEX

Solution d'économie circulaire pour décarboner les zones industrielles - P.96

Cas n°2 - [Port Camargue] eCo-Port

Accompagner les ports de plaisances dans la transition éco-énergétique - P.102

Cas n°3 - [Bordeaux] CENAQ

Raccorder les navettes fluviales de la Métropole de Bordeaux - P.106

Cas n°4 - [Isère] Hynovi

Production de e-méthanol pour le maritime - P.110

Cas n°5 - [Port Saint Louis] Provence Grand Large

Ferme pilote d'éoliennes flottantes - P.112

Cas n°6 - [Marseille] Massiléo

Projet de thalassothermie - P.116

Glossaire

AAP :	Appel à Projets
ADEME :	Agence de la Transition Ecologique
BWM :	Ballast Water Management Convention – Convention pour la Gestion des Eaux de Ballast
CCS :	Carbon Capture and Stockage – Captage et Stockage du CO ₂
CII :	Carbon Intensity Indicator – Indice d’Intensité Carbone
COP :	Conférence des Parties
ECA :	Émission Control Area – Zones de Contrôles des Emissions
EEDI :	Energy Efficiency Design Index – Indice d’Efficacité Energétique des navires neufs
EEE :	Espace Economique Européen
EMR :	Énergie Marine Renouvelable
EEXI :	Energy Efficiency Existing ships Index – Indice d’Efficacité Energétique des navires Existant
EIBIP :	European Inland Barging Innovation Platform – Plateforme Européenne d’Innovation pour le Transport fluvial
EJ :	Exajoule
ETS :	Émission Trading System
GES :	Gaz à Effet de Serre
GIEC :	Groupe d’experts Intergouvernemental sur l’Evolution du Climat
IAPH :	International Association of Ports and Harbors – Associations Internationale des Ports et Rades
IPBES :	The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

MEPC : Marine Environment Protection Committee – Comité pour la Protection de l'Environnement Marin

MRV : Monitoring, Reporting and Verification – Surveiller, déclarer et vérifier

ODD : Objectifs de Développement Durable

OMI : Organisation Maritime Internationale

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

OPS : Onshore Power Supply – Alimentation électrique à quai

PMB : Produit Marin Brut

PPA : Power Purchase Agreements – Contrat d'achat d'électricité

RFNBO : Renewable fuels of non-biological origin – Carburants renouvelables d'origine non-biologique

RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises

SECA : Sulphur Emission Control Area – Zone de Contrôle des Emissions d'oxydes de Soufre

SEEMP : Ship Energy Efficiency Mangement Plan – Plan de Gestion de rendement énergétique

SEQE : Système d'Echange de Quotas d'Emission

UMS : Universal Measurement System – unité de mesure du tonnage des navires de longueur supérieure à 24m

TIRUERT : Taxe Incitative Relative à l'Utilisation d'Energie Renouvelable dans les Transports

TTW : Tank to Wake

WPSP : World Ports Sustainability Program – Programme Mondial de Développement Durable des Ports

ZIP : Zone Industriale-Portuaire

Résumé

Dans le premier volume de son 6^{ème} rapport sur le climat publié le 9 août 2021, le Groupe d'experts Inter gouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) conclut que le climat change plus rapidement que prévu partout dans le monde, un changement directement corrélé à l'augmentation des gaz à effet de serre générés par les activités humaines. Une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre est donc indispensable. Pour y parvenir, il est primordial de décarboner les différents secteurs de l'économie mondiale et de redéfinir en profondeur les systèmes énergétiques de demain.

Le commerce maritime représente 90% des marchandises transportées à travers le monde et est responsable de près de 3% des émissions de gaz à effet de serre soit autant que l'aérien et 2 fois moins que le terrestre. Plus de 11 milliards de tonnes de fret ont été échangées en 2019, contre seulement quelques millions de tonnes pour le fret aérien, ce qui équivaut à 940 millions de tonnes de CO₂ par an, auxquelles s'ajoutent les émissions d'oxyde de soufre (SOx) et d'azote (NOx), particulièrement polluantes pour le milieu aquatique, l'air et les sols. La principale source d'émissions provient de la combustion d'énergie fossile pour la propulsion des navires. Le fioul lourd, majoritairement utilisé par les cargos et les porte-conteneurs, émet 3 500 fois plus de particules fines que le diesel. Trouver des substituts de ce fuel lourd ainsi que transformer et adapter le secteur maritime afin de le rendre moins polluant, plus sobre et décarboné apparaît essentiel pour réussir à répondre aux objectifs fixés par l'Accord de Paris. Dans une moindre mesure, mais avec un poids croissant lié au report modal envisagé pour le transport de marchandises, le transport fluvial doit également être pris en compte. Enfin, les ports ne sont plus uniquement des hubs logistiques et de transport, mais des écosystèmes d'activités manutentionnaires, industrielles, logistiques et commerciales. Ainsi, les activités industrielles présentes dans l'enceinte des grands ports sont responsables d'environ 3 % des émissions totales de gaz à effet de serre dans le monde. À l'échelle nationale, 10% des émissions de CO₂ proviennent des activités des grands ports du pays.

En mars 2018, 49 États avaient signé une déclaration appelant à des progrès ambitieux au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) pour réguler les émissions globales de gaz à effet de serre, qui pourraient mécaniquement augmenter à 17% d'ici 2050 si le transport maritime reste sur les mêmes modes de propulsion. Deux mois plus tard, l'OMI imposait une réduction de 70% des émissions nettes

de CO₂ en 2050 par rapport à 2008. Depuis, la réglementation, tant internationale, européenne que française, s'est renforcée, accélérant notamment ces derniers mois pour aboutir en juillet 2023 à un objectif de l'OMI d'une réduction totale des émissions de GES du transport maritime à l'horizon 2050. Le secteur maritime est donc en phase de forte transition, les règles de plus en plus strictes incitant les acteurs de la filière à investir dans des technologies moins émettrices de GES et à s'organiser.

En France, la filière s'organise autour d'associations visant à accompagner les acteurs dans leur décarbonation (Cluster Maritime Français, MEET2050, les Pôles Mer Bretagne et Méditerranée, France Énergies Marines...), ce qui a abouti en avril 2023 à la remise au ministre des Transports et au secrétaire d'État chargé de la Mer de la feuille de route de décarbonation du secteur maritime, à laquelle le Groupe EDF a contribué. Cette feuille de route met en exergue trois leviers : l'efficacité énergétique, le changement d'énergies et la sobriété. Les seuls besoins d'électrification et d'hybridation électrique de certains navires, d'électrification des quais et de production de carburant bas carbones sont estimés à 90 TWh en 2050, ce qui représente environ 19% de la consommation d'électricité de la France en 2020.

La décarbonation de la filière maritime ne se fera pas grâce à une solution unique, mais par la combinaison de technologies et de systèmes, existants ou émergents, qui permettront de s'orienter vers une énergie de plus en plus décarbonée. En tant que premier énergéticien français, porteur d'un mix de production d'électricité décarbonée à 90%, EDF a un rôle prépondérant à jouer pour accompagner le secteur maritime et fluvial dans sa décarbonation en apportant une approche systémique et des services innovants pour décarboner la propulsion maritime, les ports et les zones industrialo-portuaires tout en préservant l'environnement. Pour cette raison, dès 2021, est née une réflexion stratégique « EDF & la mer » centrée sur 4 grands axes :

- Produire davantage d'énergie décarbonée et accélérer le développement des énergies marines renouvelables ;
- Développer des solutions innovantes pour décarboner la propulsion des navires ;
- Accompagner la décarbonation des ports et des zones industrialo-portuaires ;
- Promouvoir et prendre en compte dans ses projets la protection du milieu marin.

Pour cela, le Groupe EDF est à l'écoute des acteurs des territoires pour accompagner l'ensemble de la filière maritime dans sa décarbonation, identifier leurs besoins et construire des réponses concrètes en s'appuyant sur la complémentarité des compétences portées par les métiers et filiales du Groupe. Plusieurs solutions en développement ou déjà mises en œuvre sur l'ensemble du territoire français ainsi qu'à l'international sont ainsi à découvrir dans ce Livre Blanc EDF&la mer.



Chapitre 1

L'océan, poumon
de la Terre.

Comment
le préserver ?

1.1 Une absence de gouvernance mondiale régulant de manière globale les activités anthropiques ayant un impact sur la santé des océans - P.13

1.2 Un acteur majeur de l'économie mondialisée - P.15

La préservation des Océans et des mers est un enjeu majeur. Au total, ils produisent la moitié de notre oxygène, régulent le climat et la température de la Terre. Ils jouent le rôle de véritable pompe à carbone en absorbant le CO₂ terrestre. Plus de 93 % de la chaleur générée par les activités humaines depuis les années 1950 a été absorbée par les océans et les mers¹. Au-delà d'être le thermostat de la Terre, ils nous fournissent de la nourriture, de l'eau, des emplois, abritent des centaines de milliers d'espèces et font le lien entre les communautés terrestres. Malgré le rôle central qu'ont les océans dans la bonne santé planétaire, leur surexploitation engendre un déclin de leur santé et une raréfaction de certaines ressources. Dans les années à venir, les conflits d'usages des ressources maritimes déjà existants dans certaines régions du globe vont s'intensifier, tout comme ceux de l'eau douce si nous ne faisons rien pour préserver cette ressource fondamentale.

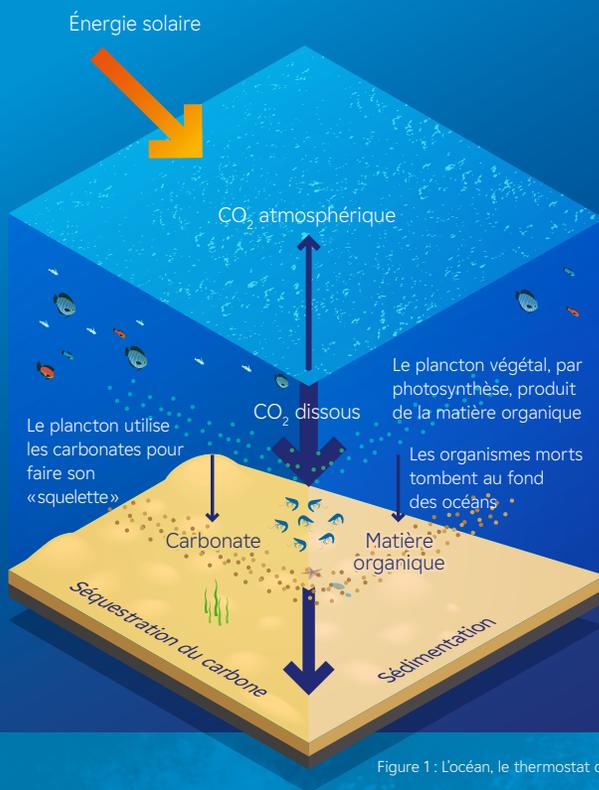


Figure 1 : L'océan, le thermostat de la terre (Ocean.org, 2016).

Chiffres clefs du Chapitre

- Depuis 1950, les océans et les mers ont absorbé plus de 93% de la chaleur anthropique
- 66% du milieu marin est « sévèrement altéré » par les activités humaines
- En analysant le Produit Marin Brut (PMB), l'océan est le 7^{ème} pays le plus riche de la planète = 24 200 Mds\$/an

Idée à retenir du Chapitre

Les activités anthropiques ont un réel impact sur la bonne santé des océans et leur biodiversité. Les océans et les mers sont de véritables enjeux de l'économie mondiale. Un déclin de leur santé conduirait à un déclin économique significatif. Il apparaît primordial de réguler les activités anthropiques au travers d'un cadre réglementaire et de la mise en place d'une planification écologique contraignante.

À savoir :

Les écosystèmes côtiers sont de réelles pompes à carbone. Les mangroves, les herbiers et les marais salants captent du carbone pour le développement. Ces derniers stockent 10 fois plus de carbone que les forêts continentales.

¹Speich et al., « L'océan, réservoir de chaleur »

1.1 Une absence de gouvernance mondiale régulant de manière globale les activités anthropiques ayant un impact sur la santé des océans

La Convention de Londres administrée par l'OMI depuis 1977 est l'une des premières conventions internationales pour la protection du milieu marin contre les activités humaines. Cette convention contribue au contrôle et à la prévention de la pollution des mers à l'échelle internationale, en interdisant l'immersion de certaines matières dangereuses. Bien que cette convention soit très importante pour la protection des océans, elle ne met pas en place une législation globale pour la préservation des océans et de leur biodiversité. De nombreuses ONG reprochent à l'OMI le manque de réglementation strictes permettant de réguler l'impact des activités humaines sur les océans et les mers.

Le constat d'un déficit de connaissance mondiale quant à l'ampleur de l'érosion de la biodiversité a néanmoins contribué, en 2012, à la naissance de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). Il s'agit d'un organe intergouvernemental indépendant pouvant être décrit comme le « GIEC pour la biodiversité ». Les experts de l'IPBES mettent en exergue, dans leur dernier rapport, que 66% du milieu marin est « sévèrement altéré » à ce jour par les activités humaines.



L'Organisation maritime internationale (OMI) est l'institution spécialisée des Nations Unies chargée d'assurer la sécurité, la sûreté et la performance environnementale des transports maritimes et de prévenir la pollution des mers par les navires. Son rôle principal est de créer un cadre réglementaire permettant d'assurer une uniformité réglementaire équitable, efficace et universelle.

Causes anthropiques



Conséquences



Figure 2 : Activités anthropiques impactant la bonne santé des océans (EDF, 2023).

Le dernier rapport de l'IPBES démontre que les activités anthropiques ont un réel impact sur la bonne santé des océans et leur biodiversité (Figure 2). Ces activités humaines sont pour la plupart très peu régulées,

réglementées et encadrées. Le manque d'une régulation stricte et claire de ces activités engendre la surexploitation des ressources marines via des pratiques de pêches intensives, destructrices et non durables ; l'extraction non contrôlée et destructrice des fonds marins du pétrole, du gaz et de divers minerais ; une activité touristique polluante et destructrice de la biodiversité marine ; le rejet de déchets et/ou d'eaux usées dans les océans par les activités industrielles et agricoles ;

une urbanisation des territoires croissante augmentant le ruissellement d'eaux polluées vers les estuaires et les baies. Cette surexploitation des océans et des mers engendre le déclin de leur santé (Figure 3) : acidification et réchauffement des océans ; modification des courants océaniques ; désoxygénation des milieux ; perte de la biodiversité ; montée des eaux ; destruction des côtes et des littoraux².

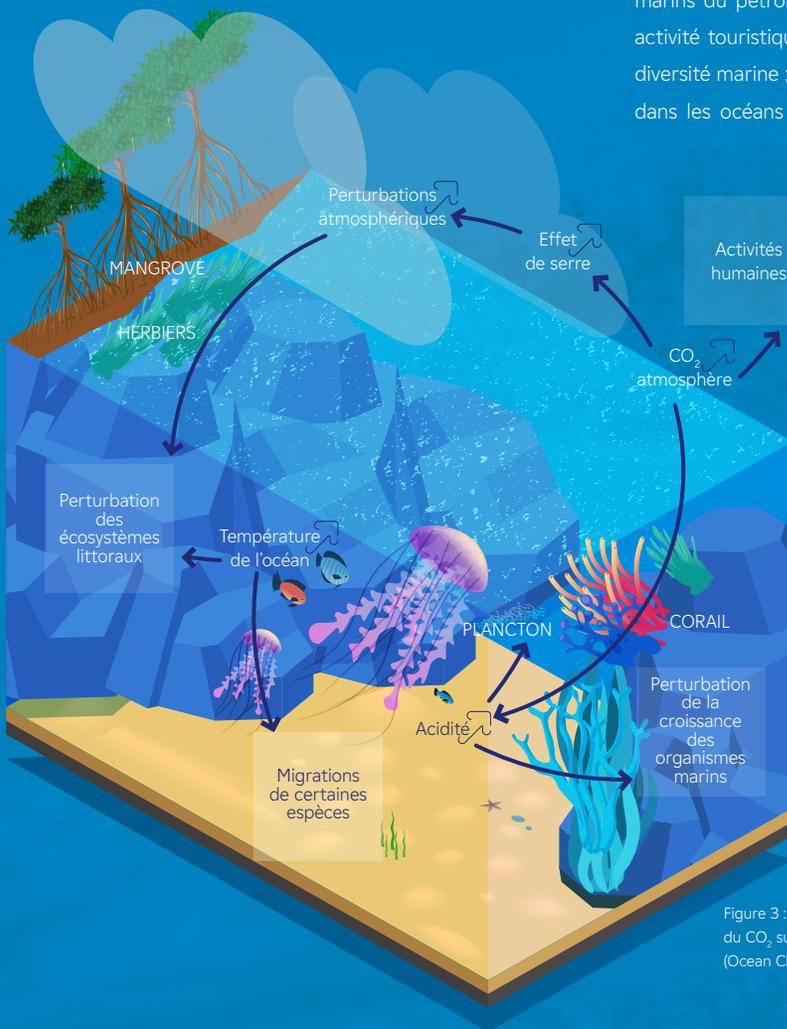


Figure 3 : Conséquences de l'augmentation du CO₂ sur les écosystèmes marins (Ocean Climate, 2016)³

« On ne peut pas régler le problème de la crise climatique sans s'occuper des océans, qui jouent un rôle crucial de puits à dioxyde de carbone. Et on ne peut pas non plus régler les problèmes des océans sans s'occuper du climat, car les émissions de gaz à effet de serre réchauffent et acidifient l'eau des océans. » John Kerry, envoyé spécial chargé de la lutte contre le réchauffement climatique au sein de l'administration de Joe Biden. Juin 2022.

²Vierros, « La Gouvernance marine mondiale et la gestion des océans pour atteindre l'ODD 14 » - Ocean Climate, 2 « La biodiversité marine en déclin »

1.2 Un acteur majeur de l'économie mondialisée

La valeur du patrimoine océanique dépend pour les 2/3 de sa santé. Si l'on s'intéresse au Produit marin brut (PMB) calculé de la même manière que le PIB national, l'océan se place alors au 7^{ème} rang des pays les plus riches de la planète, entre le Royaume-Uni et le Brésil, avec 24 200 milliards de dollars générés chaque année⁴. L'acidité de l'eau a augmenté de 30% depuis la révolution industrielle et elle pourrait tripler d'ici 2100 si rien n'est fait. Afin de préserver cet or bleu essentiel à l'Homme, il apparaît nécessaire de mettre en place une réelle régulation des activités anthropiques pour minimiser

les impacts sur la santé des océans et leur biodiversité, mais aussi pour minimiser l'impact économique que pourrait engendrer la mauvaise santé des océans. Pour ce faire, agir rapidement et mettre en place de nouveaux outils de planifications apparaît primordial. Dans le secteur économique, cela pourra passer par la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) qui sera le cadre approprié pour identifier les impacts de leurs activités sur les océans et pour planifier une démarche vertueuse de réduction des pollutions.

Les océans procurent de la valeur sous les formes les plus diverses, de l'alimentation au tourisme en passant par la protection des côtes, pour ne citer que quelques exemples.

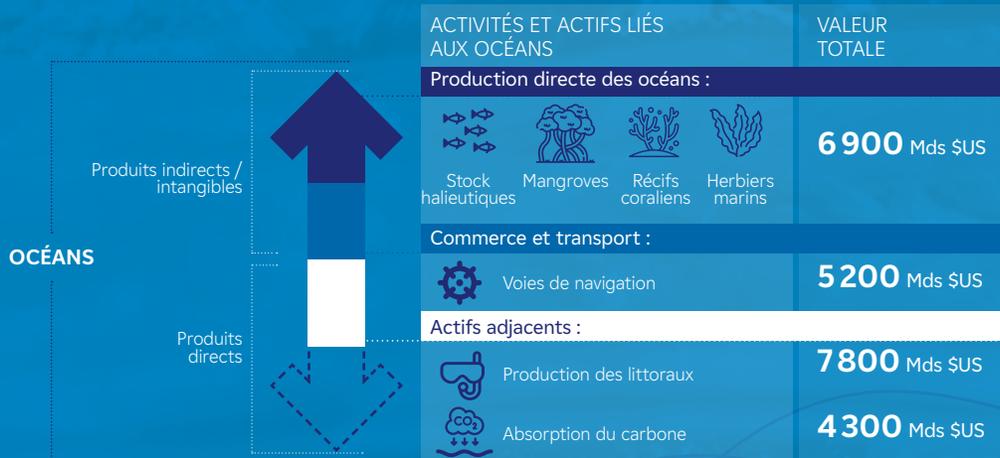


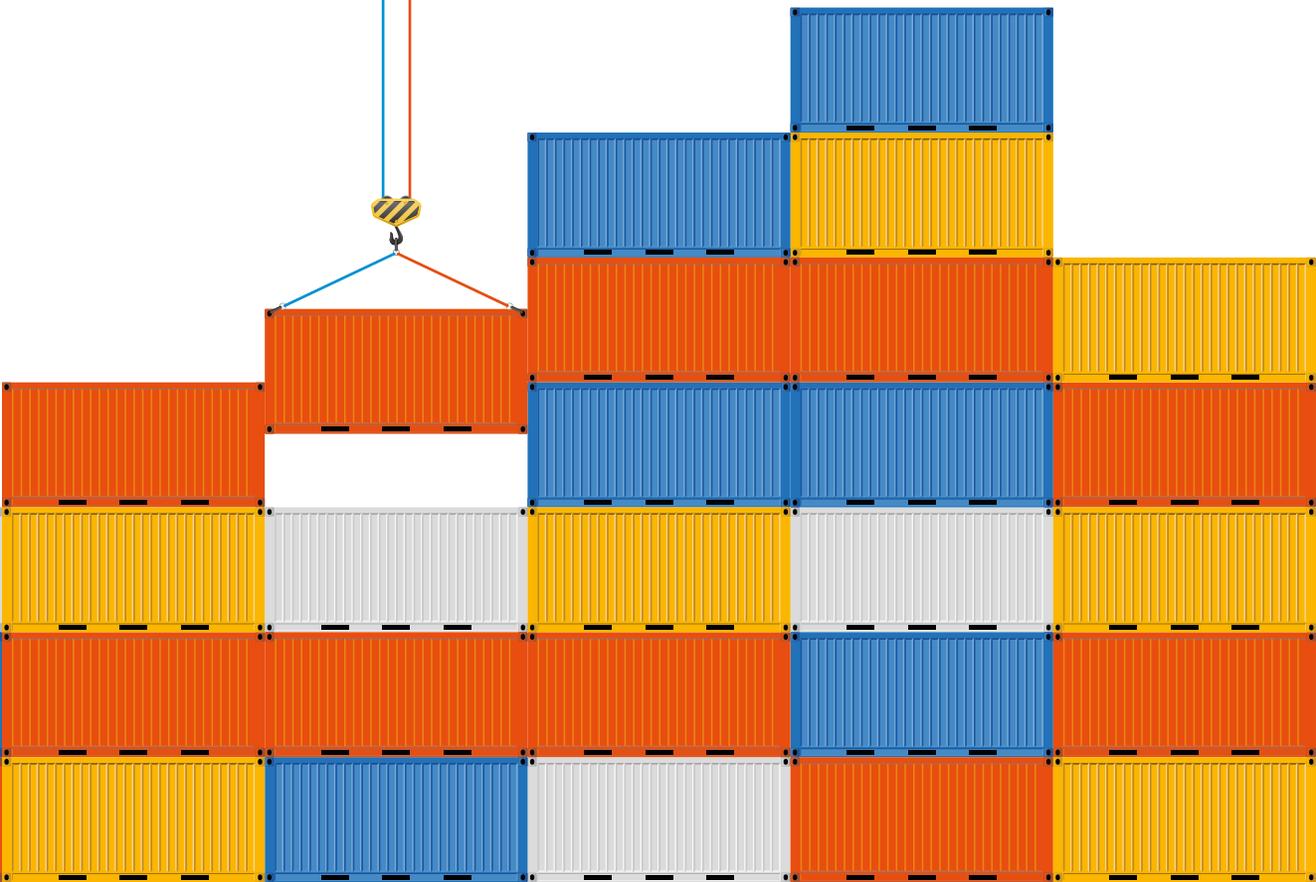
Figure 4: Produit Marin Brut (Hoegh-Guldberg, O. et al. 2015)

Chapitre 2

L'évolution du contexte réglementaire maritime et son impact



- 2.1 Les chiffres du transport maritime mondial - P.18
- 2.2 Le contexte réglementaire mondial régi par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) - P.20
- 2.3 Le contexte réglementaire européen régi par le Paquet Climat « Fit For 55 » - P.23
- 2.4 Le contexte réglementaire français - P.27
- 2.5 Évolution de la réglementation maritime - P.30
- 2.6 L'impact de ces réglementations sur les armateurs - P.34



2.1 Les chiffres du transport maritime mondial



Chiffres clefs du paragraphe

- Commerce maritime = 90% du commerce mondial
- Flotte mondiale = 5% de la demande de pétrole
- Transport maritime \approx 3% des émissions de GES
- Pourcentage qui pourrait atteindre 17% en 2050
- Si le transport maritime était un pays = 6^{ème} pays le plus émetteur

Avec près de 11 milliards de tonnes de marchandises⁵, le commerce maritime représente **90%** du commerce mondial en volumes transportés. De plus, 90% des communications internationales se font via des câbles sous-marins. Les océans et les mers, sont aujourd'hui les artères de la mondialisation. Une exploitation non durable de ces espaces et de ces ressources mettrait en péril l'ensemble de l'économie mondiale et du mode de vie de l'humanité mondialisée.



Figure 5 : visualisation du transport maritime mondial (26 août 2024 - 11h <https://www.marinetraffic.com>)

La flotte mondiale de 95 000 navires absorbe 5% de la demande de pétrole. Cette demande ne cesse de croître en raison de l'intensification du trafic. En 2019, 11 milliards de tonnes de marchandises ont été transportées au travers les océans et les mers, contre 550 millions de tonnes en 1950⁶. Si cette massification des volumes fait du maritime l'un des modes de transports les moins émetteurs de gaz à effet de serre par unité transportée, la croissance accentuée des flux maritimes et le report modal vers ce mode de transport rend toutefois nécessaire la décarbonation de ce secteur⁷.

En effet, le transport maritime représente à lui seul 2,9% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), avec 940 millions de tonnes de CO₂ émis par an,

autant que le transport aérien. Ce pourcentage pourrait mécaniquement augmenter et devrait atteindre une part de 17% des émissions en 2050 en raison de la décarbonation plus rapide des autres secteurs, du report modal vers le maritime et de la croissance systématique des échanges commerciaux.

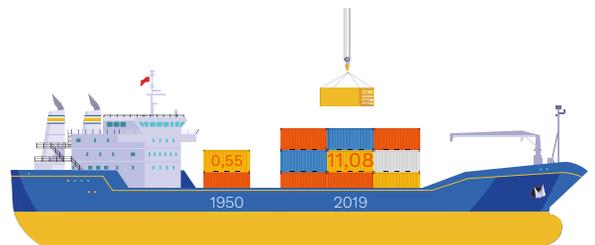
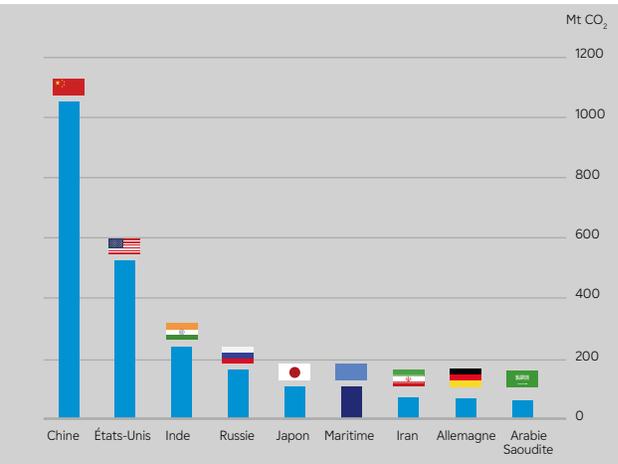


Figure 6 : Évolution du tonnage de marchandises mondiales des porte-conteneurs de 1950 à 2019 (Wind Ship, 2022).

⁵ Frémont, « Le transport maritime depuis 1945 » - ⁶ Frémont, « Le transport maritime depuis 1945 » - ⁷ Wind Ship, 2022. « Livre Blanc : La propulsion des navires par le vent »



💡 Les émissions annuelles du transport maritime mondial sont l'équivalent de celles de la France et de l'Allemagne réunies (respectivement 316 Mt et 711 Mt en 2019). S'il était un pays, il serait le 6^{ème} pays le plus émetteur⁸.

Figure 7 : Émissions en million de tonnes des 8 pays les plus émetteurs comparées aux émissions du transport maritime (ADEME, 2022).

2.1.1. Un zoom sur l'Europe



Le transport maritime en UE représente :

77% du commerce extérieur européen

35% de l'ensemble des échanges en valeur des États de l'UE

13,5% des émissions de gaz à effets de serre du secteur des transports

140 millions de tonnes de CO₂ en 2018 = **18%** des émissions liées au transport maritime international

1,63 millions de tonnes de SO₂ en 2019 = **16%** des émissions liées au transport maritime international

Entre 2014 et 2019, le bruit sous-marin qui a doublé dans les eaux de l'UE

51 espèces indigènes, introduites en majorité par le transport maritime, ayant un fort impact sur l'écosystème aquatique

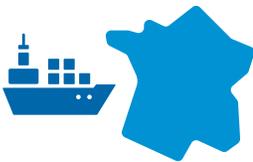
17% des grandes marées noires accidentelles survenues dans le monde depuis 2010

⁸ ADEME, 2022

2.1.2. Un zoom sur la France

La flotte sous pavillon français ne représente que 0,4% du tonnage mondial dont 60,6% sont détenus par les cinq premiers pavillons (Libéria, Panama, Iles Marshall, Hong Kong et Singapour). Le nombre de navires sous pavillon français a connu un véritable déclin. En 1960, la flotte française se situait au 5^{ème} rang des flottes mondiales en matière de jauge. Ainsi, si nous considérons uniquement la flotte sous pavillon français, le transport

maritime français représente une part très faible des émissions de CO₂ mondiale (0,6% des émissions nationales). Si nous nous penchons sur les émissions de CO₂ des navires par pays d'appartenance, alors la France se place au 16^{ème} rang mondial des pays les plus émetteurs avec près de 18Mt de CO₂ émis en 2022, soit l'équivalent de 4,5% des émissions de CO₂ nationales⁹.



Le transport maritime en France c'est :

431 navire de commerce
d'une jauge brute de plus de 100 (en UMS)
sous pavillons français

Le **26^{ème}** rang des flottes mondiales
en termes de taille de pavillon

10% du trafic des ports maritimes
européens

390 millions de tonnes
de marchandises

18 millions de tonnes de CO₂ émis
par les navires appartenant à la France =
4,5% des émissions de CO₂
nationale

2.2. Le contexte réglementaire mondial régi par l'Organisation Maritime Internationale (OMI)



Idée à retenir du paragraphe

Depuis juillet 2023, l'objectif de l'OMI est d'atteindre le « Net Zéro » en 2050. Le transport maritime est en pleine transition. Les règles le régissant évoluent rapidement et deviennent plus strictes incitant les armateurs à investir rapidement dans des technologies de ruptures moins émettrices de GES, plus responsables et respectueuses de l'environnement. Désormais, l'OMI impose aux armateurs un système de notation d'intensité carbone de leur navire (CI) pouvant les conduire à la perte de leur certificat de navigation s'ils émettent trop de CO₂. 55% de la flotte pourrait ne pas respecter les normes autorisées d'ici 2030.

⁹ Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2023. « Étude sur les transports maritimes »

2.2.1. L'OMI fixe l'objectif de neutralité carbone en 2050

Lors du 80^{ème} comité de la protection du milieu marin (MEPC 80) qui s'est tenu le 07 juillet 2023 à Londres, les 175 pays membres de l'OMI ont adopté un objectif de neutralité carbone du secteur maritime à l'horizon 2050. Pour atteindre cette ambition de « Net-Zéro », l'OMI a défini des objectifs intermédiaires de réduction des émissions de GES¹⁰ par rapport au niveau de 2008 :

- Une réduction d'au moins 20% en valeur absolue des émissions en 2030 ;
- Une réduction d'au moins 70% en valeur absolue des émissions en 2040.

Pour répondre à ces objectifs, des réglementations sur la réduction de l'intensité carbone ont vu le jour dans les textes de l'OMI ainsi que des mesures orientées vers la limitation de l'empreinte écologique (qualité de l'eau et de l'air, impact acoustique du maritime, collision avec les cétacés, perte de conteneurs ou réduction du bruit, ...). C'est la Convention de MARPOL, entrée en vigueur en 1983, qui recense l'ensemble des mesures réglementaires et financières visant à réguler les pollutions maritimes. La réglementation de l'OMI impose un rythme soutenu avec des objectifs réhaussés tous les 5 ans, voire anticipés pour certains navires (porte-conteneurs par exemple) et fixe des limites acceptables à imposer aux navires. Elle met en place des zones de contrôle des émissions (ECA) où les émissions de SOx, NOx et de particules sont contrôlées de manière stricte et impose quatre dispositifs aux armateurs pour réguler les émissions de GES :

- **Le SEEMP** (plan de gestion de rendement énergétique) impose à l'armateur des mesures d'amélioration des performances énergétiques de ses navires.

- **Le CII** (indice d'intensité carbone) traite de l'efficacité énergétique intrinsèque et opérationnelle des navires en mesurant l'intensité carbone d'un navire à travers sa consommation annuelle de carburant convertie en émission de CO₂. Une notation de A (très bonne efficacité énergétique et opérationnelle) à E (très mauvaise efficacité énergétique et opérationnelle) est attribuée aux navires. Si un navire est noté D pendant trois ans consécutifs ou E pendant une année, il devra adopter des mesures de correction présentées dans le SEEMP qui devront être validées par l'administration. Sans mesure corrective, il perdra son certificat de navigation.

- **Le EEDI** (indice d'efficacité énergétique des navires neufs) est directement lié à la puissance installée et à la capacité de transport du navire. C'est un indice qui s'applique à tous les navires de plus de 400UMS et qui permet de mesurer l'efficacité énergétique des navires neufs. Il est mis en œuvre dans une approche phasée avec trois temporalités (2015 : -10% d'intensité carbone ; 2020 : -20% ; 2025 : -30%).

- **Le EEXI** (indice d'efficacité énergétique des navires existant) permet de mesurer l'efficacité énergétique des navires existants, sur la base du design et des équipements, sans prendre en compte les carburants. Il s'applique aux navires de plus de 400UMS et en cas de non-conformité avec cet indice, l'armateur devra prendre des mesures de correction comme la limitation de vitesse ou de puissance moteur, ainsi que le changement de carburant (au profit de carburants peu carbonés voire décarbonés) et/ou des mesures d'optimisation d'énergie.

L'ensemble de ces mesures et de ces dispositifs sont échelonnés en plusieurs phase afin de répondre à l'objectif de réduction de Net Zéro à horizon 2050.

¹⁰ MEPC 80/WP12, 2023. « stratégie OMI 2023 ».

La stratégie Initiale : une stratégie échelonnée en plusieurs phases

2018

Adoption de la Stratégie initiale

2019

74^{ème} session du comité de la protection du milieu marin :

- Adoption des nouveaux amendements concernant le suivi énergétique des navires (EEDI, SEEMP)
- Adoption de la convention internationale MARPOL (teneur limite en NO_x - SO_x pour les carburants marins)

2020 - 2023

- Renforcement des mesures techniques et opérationnelles associées au système de suivi énergétique des navires
- Suivi et accompagnement des acteurs dans la transition réglementaire

2030

- Réduction des 40% des émissions CO₂ par rapport à 2008
- Usage des combustibles à faible émissions (CO₂ - NO_x - SO_x) généralisé
- Utilisation des retours d'expériences pour la réalisation d'un guide des bonnes pratiques à destinations de tous les acteurs du secteurs

2050

- Réduction des 100% des émissions Carbone par rapport à 2008
- Promotion des technologies innovantes
- Poursuite de la fourniture de combustibles à zéro émission carbone ou non fossiles, afin d'envisager la décarbonisation totale du secteur au cours de la seconde moitié du siècle

Figure 8 : Stratégie initiale de l'OMI (Adapté de Sia Partners)

2.2.2. L'efficacité énergétique des navires, au cœur de la stratégie initiale de l'Organisation Maritime Internationale

Ces mesures, découlant de la stratégie initiale de l'OMI, visent l'efficacité énergétique des navires. Elle fait de la rénovation et du renouvellement du parc de navires sa priorité et a pour objectif de réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre, notamment celles de CO₂. Les portes-conteneurs, représentant 20,9% du transport maritime international, ont émis en 2019 183,64 million de tonnes de CO₂. Pour donner un ordre de grandeur, l'Ukraine, en 2019, a émis 199 millions de tonne de CO₂¹².

La société de classification American Bureau of Shipping estime que 85% des pétroliers et des vraquiers existants soumis à la norme de l'OMI rencontreront des difficultés à respecter l'EEXI, ce qui représente plus de 18 000 navires. Le Bureau Véritas estime quant à lui que, dans un scénario business-as-usual, 20% de la flotte actuelle des vraquiers concernée n'atteint pas la note minimale requise, et 55% de la flotte pourrait ne pas respecter les normes autorisées d'ici 2030. À noter qu'en 2019, l'OMI a classifié la totalité de la flotte mondiale. 15% des navires ont la note A, 20% la note B, 30 % C, 20% D et 15% E. Ainsi, les deux tiers des navires ont une note comprise entre A et C. Toutefois, en 2026, cette proportion tombera à 49 % si aucune mesure n'est prise pour réduire l'intensité carbone des navires.

	porte-conteneurs	vraquier	navires-citernes
Émission en Mt CO ₂	183,64	169,15	129,86
Part dans les émissions du transport maritime international	29,9%	27,6%	21,1%
Part dans le transport maritime international	20,9%	41,5%	29,3%
Équivalent en émission nationales en 2019	Ukraine 199 Mt CO ₂	Pays-bas 154 Mt CO ₂	Philippines 140 Mt CO ₂

Figure 9 : Contribution aux émissions du transport maritime des types de navire les plus émetteurs de CO₂ - Chiffres de 2019 (Jacquin, Sigrist et al., 2022)

¹¹ Sia Partners, 2020. « La stratégie de l'OMI pour réduire les émissions carbone »

¹² Jacquin, Sigrist et al., 2022 « Coalition T2EM : Transition Ecologique et Énergétique du Maritime - Vision à 2050 ».

2.3 Le contexte réglementaire européen régi par le Paquet Climat « Fit For 55 »



L'Union Européenne a une réelle volonté de décarboner le secteur maritime et s'est ainsi fixé des objectifs chiffrés dès 2013. La réglementation Européenne fixe des mesures contraignantes pour les armateurs les incitant à se décarboner rapidement. Le non-respect de certaines mesures entraînera des pénalités voire une interdiction de faire escale dans les ports européens. La réglementation Européenne vise à accélérer le recours aux carburants alternatifs. Il est important de noter que cette dernière est en avance de phase par rapport à la réglementation internationale orchestrée par l'OMI vis-à-vis de l'incorporation des carburants de synthèses et le CENAQ.

À l'échelle européenne, l'objectif de neutralité carbone du secteur maritime a été officiellement adopté dans la Loi européenne sur le Climat du 30 juin 2021. Quelques jours plus tard, le Paquet Climat « Fit For 55 » a proposé 12 mesures – 5 directives et 7 règlements – afin de parvenir à cette neutralité carbone. Le nom « Fit For 55 » fait référence à l'objectif intermédiaire de réduction de 55% des émissions de GES à horizon 2030. Ce Paquet Climat contient plusieurs textes qui concernent directement et indirectement la filière du maritime. Les différentes directives et règlements s'appliquent aux navires de plus de 5000 GT quel que soit leur pavillon.

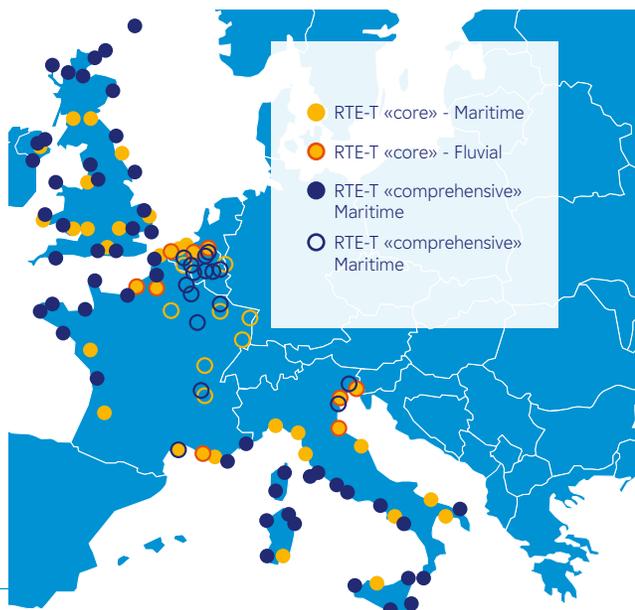
Directive AFIR-Infrastructure Régulation :

- Proposition de Règlement pour le déploiement d'infrastructures pour carburant alternatif : Le texte demande aux États membres de mettre en place les conditions de production et distribution des carburants alternatifs pour le transport des personnes et des biens en Europe et propose une classification des carburants. Il vise à en améliorer le cadre normatif et à assurer une cohérence internationale pour les infrastructures de recharge électrique des navires et de soutage hydrogène, méthanol et ammoniac ;

- Proposition de Règlement pour le déploiement des bornes à quai pour le raccordement électrique des navires : Les États membres doivent veiller à ce que le raccordement électrique à quai (OPS) couvre au moins 90 % de la demande des navires de passagers, porte-conteneurs et Ro-Pax au-dessus de 5000 GT (jauge brute) d'ici 2030 pour tous les ports du RTE-T au-delà de respectivement 25, 50 et 40 escales par an en moyenne sur les 3 dernières années.

Pour la fourniture d'électricité à quai dans les ports de navigation intérieure : au moins une installation d'électrification à quai doit être installée dans les ports de navigation intérieure du RTE-T core (d'ici 2025) et comprehensive (d'ici 2030).

Les ports du G4 (FR, UK, IT, BE) membres du réseau transeuropéen de transport (RTE-T)



RTE-T Core représente l'épine dorsale du réseau transeuropéen de transport, tandis que le RTE-T Comprehensive étend cette infrastructure pour assurer une connectivité plus large et complète à travers l'Union européenne.

Figure 10 : Les ports du G4 membres du réseau RTE-T (e-Cube, 2022).

FuelEU Maritime : Le texte a pour objectif de contraindre les propriétaires de navires à réduire leurs émissions de CO₂ en les incitant à recourir à des énergies moins carbonées. Il met en avant le besoin de produire des e-fuels à partir d'électricité nucléaire, considérée comme bas carbone et cherche à assurer une cohérence entre la production de carburants alternatifs et le déploiement des infrastructures assurant leur distribution.

- À partir du 1er janvier 2030, un navire à quai dans un port d'escale relevant de la juridiction d'un État membre doit se connecter à l'alimentation électrique à terre et l'utiliser pour tous ses besoins énergétiques lorsqu'il est à quai. Lorsqu'il est démontré que l'utilisation d'une technologie alternative est équivalente à l'utilisation de l'OPS, un navire pourra être exempté de son obligation d'utilisation de l'OPS ;
- Adoption d'une limite maximale de teneur en GES du mode de propulsion des navires. L'objectif est de réduire de façon progressive de 75% l'intensité des émissions des navires à horizon 2050 (-2% en 2025, -6% en 2030, -14,5% en 2035, -31% en 2040, -62% en 2045 et -80% en 2050) ;

- L'UE a l'intention d'encourager l'utilisation de carburants renouvelables. Entre 2025 et 2034, elle accordera des crédits aux navires utilisant des carburants renouvelables d'origine non-biologique (RFNBO). L'accord fixe un objectif d'incorporation de 1,2% de RFNBO en 2030, et de 2% à partir de 2034 ;
- En 2024, les armateurs devront proposer un plan de suivi des émissions de GES.

Le texte fixe des objectifs globaux aux armateurs, les laissant libres de la technologie qu'ils utiliseront. Il instaure un mécanisme de récompense des dépassements des objectifs, avec pour volonté de stimuler le développement, le déploiement et l'adoption de technologies avancées pour la réduction des émissions de GES. Le non-respect de certaines mesures entraîne des pénalités calculées au périmètre d'une flotte de navires dont le paiement permettra à l'armateur de poursuivre ses activités. En cas de pénalité sur plusieurs années consécutives, les pénalités sont majorées. En cas de non-paiement, une interdiction de faire escale dans les ports européens sera prononcée et l'autorité pourra suspendre la licence d'exploitation du bateau.

<p>Intensité CO₂ Pénalité équivalente à 2400€ par tonne de VLSFO²¹ consommée en trop</p>	<p>Incorporation RFNBO Pénalité équivalente à l'écart de prix entre RFNBO³ et carburant fossile</p>	<p>Électrification à quai Pénalité équivalente à au moins 2 fois le coût de l'électricité à quai</p>
---	---	---

Par exemple, pour une compagnie maritime 10% en dessous des obligations fixées en 2030 par FuelEU, une pénalité équivalente à 2,2% de ses dépenses annuelles en carburant lui sera imposée. Pourront s'ajouter des

pénalités en cas de non-raccordement au système d'électrification des quais et/ou de non-respect des objectifs d'incorporation des RFNBO.

RED : La directive RED (amendée en RED II et III), fixe les objectifs européens en termes d'énergies renouvelables. La directive RED III fixe la part d'énergies renouvelables à atteindre dans la consommation à 40% en 2030 et pose de nouvelles exigences pour le transport maritime et la production d'énergie renouvelable :

- Réduction de 13 % de l'intensité des gaz à effet de serre dans les carburants destinés au transport d'ici à 2030 ;

- Pour tout mix électrique présentant un contenu carbone inférieur à 18gCO₂eq/MJ (défini au niveau de la bidding zone), les électrolyseurs connectés au réseau électrique pourront comptabiliser jusqu'à 100% de leur production comme RFNBOs à condition qu'ils soient approvisionnés en quantités équivalentes d'énergies renouvelables via des Power Purchase Agreements (PPAs) ;
- Objectif de 2,6 % de carburants renouvelables d'origine

non biologique et une part de 50 % d'énergies renouvelables dans la consommation industrielle d'hydrogène d'ici à 2030 ;

- Objectif de porter en 2050 la puissance installée de l'éolien en mer à 300 GW, avec 40 MW par bassin maritime ;
- Incitation des États membres à engager des planifications conjointes pour mener des projets transfrontaliers.



Les «bidding zones» sont des zones géographiques définies dans le marché de l'électricité où les opérateurs peuvent soumettre des offres pour acheter ou vendre de l'électricité, ce qui contribue à l'efficacité et à la stabilité du marché de l'électricité.

Directive sur le Système d'Echange de Quota d'Émissions (SEQUE ou ETS) :

Intégration du secteur maritime au dispositif European Trade System (ETS) du marché carbone. Pour atteindre l'objectif global de réduction de 55% des émissions de GES à horizon 2030, le secteur maritime devra suivre une trajectoire de réduction de -61%. Pour le calcul des émissions, les émissions à quai seront prises en compte à hauteur de 100%, les émissions des voyages internationaux à hauteur de 50% et celles des voyages intra-UE à 100%¹³.



Figure 11: Périmètre d'application des ETS (Bureau Véritas, 2023).

Les acteurs industriels européens sont soumis à un système de quotas d'émissions plafonnant les émissions annuelles de GES à la maille de l'Union européenne sur le principe du « cap and trade ». L'UE met en vente des quotas d'émissions au travers de plusieurs enchères au cours d'une année selon un calendrier défini au préalable et ajusté si nécessaire. Au 30 avril de chaque année, les acteurs doivent fournir un nombre de quotas équivalent à leurs émissions pour l'année précédente sous peine d'amende (100€ / tonne non couverte + rachat d'un

quota d'émissions sur le marché). L'UE diminue le nombre total de quotas alloués annuellement (~4% par an à partir de 2024 vs ~2% par an jusqu'en 2023) contraignant ainsi les différents acteurs européens à réduire progressivement leurs émissions.

Le 17 mai 2022, la révision de la directive EU-ETS adoptée par le parlement européen a conduit au vote favorable de l'amendement de compromis concernant la création d'un Fond Océan pour la période 2023-2030. Ce fond sera abondé par 75% des revenus générés par l'ETS maritime et permettra de soutenir des technologies de rupture qui permettront de rendre les navires plus efficaces d'un point de vue énergétique et capables de faire baisser drastiquement les émissions de GES du maritime. L'objectif est de favoriser et d'accélérer le déploiement de solutions émergentes en matière de durabilité du secteur maritime :

- Les carburants alternatifs ;
- Les batteries ;
- L'alimentation électrique à quai ;
- Les « Éco-Ports ».

Quotas d'émissions alloués par l'UE pour l'ensemble des secteurs soumis à l'ETS en MT CO_{2e}

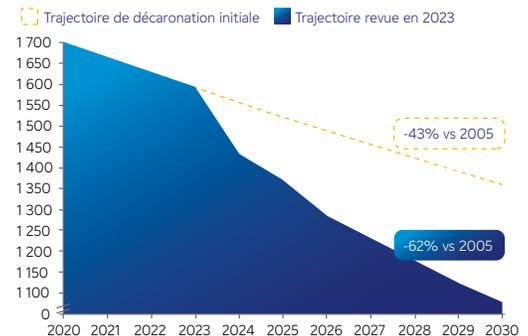


Figure 12 : Quotas d'émissions alloués par l'UE (E-cube, 2023).

¹³ Bureau Véritas, 2023. « FuelEU Maritime ».

Taxation de l'Énergie : Le texte révisé met la taxation des produits énergétiques en conformité avec les politiques actuelles de l'UE en matière d'énergie et de climat. La taxation des différents produits reflètera leur impact sur l'environnement afin d'encourager les acteurs du transport à s'orienter vers une énergie décarbonée et des technologies durables. Pour le transport maritime, le taux d'imposition minimal du fuel lourd augmentera graduellement tandis que les carburants durables bénéficieront d'un taux minimal de zéro afin de promouvoir leur adoption.

Les taux minimaux fixés sont les suivants :

- Combustibles fossiles conventionnels (essence, gazole, biocarburants non durables, utilisés en carburants) : 10,75€/GJ ;
- Combustibles non renouvelables mais pouvant contribuer à la décarbonation (GNL, GPL, RFNBO non renouvelables, utilisés en carburants) : 7,17€/GJ ;
- Biocarburants durables non avancés, utilisés en carburants : 5,38€/GJ ;
- Électricité, biocarburants durables avancés, biogaz durables, RFNBO – pour toute utilisation : 0,15€/GJ.

À court et moyen terme (2023 - 2035), les objectifs de réduction des CII semblent les plus élevés.

À long terme (> 2035), les objectifs de Fuel EU Maritime semblent les plus élevés.

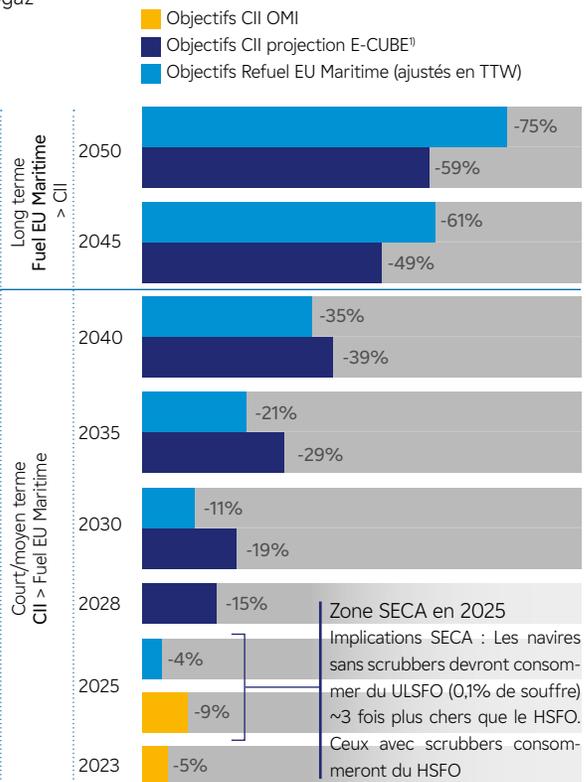
Comparaison des objectifs CII et fuel EU maritime en TTW [2023 - 2050], en % (gCO₂/(tonne.nm))
TTW pour CII et gCO₂/MJ **estimé en TTW** pour Fuel EU Maritime

*TTW = Tank to Wake

Approche d'analyse des émissions de CO₂ d'un navire qui prend en compte les émissions résultat de la combustion ou de l'utilisation d'un carburant une fois qu'il est déjà dans le réservoir. La façon dont un carburant est produit et transporté pour se rendre au réservoir d'un navire n'est pas incluse dans cette analyse.

La combinaison de la Taxation de l'Énergie et de la SEQUE sont des directives qui visent à accélérer le recours aux carburants alternatifs. Elles taxent respectivement les carburants et les émissions de GES.

Il est clair que l'Union Européenne a une réelle volonté de décarboner le secteur maritime et s'est ainsi fixée des objectifs chiffrés dès 2013 alors que l'OMI a attendu 2018 pour adopter sa stratégie initiale de réduction de 50% des émissions de GES à horizon 2050. Il est important de noter qu'en 2018, ce sont les pays européens et méditerranéens qui ont incité l'OMI à rendre plus stricte les zones de contrôle des émissions de soufre (SECA). Jusqu'au 7 juillet 2023, l'UE avait des objectifs de réduction des émissions de GES et de préservation des océans plus ambitieux que ceux fixés par l'OMI. Cela impliquait que le transport maritime européen était administré par des règles plus strictes et contraignantes, rendant difficile le positionnement des armateurs du fait du manque d'uniformité des diverses réglementations régissant le secteur.



2.4 Le contexte réglementaire français



En France, il n'existe pas de réglementation contraignant directement le secteur maritime. De manière indirecte, il est régulé par les diverses lois de décarbonation du territoire. Néanmoins, la réglementation évolue rapidement et les récentes révisions réglementaires démontrent que le secteur maritime est davantage pris en compte dans les politiques publiques et dans les objectifs de transition énergétique.

En France, il n'existe pas de réglementation contraignant directement le secteur maritime. Ce dernier est tout de même contraint de manière indirecte par les diverses lois régissant la transition énergétique des secteurs de l'économie. Néanmoins, les récentes révisions législatives démontrent que le secteur maritime et ses spécificités sont de plus en plus pris en compte dans les politiques publiques et dans les objectifs de transition énergétique.

La Loi énergie-climat de 2019 est celle qui fixe pour la France l'objectif ambitieux d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, soit une réduction par un facteur 6 du niveau d'émissions de 1990. Cette loi englobe l'ensemble des secteurs émetteur de GES. Afin d'atteindre cet objectif, des travaux incluant des réflexions sur la décarbonation du secteur maritime ont été menés autour de la stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC) :

La Loi d'orientation des Mobilités (LOM) de décembre 2019 :

- Plan d'investissement de 2,3 Mrd€ sur 10 ans pour accroître le report modal ;
- Mise en place de zones ECA ;
- Obligation pour les ports de plaisance de plus de cent places de réserver au moins 1% des postes aux navires électriques

L'article 301 de la loi climat et résilience de 2021 :

Cet article impose aux secteurs fortement émetteurs de GES de co-construire avec les pouvoirs publics des feuilles de route pour coordonner les actions de décarbonation de l'économie française par filière émettrice. C'est dans ce contexte que le 04 avril 2023, à l'occasion

de la soirée des Armateurs de France, Clément BEAUNE, ancien ministre délégué aux Transports, et Hervé BERVILLE, secrétaire d'Etat à la Mer, se sont vus remettre par la filière la feuille de route de décarbonation du secteur maritime. Résultat d'un travail approfondi piloté par la Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture (DGAMPA) et le Cluster Maritime Français (CMF) qui implique l'ensemble des acteurs de la filière, dont EDF, elle identifie les leviers de décarbonation du secteur maritime et propose un scénario de transition de la filière. Trois leviers d'actions ont été identifiés :

- L'efficacité énergétique ;
- Le changement d'énergies ;
- La sobriété.

La Loi de finances adoptée en 2022 :

- Taux d'accise de 2023 avantageux pour le gaz naturel (5,2€/MWh) ;
- Selon la dernière concertation publique de 2023, les carburants maritimes pourraient prochainement être inclus dans la TIRUERT avec un objectif de 3% d'énergie renouvelable à partir du 1^{er} janvier 2025, facilitant l'atteinte des objectifs de FuelEU Maritime en France.



TIRUERT = Taxe Incitative Relative à l'Utilisation d'Énergie Renouvelable dans les Transports

La TIRUERT a été créé par la Loi de Finance 2022. C'est un mécanisme qui permet aux opérateurs de bornes de recharges d'émettre des certificats d'électricité renouvelable qui peuvent être vendus aux distributeurs de carburants.

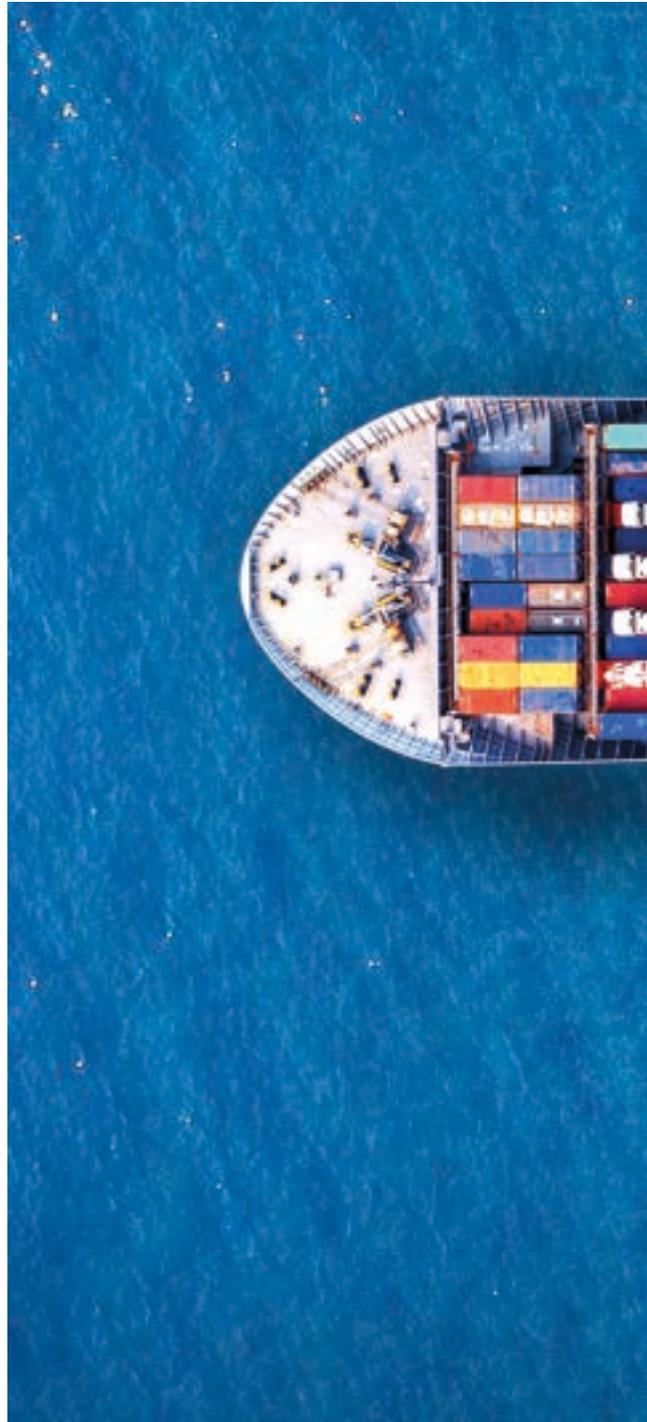
La Stratégie nationale bas carbone (SNBC) qui a été révisée en 2023 :

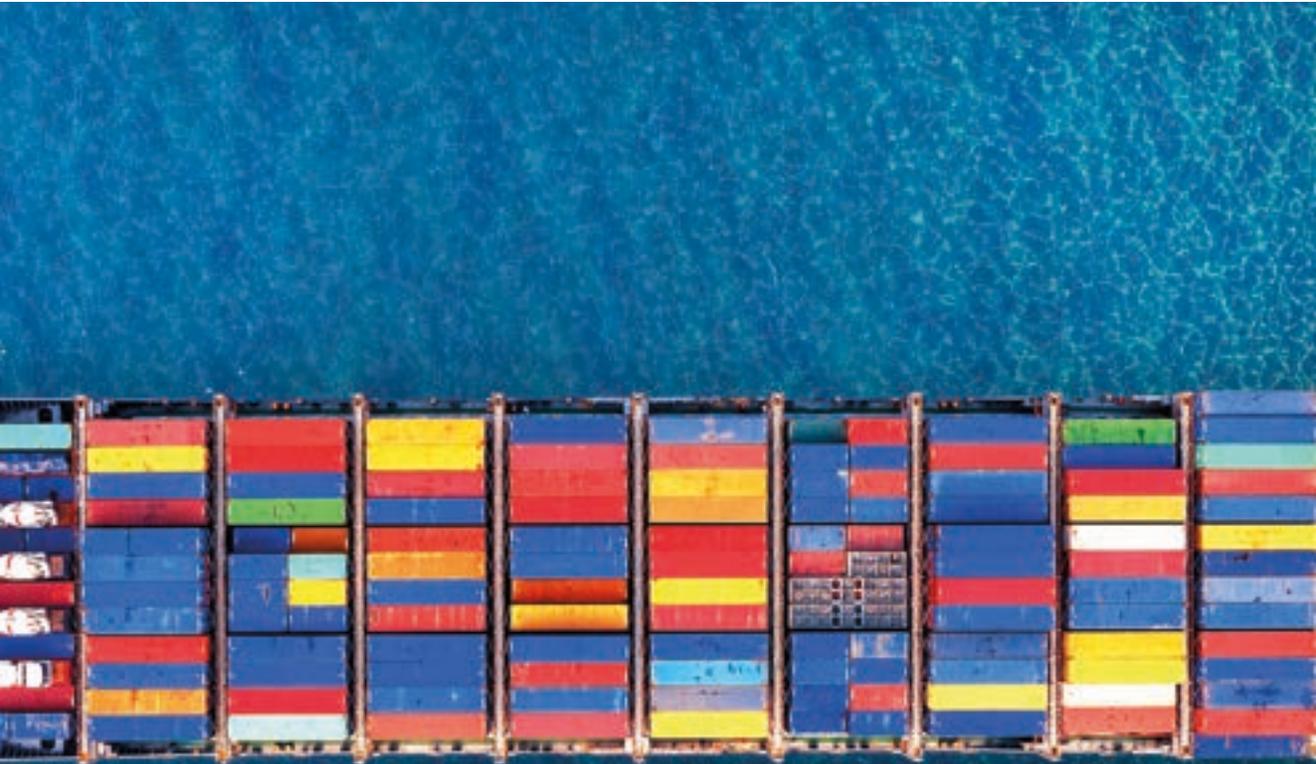
La nouvelle version de la SNBC, adoptée en 2020, propose un scénario de référence « Avec Mesures Supplémentaires » dans lequel le transport maritime français doit être entièrement décarboné et les routes internationales décarbonées à 50%. Pour cela, le scénario mise sur la sobriété énergétique, sur de nouvelles technologies et sur le recours massif aux motorisations électriques et aux carburants décarbonés. La SNBC fixe un objectif non contraignant d'incorporation de carburants alternatifs décarbonés pour le maritime (50% pour les navires internationaux et 100% pour les navires français d'ici 2050).

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pour la période 2024-2033 :

La PPE estime la consommation énergétique moyenne des transports, incluant le transport maritime, à 504 TWh en 2018. Pour respecter les objectifs d'efficacité énergétique, elle fixe l'objectif de réduction à 425 TWh en 2028. La PPE incite à développer l'électrification massive des transports et les mesures d'efficacité énergétique. La PPE fixe des objectifs pour le maritime :

- Production des EMR : L'objectif est de passer de 2,4GW en 2023 à 6,2GW en 2028 et de renforcer la contribution des énergies marines renouvelables à la production d'énergies alternatives ;
- Transport fluvial : afin d'améliorer le bilan énergétique du transport, la PPE encourage le report modal vers le fluvial et préconise d'exonérer le transport fluvial de TICPE.





La PPE privilégiée :

- Le recours aux carburants décarbonés comme l'hydrogène et les carburants de synthèses ;
- La mise en place de technologies alternatives comme la batterie ou la propulsion vélique ;
- Le déploiement d'un réseau d'infrastructures pour le soutage de carburants bas carbone maritime, en lien avec la dynamique du Réseau Transeuropéen des Transports (RTE-T) ;

La généralisation du courant à quai dans tous les ports à l'horizon 2030 en proposant une production du taux de TICFE pour améliorer la compétitivité de cette alternative et inciter au branchement des navires.

2.5 Évolution de la réglementation maritime



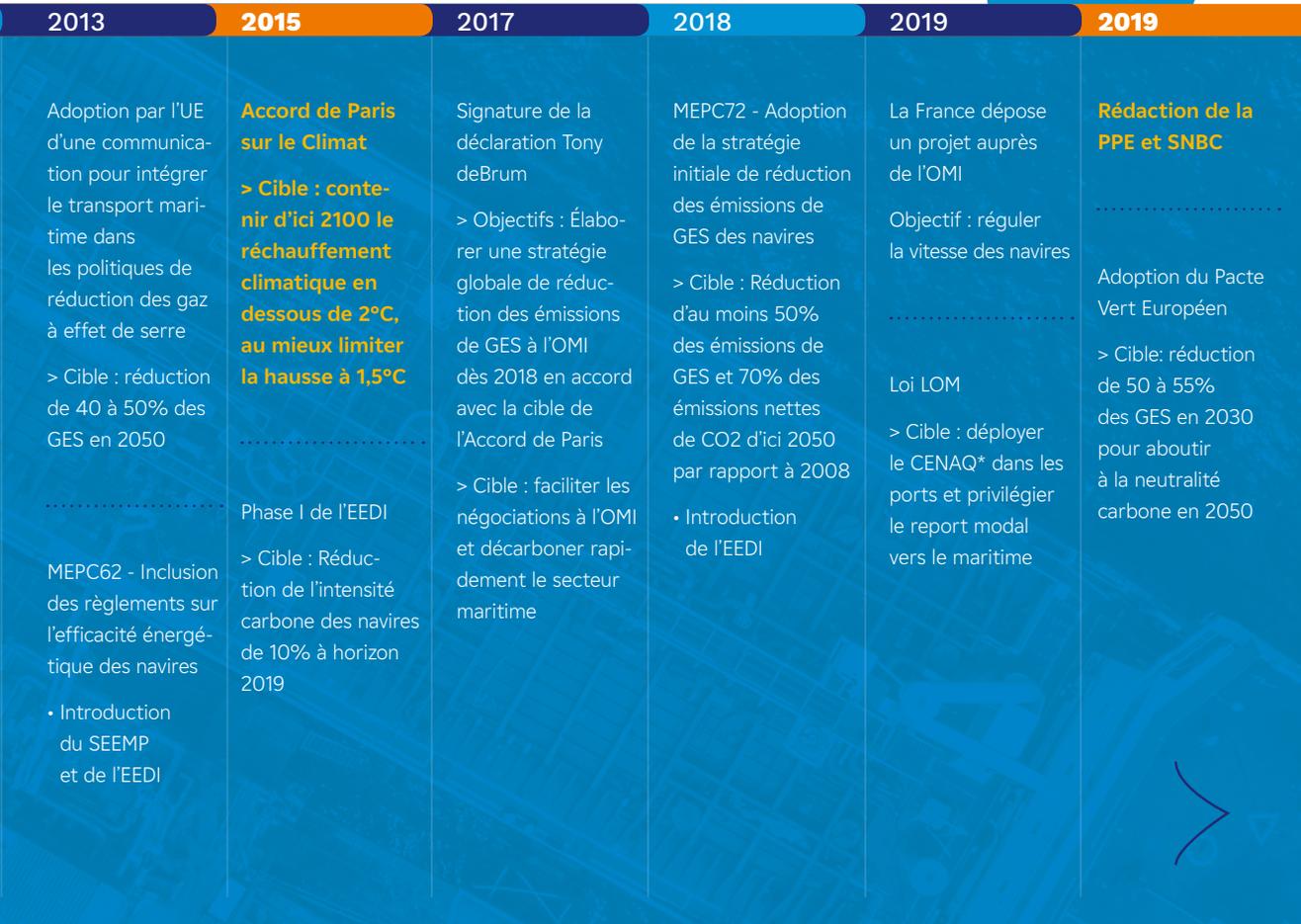
Les règles régissant le transport maritime sont en train d'évoluer et de devenir plus strictes. Le secteur maritime est en pleine phase de transition. Pour accompagner les armateurs et l'ensemble du secteur maritime dans sa décarbonation, il apparaît essentiel que les industriels développent divers projets en travaillant conjointement avec les acteurs de ce secteur afin de faire émerger une dynamique globale et mondiale pour répondre aux enjeux de la transition éco-énergétique du maritime.

Contexte réglementaire maritime

1948	1954	1973	1983	1988	2005
Création de l'OMI sous le nom d'Organisation maritime consultative intergouvernementale (OMCI)	Convention internationale pour la prévention de la pollution de la mer par les hydrocarbures (OILPOL) Interdit le déversement de déchets huileux à une certaine distance de la terre et dans des « zones spéciales »	Adoption de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL)	Entrée en vigueur de l'Annexe I de MARPOL Régule le rejet d'hydrocarbures dans le milieu océanique	Entrée en vigueur de l'Annexe V de MARPOL Interdiction complète de déverser du plastique dans l'océan et régule la pollution par les ordures des navires.	Entrée en vigueur de l'Annexe VI de MARPOL --> Cible : Réglemente la pollution atmosphérique émise par les navires (NOx, SOx, COV, incinération) • Quantité de soufre dans les carburant marins limitée à 3,5% • Établissement des SECA où le carburant ne devra pas dépasser 0,1% de soufre dans ces zones.

Cette frise chronologique ne se prétend pas exhaustive. Elle a pour vocation de démontrer que les règles régissant le transport maritime évoluent incitant les armateurs à trouver d'autres modes de propulsion plus durables. Par souci de cohérence et de lisibilité, cette frise se focalise sur les réglementations liées aux émissions de GES.

c'est pourquoi certaines conventions réglementant le transport maritime n'apparaissent pas, notamment les conventions OSPAR (protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est) et BWM (gestion des eaux de ballast).



Contexte réglementaire maritime

2020	2020	2021	2021	2021	2021
<p>OMI 2020</p> <p>> Cible : Réduction des émissions de soufre</p> <p>Quantité de soufre dans les carburant marins limitée à 0,5% au lieu de 3,5%</p>	<p>Phase II de l'EEDI</p> <p>> Cible : Réduction de l'intensité carbone des navires de 20% à horizon 2024</p>	<p>Paquet climat «Fit for 55»</p> <p>> nouvel objectif de 55% de réduction des émissions de GES</p> <p>> La neutralité carbone du secteur maritime est adoptée dans la Loi européenne sur le Climat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégration du secteur maritime au dispositif ETS • Règlement « Fuel EU Maritime » sur les carburants renouvelables et bas carbone • Règlement AFIR** sur le déploiement d'une infrastructure de carburants alternatifs et de CENAQ 	<p>MEPC77 - Révision des objectifs de réduction de l'intensité carbone</p> <p>Lancement de la phase III de l'EEDI initialement prévue pour 2025</p> <p>> Cible : Réduction de l'intensité carbone de tous les navires de 30% à horizon 2029</p>	<p>Stratégie nationale portuaire</p> <p>Obligation pour les GPM de définir un plan de « transition écologique portuaire »</p>	<p>Article 301 de la loi climat et résilience</p> <p>Les secteurs fortement émetteurs de GES sont dans l'obligation de co-construire avec les pouvoirs publics des feuilles de route de décarbonation (le maritime est concerné)</p>

**Alternative Fuel Infrastructure Regulation

Nous observons une nette accélération des encadrements régulant et limitant les impacts du secteur maritime. Les objectifs de décarbonation du secteur deviennent de plus en plus ambitieux dans le but de le rendre rapidement durable. Ainsi, les exigences, les réglementations, les délais évoluent incitant les armateurs à investir rapidement dans des technologies de ruptures moins émettrices de GES, plus responsables et respectueuses de l'environnement.

Pour accompagner les armateurs et l'ensemble du secteur maritime dans sa décarbonation, il apparaît essentiel que les industriels développent divers projets (production d'énergie décarbonée, d'hydrogène décarboné, de carburant de synthèse, ...) en travaillant conjointement avec les acteurs de ce secteur afin de faire émerger une dynamique globale et mondiale pour répondre aux enjeux de la transition éco-énergétique.



2021	2022	2023	2023	2023
<p>Programme France Mer 2030</p> <p>> Cible : Accélérer la décarbonation du secteur maritime avec la conception du «navire zéro émission»</p>	<p>Entrée en vigueur des amendements de l'Annexe VI de MARPOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction de l'EEXI et du CII 	<p>MEPC80 - Révision des objectifs de la stratégie initiale de l'OMI</p> <p>> Cible : Le «Net Zéro» à horizon 2050 pour le transport maritime</p> <p>À compter du 1^{er} janvier 2023 il est obligatoire pour tous les navires de calculer leur EEXI et communiquer sur leur CII</p>	<p>Remise de la Feuille de Route de décarbonation du maritime à l'État</p>	<p>Révision de la PPE et de la SNBC</p> <p>> Cible : incorporation de carburant décarbonés, 6,2 GW d'EMR, déploiement massif de CENAQ</p> <p>.....</p> <p>Création de l'institut de décarbonation du maritime MEET2050</p>

2.6 L'impact de ces réglementations sur les armateurs



La réglementation européenne incite fortement le secteur maritime à l'incorporation de RFNBO dans leur moyen de propulsion. La durée de vie moyenne d'un navire étant d'au moins vingt-ans, il est essentiel pour les armateurs d'avoir une vision long terme des divers moyens de propulsion décarbonée, mais aussi des quantités qui seront disponibles dans le futur. Afin de répondre aux objectifs fixés par l'OMI, les armateurs doivent donc se positionner rapidement sur des solutions de propulsion décarbonées.

2.6.1 L'impact sur le développement des carburants alternatifs

Géographie	Réglementation	Impact marché carburant alternatifs ¹⁾
	Stratégie IMO²⁾ (2023)	Moyen
	EU ETS maritime	Fort
	FuelEU maritime	Fort
	RED	Fort
	Loi de finances (2022)	Fort
	SNBC	Faible

L'utilisation de RFNBO et des carburants bas carbone est fortement incitée par les réglementations européennes via des objectifs d'incorporation spécifiques ainsi que par une méthodologie avantageuse de comptage du contenu énergétique basée sur des coefficients multiplicateurs qui permettent d'atteindre plus facilement les objectifs de réduction d'intensité carbone ou de part d'énergie renouvelable consommée.

Pour l'instant, les armateurs manquent d'informations pour pouvoir se positionner avec certitude sur le choix de propulsion. Au-delà de ces réglementations, un des enjeux prioritaires de l'OMI, de l'UE et des Etats est de quantifier le volume de ces carburants durables à allouer au secteur maritime et d'accompagner le déploiement des infrastructures de production, transport, stockage de carburants bas carbones comme l'hydrogène ou les carburants de synthèse.

Au-delà d'inciter les armateurs à se positionner sur des carburants durables, les diverses réglementations régissant le secteur maritime préconisent l'efficacité énergétique des navires, la mise en place de mesure de sobriété et le développement de moyens de propul-

sion décarbonés. Les armateurs doivent ainsi investir massivement dans divers briques technologiques décarbonées. Toutes ces mesures réglementaires vont influencer fortement le monde maritime de demain.

2.6.2. Un dilemme cornélien pour les armateurs

Plus de la moitié des navires de la flotte mondiale a aujourd'hui plus de 15 ans et l'âge moyen d'un navire de commerce est actuellement de 22,2 ans¹⁴. La durée de vie d'un navire étant en moyenne de 25 ans et la flotte mondiale étant vieillissante, cela implique que les armateurs doivent se positionner rapidement sur des technologies de rupture, parfois immatures, afin de renouveler leur flotte. La longue durée de vie des navires complexifie le choix de la technologie car certaines ne sont pas « rétrofitables », et doivent donc aller jusqu'au bout de leur durée de vie ; c'est le cas par exemple des moteurs fonctionnant au GNL. De plus, le manque de retour d'expé-

rience et d'informations sur les différentes technologies à utiliser et à combiner pour décarboner la propulsion des navires rend difficile le positionnement des armateurs et complique les décisions d'investissement. Néanmoins, le secteur du transport maritime est aujourd'hui contraint de se décarboner aussi rapidement que possible pour répondre à des exigences à la fois réglementaires et commerciales. Afin que la transition s'amorce rapidement, l'OMI préconise que la part des énergies et carburants zéro émission devra représenter 5% du total utilisé par le transport maritime international en 2030.

		Carburants au carbone recyclé - RCF	Autres carburants de synthèse bas carbone	Biocarburants autres (annexe IX partie B)	Biocarburants avancés (annexe IX partie A)	Carburants de synthèse renouvelables - RFNBO
FuelEU Maritime 13/09/2023 - PE-CONS 26/1/23	80% de réduction de l'intensité carbone des carburants utilisés	✓	✓	✓	✓	✓
	Objectif spécifique pour le carburant	✗	✗	✗	✗	✓
	Coefficient multiplicateur du carburant	1	1	1,2	1,2	2
RED 20/09/23 36/23	42% d'EnR dans la consommation finale brute	✗	✗	✓	✓	✓
	29% d'EnR ou 14,5% de réduction de l'intensité carbone dans le secteur des transports	✓	✓	✓	✓	✓
	Objectif spécifique pour le carburant	✗	✗	✗	✓	✓
	Coefficient multiplicateur du carburant	1	1	2	2	1,5

¹⁴ Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2023. « Étude sur les transports maritimes ».

Chapitre 3

Quelles solutions pour **décarboner le maritime ?**

- 3.1 Diverses solutions envisageables pour optimiser l'efficacité énergétique des navires et lutter contre leurs émissions de GES - P.38
- 3.2 Des solutions à adapter suivant le type de navire et le type de besoin - P.45
- 3.3 Quelles solutions pour décarboner les ports ? - P.46
- 3.4 La décarbonation du maritime, une augmentation des besoins en énergies décarbonées - P.48
- 3.5 Production d'énergies marines renouvelables - P.49



3.1 Diverses solutions envisageables pour optimiser l'efficacité énergétique des navires et lutter contre leurs émissions de GES

 Plusieurs solutions pour décarboner la propulsion des navires existent et sont à pérenniser et à combiner. Il n'y a pas de solution unique, c'est la combinaison de plusieurs briques technologiques impliquant efficacité énergétique, sobriété et réduction des émissions de GES qui permettront d'atteindre le navire Net Zéro. Le navire Net Zéro comblera : optimisation énergétique, propulsion vélique, électrification/hybridation, propulsion par carburant de synthèse décarboné. Certains armateurs commencent à se positionner sur certaines briques technologiques. Il est primordial que les industriels puissent répondre rapidement aux besoins identifiés pour des raisons de souveraineté mais aussi, et surtout, de préservation de la planète.

Pour continuer à pouvoir naviguer durablement, les navires les plus polluants devront se tourner davantage vers des solutions techniques décarbonées émergentes et existantes :

- L'optimisation du design des navires,
- La propulsion vélique ;
- L'électrification ou l'hybridation des navires (électrique/hydrogène) ;
- L'usage de carburants de synthèses.

Afin de bénéficier d'un résultat optimal et espérer atteindre le navire « Net-Zéro », ces solutions ne sont pas à traiter de manière indépendante mais de manière combinée. En effet, pour décarboner la propulsion d'un

navire et atteindre une bonne performance énergétique, il ne faudra pas s'appuyer sur une solution unique mais sur un panel de solutions à adapter en fonction de la typologie de navire. La transition énergétique du transport maritime et du fluvial est donc particulièrement complexe. S'ajoute à cela la durée de vie des navires, d'au moins vingt ans, qui impose aux armateurs de se positionner rapidement et de manière certaine sur les types de briques technologiques pour leur futurs navires zéro-émission. Les objectifs de neutralité carbone étant fixés à 2050, les prochaines années seront décisives.



3.1.1. L'optimisation énergétique des navires neufs

Le renouvellement du parc de navires permettra de mettre en place un ensemble de mesures technologiques qui amélioreront leur efficacité énergétique. L'optimisation des designs, le système de gestion de l'énergie, la récupération de chaleur ou de froid, l'op-

timisation des ressources des générateurs en fonction de la demande globale des réseaux du navire, autant de technologies qui, combinées, permettront un potentiel de réduction des émissions de CO₂ allant jusqu'à 20%¹⁵.

- Optimisation des flux énergétiques ;
- Maturité des solutions ;
- Renouvellement optimal du parc.



- Pas optimal sur navire existant car nécessite rétrofit et retour investissement parfois insuffisant.



3.1.2. La propulsion vélique

La propulsion vélique est une solution qui apparaît idéale à court terme et complémentaire aux carburants alternatifs à plus long terme. Une étude estime que 40 à 45 % de la flotte mondiale pourraient bénéficier

d'ici 2050 d'un rétrofit permettant d'équiper les navires existant de voiles¹⁶. La valorisation de l'énergie du vent permettrait de réduire la consommation de carburant de 5 à 30 % suivant le type de navire et son usage¹⁷.

- Facile à mettre en oeuvre ;
- Accessible ;
- Faible coût.



- Peut induire une incertitude sur les ETA (Estimated Time of Arrival) en fonction des conditions météo ;
- Adapté qu'à certaines lignes maritimes ;
- Si rétrofit, nécessite une adaptation de la carène des navires ;
- Impact sur le pont de chargement et la visibilité depuis passerelle.



¹⁵ ADEME, 2022. « Coalition T2EM : Transition écologique et énergétique du maritime - vision à 2050 ». - ¹⁶ Frontier Economics, 2019. « Reducing the Maritime Sector's Contribution to Climate Change and Air Pollution ». - ¹⁷ « Comment réduire l'impact du transport maritime sur l'environnement ? »

3.1.3. L'hydrogène décarboné comme vecteur énergétique pour la petite mobilité maritime et fluviale

L'hydrogène fait partie des solutions de décarbonation des mobilités maritime et fluviale. Il peut être turbiné et sa combustion ne génère ni soufre, ni particules, ou bien servir de combustible dans une pile à combustible où sa réaction électrochimique avec l'oxygène de l'air génère de l'électricité, de la chaleur et de l'eau. L'intérêt de l'hydrogène est qu'il peut être stocké, sous forme de gaz ou de liquide permettant d'augmenter sa densité volumique. En effet si la densité d'énergie massique de l'hydrogène est près de 3 fois supérieure à celle du pétrole¹⁸, sa densité d'énergie volumique est très faible. Il doit donc être comprimé ou liquéfié pour stocker de manière compacte l'énergie nécessaire pour l'autonomie du bateau. C'est la raison pour laquelle il est plutôt envisagé pour le cabotage et le transport sur de courtes distances.

L'un des enjeux de l'hydrogène reste sa production. Même si des gisements d'hydrogène gazeux sont en cours d'analyse pour évaluer si leur exploitation industrielle est technico-économiquement possible, aujourd'hui, l'hydrogène doit être extrait de composés tels que le méthane, le charbon et le pétrole (95% de la production mondiale) et de l'eau.

Ces procédés nécessitent une quantité importante

d'énergie. Un électrolyseur consomme entre 50 et 55 kWh/kgH₂. Au-delà des quantités importantes d'électricité décarbonée nécessaire pour produire de l'hydrogène décarboné, le transport et le stockage de ce vecteur énergétique sont de véritables enjeux. Pour pouvoir le transporter et le stocker, il faut réduire son volume en le comprimant à 200 bars, pression classiquement utilisée pour son transport ou le liquéfier à -253°C. L'énergie nécessaire pour la compression de l'hydrogène se situe entre 2 kWh/kgH₂ à 200 bars et 3 kWh/kgH₂ à 700 bars, pression d'usage du stockage embarqué de l'hydrogène dans les véhicules à pile à combustible.

Pour les véhicules électriques à hydrogène, une pile à combustible embarquée permet de produire de l'électricité en roulant via l'hydrogène stocké à bord du véhicule. Le stockage embarqué d'hydrogène étant techniquement complexe et le coût des piles à combustible encore élevés, l'utilisation de l'hydrogène se concentre aujourd'hui sur la mobilité dite lourde (camion, train, bateau). En effet, un autre enjeu de l'hydrogène est son utilisation. Les puissances des piles à combustibles sont encore de faible puissance (<1MW généralement) et les moteurs hydrogène sont encore en cours de développement.

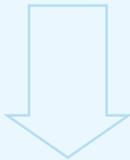
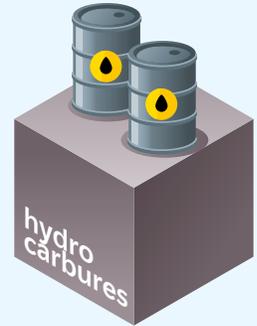
- Le transport d'hydrogène existe (camion, pipeline) et sa production par électrolyse en bonne partie maîtrisée ;
- Solution éprouvée techniquement et disponible pour des faibles puissances ou trajets courts ;
- Solution permettant le zéro émission local (si usage en pile à combustible).



- Encombrement important du stockage comprimé ou liquéfié ;
- Absence de cadre réglementaire adapté ;
- Coût et absence d'une filière d'approvisionnement bien développée ;
- L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité lourde nécessite une baisse des coûts des piles à combustible et une augmentation leur durée de vie.

¹⁸ ISEMAR, 2022. « L'hydrogène et le secteur maritime ».

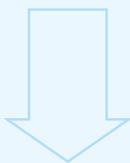
L'hydrogène disponible dans la nature
 mais dans des quantités et qualités qui restent à préciser.
 Cette molécule peut être associée à d'autres éléments :



Matière organique
 d'origine biologique

Matière organique
 d'origine fossile

Pour produire L'hydrogène bas carbone, **les principaux procédés**
 de fabrication de L'hydrogène n'ont pas le même impact



Électrolyse de l'eau
 à partir d'électricité
 bas carbone.



Méthanisation
 du biogaz issu de
 déchets aisément
 fermentescibles

Réformage
 d'hydrocarbures

OU

Gazéification
 du charbon



Captage-stockage
 du CO₂ produit

Figure 13: moyens de production
 d'hydrogène décarboné (EDF, 2021).



3.1.4. Les carburants de synthèse comme vecteur énergétique pour la mobilité maritime et l'aérien

Les e-fuels, les e-carburants ou carburants de synthèse, regroupent tous les carburants liquide et gazeux produits à partir d'hydrogène électrolytique bas carbone. En combinant du CO₂ à de l'hydrogène décarboné, il est possible de synthétiser des chaînes hydrocarbonées : méthane, méthanol, kérozène, etc.

Aujourd'hui, le secteur maritime mondial dépend à 99 % des énergies fossiles¹⁹. Certains armateurs font le choix de se positionner sur le GNL qui permet une réduction des émissions de soufre et de particules fines mais qui ne peut pas être considéré comme une alternative à faible émission de carbone selon le GIEC. Le GNL reste en effet un combustible fossile. Les réductions des émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie du combustible sont de l'ordre de seulement 10 % par rapport aux fuels lourds et 80% du GNL aujourd'hui est consommé par des navires dont le moteur laisse échapper 3% de méthane, qui est un gaz très nocif pour l'environnement

ayant un pouvoir réchauffant plus de 20 fois supérieur à celui du gaz carbonique²⁰. Les biocarburants produits à partir de déchets sont quant à eux considérés comme neutres en carbone, mais leur disponibilité limitée impose une hiérarchie des usages. La PPE pour la période 2019-2028 ne positionne pas le soutage maritime dans les usages prioritaires, il apparaît important d'étudier et de considérer la disponibilité pour un déploiement du procédé de substitution à large échelle. En France, la feuille de route de décarbonation de la filière maritime voit les bio-carburants comme un moyen de transition vers les e-carburants.

La disponibilité de l'H₂, du CO₂ et la faible intensité en carbone des e-fuels font qu'ils apparaissent comme une bonne alternative aux carburants fossiles utilisés pour les secteurs du maritime et de l'aérien (Figure 14) et pourront favoriser l'indépendance énergétique des pays.

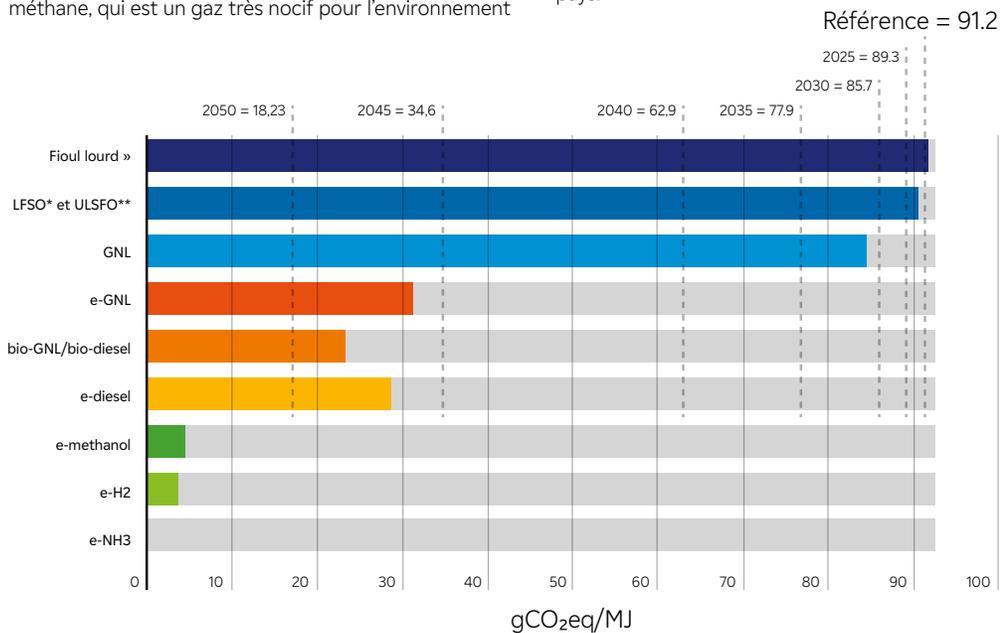


Figure 14: Comparaison de l'intensité des émissions de GES des différents carburants alternatifs (Transport&Environment).

*LSFO (Low Sulphur Fuel Oil), fuel lourd ayant une teneur massique en soufre inférieure à 1%

**ULSFO (Ultra Low Sulphur Fuel Oil) fuel lourd ayant une teneur massique en soufre inférieure à 0,1%

¹⁹ Gozillon, 2022. « L'hydrogène d'origine renouvelable est la clé pour décarboner le transport maritime ».

²⁰ Transport&Environment, 2022. « FuelEU Maritime T&E recommendations for driving the uptake of sustainable and scalable marine fuels ».



La consommation du transport maritime mondial s'élève aujourd'hui à 3000 TWh annuels, sur la base d'énergie fossile (principalement du fioul lourd). Si tous les besoins actuels étaient couverts par des combustibles de synthèse, la quantité d'électricité décarbonée nécessaire serait celle produite par 166 réacteurs nucléaires comme celui de Civaux, ou encore 1600 champs éoliens de 500MW.

Pour chaque combustible de synthèse, différents procédés de production sont possibles et chaque procédé a un niveau de maturité différent. De plus, au delà de la maturité des systèmes de production des combustibles, il est également nécessaire d'adapter les systèmes d'utilisation (moteurs). Certaines briques technologiques demandent encore à être développées pour maîtriser de manière certaine la toxicité de l'ammoniac. Aujourd'hui, il n'existe pas de bateaux fonctionnant à l'ammoniac contrairement au méthanol. Le soutage de cette molécule nécessite un changement complet de la motorisation des navires existants²¹.

- Possibilité de solution moteur Dual Fuel ;
- Solution de «drop-in», c'est à dire qui peut se substituer en partie ou totalité au jet fuel conventionnel sans impact opérationnel ;
- Possibilité de souter entièrement des e-fuels sans modification majeure du navire ;
- Technologies de production matures et disponibles pour des petites quantités.



- Besoin important en électricité décarbonée ;
- Faibles rendements énergétiques de l'ensemble la chaîne.

	e-methanol	e-ammoniac
Voie de synthèse du e-fuel	Synthèse catalytique du CO ₂ avec de l'H ₂ produit par électrolyse de l'eau Production de syngas par co-électrolyse de l'eau et du CO ₂ , suivie de la conversion de ce syngas Electro-catalyse CO ₂ -Eau	Haber-Bosch
Usages actuels de la molécule fossile	Industriel et mobilité (maritime et automobile)	Industrie (engrais et urée principalement)
Futurs usages majeurs possibles de la molécule e-fuel	Industriel et mobilité (maritime et automobile)	Mobilité (maritime) Production d'électricité (carburant pour turbine à gaz) LOHC (vecteur de transport d'hydrogène)
Carburant de remplacement pour	Fuel lourd et essence	Fuel lourd (maritime) Gaz naturel (méthane) pour la production d'électricité
Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes	++	++
Toxicité / dangerosité	++	++

²¹ EVOLEN, 2023. «Note de synthèse sur les e-fuels».

Les besoins des armateurs pour décarboner leurs flottes sont colossaux et ces derniers commencent déjà à investir dans de nouveaux navires pouvant fonctionner aux carburants alternatifs décarbonés qui seront mis en

service à horizon 2028. Il apparaît essentiel de mettre rapidement et massivement en place les moyens de productions de ces vecteurs énergétiques pour accompagner cette transition.



La CMA CGM évalue la consommation annuelle de 6 porte-conteneurs de 15 000 EVP entre 280 000 et 300 000 tonnes de e-méthanol.

En effet, certains acteurs du transport maritime ont déjà fait le choix d'investir dans la propulsion par carburant de synthèse. Au total, les majors du maritime auraient commandé près d'une centaine de navires Dual Fuel pouvant fonctionner au méthanol. Le deuxième armateur mondial, A. P. Moller-Maersk, a annoncé qu'il mettrait en

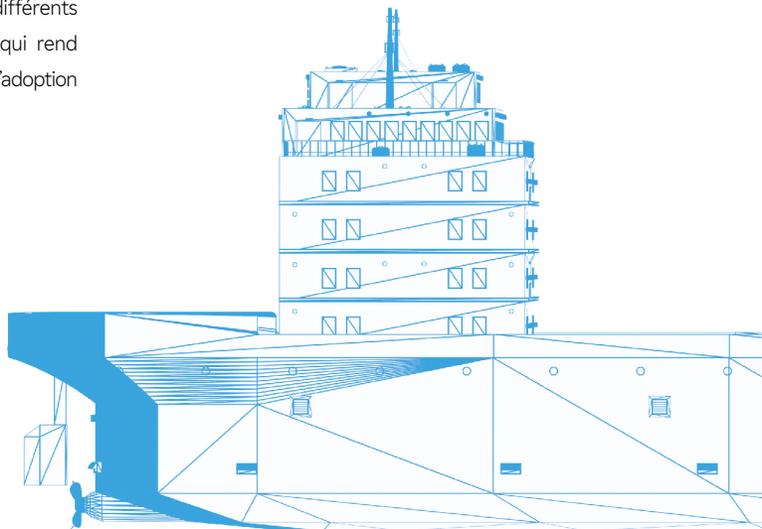
service une vingtaine de navires au méthanol entre 2023 et 2025. Pour les alimenter, le groupe danois s'est associé à l'Espagne, où le gouvernement soutient la création de deux sites de production, l'un en Andalousie, l'autre en Galice²².



Maersk a annoncé en novembre 2022 des investissements de 10 milliards d'euros dans de nouvelles installations de production de 200 000 tonnes de e-méthanol par an en Espagne, afin d'approvisionner ses navires à partir de 2025. Le projet prévoit une augmentation à 1 million de tonnes d'ici 2028 et 2 millions de tonnes d'ici 2030.

De plus, il est important de noter que le choix du type de carburant alternatif dépendra du type de navire et de différents critères : autonomie requise, fréquence et durée des escales, puissance nécessaire, sensibilité au volume occupé par le carburant, sécurité des passagers... mais aussi, de la possibilité de s'avitailer dans les ports. Certains navires pourraient combiner différents carburants et technologies de propulsion, ce qui rend complexe l'adoption d'une vision à long terme et l'adoption

d'une stratégie d'investissement pour les armateurs et les ports. Les ports cherchent à accompagner les expérimentations et stratégies des armateurs mais restent prudents sur leurs investissements étant donné le manque de réglementation claire quant au choix du type de carburant décarboné.



²² Damgé, 2022. « COP27 : le fret maritime est l'un des plus grands émetteurs de CO₂, et il tarde à changer de cap ».

3.2 Des solutions à adapter suivant le type de navire et le type de besoin



Le choix de la brique technologique se fera en fonction de la taille de chaque embarcation mais aussi de son usage. L'électrification, l'hybridation électrique et l'hydrogène seront des solutions optimales pour les petites embarcations alors que les e-carburants permettront de décarboner la mobilité maritime lourde.

Les paragraphes précédents ont mis en exergue qu'il existe plusieurs solutions pour décarboner la propulsion des navires. Les solutions batterie, hydrogène bas carbone et e-fuels sont différentes façons de stocker l'énergie, avec une densité volumique croissante - mais un coût associé croissant également. Il apparaît d'ores

et déjà que la solution batterie est la plus adaptée pour les usages les moins exigeants (courtes distances, faibles puissances), l'hydrogène pour certaines applications fluviales ou maritimes, et les e-fuels (ammoniac et méthanol) sont la meilleure alternative basée sur l'électricité pour les grands navires.

Solutions optimales suivant le type de navire :

Pour les grands navires et les longues distances :

- Les carburants de synthèse ;
- L'alimentation à quai pour éviter le rejet de GES dans les ports.

Pour les moyennes distances :

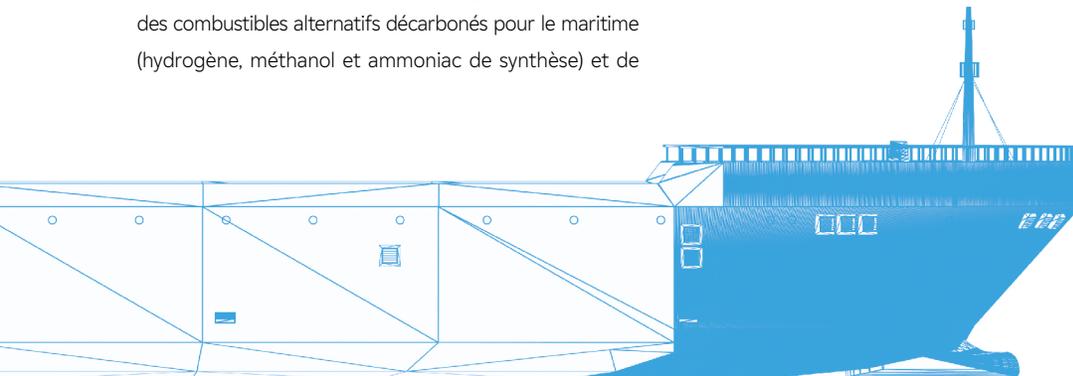
- L'hydrogène bas carbone ;
- L'alimentation à quai pour éviter le rejet de GES dans les ports.

Pour les petits navires et les petites et moyennes distances :

- Hydrogène directement utilisé dans une pile à combustible ou un moteur à combustion ;
- Électrification des embarcations.

Les besoins conséquents d'énergie des gros navires effectuant de très longues distances en mer rendent l'électrification totale de ces derniers inenvisageable. Il est donc nécessaire de mettre en place des infrastructures pour la production, le stockage et le transport des combustibles alternatifs décarbonés pour le maritime (hydrogène, méthanol et ammoniac de synthèse) et de

développer massivement l'électrification des quais incitée par les réglementations AFIR et FuelEU. Cela permettra non seulement de réduire l'impact des ports sur le climat, mais aussi d'améliorer considérablement la qualité de l'air et la santé des habitants des villes portuaires.



3.3 Quelles solutions pour décarboner les ports ?



Chiffres clefs du paragraphe

- Les activités industrielles des Zones Industrielles-Portuaires (ZIP) 3% des émissions de GES mondiale
- Hors industrie, les navires représentent 60% des émissions des ports, le transport terrestre 30% et les terminaux 10%

Selon l'OMI, la zone portuaire commence là où le navire réduit sa vitesse en pleine mer pour entrer en phase d'approche dans le port²³. Les zones portuaires sont des écosystèmes complexes avec des émissions de GES difficilement quantifiables du fait des contours géographiques de la zone mal définis d'un point de vue réglementaire. Les estimations des émissions de GES des navires entrant dans les ports peuvent varier. À ces émissions des navires entrant dans les ports s'ajoutent les émissions liées aux activités manutentionnaires, au fret, aux activités industrielles de la zone, aux navires à quai alimentant leur groupe électrogène avec des énergies fossiles. Les activités industrielles présentes dans l'enceinte des grands ports sont responsables d'environ 3 % des émissions totales de gaz à effet de serre dans le monde²⁴. Elles représentent la majorité des émissions des ports. Si nous mettons de côté ces activités industrielles, ce sont les navires qui représentent la majorité des émissions des ports (60%), suivis par le transport terrestre (30 %) et le terminal (10 %)²⁵. Les leviers d'actions de décarbonation des ports apparaissent dès lors clairement :

La décarbonation des industries présentes sur les ports

De nombreuses industries polluantes peuvent être présentes dans des zones portuaires (aciéries, sidérurgie,



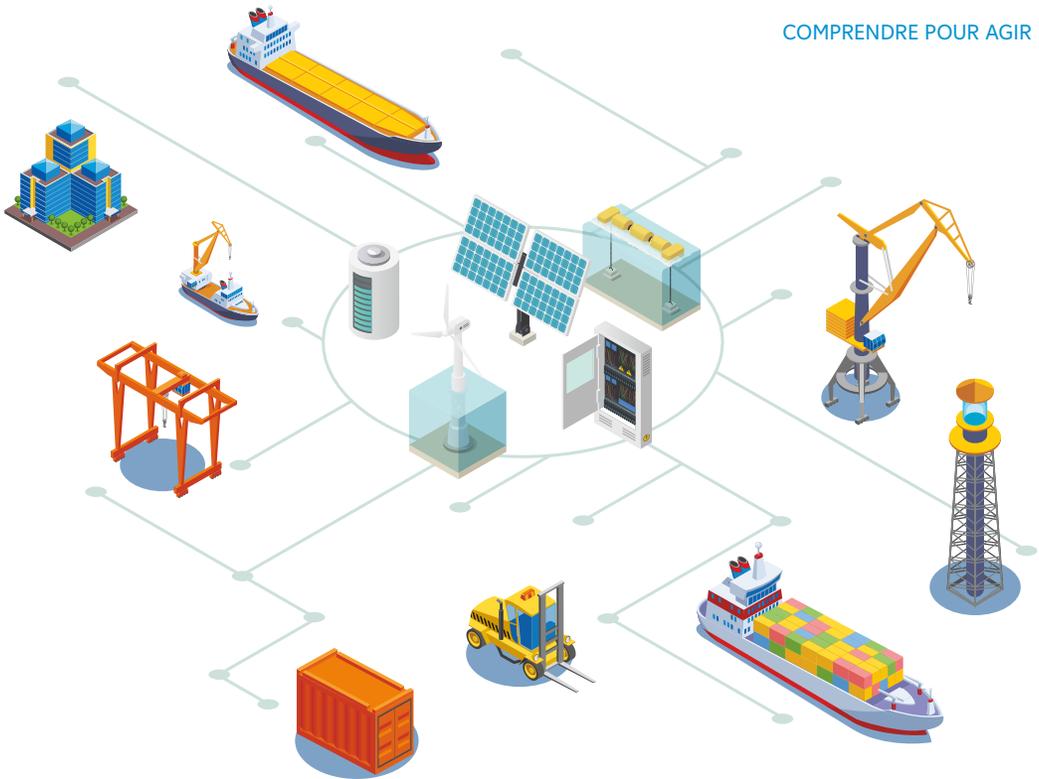
Les ports ne sont plus uniquement des hubs logistiques de transport mais des écosystèmes globaux regroupant activités manutentionnaires, industrielles, logistiques, commerciales. Pour décarboner l'écosystème portuaire il faudra décarboner les industries qui y sont présentes, raccorder les navires à quai, électrifier les engins de manutention et utiliser des carburants décarbonés pour les usages secondaires et mettre en place des mesures organisationnelles permettant d'optimiser la logistique des ports.

raffinage, pétrochimie, centrales thermiques, terminaux méthaniers). Ces industries, du fait de leur besoin important en énergie, représentent la majorité des émissions de GES des ports. La décarbonation de ces industries apparaît essentielle. Cette décarbonation passera nécessairement par une grande part d'électrification ce qui signifie qu'il faut que l'ensemble des pays du monde s'attèle au côté d'énergéticiens à développer un mix électrique décarboné. La décarbonation de l'énergie dédiée aux industries présentes dans l'enceinte des ports passe par des investissements très importants, et par le développement de l'ensemble des solutions technologiques adaptées aux nouvelles énergies (stockage, soutage, conversion de puissance, etc.).

Le branchement électrique des navires à quai

Les bateaux de grande envergure, comme les ferries et les bateaux de croisières, sont responsables de la majorité des émissions de gaz à effet de serre dans les ports. A quai, les moteurs auxiliaires brûlent du carburant fossile pour générer l'électricité nécessaire à bord du navire ce qui entraîne des rejets de grandes quantités de GES qui sont par ailleurs particulièrement néfastes pour la santé des populations littorales, en plus de l'être pour l'environnement et la biodiversité marine. Cela pèse pour 11% des émissions maritimes globales²⁶. À l'heure actuelle, les navires stationnant plus de deux

²³ International Maritime Organization, 2015. «Study of Emission control and energy efficiency measures for ships in the port area». - ²⁴ Misra et al., « GHG Emission Accounting and Mitigation Strategies to Reduce the Carbon Footprint in Conventional Port Activities – a Case of the Port of Chennai ». - ²⁵ Barthès, « Comment décarboner les ports de commerce ». - ²⁶ ITF, 2020. «Navigating Towards Cleaner Maritime Shipping».



heures dans les ports sont tenus de passer au diesel marin contenant un taux de 0,1% de SO_x, ce qui représente un taux 100 fois plus élevé que le diesel des voitures (0,001% de SO_x). Dans les pays développés, la principale source de SO₂ qui subsiste est émise par les navires entrant dans les ports. Le branchement électrique à quai permettra de mettre à l'arrêt les moteurs auxiliaires durant le temps de séjour au port. Cette solution est particulièrement intéressante dans les pays où le mix-énergétique est majoritairement décarboné car les émissions sont directement liées au mode de production d'électricité.

L'électrification des engins de manutention et l'utilisation de carburant de synthèse pour le transport secondaire dans les ports

Aujourd'hui, la majorité des engins de manutentions portuaires tournent au diesel. Selon l'EPA (l'agence de protection environnementale des Etats-Unis), leur électrification permettrait de réduire les émissions de CO₂ des ports américains de 27 à 45% d'ici 2050²⁷.

La mise en place de mesures organisationnelles et techniques

Réduire le temps passé à quai des navires permettrait de réduire les émissions liées aux moteurs auxiliaires fonctionnant en continu. A titre d'exemple, au port de Sydney, les pétroliers et chimiquiers passent en moyenne 32 à 52 heures à quai²⁸. Améliorer la productivité, réduire le temps d'attente pour charger/décharger, fluidifier le trafic ou encore rendre plus efficaces les procédures de dédouanement sont autant de mesures efficaces et peu coûteuses à mettre en œuvre qui permettrait une réduction de GES de 10 à 20%. D'autres mesures techniques sont également préconisées, comme des systèmes d'amarrage automatisés, l'utilisation de LED pour illuminer le terminal (second consommateur d'énergie) ou encore l'optimisation de la surface du terminal²⁹.

²⁷ US EPA, « National Port Strategy Assessment ». - ²⁸ Styhre et al., « Greenhouse Gas Emissions from Ships in Ports – Case Studies in Four Continents ».

²⁹ Barthès, « Comment décarboner les ports de commerce ».

3.4 La décarbonation du maritime, une augmentation des besoins en énergies décarbonées.



À l'échelle mondiale, les besoins énergétiques pour décarboner l'ensemble du secteur maritime seront nettement supérieurs à 7 000 TWh, soit l'équivalent de la production annuelle de 386 centrales nucléaires comme celle de Civaux, ce qui représente déjà 26% de la production mondiale d'électricité en 2018.

Il apparaît essentiel d'investir massivement dans le déploiement rapide d'énergies décarbonées afin de pouvoir répondre à la demande des divers projets de décarbonation futurs. Des actions de sobriété seront également essentielles.

Les paragraphes précédents ont permis de mettre en exergue que la décarbonation du secteur maritime ne se fera pas grâce à une solution unique, mais par la combinaison de technologies et de systèmes, existants ou émergents, qui permettront de s'orienter vers une énergie de plus en plus verte et un système économique de plus en plus durable. Cette combinaison de solutions nécessitera une grande quantité d'électricité décarbonée. En 2021, une étude scientifique étudiant les besoins pour décarboner le maritime a mis en exergue que la demande totale d'énergie pour décarboner le transport maritime international se situera entre **9 et 25 EJ en 2050 et entre 13 et 46 EJ en 2100**³⁰. Cette étude se basait sur les ambitions de l'OMI de 2018 de réduction de 50% des émissions de GES du transport maritime

par rapport à la quantité d'émissions de 2008. Avec le nouvel objectif plus ambitieux de l'OMI fixé le 07 juillet 2023 visant le « Net-Zéro », la demande énergétique sera nécessairement plus importante. De plus, cette demande énergétique est uniquement liée au transport maritime. Si l'on considère l'ensemble du système maritime, les besoins énergétiques seront nettement supérieurs à 25 EJ en 2050, soit supérieurs à **6 945 TWh** ce qui représente déjà 26% de la production mondiale d'électricité en 2018.

Il apparaît essentiel d'investir massivement dans le déploiement rapide d'énergies décarbonées afin de pouvoir répondre à la demande des divers projets de décarbonation futurs.



6 945 TWh correspond à l'équivalent de la production de 386 centrales nucléaires comme celle de Civaux. Il apparaît essentiel d'investir massivement dans le déploiement rapide d'énergies décarbonées afin de pouvoir répondre à la demande des divers projets de décarbonation futurs. Des actions de sobriété seront également essentielles.

³⁰ Müller-Casseres et al., « Global Futures of Trade Impacting the Challenge to Decarbonize the International Shipping Sector ».

3.5 Production d'énergies marines renouvelables



Pour répondre à ces besoins colossaux en énergie décarbonée, il faudra mobiliser l'ensemble des actifs de production et développer les énergies marines renouvelables telles que l'éolien en mer, l'énergie houlomotrice, marémotrice et osmotique. L'espace maritime est une source d'énergie renouvelable et disponible, largement sous exploitée. Les réglementations européennes et françaises incitent et accompagnent le déploiement de ces technologies prometteuses.



À terme, dans un scénario idéal, le mix énergétique mondial reposera uniquement sur de l'électricité décarbonée (renouvelable et nucléaire), du biogaz, de la chaleur renouvelable, des bio- et e-carburants et de l'hydrogène. Et s'il est nécessaire de faire encore appel à un peu de combustibles fossiles, il faudra procéder au cap-

tage et au stockage du carbone émis afin de garantir le « Net-Zéro ». La part de l'électricité dans le bilan d'énergie finale des divers pays devrait s'accroître fortement. Les Etats membres de l'UE sont convaincus de la nécessité d'accélérer le développement des énergies renouvelables, dont l'objectif est récemment passé de 32% à 40% de la consommation d'énergie d'ici à 2030 au niveau européen. L'intermittence de ces énergies impose de prévoir des mécanismes importants de flexibilité pour ajuster en temps réel l'offre et la demande d'électricité.

Le 19 novembre 2020, la Commission européenne a publié une stratégie ambitieuse pour le développement des énergies marines renouvelables en Europe. Cette stratégie a été votée en février 2022 par le parlement européen. Intégrée au Pacte vert européen, cette stratégie reconnaît le fort potentiel de production des énergies marines renouvelables en fixant un objectif de **300 GW d'éolien en mer installé en 2050** contre 12 GW en 2020 et en établissant une trajectoire pour le développement des autres énergies marines, telles que l'hydrolien, à 100 MW d'ici 2025 et 1 GW d'ici 2030 pour atteindre **40 GW en 2050**. Actuellement, la capacité européenne de production d'électricité éolienne en mer dépasse les 16 GW. L'Union Européenne a ainsi pour ambition de multiplier par 25 sa production d'énergie marine renouvelable (EMR). A horizon 2030, cela impliquerait d'utiliser 3% de l'espace maritime disponible³¹.

³¹ Pasimeni, Fiorini, et Georgakaki, « Assessing Private R&D Spending in Europe for Climate Change Mitigation Technologies via Patent Data ».

Technologies liées aux énergies renouvelables en mer

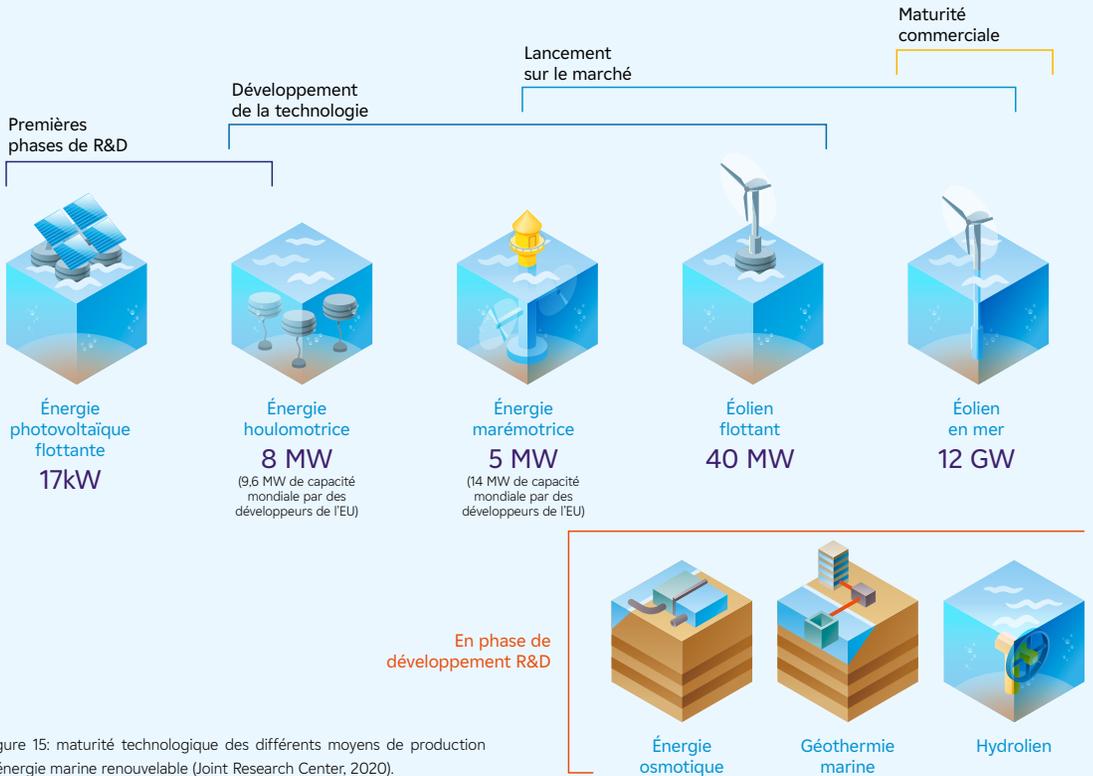


Figure 15: maturité technologique des différents moyens de production d'énergie marine renouvelable (Joint Research Center, 2020).

À l'échelle mondiale, l'énergie houlomotrice représente un potentiel d'énergie de 16 000 TWh/an³² soit environ 60% de la consommation électrique mondiale en 2021 et près du double de la consommation de l'Union Européenne en 2022. Selon plusieurs études, le développement de cette technologie en Europe pourrait représenter entre 16 et 35 MW d'ici 2025, et jusqu'à 32 GW d'ici 2050.

La Commission européenne confirme que ce changement d'échelle est nécessaire pour tenir l'engagement de neutralité carbone en 2050. Il sera également source de croissance et de développement d'emplois et d'industries à haute valeur ajoutée sur l'ensemble du périmètre européen : dans ce scénario, près de 800 milliards d'euros d'investissement devraient être réalisés au cours des 30 prochaines années. Ce changement d'échelle pourra être réalisée grâce à l'un des atouts majeurs de l'UE : son espace maritime.

La France accompagne massivement le développement des EMR. Le régime d'aides françaises en faveur de l'éolien en mer récemment approuvé par la Commission européenne s'élève à 4,12 Mds€. La France prévoit également une enveloppe de 65 M€ pour accompagner les premiers projets pilotes d'hydrolien et a pour ambition de lancer en 2024 des appels d'offres commerciaux. Sur l'éolien en mer français, Emmanuel Macron annonce un chiffre de 2,5 Mds€ de recette déjà établi. Pour les acteurs du secteur des énergies marines

³² Reikard, Robertson, et Bidlot, « Combining Wave Energy with Wind and Solar ».

renouvelables, il est essentiel de poursuivre et/ou d'initier :

- L'élaboration d'un cadre juridique clair et favorable ;
- La création d'un cadre pour la planification à long terme des zones d'installation des énergies marines et du réseau électrique en mer ;
- La mobilisation d'outils de financement européens pour soutenir le développement du secteur ;
- Une coopération des acteurs pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et la surveillance des incidences environnementales, sociales et économiques des énergies renouvelables en mer sur le milieu marin et les activités économiques qui en dépendent ;
- L'élaboration d'une réglementation qui promeut et soutient la fabrication et l'industrie européenne afin de préserver la souveraineté de l'UE en s'appuyant sur le Net Zero Industry Act ;
- La sécurisation de l'accès à l'écosystème et au foncier portuaire afin de pérenniser des zones d'assemblage et de stockage des éoliennes dont la taille augmente de manière significative ;
- La sécurisation de la disponibilité des navires et des engins d'installation en mer.

« Les ports étant un passage obligé pour faire transiter le matériel. Au-delà de l'infrastructure, nous avons besoin de l'ensemble de l'écosystème portuaire : espaces de stockage, services classiques aux navires comme l'avitaillement ou le remorquage, activités industrielles et logistiques en soutien à la construction du parc, métiers utiles pendant la phase d'exploitation... Le rôle des ports est d'autant plus important qu'avec la lutte contre le réchauffement climatique, ils doivent faire évoluer leur modèle, historiquement centré sur la rente liée au pétrole et au gaz, et privilégier un développement durable. Cela les incite à investir dans la transition énergétique, donc à soutenir l'essor des énergies renouvelables. »

John Kerry, envoyé spécial chargé de la lutte contre le réchauffement climatique au sein de l'administration de Joe Biden. Juin 2022.

Aux Assises de l'Économie de la Mer 2023 qui se sont tenues à Nantes, Emmanuel Macron a annoncé que l'Etat allait investir massivement dans les infrastructures portuaires permettant de développer l'éolien offshore. Il prévoit une enveloppe de 200 M€.

Les ports jouent effectivement un rôle crucial dans le développement de l'éolien en mer. Ils servent généralement de lieu d'assemblage, voire parfois de construction, des composants des éoliennes avant leur installation en mer. Ces installations portuaires et les infrastructures associées resteront également essentielles tout au long de la durée de vie des parcs éoliens pour les opérations de maintenance. Par exemple, la

zone de Fos-sur-Mer a accueilli la construction, l'assemblage et le stockage des composants des éoliennes du projet Provence Grand Large avant leur déploiement en mer et le port du Havre a accueilli les fondations gravitaires du parc éolien en mer de Fécamp sur le quai de Bougainville. Cela nécessite d'importantes surfaces de foncier, de plus en plus rares dans les Grands Ports Maritimes. Dans le cadre de la transition vers une économie maritime décarbonée, il est donc impératif de garantir l'accès aux sites portuaires pour la production d'énergie éolienne en mer ainsi que pour la possible mise en place d'infrastructures dédiées aux parcs éoliens.

Chapitre 4

Le secteur maritime,
**un enjeu de souveraineté
pour la France**



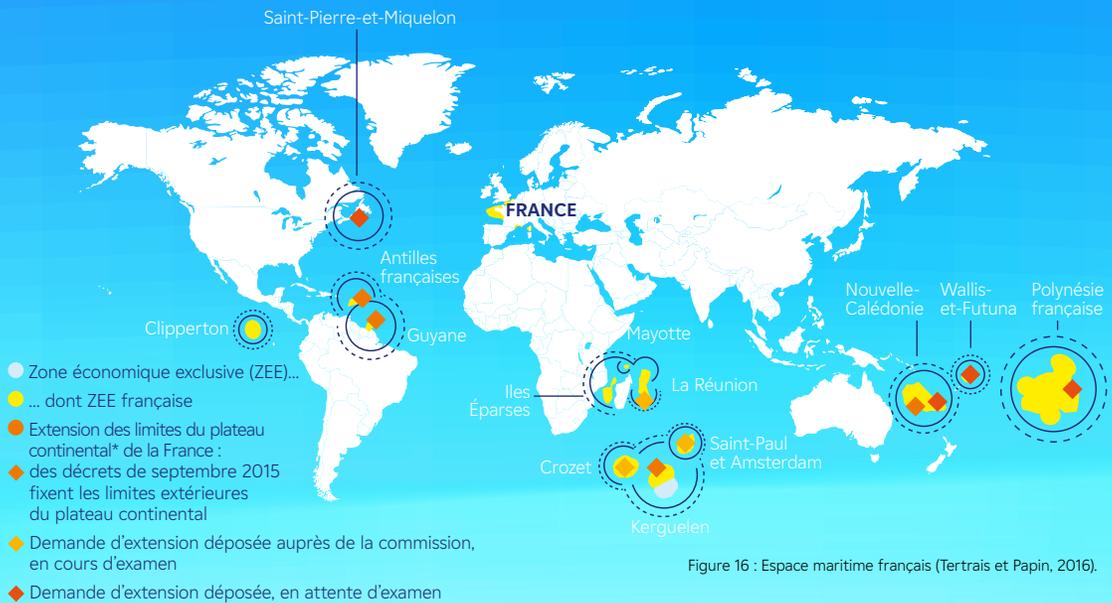
- 4.1 La France, un large espace maritime sur l'ensemble du globe aux différents enjeux - P.54
- 4.2 Un enjeu économique et stratégique pour le pays - P.55
- 4.3 Un enjeu financier : la finance bleue impulsée par l'Europe et la France - P.56
- 4.4 Une richesse portuaire sur l'ensemble du territoire - P.57
 - 4.5 Une nécessité de recréer des symbioses et une cohésion au sein de l'écosystème maritime français - P.64
 - 4.6 Le monde maritime de demain au travers la feuille de route de décarbonation du maritime française - P.66



4.1 Les chiffres du transport maritime mondial

La France regroupe 7060 km de littoraux et compte 22 860 km de frontière maritime avec 30 États. Elle possède le 2^{ème} espace maritime mondial, derrière celui des Etats-Unis, avec 10,7 millions de km² sur l'ensemble des trois océans générés à 97% par les espaces maritimes ultramarins et à ce jour largement sous-exploités. Le rapport sur les outre-mer déposé

le 24 février 2022 fait état du fait qu'il est nécessaire de replacer les espaces ultramarins au cœur de la stratégie maritime nationale et d'insérer ces territoires dans l'économie mondiale. Les auteurs du rapport préconisent d'organiser au Parlement un grand débat préalable à l'élaboration de la stratégie maritime nationale 2023-2029 (Folliot, Petrus et al., 2022).



Comment sont définis les droits souverains de l'Etat côtier ?

1 nautiques (Nq) = 1 852 mètres



Entre 0 et 12 Nq
Mer territoriale

Entre 12 et 24 Nq
Zone contiguë

Entre 24 et 200 Nq
Zone économique exclusive

À partir de 200 Nq
Hautes mer, eaux internationales

Répartition des espaces maritimes de France

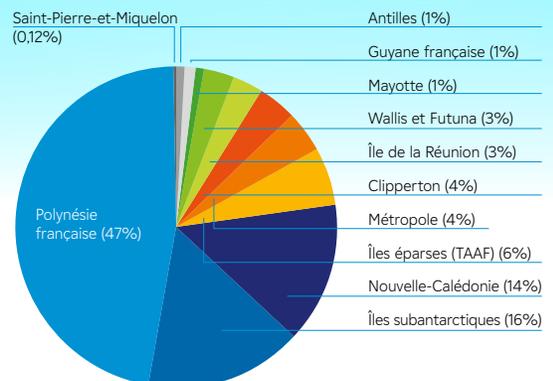


Figure 17 : Répartition des espaces maritimes de la France (Vie publique, 2022).

4.2 Un enjeu économique et stratégique pour le pays

Le domaine maritime français réparti sur l'ensemble des océans place le pays au rang de puissance maritime mondiale. Cette place sur la scène internationale représente de véritables enjeux économiques et stratégiques pour le pays. Une étude menée en 2017 par le Boston Consulting Group (BCG) a mis en exergue que l'espace

maritime sous souveraineté française emploie 820 000 personnes, contribue pour 270 milliards d'euros par an à l'économie nationale et pèse l'équivalent de 14 % du PIB du pays, soit trois fois le secteur automobile et six fois celui de l'aéronautique.

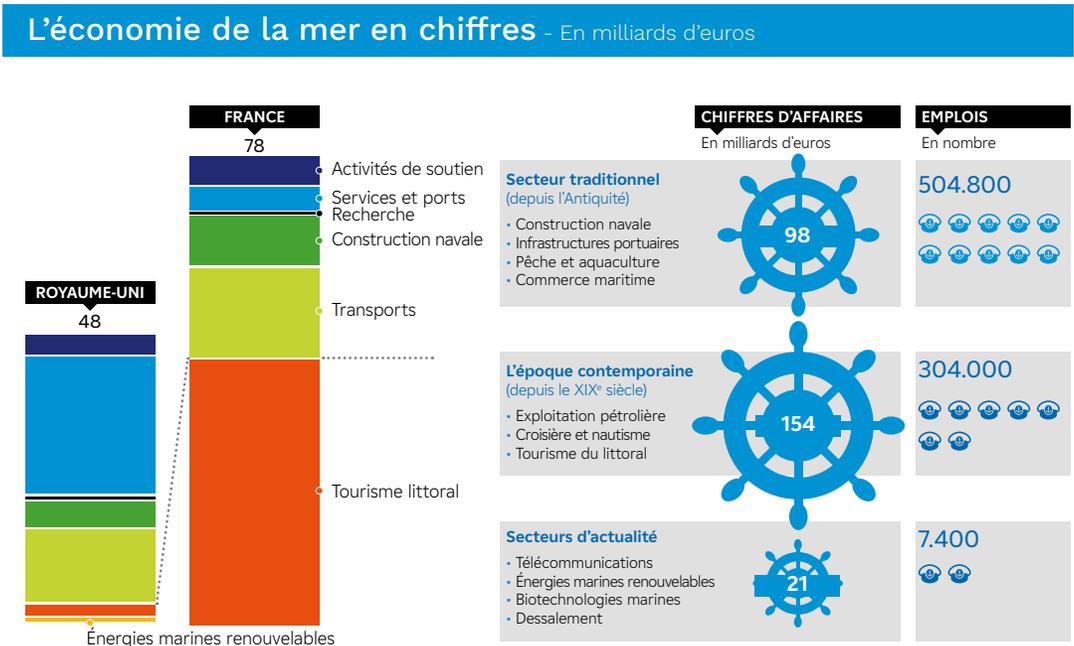


Figure 18: L'économie de la mer en chiffres (Les Échos, 2017).

Pourtant, en France, malgré cet enjeu stratégique de taille, les investissements dans le secteur maritime sont faibles comparés à ceux d'autres pays. Ainsi, on observe un réel manque d'infrastructures, les installations actuelles des ports deviennent vieillissantes et ne sont pas forcément renouvelées et il y a un réel manque d'investissement dans l'innovation. A titre d'exemple, le trafic du port de Rotterdam est plus important que celui de tous les ports français réunis et le temps de parcours

marchandises entre Le Havre et Paris a été multiplié par 5 depuis un siècle. De plus, les délais de mise en œuvre des innovations sont lents. Ainsi, à l'exception de l'usine marémotrice de la Rance mise en service il y a cinquante ans, les nombreuses contraintes techniques, environnementales, sociétales et économiques liées au milieu marin allongent les délais pour la mise en œuvre d'innovations énergétiques comme l'hydrolien ou l'énergie houlomotrice.

4.3 Un enjeu financier : la finance bleue impulsée par l'Europe et la France



Le périmètre couvert par la finance bleue est ainsi très large : décarbonation du transport, énergies marines, zéro pollution, régénération des ressources, solutions fondées sur la nature pour protéger les côtes et séquestrer du carbone, biotechnologies bleues durables (algues, aquaculture, technologies de la protection/exploration marine), pêche durable et éco-tourisme.

À terme, dans un scénario idéal, le mix énergétique mondial reposera uniquement sur de l'électricité décarbonée (renouvelable et nucléaire), du biogaz, de la chaleur renouvelable, des bio- et e-carburants et de l'hydrogène. Le secteur de l'économie marine représentant 820 000 emplois en France, il apparaît vital de le pérenniser en investissant dans la finance bleue, en le rendant plus performant énergétiquement et en le décarbonant afin qu'il puisse rester un secteur de pointe compétitif pour

la France et s'étendre de manière durable et résiliente. Impulsée par le président Macron en décembre 2019, la transition écoénergétique du monde maritime s'accélère et s'adosse à une triple ambition : la lutte contre le réchauffement climatique, la préservation de la biodiversité et la protection des océans. La notion de « croissance bleue » voit le jour et se divise en quatre grands axes stratégiques :

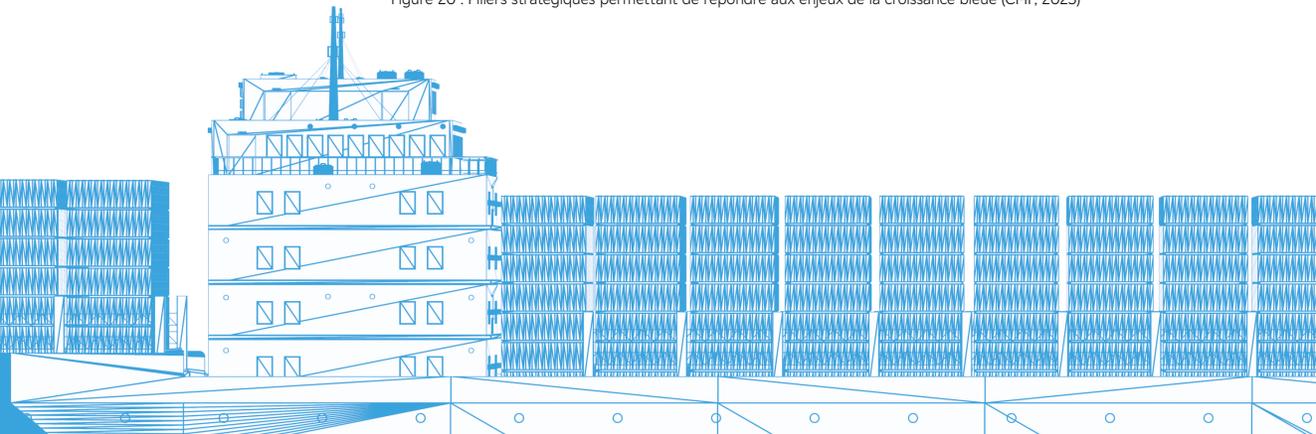


Figure 19 : les 4 axes stratégiques de la croissance bleue (La Finance Bleue, 2021).

Le CMF met en exergue quatre grands piliers qui permettront de pérenniser les grands axes de la croissance bleue



Figure 20 : Piliers stratégiques permettant de répondre aux enjeux de la croissance bleue (CMF, 2023)



L'OCDE souligne, dans son rapport sur « l'économie de la mer de 2030 », que les océans sont la nouvelle frontière de l'économie mondiale. Dès lors, la bonne santé des océans et des mers est devenu un enjeu majeur pour les acteurs de la finance durable. La France l'a bien appréhendé et le secteur financier et économique a adopté le principe de la finance bleue. Le but est d'inciter les acteurs de l'économie mondiale à investir dans la bonne santé des océans et la maritimisation durable de l'économie par le financement de la transition écologique. Le périmètre couvert par la finance bleue est ainsi très

large : décarbonation du transport, énergies marines, zéro pollution, régénération des ressources, solutions fondées sur la nature pour protéger les côtes et séquestrer du carbone, biotechnologies bleues durables (algues, aquaculture, technologies de la protection/exploration marine), pêche durable et éco-tourisme³³. Ce nouveau pan de la finance est une réelle opportunité pour les acteurs du monde économique au vu du large potentiel d'évolution du secteur maritime et de la croissance des activités liées au développement durable.



4.4 Une richesse portuaire sur l'ensemble du territoire



Chiffres clefs du paragraphe

Les ports français = 10% du trafic commerciale des ports européens ;

- Dunkerque, Haropa et Marseille = 80% du trafic des grands ports français = 13 milliards d'euros de valeur ajoutée
- Les grands ports français = 10% des émissions nationales de CO₂



Les acteurs de la chaîne de valeur portuaire sont nombreux et hétérogènes avec des enjeux, des attentes et des ambitions très divers ce qui rend plus difficile la création d'une synergie de décarbonation commune. Pourtant, les zones industrialo-portuaires sont les zones les plus carbonées de France. ZIBaC, AAP porté par l'ADEME, vise à recréer des synergies portuaires pour accélérer la décarbonation de ce ZIP avec l'appui de la stratégie nationale portuaire.

³³ Ministère de la Mer - Rapport Finance bleue, 2021.

Total marchandises
390 millions de tonnes

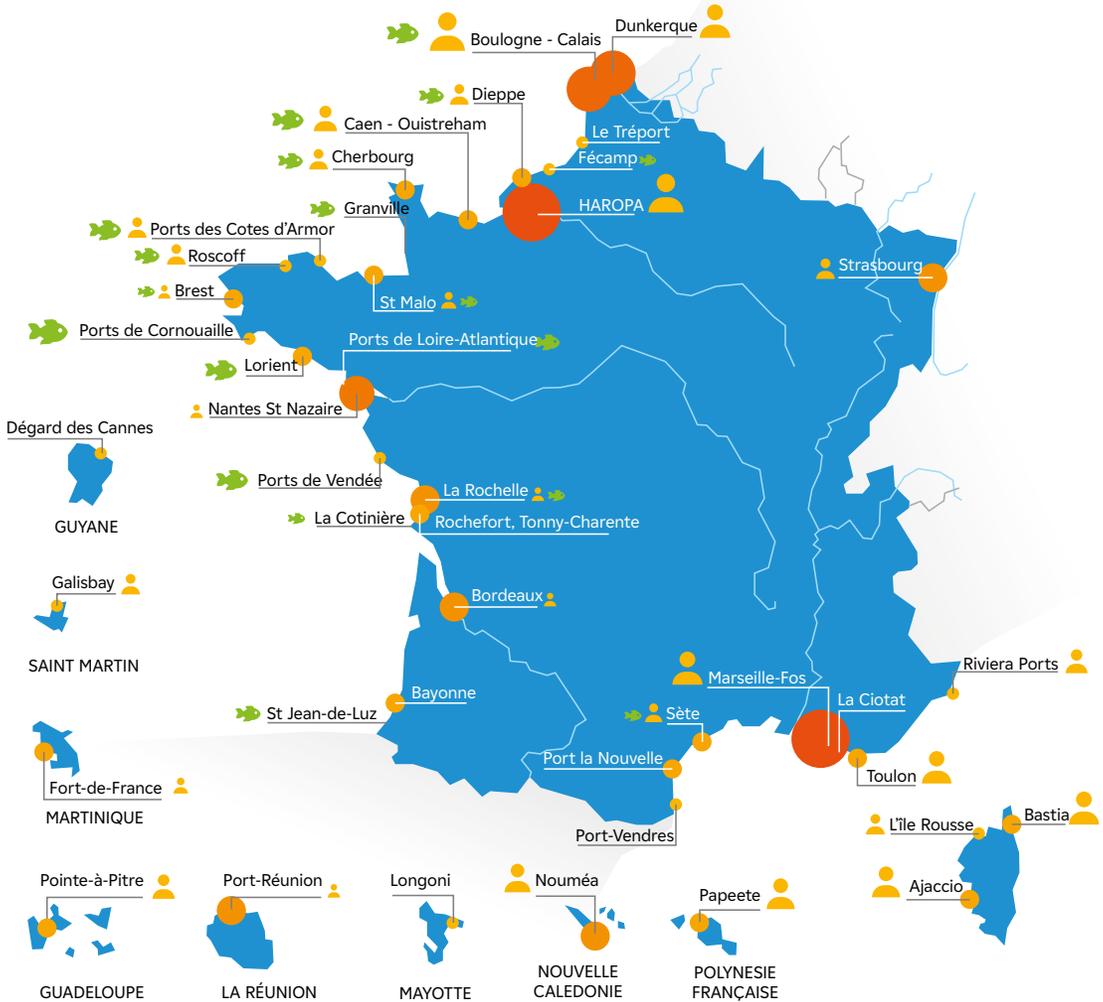
10% du trafic des ports maritimes européens

36% d'échanges avec l'Europe
15% avec le Royaume-Uni

Total produits de la pêche
167 000 tonnes

Total passagers
35 millions de passagers

9% du trafic des ports maritimes européens



TRAFIC DE MARCHANDISES



TRAFIC DE PÊCHE



TRAFIC DE PASSAGERS

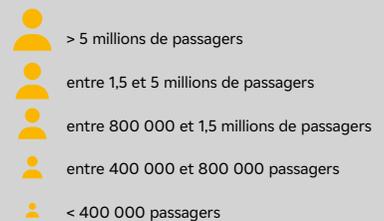


Figure 21 : Trafic des ports français (Port de France, 2022)

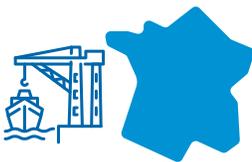
4.4.1 Un secteur parcellaire avec des solutions à adapter suivant la typologie de port

Avec ses quatre façades maritimes, la France métropolitaine se situe au carrefour des voies maritimes mondiales. Les trois ports principaux, Dunkerque, Le Havre-Rouen-Paris (Haropa) et Marseille enregistrent 80% du trafic des grands ports français et 13 milliards d'euros de valeur ajoutée.

L'écosystème portuaire est très varié et chaque port à ses propres singularités, néanmoins, ils ont pour la plupart les mêmes enjeux :

- Économique : continuer à assurer un équilibre financier malgré la décroissance des flux financiers associés au pétrole et au gaz ;
- Concurrentiel : permettre aux « smart and green port » de se différencier, dans un contexte de concurrence européenne et mondiale très forte ;
- Écologique : faire du port un lieu plus respectueux de l'environnement ;
- Citoyen : retisser le lien parfois rompu entre le port et la ville.

Ces enjeux seront à appréhender différemment suivant la nature, la localisation, l'activité, le statut et la génération de chaque port. Suivant le mode de tutelle et de gestion, on distingue également les ports publics des ports privés. Les ports maritimes d'État, considérés comme des infrastructures stratégiques et d'intérêt national, sont gérés directement par l'État central au travers des installations publics portuaires comme les Grands Ports Maritimes, tandis que les ports maritimes décentralisés sont sous la gestion des collectivités territoriales notamment des régions et des départements, ou d'autres organismes publics locaux. Les compétences des ports d'État et des ports décentralisés peuvent se chevaucher dans certains domaines, notamment en ce qui concerne la conformité réglementaire et la protection de l'environnement. Cependant, leur gestion et leurs responsabilités sont généralement définies en fonction de leur statut administratif et de leurs missions spécifiques. Les compétences de rattachement des ports seront ainsi bien différentes suivant les régions et les catégories de ports.



Les ports français par catégories :

12 grands ports d'États

54 ports de commerce

60 ports de pêche

7 ports militaires

Sur le littoral, 173 installations portuaires destinées à la plaisance

En eau extérieure, 556 installations portuaires ou haltes nautiques

4.4.2 Un écosystème complexe qui prend du temps à se réformer et se transitionner

Les acteurs de la chaîne de valeurs portuaires sont nombreux et hétérogènes avec des enjeux, des attentes et des ambitions très divers. Entre les énergéticiens, armateurs, logisticiens, industriels, les activités commerciales et touristiques, il est difficile de mettre en place des synergies. La multiplicité des acteurs portuaires illustre la complexité à créer une homogénéité d'action et de gouvernance entre les différentes parties prenantes.

Au-delà de cet écosystème complexe, le foncier de zones portuaires est en tension. La ressource foncière de la France métropolitaine est impactée par la loi Climat et Résilience et son objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) en 2050, ce qui engendre le ralentissement de certains projets dans les zones industrialo-portuaires et accentue la concurrence entre les acteurs du secteur maritime français.



Afin de répondre aux objectifs fixés par l'Accord de Paris, la décarbonation des ports de France est une priorité. Les zones industrialo-portuaires (ZIP) sont les zones les plus carbonées de France. La carte des plus gros émetteurs direct de CO₂ en 2019 permet de mettre en exergue le fait que les ZIP sont des leviers de décarbonation du territoire. Ce sont ces ZIP qui sont ciblées prioritairement par l'appel à projet (AAP)

« Zones Industrielles Bas Carbone » (ZIBaC) mis en place par l'ADEME dans le cadre de France 2030 qui vise à accompagner les zones industrielles dans la définition de leurs programmes de décarbonation. Les ZIP de Dunkerque et de Fos-sur-Mer sont les premiers lauréats de cet AAP, suivis des ZIP du Havre et de Nantes-Saint-Nazaire.



Le port de Marseille est le 9^{ème} port le plus polluant d'Europe avec 2,3 millions de tonnes d'émission de CO₂ en 2018.

Cet AAP montre que les ports ont une place centrale dans la décarbonation du territoire et qu'il est essentiel de ne plus simplement considérer le port comme un lieu de manutention de marchandises, mais plutôt comme

un écosystème composé d'entreprises, de sociétés, d'industriels, de collectivités, de flux logistiques, ..., offrant la possibilité de travailler en symbiose pour regrouper les compétences et accélérer la décarbonation.

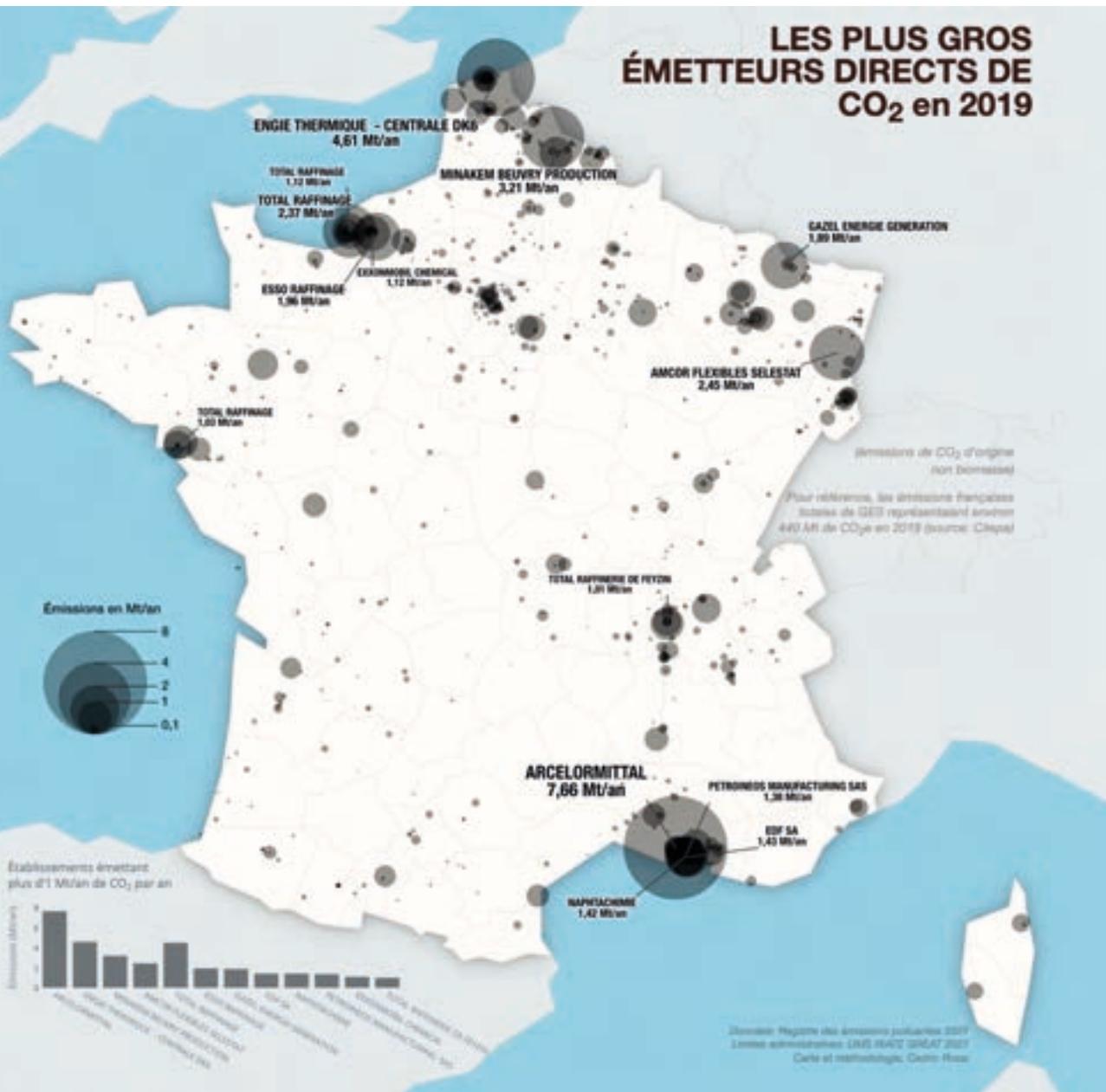


Figure 22 : Zones les plus émettrices de CO₂ en 2019 du territoire français (data gov, 2021).

A eux seuls, les grands ports français sont responsables de 10% des émissions nationales de CO₂ (La Finance bleu, 2021). Les ports ne sont plus uniquement des hubs logistiques de transport. Leur réserve importante de foncier permet aux grands industriels de s'y implanter et de bénéficier de leur emplacement stratégique pour l'import de leurs intrants, l'export de leurs produits, et d'utiliser l'eau comme moyen de refroidissement de leurs procédés. En raison du regroupement d'industriels les ports forment un large écosystème offrant la possibilité de recycler le produit de l'un pour générer un bénéfice chez son voisin.

Le contexte économique mondial actuel a engendré des pertes économiques majeures pour les ports dues à la baisse de l'activité pétrolière et gazière. Ces zones ont pour nécessité première de relancer l'activité économique au risque de faire passer la transition énergétique au second plan. Un accompagnement des ports vers la transition éco-énergétique apparaît essentiel. Il doit être adapté à chaque typologie de port. De plus, avec la fin du fossile, cette adaptation apparaît inéluctable. Tout l'écosystème du port est donc à repenser.

4.4.3 La stratégie nationale portuaire impulsée en 2021

Sous la pression de la crise de la Covid-19, qui a mis à mal l'activité portuaire, et du Brexit, qui accroît la menace concurrentielle du Royaume-Uni, le Comité interministériel de la mer a adopté une nouvelle stratégie nationale portuaire en janvier 2021. Son objectif central est de moderniser et améliorer la compétitivité des

ports tricolores et faire de la France un point d'entrée incontournable du commerce international en Europe. La stratégie portuaire se décline en 4 ambitions phares pour 2030. Elle s'accompagne par ailleurs d'un plan de relance pour la filière maritime, portuaire et fluvial.

Principales ambitions de la stratégie portuaire de 2021

Renforcer les chaînes logistiques

- Augmenter la capacité d'autofinancement des ports accélérer leur transition écologique ;
- Implanter de nouvelles activités génératrice de trafic portuaire ;
- Création d'un observatoire de la performance portuaire ;
- Création d'un observatoire de la performance portuaire et des chaînes logistique ;
- Mise en place de la plateforme numérique France Sesame, destinée à simplifier les procédures liées au transit des marchandises entre les ports nationaux.

Accroître le rôle d'acteur du développement économique des ports

- Élaborer une formation universitaire portuaire, logistique et d'aménagement du territoire ;
- Développer le plateformes multimodales pour le fret ferroviaire et fluvial ;
- renforcer le rôle d'aménageur des ports.

Accélérer la transition écologique

- Définir un plan de «transition écologique portuaire» pour chaque GPM ;
- Création d'un écolabel pour les flux logistiques transitant dans les ports français.

Accélérer la transition numérique

- Mise en place de nouvelles solutions digitales pour simplifier et accélérer le passage portuaire et sécuriser les chaînes d'approvisionnement ;
- Développer la cybersécurité des infrastructures portuaires ;
- Fédérer une communauté nationale de la recherche portuaire en charge de développer les coopérations entre les ports et la recherche.

Source : Xerfi

4.4.4 Un nouveau cycle d'investissements dans le secteur

4.4.4.1 Les grands ports maritimes français

La pandémie de la Covid-19 a éprouvé les terminaux maritimes et fluviaux hexagonaux, un maillon essentiel de la chaîne logistique nationale. De vastes programmes d'investissements contractuels Etat/Région ont été mis en place pour accompagner les ports à améliorer leur compétitivité, soutenir leur transition éco-énergétique et accompagner leur résilience. Face à l'urgence de la situation, le gouvernement a en effet débloqué une enveloppe globale de 650 M€ dont 200 M€ directement alloués aux terminaux portuaires en septembre 2020. Ces fonds sont voués à moderniser et développer les infrastructures portuaires pour accroître leur attractivité et leur compétitivité. Plus récemment, le gouvernement a dévoilé la nouvelle stratégie nationale portuaire 2021. Parmi les grands objectifs affichés : accroître d'un tiers la part des transports massifiés dans le pré et post-acheminement portuaire d'ici 2030 ; passer de 60% à 80% la part du fret conteneurisé transitant en France et manutentionnée dans les ports nationaux ou encore doubler le nombre d'emplois liés à l'activité portuaire

à l'horizon 2050. Dans ce cadre, le gouvernement a annoncé un vaste plan d'investissement de 1,45 Md€ pour fusionner l'Axe Seine qui rassemble le GPM du Havre, le GPM de Rouen et le Port de Paris. De leur côté, les opérateurs ont récemment consenti d'importants investissements pour capter le plein potentiel de la reprise. Sur la période jusqu'à 2022, le plan de relance national attribue de nouvelles subventions de l'État au GPM de Marseille à hauteur de 30,5 M€ dont 10,8 M€ consacrés au CENAO et 0,8M€ au verdissement de son parc automobile. Dans le cadre de son budget et d'un projet porté par les collectivités et partenaires locaux, le Grand port maritime de la Réunion a annoncé plus de 60 M€ d'investissement en novembre 2020. Dans la foulée, le GPM de Bordeaux a engagé 9 M€ de dépenses pour rénover son terminal à conteneur de Bassens. Enfin, afin de s'ouvrir à de nouveaux marchés, le port de Lorient a investi 4 M€ pour se doter d'un nouvel outil de levage de bateaux d'une capacité de 800 tonnes en avril 2021.

4.4.4.2 Les ports de plaisances

- Les ports de plaisance et les installations d'accueil sont à 48% gérés par des délégations de service public (DSP). Une grande vague de renouvellement des DSP est en cours par l'Etat français ;
- Dans le cadre du plan Destination France présenté en novembre 2021, le gouvernement prévoit de financer « le verdissement et la modernisation des ports de

plaisance et des bases nautiques ». 30 millions d'euros vont être consacrés de 2022 à 2024 à « moderniser les infrastructures, offrir de nouveaux services aux plaisanciers et anticiper la montée des eaux ou le recul du trait de côte pour permettre de nous adapter au changement climatique » ;

4.5 Une nécessité de recréer des symbioses et une cohésion au sein de l'écosystème maritime français

4.5.1 Le rôle du Cluster Maritime Français

Face à une économie extrêmement concurrentielle, il est impératif de créer des synergies entre acteurs du maritime, pour que toute l'économie puisse profiter des capacités d'innovation du maritime et des opportunités de business qu'offrent les activités en mer. C'est pour répondre à ces enjeux que le Cluster Maritime Français

(CMF) a été créé en 2006. Le CMF a pour mission essentielle d'accélérer les synergies entre acteurs du maritime, qu'ils soient privés ou publics, et de les accompagner dans le développement durable et responsable de leurs activités et de leurs projets.



EDF est partenaire du Cluster Maritime Français depuis 2019. Un lien étroit s'est créé avec le CMF légitimant l'action du Groupe dans la décarbonation du maritime.



« Grâce au dialogue avec tous, je peux dire que nous sommes maintenant en ordre de bataille, et que c'est au développement de l'emploi et de la France maritime que nous voulons consacrer notre énergie, pas à des complications franco-françaises ou à des combats sans fin, pour que les choses avancent, pour que la politique maritime soit lisible, pour qu'une vraie vision s'affiche, pour que le temps de l'administration rejoigne enfin celui de l'industrie, pour que soit gâché moins de temps quand compétitivité et avenir des filières sont en jeu. »

Francis Vallat, ancien Président du Cluster Maritime Français. Discours prononcé en ouverture des 9^{ème} Assises de l'économie maritime et du littoral, à Montpellier-Sète le 3 décembre 2013

C'est en ayant pleinement conscience des défis technologiques et énergétiques, des besoins d'investissements colossaux que va nécessiter la transition éco-énergétique du maritime (plus de 2 400 milliards d'euros au niveau mondial), des mesures réglementaires de plus en plus contraignantes, du manque de cohésion globale et de la complexité du système maritime français, que de nombreux industriels constituant la chaîne de valeur du maritime ont fait part au CMF de la nécessité de mener une action collective et coordonnée pour trouver des solutions

de décarbonation pérennes et efficaces. C'est ainsi qu'en 2019, à l'occasion des Assises de l'Économie de la Mer, en présence d'Emmanuel Macron, s'est lancée la coalition pour la Transition Eco-Énergétique du Maritime (T2EM), afin de définir une compréhension et une vision commune sur l'ensemble de la chaîne de valeur (énergie, ports, chantiers, équipementiers, armateurs, réglementation, finance). Cette coalition a été impulsée par le CMF et soutenue par l'ADEME et la DGAMPA. En juin 2022, le Président du Cluster a annoncé la clôture des travaux et le passage à l'Institut MEET2050.

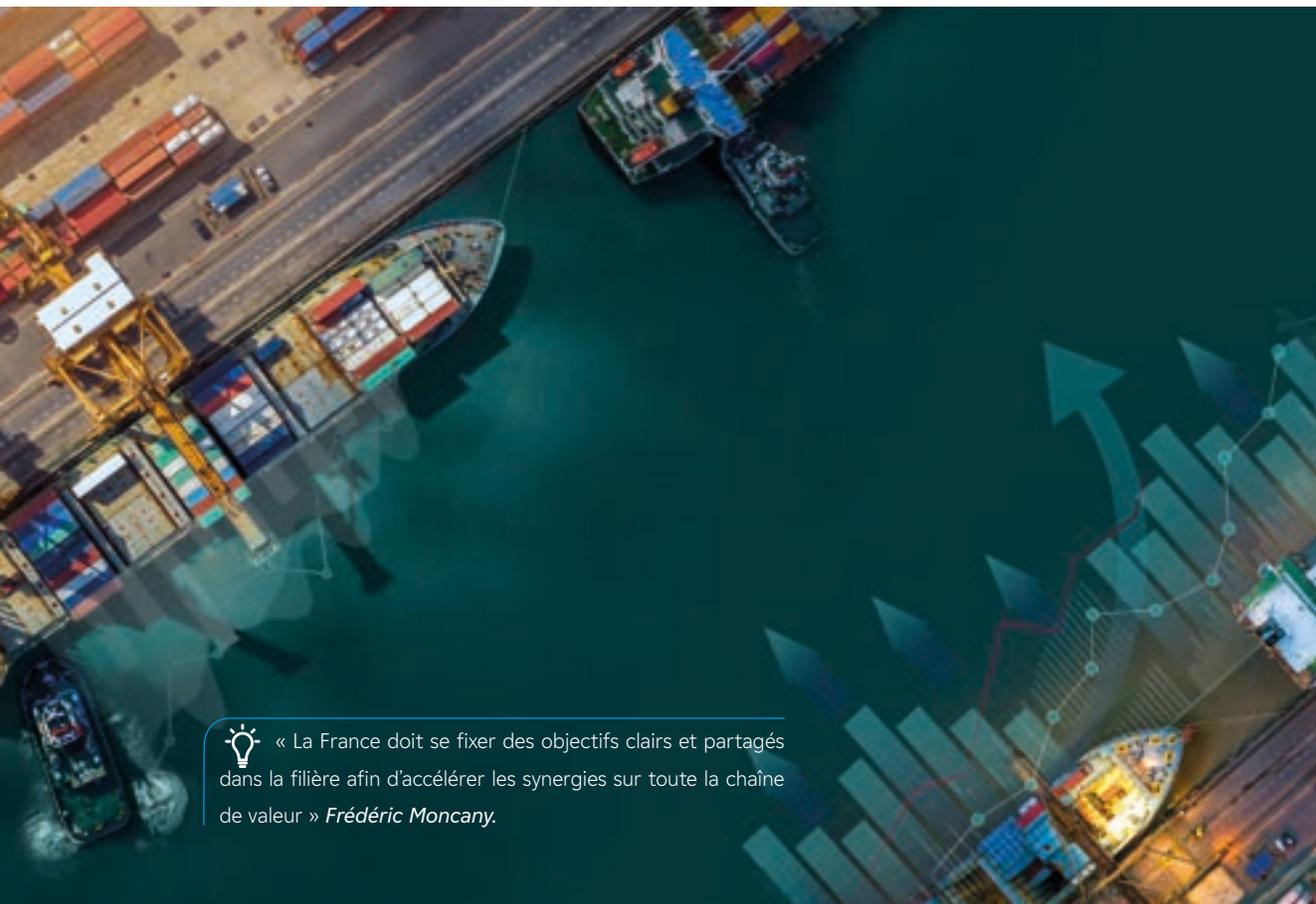


« C'est par la mer que nous aurons à repenser notre présence, notre alimentation, nos recherches, mais aussi les équilibres de notre planète et nos océans. Le XXI^e siècle sera maritime, j'en suis profondément convaincu ».

Emmanuel Macron, Les Assises de la Mer, Montpellier, décembre 2019



« La France doit se fixer des objectifs clairs et partagés dans la filière afin d'accélérer les synergies sur toute la chaîne de valeur » *Frédéric Moncany.*



4.5.2 MEET2050, l'institut qui fédère les acteurs du secteur maritime autour d'un enjeu commun : la décarbonation

En février 2022, l'État et la filière maritime regroupée autour du Cluster Maritime Français annoncent la création d'un Institut pour la Transition écologique et énergétique du Maritime (MEET2050). L'institut MEET2050, juridiquement et administrativement créé le 13 juillet 2023, a pour objectif de contribuer à la transition environnementale et énergétique du maritime grâce à une mutualisation des ressources pour des actions communes et partagées par les acteurs de la

chaîne de valeur du maritime. Il vise à mettre en place au niveau national et international les prérequis qui permettront de favoriser l'atteinte de ces objectifs par les acteurs du maritime. Pour cela, il réalisera des études et projets internes, développera des outils d'aide à la décision et contribuera à la fiabilisation des données liées à la transition maritime, travaillera à la mise en place et au financement de projets structurants sur les grands leviers de décarbonation.



Depuis septembre 2023, EDF soutient l'institut MEET2050 et se positionne comme partenaire stratégique pour impulser des projets et accompagner la filière dans sa décarbonation.

La création de l'Institut MEET2050 répond au besoin de structurer la filière française et a pour ambition principale d'aboutir à des réalisations concrètes. Les besoins de la filière maritime sont identifiés et sont colossaux, il faut maintenant mettre en place des actifs

de productions de vecteurs énergétiques décarbonés pour la filière et accélérer la prise de décision. L'Etat doit soutenir et accompagner les industriels dans la mise en place de ce type de projet qui s'ancrent dans une ambition de souveraineté nationale.

4.6 Le monde maritime de demain au travers la feuille de route de décarbonation du maritime française

4.6.1 Les trois leviers principaux de la décarbonation du maritime

Dans le cadre de l'accord de Paris (COP21, 2015), la France s'est engagée à réduire ses émissions de GES de 40% entre 1990 et 2030. La loi Energie et Climat fixe un nouvel objectif de long terme : atteindre la neutralité carbone en 2050. La stratégie nationale bas-carbone (SNBC), feuille de route française de réduction des émissions de GES, intègre ce nouvel objectif.

En amont de l'élaboration de la prochaine SNBC, l'article 301 de la loi climat et résilience impose aux secteurs fortement émetteurs de GES de construire avec les pouvoirs publics des feuilles de route pour coordonner les actions de décarbonation de l'économie française par filière émettrice.

C'est dans ce contexte que le 04 avril 2023, à l'occasion de la soirée des Armateurs de France, Clément BEAUNE, ministre délégué chargé des Transports, et Hervé BERVILLE, secrétaire d'Etat chargé de la Mer, se sont vu remettre par la filière la feuille de route de décarbonation du secteur maritime. Résultat d'un travail approfondi piloté par la Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture (DGAMPA) et le Cluster Maritime Français (CMF) impliquant l'ensemble des acteurs de la filière, dont EDF, elle identifie les leviers de décarbonation du secteur maritime et propose un scénario de transition de la filière.

Trois leviers d'actions ont été identifiés :

- L'efficacité énergétique ;
- Le changement d'énergies ;
- La sobriété.

Ces leviers d'actions sont applicables aux Outre-mer et à l'international mais les solutions envisagées seront nécessairement différentes que celles proposées pour décarboner le secteur maritime français en raison de la différence de mix-énergétique de chaque région du monde.



EDF a contribué à la rédaction de la feuille de route de décarbonation du secteur maritime et a un rôle prépondérant à jouer dans l'accompagnement de sa mise en œuvre.

Selon la Feuille de Route pour la décarbonation du secteur maritime, les seuls besoins de l'électrification et de l'hybridation électrique de certains navires, de l'électrification des quais et de la production de

carburant décarboné, sont estimés à 90 TWh en 2050, ce qui représente environ 19% de la consommation d'électricité de la France en 2020.



90 TWh correspond à l'équivalent de la production de 50 champs éoliens comme celui de Saint-Nazaire.

4.6.2 Solutions envisageables

La feuille de route de décarbonation de la filière maritime française propose un plan d'action décliné en sept axes :

- **Axe 1** : Développement des briques technologiques indispensables à la construction de navires zéro émissions et réalisation de navires démonstrateurs pour ensuite amorcer le déploiement des solutions ;
- **Axe 2** : Mise en place des mesures d'efficacité opérationnelles et de sobriété sur la flotte en service ;
- **Axe 3** : Production, stockage, transport et distribution d'énergies décarbonée pour le maritime ;

- **Axe 4** : Décarbonation et modernisation des ports ;
- **Axe 5** : Décarbonation de la phase de production des navires et économie circulaire ;
- **Axe 6** : Renforcement du cadre réglementaire relatif aux émissions de gaz à effet de serre des navires ;
- **Axe 7** : Prérequis pour la déclinaison opérationnelle de la feuille de route.



Le Technology Readiness Level (TRL) est un système de mesure pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie, de 1 (principes de base prouvés) à 9 (application réelle de la technologie sous sa forme finale).

Axe 1		Axe 2		Axe 3		Axe 4	
Éco-concevoir des navires neutres en carbone soutenus par la commande publique et instaurer des plans de rétrofit des navires		Améliorer l'efficacité opérationnelle et énergétique des navires		Accroître la disponibilité et pérenniser l'accès à une énergie bas carbone afin de répondre aux besoins énergétiques de la décarbonation du maritime		Décarboner le tissu industriel et logistique des zones portuaires et assurer la mise en place d'infrastructures et d'équipements portuaires qui permettront aux navires de se décarboner	
Système de propulsion vélique ;	TRL 8	Outils de suivi en temps réel de la performance énergétique ; Optimisation des interfaces entre les navires et les ports et/ou les terminaux ; Plan de soutien au rétrofit et au renouvellement des navires opérationnels ; Formation initiale et continue des marins ; Abaissement de la vitesse de certains navires ; Développement du report modal.		Relocaliser à 100% la production énergétique sur le territoire français et se positionner comme leader sur les énergies et vecteurs énergétiques de demain ; Cartographier et planifier la disponibilité des carburants décarbonés (dans le temps et sur le territoire) ; Mettre en place rapidement des démonstrateurs et soutenir financièrement les projets émergents ; Proposer des offres d'avitaillement unique en énergie décarbonée sur les ports et sécuriser les offres de soutage ; Développer une industrie et une économie française du CO ₂ ; Construire une filière française d'importation et d'exportation (Hubs d'import-export) de e-carburants et de leurs intrants ; Contribuer à la mise en place d'un cadre réglementaire clair et incitatif pour déployer facilement et rapidement les vecteurs d'énergies décarbonées.		Bornes électriques à quai ;	TRL 9
Hybridation électrique des navires (batteries et piles à combustible PEM et/ou SOFC) ;	TRL 8					Électrification des engins logistique et de manutention ;	TRL 9
Système de CCS en sorti d'échappement ;	TRL 2-3					Photovoltaïque ;	TRL 9
Cuves de stockage pour les nouveaux carburants ;	TRL 3-4					Éclairage intelligent ;	TRL 9
Navires à hydrogène (LH2, LOHC) et e-carburants ;	TRL 8					Smart Parking, Smart Charging ;	TRL 9
Hydro-génération ;	TRL 8					Smart grids ;	TRL 9
Intégration de PV sur la structure des navires.	TRL 8					Système d'économie circulaire en créant des synergies entre les industriels et acteurs de la zone portuaire.	TRL 8

Axe 5	Axe 6	Axe 7	
<p>Considérer l'ensemble de la chaîne de valeur d'un navire afin de concevoir, produire, utiliser, déconstruire de manière durable et décarbonée les usages du transport maritime</p>	<p>Compléter, consolider et stabiliser le cadre réglementaire de long terme afin d'assurer que l'ensemble des navires contribuent à l'atteinte des objectifs de réduction des GES et que les ports français restent compétitifs par rapport à leurs concurrents européens</p>	<p>Mise en œuvre opérationnelle et suivi de la feuille de route de décarbonation du secteur maritime en mettant en place des projets concrets en s'appuyant sur les scénarios établis avec l'aide de MEET 2050</p>	

Intrants décarbonés ;	Intrants décarbonés ;	Réaliser des études technico-économiques ainsi que des analyses indépendantes permettant de fiabiliser les données et développer les connaissances en termes de transition du maritime ;	
Analyse de cycle de vie ;	Analyse de cycle de vie ;	Développement d'outils d'aide à la décision ;	
Nouveaux matériaux et procédés permettant des gains d'empreinte carbone et la circularité en fin de vie ;	Nouveaux matériaux et procédés permettant des gains d'empreinte carbone et la circularité en fin de vie ;	Formation et sensibilisation des décideurs ;	
Bateaux 100% recyclables ;		Poursuivre le développement des projets Navires et Ports Zéro Emissions de MEET 2050 ;	
Consolider la filière de déconstruction navale.		Réaliser un audit détaillé des besoins de financement des acteurs pour les soutenir et leur permettre d'investir dans la décarbonation du maritime.	

5

Chapitre 5

EDF et le secteur
maritime

8
6
4
2
16M
8
6
4
2
15M
8
6
4
2
14M
8
6
4
2
13M
8
6
4
2
12M
8
6
4
2
11M
8
6
4
2
10M
8
6
4
2
9M
8
6
4
2
8M
8
6
4
2
7M
8
6
4
2

- 5.1 EDF accompagne la décarbonation du secteur maritime au travers sa réflexion stratégique EDF et la mer - P.72
- 5.2 Les quatre axes de la stratégie EDF & la mer - P.73
- 5.3 Des expertises et compétences transverses pour décarboner le secteur maritime - P.74
- 5.4 ... qui permettent de proposer des solutions globales et adaptable en fonction des besoins, notamment sur les ports - P.78
- 5.5 Une forte présence dans les territoires - P.80
- 5.6 ... Et aussi à l'international - P.84
- 5.7 EDF est pleinement engagé dans la préservation de la biodiversité au travers d'actions concrètes - P.91
- 5.8 ... Et adapte l'ensemble de ses actifs de production de bord de mer face aux risques du changement climatique - P.92



5.1 EDF accompagne la décarbonation du secteur maritime au travers sa réflexion stratégique EDF et la mer.

EDF a défini sa raison d'être comme étant de « *construire un avenir énergétique neutre en CO₂, conciliant préservation de la planète, bien être et développement, grâce à l'électricité et à des solutions et services innovants* ». À ce titre, la décarbonation du maritime s'ancre pleinement dans ses ambitions. C'est pourquoi en 2021, la réflexion stratégique EDF & la mer a vu le jour afin d'identifier comment le Groupe EDF, à l'aide des divers compétences et expertises de ses filiales et métiers, pourrait accompagner le secteur maritime et fluvial dans sa décarbonation.

Frédéric Busin,

Directeur Action Régionale, en charge d'EDF
& la mer Provence-Alpes-Côte d'Azur d'EDF



Aujourd'hui, afin d'accompagner la transition écologique des littoraux, EDF a décidé de s'engager au plus près de l'écosystème maritime et fluvial, afin de porter un ensemble de services innovants, notamment autour de l'électricité. Nous avons des solutions pour décarboner les ports et l'industrie qui y est présente, développer les énergies marines, inventer les transports maritimes et fluviaux de demain et contribuer ainsi à la préservation de ces milieux naturels.

La feuille de route de décarbonation du maritime rappelle que la mise en place des solutions pour décarboner le secteur maritime et fluvial nécessitera une quantité importante d'électricité décarbonée. EDF travaille au quotidien au développement de moyens de production d'électricité bas carbone (nucléaire, hydraulique, éolien, photovoltaïque) et poursuit le développement de nouveaux moyens de production comme les énergies marines renouvelables. En tant qu'énergéticien au mix énergétique décarboné à 90%, EDF a un rôle clé à jouer

dans la décarbonation du maritime et du fluvial en apportant une approche systémique, allant de la propulsion des navires en passant par les ports et les services, tout en apportant une attention particulière à la protection de l'environnement grâce aux compétences et expertises de l'ensemble de ses filiales et métiers.

Le lien historique du Groupe avec le secteur maritime fait que nous avons un lien direct avec les acteurs de la filière.

5.2 Les quatre axes de la stratégie EDF & la mer

Axe 1

Produire davantage d'énergie décarbonée avec tous les actifs bas carbone du Groupe et en accélérant le développement des énergies marines renouvelables qui sont une source d'énergie durable et décarbonée

Axe 2

Accompagner la décarbonation des ports et des zones industrialo-portuaires à l'aide des compétences et expertises de nos filiales et métiers

Axe 3

Développer des solutions innovantes pour décarboner la propulsion des navires et répondre aux besoins des armateurs

Axe 4

Promouvoir et prendre en compte dans ses projets la protection du milieu marin et la préservation de la biodiversité marine



5.3 Des expertises et compétences transverses pour décarboner le secteur maritime...



Conseil

- Audit de décarbonation/ étude de préfiguration énergétique
- Étude d'énergie circulaire et de flux d'énergie/eau/chaleur/CO₂
- Rédaction feuille de route de décarbonation



Production Énergies Renouvelables

- Production d'énergies renouvelables (PV, éolien en mer)
- Infrastructure pour la maintenance des EOF
 - Thalasso-thermie



Digitalisation / Hypervision

- Hypervision et pilotage automatique
 - Dashboard « Plateforme énergie climat » (EIFER – projet RESPONSE)
 - Gestion des gisements et besoins de flexibilité
- Optimisation énergétique d'un site



Décarbonation Bâtiments / quartier

- Éclairage intelligent connecté
- Chauffage électrique/PAC
 - Thalasso thermie
- Refroidissement data center
- Modernisation de l'infrastructure électrique



Créée en 1937, Dalkia, filiale du groupe EDF depuis 2014, développe de nouveaux usages, ceux du bois-énergie, du biogaz, de la géothermie et de la thalassothermie, mais aussi des énergies de récupération comme la chaleur issue des data centers ou des process industriels, en construisant des réseaux de chaleur et de froid renouvelables et décarbonés qui vont alimenter des villes, des quartiers ou des ensembles industriels



Dalkia Electrotechnics, anciennement Dalkia Smart Building, est une filiale de Dalkia qui propose une offre globale intégrant qualité de maintenance, continuité de fourniture, performance et décarbonation des énergies. Dalkia Electrotechnics maîtrise toute la chaîne des métiers depuis la conception, la réalisation, jusqu'à l'exploitation et maintenance des installations électriques HTB, HTA et BT. Elle est un acteur important de la décarbonation des ports du fait de son offre de mise en service de bornes à quais.

Réseaux de chaleur

Alimentation électrique des navires à quai

La multiplicité des compétences du groupe EDF lui permet d'agir comme un acteur intégré de l'écosystème maritime pouvant répondre aux multiples enjeux de la décarbonation du secteur.

Fourniture d'énergie / Stockage

- Fourniture d'électricité bas carbone
- Groupe électrogène décarboné
- Système de stockage d'énergie



Environnement

- Mise en place de puits de carbone
- Étude biodiversité et impact environnemental



Décarbonation Industrie

- Station de production d'H₂
- Mutualisation éolien/prod H₂
- Performance énergétique



Décarbonation Mobilité maritime

- Station de recharge pour véhicule à H₂
- Production et distribution de e-fuel
 - Alimentation à quai
- Borne de recharge pour bateau électrique



Décarbonation Mobilité terrestre

- Station de recharge pour véhicule à H₂
- Borne de recharge pour véhicule électrique



Financement

- Certificat d'Économie d'Énergies
- Contribution carbone / crédits carbone



Citelum est la marque de Dalkia Electrotechnics dédiée aux Collectivités. En capitalisant sur son expertise de bientôt 30 ans et sa culture de la garantie de résultat, Citelum a développé une large gamme de services connectés adaptés aux besoins des collectivités : éclairage performant et intelligent, mobilité électrique, vidéoprotection, gestion multimodale du trafic, stationnement intelligent, Wi-Fi, Li-Fi, qualité de l'air et bruit, monitoring urbain et plateformes Smart City.

Citelum accompagne les ports dans leur décarbonation grâce à la démarche eCo-Port.

Smart Port



Hynamics est une filiale 100% EDF qui a vu le jour en 2019 pour porter des offres de production et de fourniture d'hydrogène électrolytique bas carbone en France et en Europe pour la mobilité lourde et l'industrie. La filiale propose une offre clé en main aux industriels et aux collectivités territoriales en assurant le développement de projet, l'investissement et le financement, ainsi que la construction, l'exploitation et la maintenance.

Le Groupe dispose d'ores et déjà d'un volume significatif de projets pour nourrir cette ambition (plus de 30 projets en France et en Europe).

Hydrogène et e-carburants



EDF Store & Forecast, créée en mars 2014, est une filiale à 100% du Groupe EDF dédiée à accompagner les investisseurs dans leurs projets d'énergies renouvelables avec stockage. Elle développe et commercialise des solutions intelligentes pour les énergies renouvelables afin d'optimiser un système électrique local grâce à la prévision et au stockage d'énergie.

Les énergies renouvelables intermittentes tel que l'éolien en mer sont plus faciles à intégrer sur les réseaux lorsqu'elles sont couplées à une solution de stockage.

Prévision et stockage d'énergies renouvelables



Exaion est une filiale 100% EDF spécialisée dans la fourniture cloud de solutions blockchain et calcul haute-performance (HPC et IA). Créée par deux intrapreneurs salariés d'EDF en janvier 2020, l'offre d'Exaion contribue à la réduction de l'impact environnemental du secteur du numérique en proposant des infrastructures certifiées ISO 50001 et en planifiant ses périodes d'activités pour optimiser sa consommation d'énergie, réduisant ainsi son empreinte carbone.

Traitement de données et centre de données



Datanumia, filiale à 100% EDF, est une société éditrice de logiciel spécialisée dans la valorisation de la donnée énergétique et considérée comme l'un des leaders du secteur en Europe. Afin d'optimiser la consommation d'énergie et réduire l'empreinte carbone du tertiaire, des industriels, des collectivités et particuliers, cette filiale utilise de l'IA, des machines learning et des IoT. Datanumia peut notamment agir sur les zones industrialo-portuaires et la mobilité électrique (navire, engins de manutentions) en réduisant leur consommation énergétique grâce à la modélisation de flux énergétique notamment.

Optimisation de la consommation d'énergie grâce à l'IA



Urbanomy, est une société de conseil en planification carbone et énergétique. Ils fournissent des stratégies « Net-Zéro » ainsi que des études et des recommandations technico-économiques exploitables, basées sur des modèles de R&D et des outils de simulation. L'expertise sectorielle d'Urbanomy inclut les bâtiments, les systèmes énergétiques, l'efficacité énergétique et la mobilité, afin de créer une démarche complète de décarbonation pour leurs clients (publics et privés). Ils peuvent intervenir sur les zones industrialo-portuaires pour organiser des plans d'action favorisant l'économie circulaire, la décarbonation et la résilience énergétique.

Étude et recommandations pour la décarbonation



Oklima développe des projets qui contribuent à la « séquestration » de carbone ou à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (par exemple en aidant les ports à réduire leur consommation d'énergie fossile). Oklima propose également des « crédits carbone » issus de projets réalisés hors de France, certifiés par des labels internationaux. Le recours à la contribution carbone constitue une des briques de la lutte pour le climat, suivant la logique « Mesurer-Éviter-Réduire-Compenser ». EDF accompagne ses clients dans leur stratégie de décarbonation, en leur proposant toute une gamme de services de contribution carbone portant sur des projets à haute qualité.

Compensation et crédit carbone



IZI by EDF est une plateforme créée en 2019 par EDF pour accompagner ses clients vers la transition énergétique. IZI by EDF est spécialisée dans les services à l'habitat auprès des particuliers et des professionnels, avec des solutions clés en main autour de la rénovation durable et énergétique des logements ainsi que la recharge des véhicules électriques. L'entreprise a pour ambition de rendre la rénovation énergétique accessible au plus grand nombre pour limiter le réchauffement climatique, réduire les déperditions d'énergie dans les logements et ainsi permettre à tous ses clients de consommer moins et mieux.

Efficacité énergétique des bâtiments



Izivia est une filiale du Groupe EDF fondée en 1998 qui est aujourd'hui l'acteur de référence sur le marché de la mobilité électrique en France. Izivia est devenu le 1^{er} exploitant de réseaux de charges publics & privés d'Europe. EDF peut faire appel à Izivia pour décarboner et électrifier la chaîne logistique et manutentionnaire des ports.

Mobilité électrique



EDF Renouvelables, anciennement EDF énergies nouvelles, est une filiale détenue à 100% par le groupe EDF qui développe, construit et exploite des centrales de production d'énergie renouvelable. Son développement est centré principalement sur l'éolien et le solaire photovoltaïque. La décarbonation du secteur maritime nécessitant une grande quantité d'énergie décarboné, cette filiale a un rôle clef à jouer dans le déploiement des parcs éoliens offshore, des parcs photovoltaïques et l'exploitation des énergies marines renouvelables.

Énergie renouvelables



Filiale du groupe EDF, EDF ENR, commercialise, installe et procède à la maintenance des solutions solaires photovoltaïques clés en main pour les toitures des particuliers, des professionnels et des collectivités. Leur vocation est de développer la production locale d'une énergie renouvelable, décarbonée et respectueuse de l'environnement.

Énergie solaire

5.4 ... qui permettent de proposer des solutions globales et adaptable en fonction des besoins, notamment sur les ports

Le groupe EDF est capable au travers ses métiers et ses filiales d'apporter des solutions pérennes pour décarboner les ports. Des filiales comme Dalkia Electrotechnics,

Izivia, Hynamics, Urbanomy, Enedis, Izi apportent des solutions concrètes pour œuvrer au « verdissement » des ports.



Fourniture d'énergie décarboné



Efficacité énergétique



Alimentation électrique des navires à quai



Électrification des engins logistique et de manutention



Mesures organisationnelles et techniques

H₂

E-carburant



Data management et jumeau numérique (BIM)



Lumière sur la convention signée avec les Ports de Normandie :

Le 23 septembre 2021, Marc Benayoun a signé avec Hervé Morin une convention de partenariat relative aux Ports de Normandie. Cette convention porte sur quatre axes : améliorer la qualité de l'air, en travaillant sur l'électrification à quai des navires ; étudier les possibilités de production par les ports d'électricité photovoltaïque, ainsi que de carburants

alternatifs tels que l'hydrogène ; développer les usages de mobilité décarbonée ; encourager les projets innovants.

« Toutes ces problématiques entrent dans le champ de compétences d'EDF, qui dispose de l'expertise nécessaire pour réaliser des études, proposer des solutions techniques et apporter un appui à la recherche de financements. »
Marc Benayoun, Directeur exécutif Groupe Client, Services et Territoires du groupe EDF.



Éolien en mer



Énergie Marine
Renouvelable



Nouvelles mobilités,
Smart Parking,
Smart Charging



Smart grids



Production
photovoltaïque



Économie
circulaire



Éclairage
intelligent



Électrification
des petits bateaux

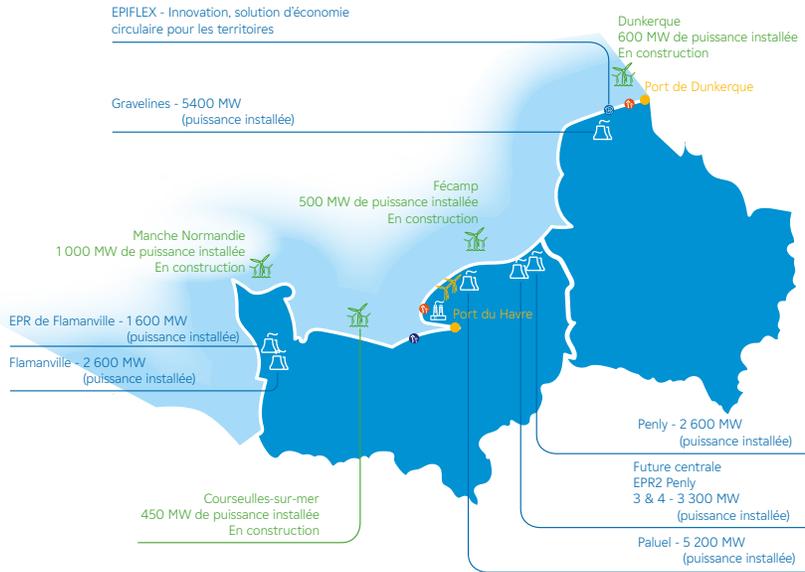


5.5 Une forte présence dans les territoires...

Façade Manche Est - Mer du Nord

LÉGENDES

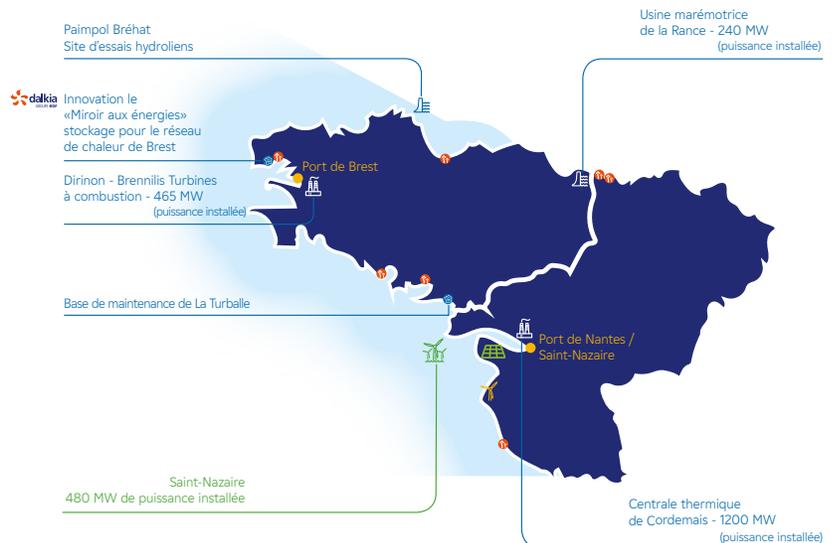
-  **Projet éolien en mer** 
-  Centrale nucléaire
-  Ancienne centrale à charbon du Havre
-  Eolien terrestre
-  Réseau de chaleur 
-  Références et projets territoriaux
-  Réseau de recharge de Deauville 



Façade Nord Atlantique - Manche Ouest

LÉGENDES

-  **Projet éolien en mer** 
-  Hydraulique
-  Centrale photovoltaïque 
-  Centrale thermique
-  Eolien terrestre
-  Réseau de chaleur 
-  Références et projets territoriaux

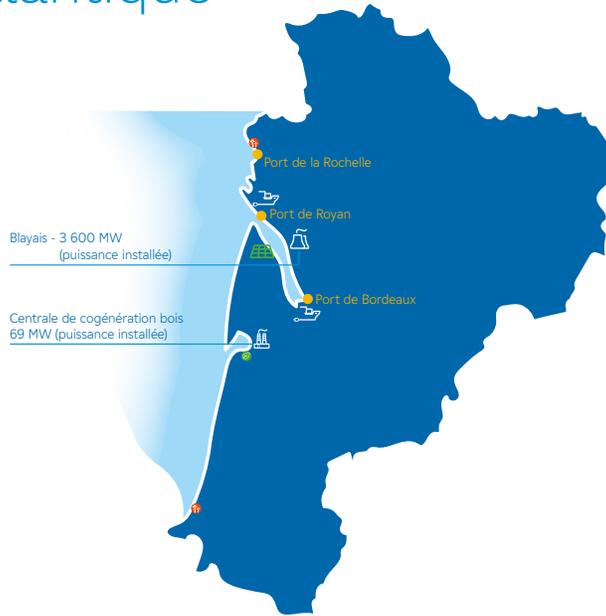


De nombreuses actions engagées dans les territoires

Façade Sud Atlantique

LÉGENDES

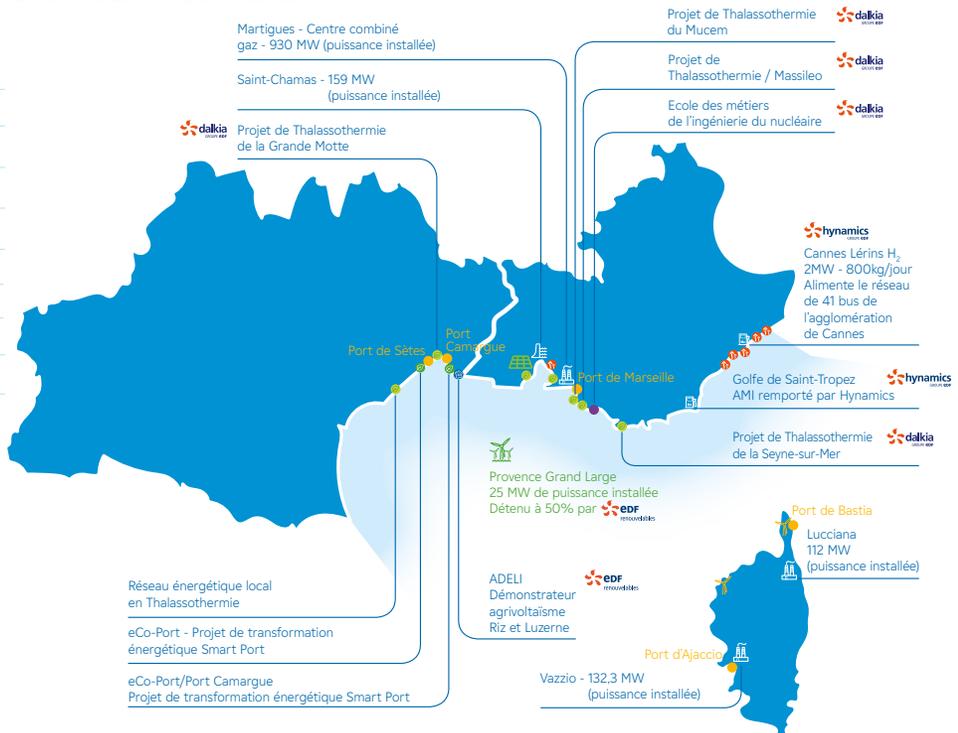
-  CENAQ : bornes électriques pour raccordement à quai des navires
-  dalkia electrotechnics
-  Centrale photovoltaïque 
-  Centrale thermique
-  Réseau de chaleur 
-  eCo-Port d'Arcachon



Façade Méditerranéenne

LÉGENDES

-  Projet éolien en mer en construction
-  Hydraulique
-  Centrale thermique
-  Centrale photovoltaïque 
-  Eolien terrestre
-  Réseau de chaleur 
-  eCo-Port
-  Solution de décarbonation
-  Références et projets territoriaux
-  Projet de production et de distribution d'hydrogène bas carbone 



EDF & la mer concerne l'ensemble des entités, métiers et filiales du Groupe, sur tous ses terrains d'exercice, les zones maritimes, littorales et les grands axes fluviaux. Elle répond à de multiples enjeux pour les territoires : approvisionnement énergétique, décarbonation, réindustrialisation, développement économique, préservation de la biodiversité... Le Groupe EDF est à l'écoute du territoire et des parties prenantes afin d'identifier les différents besoins et d'y répondre au travers d'un ensemble de solutions et de services innovants grâce aux expertises et compétences transverses de ses filiales et métiers. Dans une approche systémique, les Directions Action Régionale constituent un maillon fort entre les activités industrielles du Groupe et les

territoires afin de porter une posture Groupe lisible à l'externe et auprès des acteurs de la filière.

Sur le territoire français, le groupe EDF accompagne également les ZIP dans le cadre des appels à projets ZIBaC portés par l'ADEME. La décarbonation des ZIP répond parfaitement à la raison d'être du Groupe et les perspectives qu'elle engendre sont nombreuses : production d'hydrogène décarboné, production de e-carburant, développement de la mobilité électrique, réutilisation des flux perdus, développement de projet CCUS, développement de la thalasso thermie, développement des énergies marines renouvelables, mise en place de SMR...



Ludovic Bocquier,

responsable de l'unité "Énergies" du Port de Saint-Nazaire



Le statut de ZIBaC va aider notre port à devenir un hub énergétique décarboné.

Ludovic Bocquier

L'été dernier, le port de Saint- Nazaire a été désigné lauréat de l'appel à projets ZIBaC mis en place dans le cadre de France 2030. Qu'est-ce que ça change ?

Notre port émet chaque année entre 5 et 6 millions de tonnes de CO₂. Cette empreinte carbone est surtout liée à la transformation de l'énergie puisque 10 % de l'énergie primaire consommée en France passe par l'estuaire de la Loire. Notre ambition est de devenir un hub énergétique décarboné, ce qui bénéficiera à l'ensemble de notre territoire. Le statut de ZIBaC, c'est-à-dire de zone industrielle bas carbone, va nous y aider. Nous avons deux ans pour réfléchir avec nos parties prenantes aux investissements lourds et aux actions à réaliser pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Nous bâtirons ainsi une feuille de route qui sera déployée à partir de 2026.

Quelles pistes de décarbonation comptez-vous explorer en priorité ?

Nous allons travailler sur l'électrification d'un maximum d'usages, et aussi sur la collecte et la valorisation du CO₂, le développement de l'hydro-

gène et des e-carburants, l'utilisation de nos gisements de biomasse, la sécurisation de la ressource en eau. Il faudra faire des arbitrages, car nos réserves foncières sont limitées et il n'y aura pas d'espaces disponibles pour mener à bien tous les projets envisagés.

Comment le groupe EDF vous accompagne-t-il ?

L'accompagnement d'EDF s'inscrit dans une longue tradition de coopération entre nos équipes autour des sujets de décarbonation. Nous avons à notre actif la réussite collective du premier parc éolien de Saint-Nazaire, fruit d'un travail de co-construction initié en 2011 ! Cette collaboration va se poursuivre, en associant les autres acteurs de la zone portuaire. Nous pourrions nous inspirer de projets menés ailleurs, par exemple la transformation de la centrale à charbon du Havre ou la ferme pilote d'éolien flottant à Marseille.

5.6 ... Et aussi à l'international

5.6.1 L'éolien en mer, un sujet d'expertise nationale et internationale pour le Groupe

L'éolien en mer est un sujet d'expertise internationale pour la R&D du groupe et pour EDF Renewelables. L'un des premiers projets d'éoliennes en mer a été développé en Chine, au large des côtes de la province de Jiangsu, avec au total, **502 MW installés (Dongtai IV et V)**. La ferme éolienne sur le site de Dongtai IV a été mise en service en 2019 et celle de Dongtai V en 2021. L'expertise du groupe dans ce domaine lui a permis de s'implanter rapidement à l'international.

En novembre 2022, le groupe a inauguré le premier parc français d'éoliennes posées en mer à **Saint-Nazaire**, avec **480 MW installés**. D'autres projets majeurs sont en cours de développement tels que le parc d'éoliennes posées de **Fécamp** qui sera opérationnel en 2024 et le projet pilote **Provence Grand Large** (PGL) de **3 éoliennes flottantes** installées au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône dont le système d'ancrage est une première mondiale.

Résumé des projets majeurs développés par le groupe

Site	Année de mise en service	Capacité
Teesside (UK)	2013	62 MW
Blyth (UK)	2017	41,5 MW
Dongtai IV (Chine)	2019	302 MW
Dongtai V (Chine)	2021	200 MW
Saint-Nazaire	2022	480 MW
Fécamp	Printemps 2024	497 MW
Provence-Grand-Large	Automne 2024	25 MW
Near Na Gaoithe (Écosse)	2024	450 MW
Calvados	2025	448 MW
Dunkerque	Horizon 2028	600 MW
Codling (Irlande)	En cours de développement	1300 MW
Atlantic Shores (USA)	En cours de développement	2 000 MW
New York Bight (USA)	En cours de développement	1500 MW
Manche Normandie	En cours de développement	1050 MW



- Le parc de Fécamp produira l'équivalent de la consommation électrique annuelle d'une ville de 770 000 habitants, ce qui représente 60% des habitants de Seine-Maritime.
- Un barrage comme celui de Tignes-Malgovert a une capacité de 400MW et un réacteur nucléaire a une capacité de 900 à 1 450 MW.

5.6.2 Les projets internationaux de la R&D d'EDF

Afin que les ports puissent maintenir leurs activités et pérenniser leur économie, il est important que des solutions innovantes naissent sur le territoire pour accélérer la décarbonation du secteur sans fragiliser l'économie de l'écosystème portuaire et permettre le

lancement rapide des projets pour la décarbonation énergétique des ports. C'est dans cette optique que la R&D du groupe étudie au travers différents projets les solutions de demain pour décarboner les ports.

5.6.2.1 Le projet Poséidon pour dérisquer l'ensemble de la chaîne de valeur de production e-méthanol

Le projet POSEIDON, piloté par le laboratoire d'EDF EIFER, le centre de R&D commun d'EDF et du Karlsruher Institut für Technologie basé en Allemagne, a officiellement démarré le 1er septembre 2023 et durera 4 ans, ouvrant la voie à la production et l'utilisation de méthanol de synthèse (e-méthanol) comme carburant dans le transport maritime. Ce projet vise à tester et dérisquer la production de e-méthanol sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Les enjeux du projet sont de :

- Démontrer la faisabilité de l'utilisation de méthanol de synthèse comme carburant pour le transport maritime. Le projet s'attachera à démontrer une chaîne de valeur complète ;
- **Accompagner le Groupe EDF** dans ses projets industriels en développement notamment en renforçant l'expertise technique et opérationnelle de la R&D sur les carburants de synthèse ;
- **Favoriser l'acceptabilité du public** en sensibilisant aux avantages des nouveaux carburants renouvelables tels que l'e-méthanol pour le transport maritime.

5.6.2.2 Le projet Futur Ship and System Design piloté par EDF Lab Asie Pacifique

Pour décarboner le secteur maritime français, il apparaît essentiel de s'appuyer sur l'expérience des hubs portuaires et centres maritimes internationaux. Au travers du centre de R&D basé à Singapour (EDF Lab Asie Pacifique), le groupe EDF est au plus près de l'innovation et des projets novateurs pour décarboner le maritime. EDF Lab Asie Pacifique contribue aux côtés des Autorités Portuaires Maritimes de Singapour (MPA) et de l'Institut de Technologie de Singapour (SIT) au projet "Futur Ship and System Design", projet emblématique de l'ambition de Singapour dans l'avenir du secteur maritime.

L'objectif principal de ce projet prévu sur 10 ans, est d'étudier les impacts des changements technologiques, numériques, environnementaux et énergétiques sur

l'ensemble de la chaîne de valeur des navires afin d'opérer à un dimensionnement optimal et déterminer quel type de carburant utiliser suivant l'usage dans le but d'optimiser au mieux les coûts et limiter les pertes énergétiques.

Sur ce projet, la R&D travaillera de manière transverse sur la conception, la construction, l'exploitation et les essais de ces navires décarbonés au travers 5 domaines distincts :

- Outil de conception de système ;
- Exploitation intelligente des navires ;
- Planification et exploitation de l'infrastructure de recharge ;
- Captage de carbone et avitaillement en carburant ;
- Solution de gestion de l'énergie.

5.6.2.2 Le projet Futur Ship and System Design piloté par EDF Lab Asie Pacifique

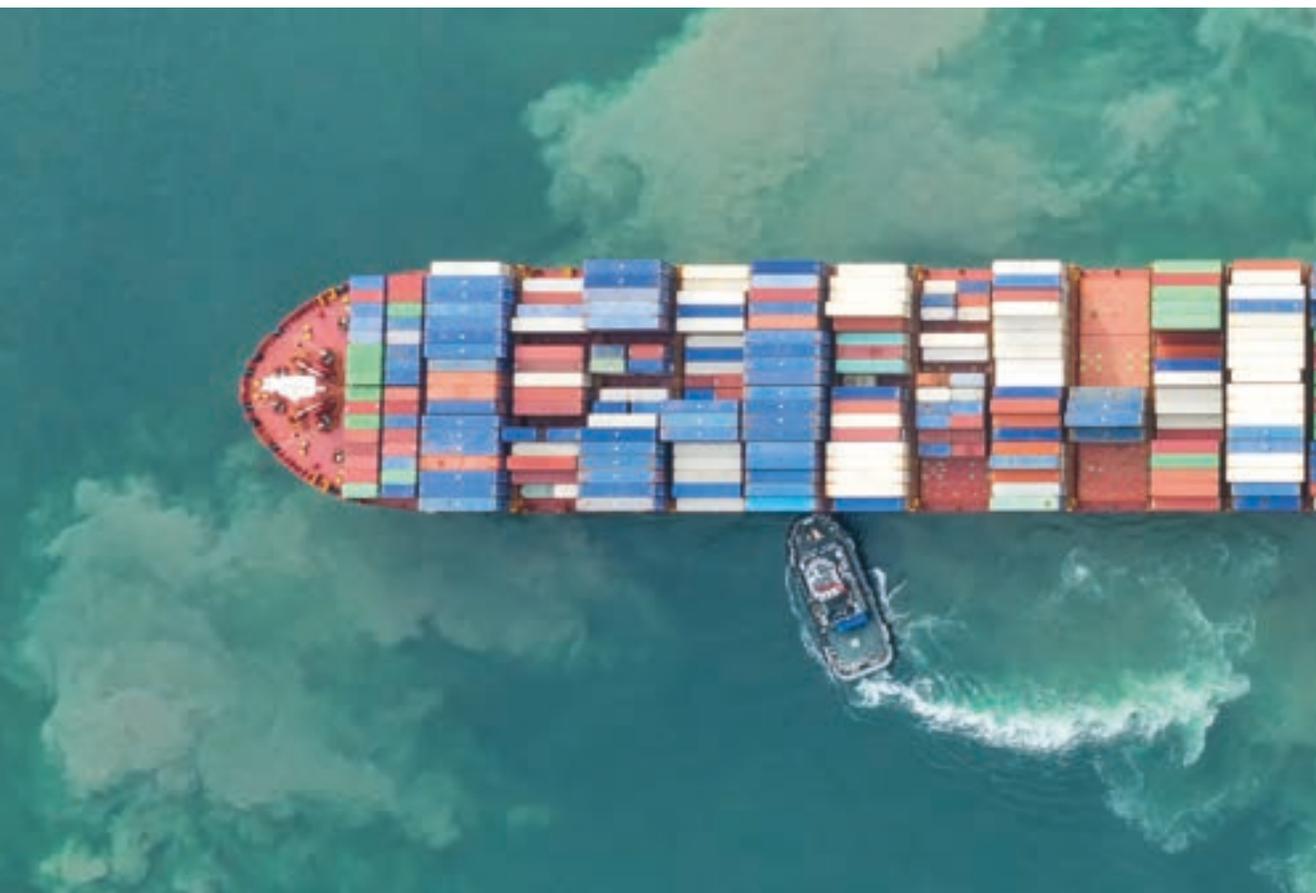
Pour décarboner le secteur maritime français, il apparaît essentiel de s'appuyer sur l'expérience des hubs portuaires et centres maritimes internationaux. Au travers du centre de R&D basé à Singapour (EDF Lab Asie Pacifique), le groupe EDF est au plus près de l'innovation et des projets novateurs pour décarboner le maritime. EDF Lab Asie Pacifique contribue aux côtés des Autorités Portuaires Maritimes de Singapour (MPA) et de l'Institut de Technologie de Singapour (SIT) au projet "Futur Ship and System Design", projet emblématique de l'ambition de Singapour dans l'avenir du secteur maritime.

L'objectif principal de ce projet prévu sur 10 ans, est d'étudier les impacts des changements technologiques,

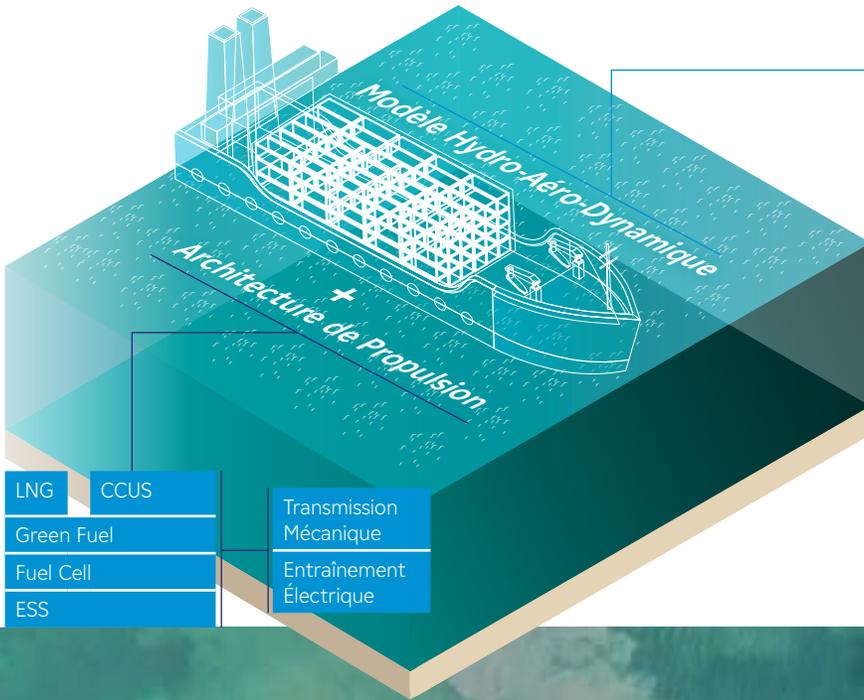
numériques, environnementaux et énergétiques sur l'ensemble de la chaîne de valeur des navires afin d'opérer à un dimensionnement optimal et déterminer quel type de carburant utiliser suivant l'usage dans le but d'optimiser au mieux les coûts et limiter les pertes énergétiques.

Sur ce projet, la R&D travaillera de manière transverse sur la conception, la construction, l'exploitation et l'essais de ces navires décarbonés au travers 5 domaines distincts :

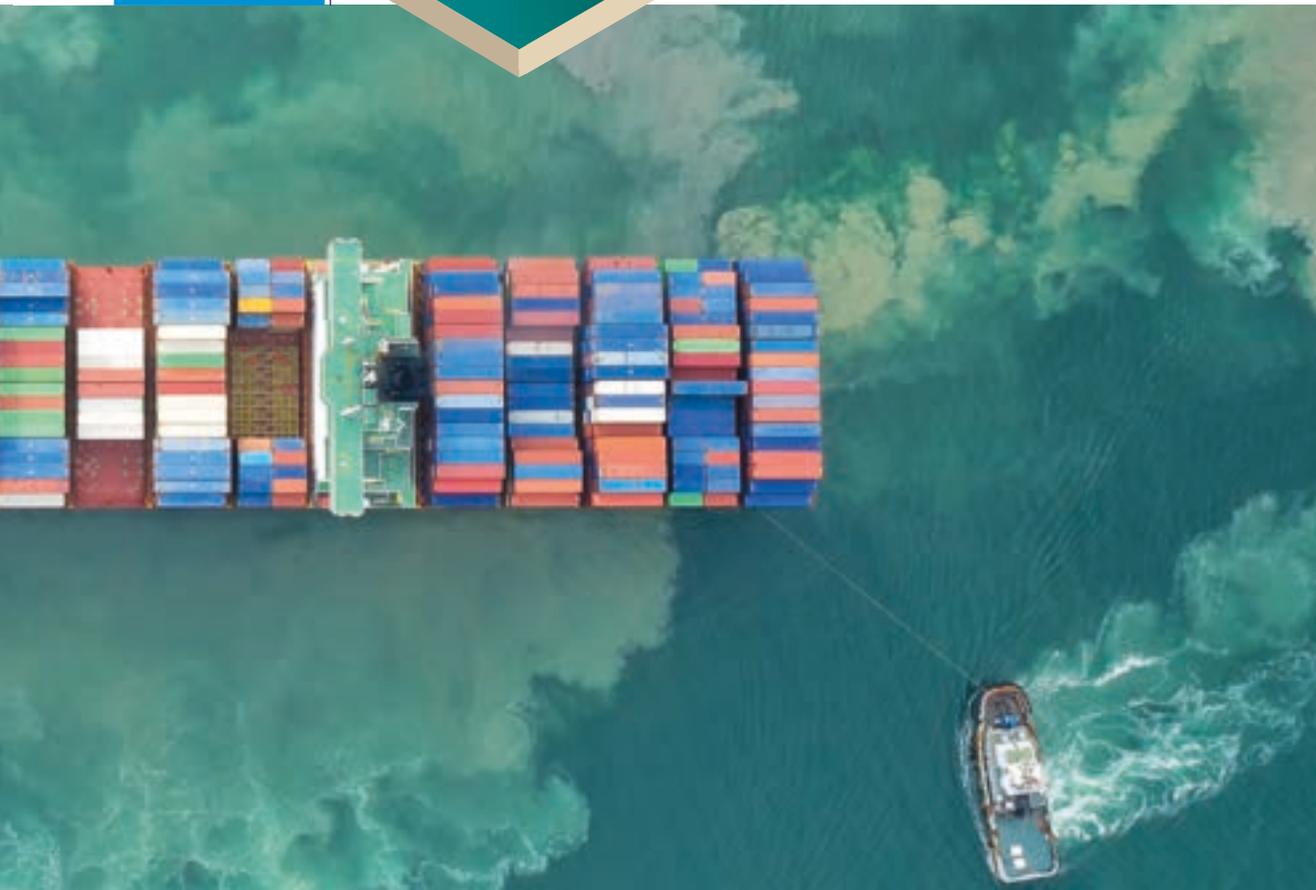
- Outil de conception de système ;
- Exploitation intelligente des navires ;
- Planification et exploitation de l'infrastructure de recharge ;
- Captage de carbone et avitaillement en carburant ;
- Solution de gestion de l'énergie.



Optimisation de Conception Multi-Objectifs



- Exigences de la Mission
- Dimensions Principales
- Forme de la Coque
- Technologies Écoénergétiques
- Demande de Puissance de Propulsion
- Machinerie
- Source d'Énergie
- Architecture de Propulsion
- Poids
- Coût
- Espace



5.6.2.3 Le projet Port of the future

Ce projet a rassemblé l'ensemble des expertises internationales d'EDF au travers de son institut de recherche EIFER (Europäisches Institut für Energieforschung EDF-KIT EWIV) basé en Allemagne, sa R&D basée au

Royaume-Uni, EDF Singapour Lab et son Lab Innovation. L'objectif de ce projet était d'identifier les défis intersectoriels et les meilleures briques technologiques à mettre en place pour décarboner le port de demain.

WP6 : Port du futur pour 2050 : Technologie

Éolien offshore

- Développer les parcs d'éoliennes offshore et leurs infrastructures



Alimentation de quai à navire

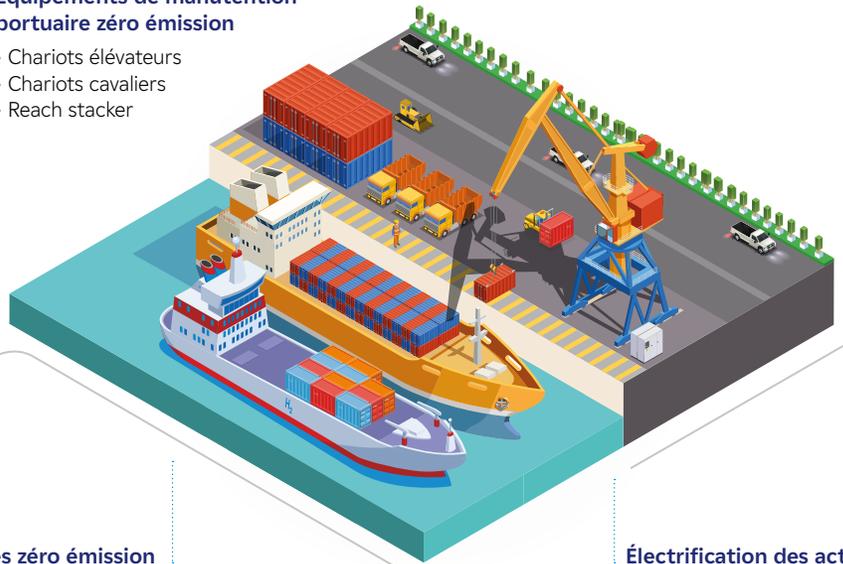
- Solutions en place pour tous les types de bateaux
- Prises de recharge autonomes disponibles

Équipements de maintenance portuaire zéro émission

- Chariots élévateurs
- Chariots cavaliers
- Reach stacker

Plateformes numériques

- Outils numériques pour améliorer les opérations portuaires, ces outils adopteront une approche holistique du port
- Jumeaux numériques des ports



Véhicules zéro émission

Véhicules à hydrogène, ammoniac et méthanol à pleine maturité (ICE et pile à combustible)

Électrification des actifs

Automatisation des actifs (par ex. : grues et camions)

Financement vert

- Obligations vertes et obligations de durabilité
- Financement par augmentation des taxes
- Port franc

Surveillance des actifs

Automatisation des actifs pour améliorer les opérations portuaires (par ex. : grues) au stade de la démonstration et réalisée seulement dans un petit nombre de ports



Décarbonisation du transport maritime



Décarbonisation des opérations portuaires

EDF lab Singapore

Intégration des systèmes énergétiques et micro-réseaux



Synergies entre industries

Infrastructure de ravitaillement

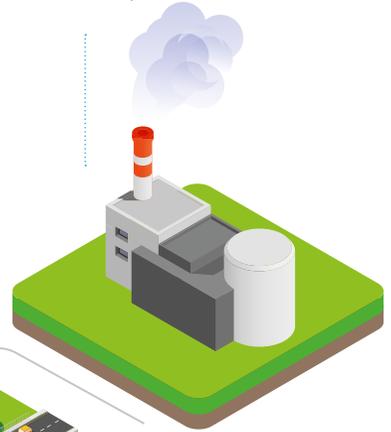
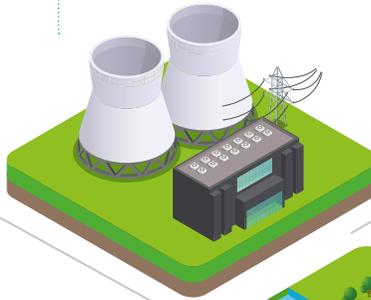
- Réservoir de méthanol, camion et navire entièrement commercialisés
- Réservoir d'ammoniac, camion ou navire à navire entièrement commercialisés
- Ravitailler en hydrogène à grande échelle avec possibilité d'extension

Contrôle intelligent de l'énergie

- Recharge intelligente et gestion de flotte
- Optimisation des conteneurs réfrigérés
- Déplacement et planification des charges

Mise à niveau de l'approvisionnement électrique

Services énergétiques flexibles grâce aux microgrids V2X sur site, utilisation commerciale de la production sur site



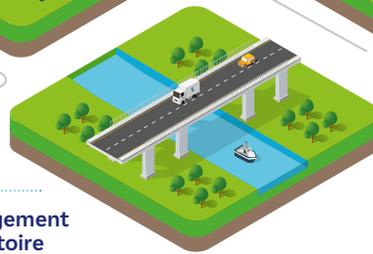
Production de carburants à faible teneur en carbone sur site

Carburant hydrogène entièrement commercialisé et carburants dérivés de l'hydrogène à grande échelle avec possibilité d'extension

Aménagement du territoire

Hub de transport zéro carbone

Développement de hubs énergétiques pour partager les ressources et infrastructures énergétiques dans les ports



Intégration des clusters industriels

- Terminaux d'hydrogène et d'e-carburants
- Mise en place d'un réseau régional d'hydrogène

Économie bleue

- Collecte des déchets plastiques océaniques
- Aquaculture d'algues
- Surveillance côtière
- Conservation marine

5.6.2.4 Le projet Freeport East Energy Hub

EDF R&D UK et Sizewell C, dans le cadre du projet Freeport East Energy Hub, réalisent une étude des solutions qui permettront de faire de Freeport East un port et un pôle énergétique neutre en carbone. Ce projet financé par le gouvernement britannique a pour objectif d'examiner comment Freeport East pourrait devenir à la fois un port et un pôle énergétique neutre en carbone pour

les tiers et la région adjacente. Ce projet tirerait parti d'opportunités, telles que la présence de centrales nucléaires existantes et nouvelles à Sizewell. En parallèle, la R&D évalue la demande énergétique du port et s'appuie sur l'outil Hy4Fleets pour identifier les possibilités de décarbonation des véhicules portuaires et de fret grâce à l'hydrogène.

5.6.2.5 Le projet H2Ship porté par EIFER, laboratoire d'EDF basé en Allemagne

Le consortium européen H2SHIPS a œuvré entre 2019 et 2023 à la promotion de l'hydrogène pour la décarbonation de la navigation. Coordinné par EIFER et Hynamics comme partenaire du consortium, ce projet témoigne de la volonté forte du groupe d'agir pour la transition énergétique du transport naval.

Pour démontrer la faisabilité technique et économique du soutage et de la propulsion d'hydrogène pour le transport naval, deux projets pilotes sont mis en œuvre dans le cadre d'H2SHIPS :

- Un nouveau navire à passagers fonctionnant à l'hydrogène pour le port d'Amsterdam ;
- Une station d'avitaillement en hydrogène a été mise en place pour alimenter les navires de maintenance des parcs éoliens à Ostende, en Belgique.

Par ailleurs, un travail d'analyse et de concertation spécifique pour Paris et l'axe Seine a été réalisé, aboutissant à la rédaction d'un plan d'action pour la mise en œuvre d'un écosystème hydrogène fluvial.



5.7 EDF est pleinement engagé dans la préservation de la biodiversité au travers d'actions concrètes...

Au travers de son engagement dans l'initiative « Entreprises Engagées pour la Nature » et de la feuille de route 2024-2027 Biodiversité Nucléaire, EDF maintient des travaux de recherche permettant de comprendre la dynamique de la biodiversité marine liées aux évolutions des milieux notamment en lien avec le changement climatique. Ces travaux sont menés avec des partenaires scientifiques nationaux, tels que l'Ifremer ou le CNRS, ou associatifs, tels que le CEN, CBN,



Calanque de Podestat - © Parc National des Calanques

Depuis la mise en service des centrales nucléaires dans les années 80, EDF suit les écosystèmes côtiers et dispose ainsi de chroniques de données importantes le long de la façade. Afin de mieux comprendre ces écosystèmes et leurs évolutions dans un contexte de changement climatique, des travaux de recherches sont lancés pour analyser les chroniques de données et se servir des informations issues des 40 années passées pour mieux comprendre et anticiper les évolutions à venir.

Sur la base du constat partagé que pour mieux protéger, il est essentiel de mieux connaître et mieux recenser. EDF contribue ainsi au programme « Aires marines sentinelles » porté par l'université de Montpellier (UMR marbec) et le CNRS qui a pour objectif d'analyser et suivre dans le temps la biodiversité marine (poissons et crustacés) via l'ADN environnemental sur 13 sites répartis sur l'ensemble des façades maritimes métropolitaines.

 Depuis 12 ans, EDF et l'institut océanographique Paul Ricard sont partenaires pour étudier et préserver la biodiversité marine dans la Calanque de Podestat, située au cœur du Parc National des Calanques à Marseille. Cette collaboration a permis l'étude et le suivi de l'état écologique de la calanque, d'établir un inventaire détaillé de sa faune et de sa flore, et de mettre en place des actions concrètes pour garantir sa préservation à long terme. Le degré de protection renforcée dont bénéficie la Calanque de Podestat au titre du Parc National permet l'amélioration de son état écologique. EDF veut faire de cet écrin de nature un laboratoire naturel d'observation et de préservation de la biodiversité.

Parmi les effets du changements climatiques, les vagues de chaleurs peuvent affecter les espèces marines. Ainsi, EDF s'associe aux travaux de l'Ifremer pour comprendre l'incidence de ces phénomènes et plus généralement de l'augmentation de la température sur une espèce de poisson emblématique de nos eaux : le bar commun.

5.8 ...Et adapte l'ensemble de ses actifs de production de bord de mer face aux risques du changement climatique

EDF se mobilise pleinement sur les enjeux liés aux impacts du changement climatique sur les mers et les océans. Depuis 1990, la R&D d'EDF travaille sur le climat et ses effets et a mis en place en 2014 un service climatique. Elle poursuit intensément ses travaux de recherche sur le changement climatique dont certains consacrés spécifiquement aux conséquences du

dérèglement climatique sur la mer. EDF participe à des travaux d'instances nationales ou internationales d'envergure.

La question de la prévision à court, moyen et long terme de la ressource en eau est fondamentale pour adapter les outils de production d'énergie et développer une gestion partagée des écosystèmes fluviaux et marins.



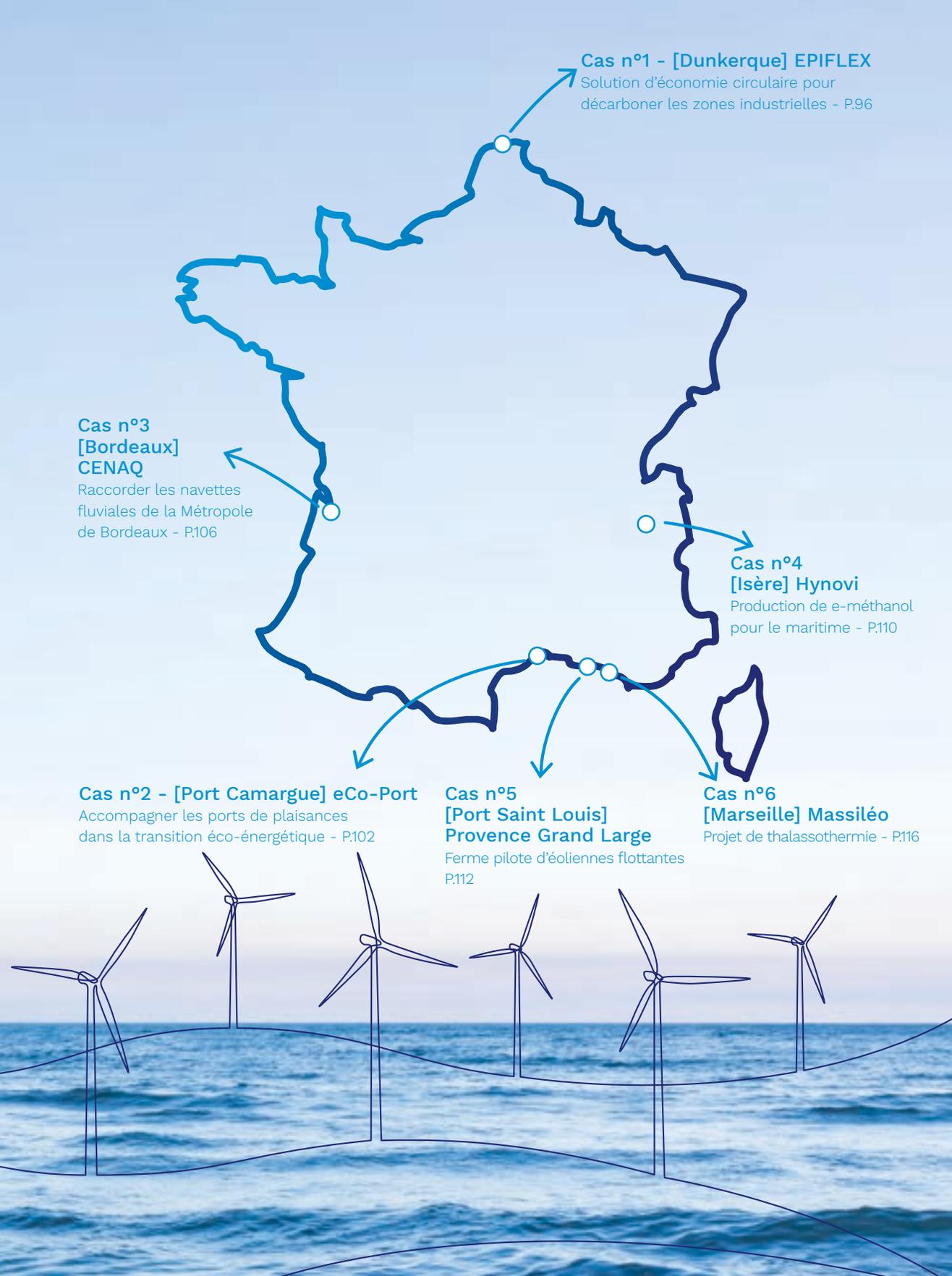
Dans la continuité de ces travaux, EDF a lancé le programme ADAPT pour ses sites nucléaires et thermiques articulé autour de 4 axes :

- Comprendre le dérèglement climatique et ses effets physiques à l'échelle des territoires, en intégrant son caractère systémique pour imaginer les futurs climatiques des territoires ;
- Évaluer les impacts physiques du dérèglement climatique sur les lieux d'implantation des installations, dont celles situées en bord de mer, mais aussi sur l'ensemble de leur écosystème territorial ;
- Mobiliser l'ensemble des acteurs internes et externes sur les dimensions évolutive et systémique du dérèglement climatique et de ses conséquences ;
- Agir pour s'adapter et contribuer à l'habitabilité des territoires.

Chapitre 6

Quelques projets
et réalisations **exemplaires**





Cas n°1 - [Dunkerque] EPIFLEX

Solution d'économie circulaire pour décarboner les zones industrielles - P.96

Cas n°3

[Bordeaux] CENAQ

Raccorder les navettes fluviales de la Métropole de Bordeaux - P.106

Cas n°4
[Isère] Hynovi

Production de e-méthanol pour le maritime - P.110

Cas n°2 - [Port Camargue] eCo-Port

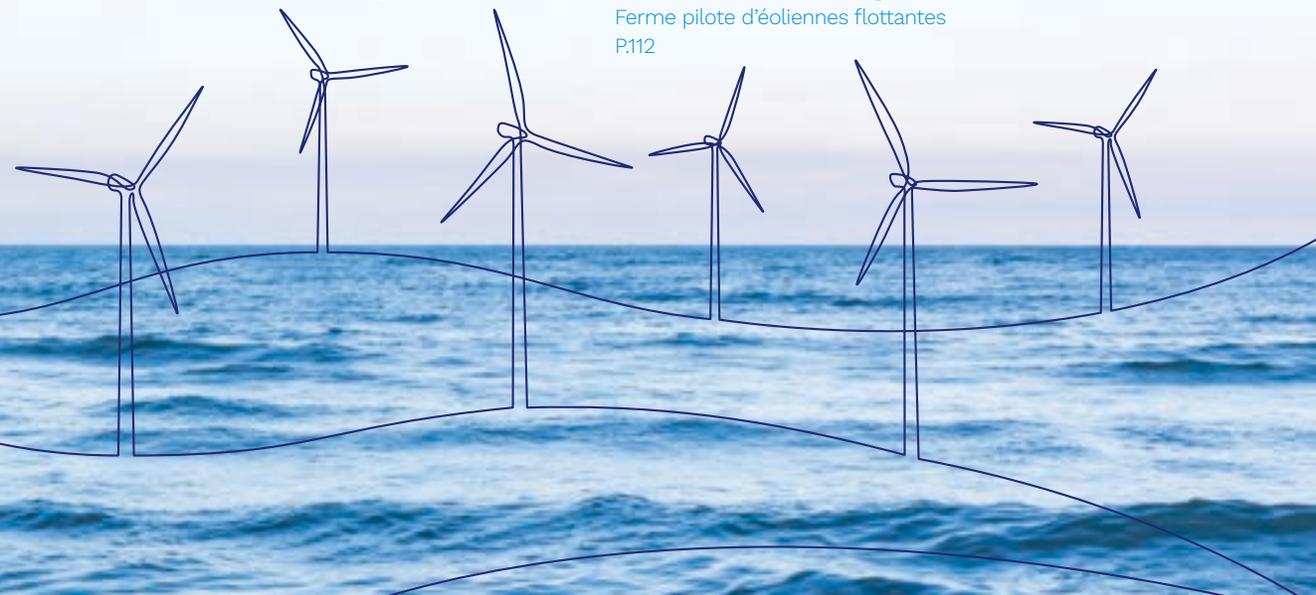
Accompagner les ports de plaisances dans la transition éco-énergétique - P.102

Cas n°5
[Port Saint Louis] Provence Grand Large

Ferme pilote d'éoliennes flottantes P.112

Cas n°6
[Marseille] Massiléo

Projet de thalassothermie - P.116





Cas n°1



6.1 EPIFLEX, une solution d'économie circulaire pour décarboner les zones industrielles



EPIFLEX, c'est quoi ?

- Une démarche d'écologie industrielle et territoriale
- Appliquée pour la 1^{ère} fois sur le territoire dunkerquois (projet ADEME 2019-2021)
- Des travaux innovants EDF R&D et Mines Paris Tech capitalisant 10 ans de recherches

Développée par la R&D d'EDF en partenariat avec les Mines ParisTech et avec le soutien de l'ADEME, la démarche d'économie circulaire EPIFLEX conçoit des symbioses industrielles pour la décarbonation des territoires. Elle couple des analyses technico-économiques à une animation territoriale favorisant l'adhésion des parties prenantes et l'ancrage territorial des solutions. L'idée est de valoriser les flux perdus des industriels, comme la chaleur fatale ou les eaux usées, et de concevoir les meilleurs réseaux d'échanges entre industriels pour valoriser ces flux. Des technologies innovantes peuvent être associées (électrolyseurs, PAC, unités de traitement...).

Lauréat des Trophées R&D EDF 2021 et finaliste des prix Pulse 2023, EPIFLEX prend sa valeur dans l'articulation de 6 étapes basées sur des outils innovants et dans leur intégration à un dispositif suscitant le dialogue entre les acteurs et donc le développement de relations de confiance. Au-delà du diagnostic territorial et des études de conception technico-économique optimisée, elle aborde la question de la valeur territoriale créée et propose une visualisation interactive des solutions pour convaincre.

Aujourd'hui, EPIFLEX est une marque déposée.

Diagnostic territorial

- Pré-Ciblage des problématiques et analyse du jeu d'acteurs
- Pré-Ciblage des flux

Données / Animation

- Collecte de données
- Animation d'ateliers
- Montage de partenariats
- Comités techniques
- Comités de pilotage

Solutions optimisées

- Identification des symbioses (mutualisation et substitution) Matière, énergies couplage des flux
- Analyse technico-éco
- Technologies innovantes
- Études itératives avec parties prenantes

Flux énergie / matière

(chaud, froid, H₂, CO₂, eau,...)



Réseaux d'échange

(chaaleur, froid, H₂, CO₂, eau,...)



Procédés batch

Flexibilité des solutions

Stockage

Unités de conversion énergie / matière

(électrolyseurs, méthaniseur, power2gaz,...)



Dans un premier temps, des symbioses entre les différents acteurs du système étudié sont ciblées à l'aide d'outils de géolocalisation intégrant des bases de données sectorielles. Puis, à l'aide d'une collecte de données, les flux les plus pertinents sont modélisés à l'aide d'un outil d'aide à la décision. Un algorithme d'optimisation et d'intégration énergie/matière permet d'identifier les meilleures symbioses techniques et économiques et de concevoir les infrastructures nécessaires à la mise en œuvre de ces symbioses : réseaux de chaleur, d'eau,

d'hydrogène, et des technologies innovantes comme des électrolyseurs, des PAC, des unités de traitement, unités de stockages, CCU, etc. Au sein des modèles, la dynamique des systèmes est prise en compte selon trois échelles distinctes : l'échelle horaire et l'échelle saisonnière pour la prise en compte de la temporalité des procédés ainsi que l'échelle annuelle pour prendre en compte la dynamique territoriale avec l'arrivée de nouveaux industriels, l'évolution ou la fermeture de sites.

Évaluation des gains & modèle éco

- Analyse de la valeur créée, modèles de gouvernance et modèle économique durable
- Impact environnemental avant / après

Capitalisation, Communication, Valorisation

- Supports communicants Interactifs
- Ateliers des restitution auprès des acteurs
- Partage des travaux dans le cadre du réseau national Synapse

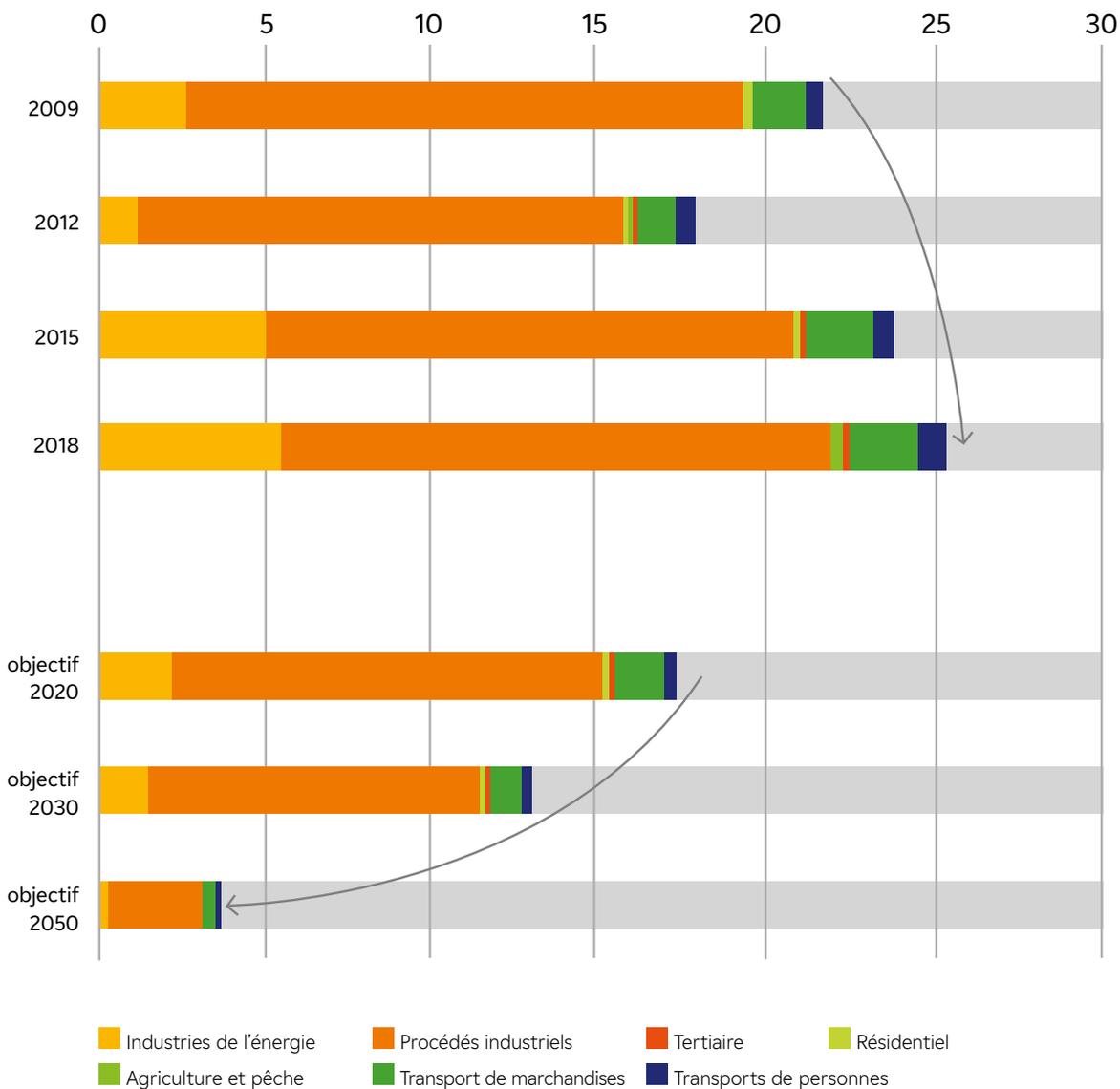
Financements

- Recherche de financements pour la mise en œuvre

Projet pilote sur le Dunkerquois, un territoire fortement émetteur en CO₂

Évolution du bilan carbone «territoire» de la CUD et objectifs réglementaires nationaux

Émissions en millions de Tonne éq. CO₂



La démarche de co-construction EPIFLEX avec les partenaires de la zone industrialo-portuaire de Dunkerque (CUD, GPMD, Euraénergie, Polénergie, SED, AGUR, SED...) a permis d'identifier des solutions à forte valeur pour le territoire.

En particulier, elles permettraient de réaliser des gains conséquents sur les coûts opératoires des industriels, sur les consommations en eau et en énergie fossile. C'est pourquoi les symbioses proposées accompagneraient la décarbonation de ce territoire, le plus émetteur de France, avec 43kt de CO₂

évités dans le secteur industriel grâce à la valorisation de chaleur fatale (jusqu'à 1,3 TWh/an) et le soutiendrait dans sa gestion de la ressource en eau grâce à une économie de 1,5 millions de m³ par an.

Par la suite, un AMI a été lancé par le GPMD pour la mise en œuvre d'une autoroute de la vapeur, gagné par Dalkia et générant une forte attractivité du territoire et l'arrivée de plusieurs sites dont 2 gigafactories : Verkor et Prologium.

Et demain ?

Mise en œuvre des préconisations

La démarche étant générique et répliquable, d'autres territoires se montrent intéressés. Des études ont été réalisées à Fos sur Mer et des discussions sont en cours sur d'autres zones industrialo-portuaires. Des réflexions et travaux pour répliquer cette démarche ont été lancés sur le Grand Port Maritime de Bordeaux, Bayonne, Bord de Seine Durable, Andrézieux Bouthéon et Le Havre.

- **20 Mt de CO₂ émis** par an par l'industrie
- **5,4 TWh/an de chaleur fatale** émise par 8 industriels du dunkerquois
- **Arcelor Mittal Dk** le + gros émetteur de CO₂ d'Europe **>10 Mt émis/an** prévoit sa neutralité carbone d'ici 2050
- Un territoire **sensibilisé à l'économie circulaire** : depuis 1986 la chaleur des Hts fournaux d'Arcelor chauffe la ville de Dunkerque
- Un **collectif CO₂** lance une démarche active sur le (GT/feuille de route...)
- **Tension sur les réseaux d'eau** industrielle/potable

Trois questions à David LEFRANC, Directeur de l'aménagement et de l'Environnement du Grand Port Maritime de Dunkerque :



Quelles mesures avez-vous prises dans votre feuille de route pour réduire vos émissions de gaz à effet de serre ?

Elles sont nombreuses. Le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) accueille 460 entreprises industrielles, constituant ainsi un bassin économique et un pôle d'emploi majeur, mais avec un impact notable : le territoire dunkerquois émet actuellement près de 21% des émissions de CO₂ d'origine industrielle. Nous visons à diviser par deux ces émissions d'ici 2030 (par rapport à 2019) et à atteindre la neutralité carbone dès 2050. Le GPMD transforme son industrie et s'adapte aux enjeux environnementaux, énergétiques et à l'accueil de nouvelles entreprises pérennes et durables pour l'environnement. En collaboration avec la Communauté Urbaine de Dunkerque, nous réfléchissons conjointement aux infrastructures et aux utilités collectives qui feront de Dunkerque un hub décarboné et résilient, telles que l'autoroute de la chaleur, le réseau de CO₂ et d'hydrogène décarboné, le réseau de transport et d'importation de gaz, ainsi que le réseau d'eau industrielle. Nous nous efforçons de promouvoir la circularité et la synergie au sein de l'ensemble du tissu industriel de la zone afin de limiter les flux perdus. Par ailleurs, rendre les transports fluviaux et ferroviaires plus attractifs grâce au développement de plateformes multimodales dans l'hinterland fait partie de nos ambitions. Pour être précis et exhaustif, notre stratégie de décar-

bonation se décline selon cinq axes :

- Promouvoir et mettre en œuvre des projets de décarbonation industriels ;
- Accompagner les projets de production d'énergie renouvelable ;
- Massifier et décarboner les mobilités ;
- Développer les réseaux de décarbonation ;
- Accompagner l'ensemble des secteurs présents sur le port dans leur décarbonation.

Aujourd'hui, le GPMD compte 30 500 emplois et génère 3,7 milliards de valeur ajoutée. Avec le territoire, nous anticipons dès aujourd'hui les impacts et les besoins futurs que ces transformations induiront, notamment la création de 16 000 emplois d'ici 2035.

Pourquoi avoir choisi de mettre en place la solution EPIFLEX sur le territoire Dunkerquois et comment le groupe EDF vous a-t-il accompagné ?

Cette démarche a débuté en 2019 lorsque EDF a exprimé son intérêt pour la mise en place de ce projet novateur sur le GPMD. Nous avons immédiatement soutenu cette initiative, qui constitue une approche territoriale complète visant à mettre en relation l'ensemble des acteurs publics, économiques et politiques du territoire. EPIFLEX est venu compléter nos initiatives en matière d'économie circulaire, mises en œuvre depuis des décennies sur le GPMD, en étudiant la faisabilité économique et technologique des différents projets de synergie par rapport aux potentiels et aux perspectives que nous envisageons



pour les années à venir. En effet, EPIFLEX permet d'analyser de manière détaillée les flux de matières circulant sur le territoire entre les industriels (déchets, CO₂, hydrogène, par exemple), ainsi que les flux de chaleur fatale industrielle, et de mettre en lumière les hypothèses de récupération de l'eau industrielle. Cette démarche est donc complémentaire à ce qui a été réalisé avec ECOPAL, qui vise à valoriser depuis 2001 le recyclage de la chaleur fatale, de la biomasse, des déblais de dragage et à créer des synergies entre les industriels du territoire. Ces projets cherchent conjointement des synergies pour valoriser les flux, bénéficier d'économies d'échelle et réduire de manière significative l'empreinte environnementale des entreprises et du territoire. Nous nous efforçons de faire de Dunkerque un territoire exemplaire en matière de transition écologique et énergétique, et EPIFLEX soutient parfaitement nos ambitions. En effet, cette démarche permet de créer de nouvelles opportunités tout en étant conforme à notre engagement en faveur de l'écologie industrielle. Ces initiatives ont permis de :

- Fédérer les acteurs et encourager le travail collaboratif

pour favoriser les synergies ;

- Transformer les procédés industriels en améliorant l'efficacité énergétique, en recyclant et valorisant au maximum les co-produits ;
- Mettre en place des infrastructures collectives (électricité, eau industrielle, chaleur fatale, hydrogène, CO₂). EDF a joué un rôle catalyseur dans la capacité à fédérer les acteurs du territoire autour des questions d'économie circulaire.

Quelles sont les perspectives à venir ?

Nous avons désormais pour ambition de créer une véritable «autoroute de la chaleur», reliant les industriels et les logisticiens de la zone industrialo-portuaire d'ici à 2025.

Désormais lauréat de l'AAP ZIBaC porté par l'ADEME, le projet «DKarbonation» vise à faire de Dunkerque, grâce au volontarisme de ses industriels et à l'énergie créative de ses institutions, une vitrine régionale, nationale voire internationale de la décarbonation à l'échelle d'un territoire : passer du premier émetteur de CO₂ au premier émetteur de solutions ! Les infrastructures portées par ZIBaC sont ainsi divisées en six piliers : l'électricité, l'eau, l'hydrogène, le CO₂, le biométhane et la chaleur.



Cas n°2



6.2 L'offre eCo-Port, l'accompagnement des ports de plaisance dans la transition éco-énergétique

eCo-Port c'est quoi ?

L'offre eCo-Port développée par EDF commerce et EDF Pulse Studio répond à l'évolution des besoins chez les plaisanciers et les gestionnaires des ports qui veulent s'engager dans la transition énergétique et écologique. Constatant chez leurs plaisanciers une modification des besoins en énergies, en nouveaux services, et une attention particulière portée à l'environnement et à la sécurité, les ports de plaisances vont vers une dynamique de rénovation de leurs infrastructures.

Face au vieillissement des installations des 305 ports de plaisance français et aux objectifs de décarbonation du secteur, l'offre eCo Port permet d'optimiser la gestion des installations tout en améliorant les services proposés aux usagers en :

- optimisant les ressources énergétiques du port ;
- favorisant une mobilité verte ;
- augmentant la sécurité des biens et des personnes ;
- valorisant l'engagement environnemental du port.

EDF s'engage auprès des « ports de plaisance du futur » autour de la démarche eCo-Port. A port Vendres EDF s'est engagée financièrement via sa filiale Safidi, au sein du groupement en charge de la concession d'exploitation du port avec la compagnie « la Fruitière » et la CCI des Pyrénées-Orientales. L'objectif est de bâtir un port intelligent et durable en travaillant à la décarbonation du port de commerce et à la transformation du port de plaisance en un port connecté grâce à l'offre eCo-Port. Cette démarche vise à propulser le « port de plaisance de demain » en proposant un nouveau modèle d'optimisation de l'activité portuaire (système de supervision centralisée, monitoring) tout en modernisant les

infrastructures électriques (solaire, rénovation énergétique, mobilité). eCo-Port se décline actuellement à Port Camargue (Grau du Roi) dont l'enjeu est de réduire les consommations d'électricité et d'eau notamment par la mise en place de technologie de comptage individualisés (pontons connectés), de détection de fuites et de pilotage des mâts d'éclairage intelligent. La démarche eCo-Port apporte aussi des solutions en matière de gestion des flottes par capteurs IoT (parking nouvelle génération, détecteurs de présence) et de sécurisation des ports (systèmes de surveillance de bassins, systèmes d'alertes).

3 questions à Jean-Romain BRUNET, Directeur général de Port Camargue, 1^{er} port de plaisance d'Europe :



Quels sont les enjeux de la transition éco-énergétique pour un port de plaisance comme Port Camargue ?

Le port de plaisance de Port Camargue dispose de 5000 postes d'amarrage, d'un excellent plateau technique fort de 65 entreprises nautiques, représentant 35 M d'Euros de chiffres d'affaires et près de 400 emplois. Nous avons engagé notre transition vers un nouveau modèle de développement. Il s'agit pour nous d'inventer à l'échelle locale des solutions maritimes au réchauffement climatique. Les bateaux évoluent : on retrouve de nos jours à bord des navires

le même confort que dans un habitat classique.

Climatisation, télévision et machine à laver en plus des systèmes automatisés qui veillent sur les bateaux en l'absence des propriétaires. Ces équipements sont de plus en plus énergivores et appellent une évolution des équipements portuaires.

Pourquoi avoir choisi de faire appel à l'offre eCo-Port pour répondre à ces enjeux et comment le groupe EDF vous a-t-il accompagné ?

Port Camargue a été fortement impacté par la hausse rapide du prix de l'énergie. Il a fallu faire face à l'urgence avec l'adoption d'un plan de sobriété énergétique qui a permis de baisser de 22% notre consommation de kWh en 2023. Il a fallu également préparer l'avenir en faisant appel à l'expérience et à l'ingénierie d'EDF. Autrement dit, le premier port

de plaisance d'Europe et le grand énergéticien français EDF ont réuni leurs savoir-faire pour maîtriser les consommations et décarboner les usages.

Concrètement, Port Camargue s'est engagé dans la conception d'un « smart grid » qui va se concrétiser par l'installation de bornes nouvelle génération sur les pontons. Ces bornes pourront collecter des informations sur les consommations en eau et électricité des navires. Ces données seront collectées par la capitainerie afin de sensibiliser chaque plaisancier et modifier les comportements.

Quel retour d'expérience faites-vous de cette réalisation ?

Le premier constat, c'est que nous avons bénéficié d'une écoute très attentive de nos besoins. Ce travail de longue haleine entre les équipes, c'est l'exemple des bienfaits du temps long. La mutualisation de compétences a fait naître une relation de confiance. Nous sommes en train de tester une nouvelle génération de bornes électriques qui permettra, de changer totalement l'approche des ports de plaisance. Il s'agit de proposer du matériel fiable qui pourra, une fois éprouvé, se déployer à très grande échelle. L'enjeu, c'est de responsabiliser chacune et chacun et de faire baisser la consommation électrique des bateaux. Il est encore trop tôt pour crier victoire. L'année 2024 sera déterminante pour achever la phase de tests.

Gestion sécurisée de l'énergie

Des solutions modulaires pour produire des énergies durables et de maîtriser les consommations

Sécurité

Renforcer la sécurité à l'aide de caméras de vidéo surveillance et de systèmes de contrôle d'accès

• Éclairage intelligent

• Vidéo surveillance du port et des parkings

Contrôle d'accès aux pontons

• Portiques

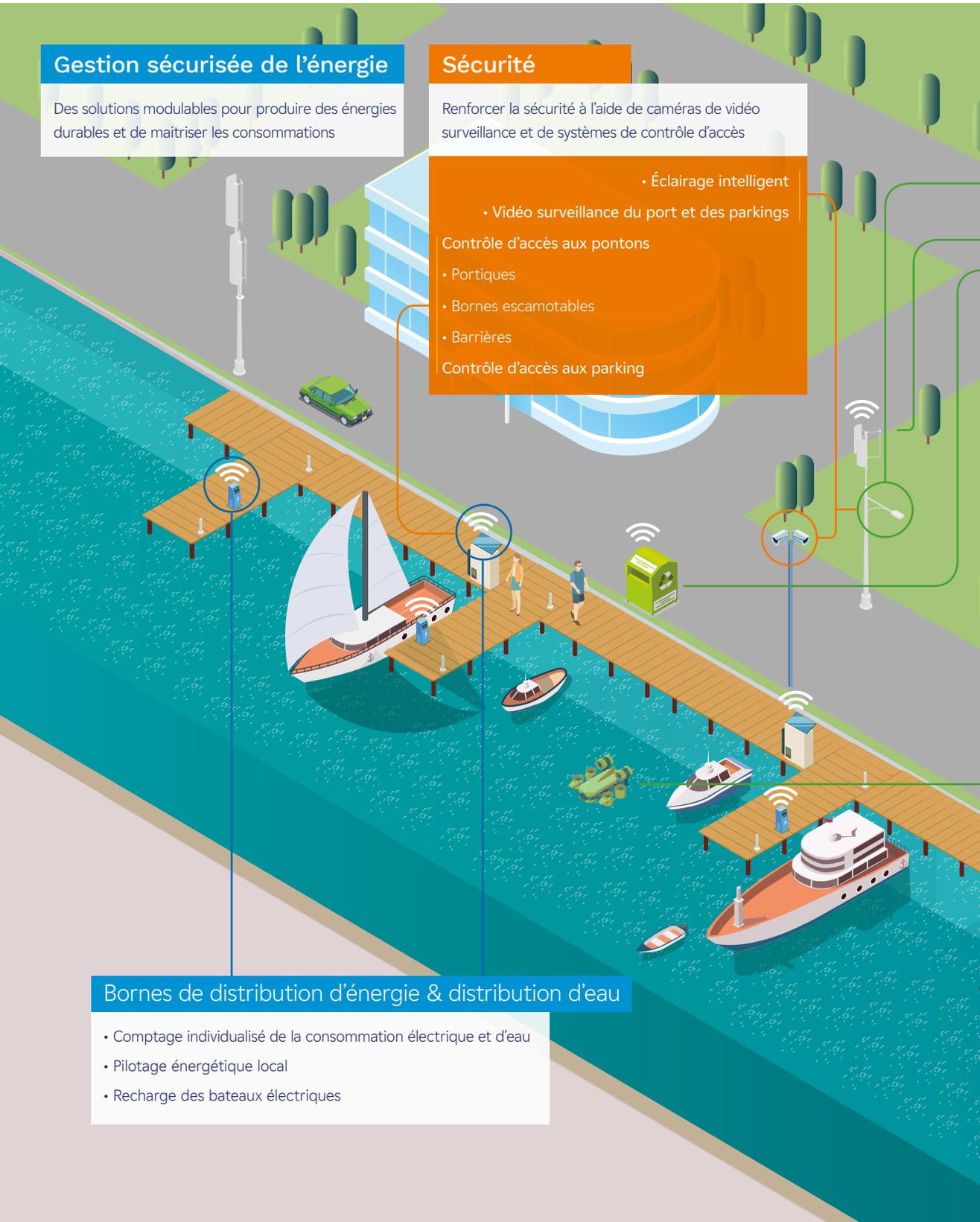
• Bornes escamotables

• Barrières

Contrôle d'accès aux parking

Bornes de distribution d'énergie & distribution d'eau

- Comptage individualisé de la consommation électrique et d'eau
- Pilotage énergétique local
- Recharge des bateaux électriques



Environnement

Des services durables d'accompagnement dans la mise en place des démarches environnementales

- Capteurs de détection de présence : réduction de l'impact de l'éclairage sur la biodiversité
- Capteur de qualité de l'air
- Poubelles connectées pour une gestion plus responsable des déchets
- Drone sous-marin : contrôle de la qualité de l'eau du port, des coques et des mouillages des bateaux

Contrôle d'accès aux parking

Production d'énergies vertes

- Panneaux photovoltaïques
- Thalasso-thermie



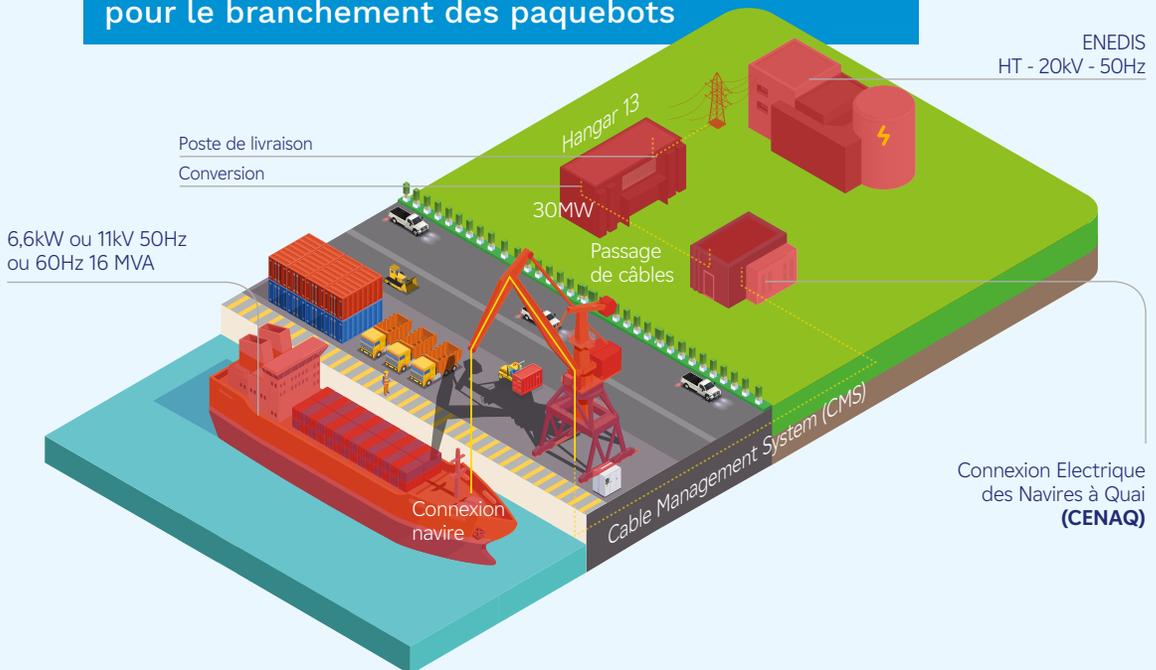


Cas n°3



6.3 Le raccordement à quai pour limiter les émissions de GES des navires dans les ports

Étapes des travaux de mise en place des bornes pour le branchement des paquebots



- Amener le réseau public de distribution (ENEDIS) pour disposer de la puissance électrique nécessaire au projet ;
- Installer des postes électriques et un réseau haute tension permettant de distribuer la puissance sur le périmètre des terminaux de croisière ;
- Mettre en œuvre des centrales de transformation et de conversion de l'énergie pour adapter l'alimentation du réseau public (15-20kV/50Hz) à celle attendue par les navires (690 V 6,6/11kV/50-60Hz) ;
- Mettre en place sur les quais concernés des systèmes de connexion pour raccorder les navires aux installations électriques

Et sur le port de Bordeaux ça donne quoi ?

Bordeaux Métropole a confié à Dalkia pour la conception et la réalisation du lot électricité, permettant ainsi le

raccordement de 4 pontons, une alimentation électrique sécurisée et les continuités de service des installations.

Conception, réalisation d'un raccordement électrique clé en main

Mise en service : 2020 - 2022 (Ponton Albert Londres, Ponton Ariane, Ponton Thomas Jefferson et Ponton Lafayette)

Problématique

- Alimenter les bateau à quai
- Développer le tourisme tout en maîtrisant les consommations
- Améliorer les conditions de confort des habitants

Notre Smart Solution

Conception et réalisation du **lot électricité** :

- **Alimentation électrique jusqu'à 3 bateaux** : borne de distribution électrique sécurisée intégrant 3 prises powerlock 400A
- **Système de gestion des consommations TOTEM** de gestion Électricité en relation avec Bordeaux Métropole
- Mise en place de l'ensemble du **câblage électrique**
- Branchements, **facilité et rapidité d'accès** aux bornes, système d'activation par code simple et intuitif

Résultats



- **4** pontons récordés
- **1** borne pour **3** bateaux alimentés
- **Sécurisation de l'alimentation électrique** des bateaux de **fiabilisation de la continuité de service** des installations



En complément, un volet numérique a été apporté permettant :

- Pilotage et suivi des consommations électriques.
- Sécurité, facilité et rapidité d'accès aux bornes grâce à un système d'activation par code simple et intuitif permettant de déclencher le compteur pour suivre et faire remonter les informations en temps réel.

Trois questions à Laurent Nemery, Chef de projet équipements fluviaux à la Métropole de Bordeaux :



Quels sont les enjeux du CENAQ pour une métropole comme Bordeaux ?

Bordeaux a connu un réaménagement ambitieux au début des années 2000, visant à reconquérir son lien avec son bassin fluvial et maritime. Les décideurs de l'époque ont reçu un mandat clair : faire revivre le fleuve en encourageant le tourisme fluvial et en incitant les entreprises maritimes à s'installer. «La belle endormie» d'autrefois fut réveillée.

Les préoccupations environnementales autour de ce tourisme fluvial ont rapidement vu le jour et une réflexion profonde s'est engagée sur les impacts environnementaux, notamment en termes de pollution liée aux moteurs, à l'assainissement et à la gestion des déchets. Dès 2016, la Métropole de Bordeaux reçoit une commande politique nous demandant de mettre en place un système qui permettrait de couper les générateurs diesel des paquebots fluviaux. Les enjeux du raccordement des navires à quai pour une métropole comme Bordeaux sont en effet multiples. Premièrement, cela permet de réduire l'empreinte environnementale en limitant les émissions de gaz à effet de serre et en diminuant la pollution de l'air causée par les générateurs diesel des bateaux. Deuxièmement, cela contribue à améliorer la qualité de vie des habitants en réduisant le bruit et les vibrations générés par ces générateurs. Troisièmement, cela renforce l'attractivité du port en

offrant des services plus respectueux de l'environnement, ce qui peut stimuler le tourisme fluvial et maritime ainsi que les activités économiques associées.

Pourquoi avoir choisi de faire appel à Dalkia pour répondre à ces enjeux et comment le groupe EDF vous a-t-il accompagné ?

Le choix de faire appel à Dalkia pour répondre à ces enjeux s'explique par plusieurs raisons. Tout d'abord, Dalkia bénéficie d'une expertise reconnue dans le domaine de l'énergie et de la gestion des installations techniques. De plus, la filiale d'EDF nous a proposé la meilleure offre technique et a remporté l'appel d'offre que nous avons lancé en 2018 après avoir mené une étude de faisabilité avec Enedis. En collaborant avec Dalkia, la métropole de Bordeaux a pu bénéficier d'une approche professionnelle et d'une solution adaptée pour l'électrification de nos

4 pontons. Le combat fut tout de même ardu et le dernier ponton fut livré en novembre 2023. Nous avons dû lever un certain nombre de verrous en raison des contraintes administratives et réglementaires. Malgré ces obstacles, le projet a abouti avec succès, ce qui témoigne de la détermination des acteurs impliqués à promouvoir des solutions durables et respectueuses de l'environnement pour le développement portuaire. Désormais, Dalkia s'occupe de la maintenance des installations.



Quel retour d'expérience faites-vous de cette réalisation et quels les perspectives de la métropole de Bordeaux en termes de décarbonation du port ?

Le raccordement des navires à quai a permis de réduire les émissions polluantes et de contribuer à la transition énergétique du port. La métropole s'engage en tant qu'acteur de la préservation de l'environnement et du patrimoine fluvial et maritime. En termes de perspectives, la métropole de Bordeaux souhaite poursuivre ses efforts de décarbonation du port en explorant d'autres solutions innovantes et en s'adaptant aux évolutions technologiques et réglementaires dans ce domaine. Les perspectives de la métropole en termes de décarbonation s'appuient sur le fluvial. Nous souhaitons :

- Inciter à la décarbonation de la logistique grâce :
 - Au report modal sur le fleuve du fret industriel, le long de la Garonne entre Agen et les installations portuaires de Bordeaux jusqu'au Verdon et du fret urbain, pour desservir l'hyper-centre-ville de Bordeaux ;
 - Au remplacement des moteurs thermiques des bateaux par des moteurs électriques (batteries et hydrogène).
- Rééquilibrer l'activité économique liée au fleuve entre la rive gauche et la rive droite ;
- Renforcer la mobilité, notamment en déployant de nouvelles lignes de navettes fluviales.



Cas n°4



6.4 HYNØVI, transformer un gaz nocif pour la planète en e-méthanol

80% des émissions industrielles de GES proviennent de quatre secteurs d'activité : la chimie, les matériaux de construction, la métallurgie et l'agroalimentaire. La stratégie nationale bas carbone impose une réduction de 80 % de ces émissions d'ici 2050. Néanmoins, certaines émissions sont inévitables car elles sont directement liées aux procédés de fabrication. Le groupe EDF propose alors le captage et la réutilisation de ce CO₂ résiduel (CCU) afin de créer du carburant de synthèse qui servirait à la propulsion de la mobilité maritime lourde.

Par le projet Hynøvi, Vicat et Hynamics, filiale du groupe EDF dédiée à la production et commercialisation d'hydrogène, se sont associés pour créer la première filière nationale de production de méthanol bas carbone. Le projet valorisera 48 000 tonnes de CO₂ biogénique

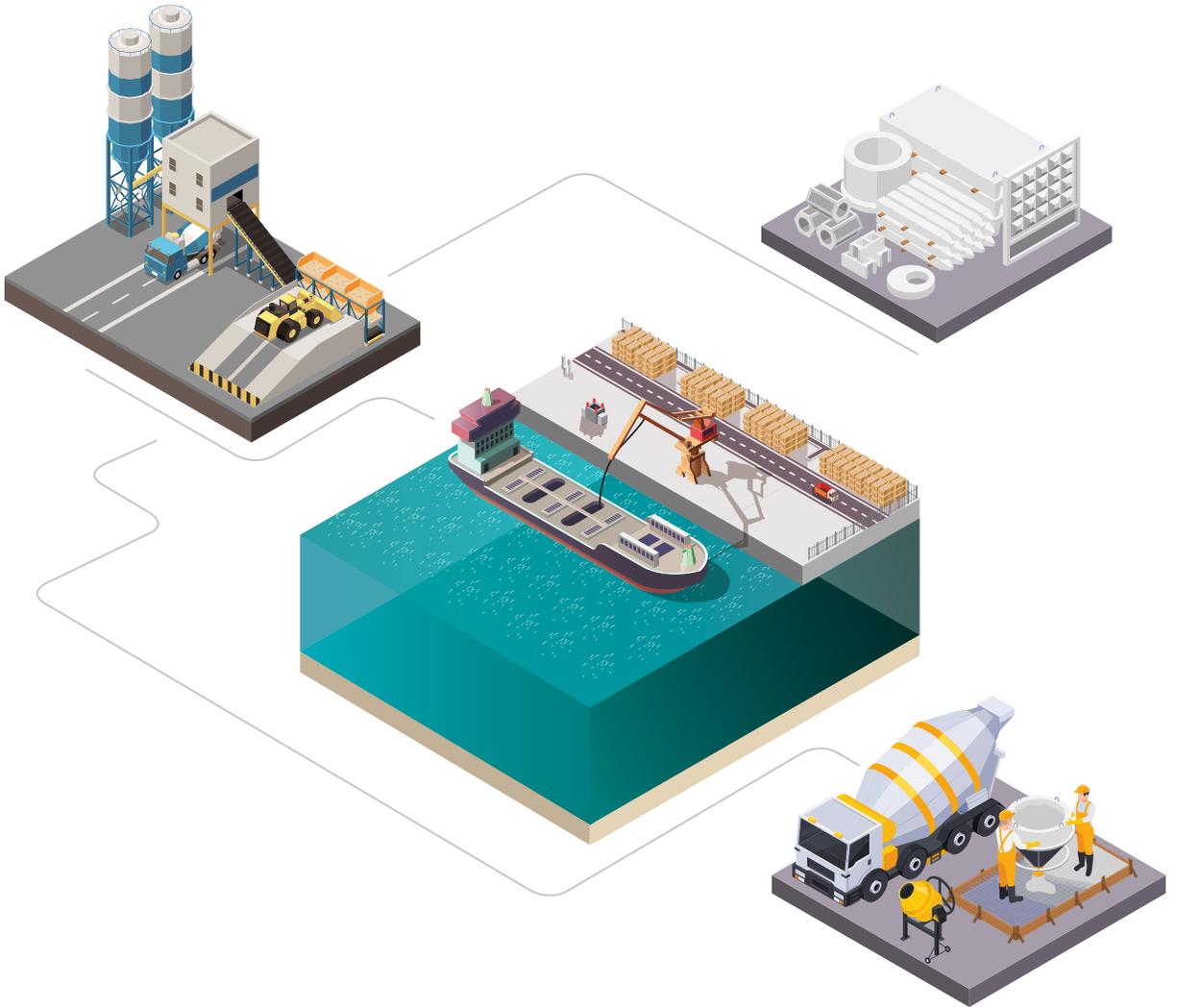
par an dans sa première phase, émis par la cimenterie de Montalieu-Vercieu, en Isère, avec comme ambition pour les prochaines phases d'utiliser l'ensemble du CO₂ biogénique soit 170 000 tonnes par an. Le CO₂ capté sur le process industriel sera combiné à de l'hydrogène électrolytique produit sur site pour la production de 35 000 tonnes d'e-méthanol qui pourra être utilisé comme carburant de synthèse pour le secteur maritime à l'horizon 2029. L'installation d'un électrolyseur de 60 MW est prévue sur le site de la cimenterie. Ce projet devrait permettre d'éviter l'émission de plus de 850 000 tonnes de CO₂ chaque année et a pour ambition d'être répliqué par la suite dans d'autres sites industriels européens et internationaux. Des projets similaires en Allemagne, Espagne et Royaume-Uni sont en développement par Hynamics.



Les 48 000 tonnes de CO₂ capté sont issues de la partie de CO₂ de combustion issue de combustibles biogéniques (déchets).

Dans la cimenterie :

- 2/3 du CO₂ émis est du CO₂ de process (décarbonatation du calcaire) ;
- 1/3 du CO₂ émis est du CO₂ de combustion (four à 1450°C).



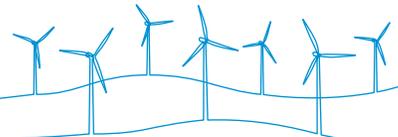
L'enjeu de la production de carburants de synthèse pour EDF est de contribuer à :

- Réduire la dépendance à l'égard des combustibles fossiles, ce qui rendra l'UE moins sujette aux pressions économiques et politiques, conformément au plan REPowerEU ;

- Généraliser de nouvelles technologies telles que les procédés de production de e-carburants et les moteurs de bateaux fonctionnant au e-méthanol ;
- Décarboner le transport maritime de l'Union Européenne



Cas n°5



6.5 Provence Grand Large, première ferme pilote d'éoliennes flottantes françaises

Initié en janvier 2010 par EDF Renewelables, Provence Grand Large (PGL) est une ferme-pilote de trois éoliennes en mer flottantes implantées au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône (13) à 17 km des côtes et ancrées à 100 m de profondeur. Ce projet, qui participe à la naissance de l'éolien en mer flottant en France, est aussi une première mondiale du fait de la technologie innovante de ses flotteurs.

L'objectif de ce projet pilote est de lever un certain nombre de verrous techniques, industriels, environnementaux, et réglementaires, au service du développement de la filière « éolien flottant ». Une ambition qui s'est notamment concrétisée avec l'ouverture en 2020, au sein de l'École Centrale de Marseille, du premier Mastère spécialisé dans le secteur de l'éolien offshore et de l'ingénierie marine.

Protection de la biodiversité marine

Dès 2011 et la phase de concertation, des études sont lancées pour caractériser le site d'implantation et évaluer les impacts du projet sur les milieux. Ceci dans le but de les éviter autant que possible, de les réduire significativement et de compenser les impacts qui ne pourraient être évités ou réduits (démarche ERC). La mise en place d'un Comité Scientifique dès 2014 permet de suivre les données concernant l'environnement, notamment les mammifères et des oiseaux marins. Des solutions innovantes embarquées sur les flotteurs en font un site unique d'observation de la faune en mer.

Éviter

Un radar sera installé sur l'éolienne centrale. Les données récoltées seront analysées pour décrire plus finement les interactions entre la faune volante et les éoliennes.

Réduire

Les caméras suivant l'avifaune 24/7 déclencheront un système d'effarouchement sonore en cas de risque de collision.

Compenser

Des lieux de nidification pour les sternes et la mouette mélanocéphale seront créés ou rénovés, en lien avec le Parc naturel régional de Camargue, pour les protéger des prédateurs et ainsi améliorer le succès de reproduction des espèces.

La puissance de **chaque turbine** est de 8,4 MW.
 Au total, la ferme pilote produit l'équivalent de la consommation annuelle de 45 000 personnes.

Les trois éoliennes sont espacées de 900 mètres afin de garantir le passage de **la plupart des navires**

147 m

La **plateforme** permet l'accueil des techniciens de maintenance

Les **flotteurs** sont en grande partie immergés et offrent une meilleure résistance à la houle

L'**ancrage à succion** limite la perturbation des fonds marin

100 m

Le **raccordement** inter-éoliennes se fait via des câbles sous-marin « dynamique », capables de résister aux mouvements du flotteur, à la houle et aux courants marins

Le **système d'ancrage tendu** ne touche pas le sol et assure une très grande stabilité à l'ensemble

Et demain ?

Les connaissances acquises grâce au projet permettront de mieux appréhender les enjeux de la filière, et répondre ainsi aux prochains appels d'offres lancé par l'Etat. Cette nouvelle technologie adaptable aux

hauts fonds marins permettra de s'éloigner davantage des côtes, là où le vent est plus régulier tout en limitant l'impact sur l'environnement grâce aux ancrages à succion permettant de limiter le battage du fonds marin afin de préserver au maximum la biodiversité marine.

« C'est un retour d'expérience déterminant pour accroître notre expertise et soutenir le développement des projets que nous portons »

Cédric Le Bousse, ancien Directeur Energies Marines Renouvelables et actuel Directeur international, EDF Renouvelables

Trois questions à Christophe Avellan,
Directeur du Pôle Mer Méditerranée :



Quels sont les enjeux de l'éolien flottant pour la transition éco-énergétique du territoire et quelles sont les perspectives associées ?

La décarbonation (de l'industrie maritime, des navires, des ports, ...) est un pilier du pôle Mer Méditerranée depuis sa création en 2005. L'axe « décarbonation » a été renforcé fin 2022 dans notre plan stratégique 2023-2027 validé par l'Etat et les régions Sud et Occitanie : Le Pôle Mer Méditerranée accompagne les acteurs du maritime dans l'émergence de leurs projets innovants pour construire une économie bleue décarbonée et souveraine, porteuse de croissance durable et d'emplois d'avenir. Le travail particulier dans la filière éolien flottant, vise à la production d'une énergie renouvelable décarbonée afin de répondre à l'électrification des usages prévue dans le cadre de la transition énergétique. Nous apportons notre contribution à l'émergence d'une filière industrielle locale intégrant les principes de la transition écologique et énergétique pour soutenir le développement de l'éolien flottant (CTV électrique/H2, pales recyclables...). Au-delà de l'éolien, ces travaux et réalisations contribueront à la décarbonation des zones industrielles (ex : Fos-sur-Mer) par la production de vecteurs énergétiques décarbonés (H2 renouvelable) issus de l'électricité des parcs éoliens flottants. Il sera aussi intéressant de coupler l'éolien flottant avec d'autres activités contribuant à la transition éco-énergétique

(aquaculture durable, production d'hydrogène) du territoire, et d'améliorer la compréhension de l'environnement marin pour assurer un déploiement à moindre impact de l'EOF et partager ces connaissances pour minimiser l'impact d'autres activités anthropiques.

Pourquoi le Pôle Mer Méditerranée a-t-il décidé de labéliser le projet PGL en 2019 ?

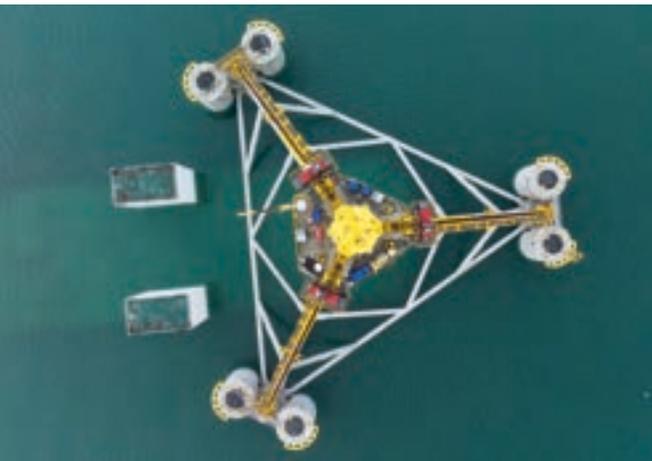
Le pôle accompagne le développement de l'éolien flottant en méditerranée depuis près de 15 ans ; le premier projet de R&D lié à l'éolien offshore flottant a été labellisé en 2010, la première édition de FOWT*, qui est aujourd'hui le plus grand événement mondial dédiée à l'éolien offshore flottant, a eu lieu en 2013. Dès le départ nous avons cru en cette technologie, et nous avons compris le rôle que pourraient tenir les adhérents du pôle dans cette filière stratégique pour la décarbonation et la souveraineté française. C'est donc assez naturellement que nous avons accueilli la création de PGL, et le comité de pilotage du Pôle Mer a souhaité donner avec cette labellisation la visibilité nécessaire au projet pour promouvoir l'éolien flottant auprès de l'écosystème du pôle. La labellisation renforce la dimension structurante du projet pour la filière à l'échelle locale et nationale, et met en lumière les technologies de pointe utilisées pour ce projet (application de la technologie TLP pour l'éolien en mer).

Comment le Pôle accompagne l'ensemble de la filière de l'éolien en mer ?

- En animant un réseau territorial avec ses adhérents et son implication dans les stratégies Sudeole en région SUD et Wind'Occ en région Occitanie : stimuler l'innovation (identification de guichets de financement, recherche de partenaires, labellisation), accompagner les entreprises dans leurs croissances et leur industrialisation, piloter les bassins d'emploi en développant l'attractivité des métiers et en faisant émerger de nouvelles formations, structurer les écosystèmes industriels locaux autour des futurs sites d'essai et de production ;
- En s'impliquant en tant que partenaire dans des

d'études environnementales pour améliorer la connaissance de l'environnement marin (ORNIT EOF, FISH OWF, MIGRALION, OBSEMA MEDEOF etc) cofinancées par FEM, l'ADEME, l'OFB, et les industriels ;

- En montant et en animant des journées techniques pour la montée en compétences des adhérents ;
- En structurant autour de la filière de l'éolien en mer un écosystème intersectoriel dynamique propre au pôle Mer pour les infrastructures portuaires, les systèmes (navires et drones) pour l'exploitation des EOF, l'impact et solutions de restauration écosystèmes marins (avifaunes et marines), la pêche, la sécurité et la sûreté des espaces maritimes.



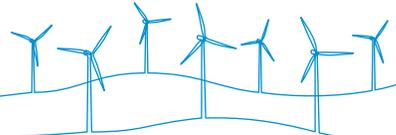
Flotteur Provence Grand Large - © Matthieu Colin



Mise à l'eau des éoliennes de Provence Grand Large - © Iann Hanning



Cas n°6



6.6 Thalassothermie : l'exemple du réseau Massileo

Massileo, projet conçu, réalisé et exploité par Dalkia constitue un large réseau de chaleur intelligent composé d'une boucle d'eau tempérée qui relie la station de récupération de calories de l'eau de mer, située sur le port de Marseille, aux pompes à chaleur installées au sous-sol des bâtiments. Les usagers bénéficient ainsi d'une énergie à 70 % renouvelable et locale.

En prenant sa source dans le port de Marseille, le réseau chauffe, rafraîchit et alimente en eau chaude sanitaire bureaux, commerces et logements de l'écoquartier Smartseille qui s'étend sur 2,7 hectares au cœur d'Euroméditerranée 2. Demain, il pourra desservir une zone

beaucoup plus vaste d'une capacité totale de plus de 1,5 millions de m² raccordables. La production d'énergie est optimisée car elle est adaptée en temps réel aux besoins énergétiques de l'ensemble des bâtiments raccordés et la boucle d'eau tempérée permet d'échanger les surplus d'énergie (chaud ou froid) produits au sein des différents quartiers. Grâce à Massileo, on produit donc mieux et moins, pour assurer un confort optimal aux usagers.

Le groupe Dalkia assure la conception, la réalisation et l'exploitation du réseau Massileo pour une durée de 27 ans.

75% d'énergies renouvelables
et de récupération

5,5% de TVA pour
les usagers

Zéro émission de gaz
de combustion

21 MW de production de chaud
et de froid, soit 500 000 m²
de bâtiments desservis
(Capacité du Réseau)

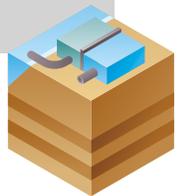
80% de réduction des
émissions de CO²

318 000 m²
de logements, bureaux
et activités déjà raccordés



Via l'exploitation des calories de l'eau de mer, cette technologie permet de :

- Produire localement l'énergie ;
- Mutualiser les besoins énergétiques des différents bâtiments (bureaux, logements, commerces) et éviter tout gaspillage. Par exemple, la chaleur dégagée par la production de la climatisation des bureaux est récupérée pour la production de l'eau chaude des logements et vice-versa ;



massileo
Le réseau d'énergies renouvelables intelligent



Remerciements

Le Groupe EDF remercie vivement toutes les personnes qui ont rendu possible la rédaction de ce Livre blanc en apportant leur témoignage et leur vision sur la transition énergétique dans le secteur maritime.

Christophe Madrolle, Président de la Commission Biodiversité, mer et littoral, des Parcs Naturels Régionaux

Christophe Avellan, Directeur du Pôle Mer Méditerranée et toutes ses équipes

David LEFRANC, Directeur de l'aménagement et de l'Environnement du Grand Port Maritime de Dunkerque Port

Jean-Romain BRUNET, Directeur général de Port Camargue, 1er port de plaisance d'Europe

Ludovic Bocquier, responsable de l'unité "Énergies" du Port de Saint-Nazaire

Laurent Nemery, chef de projet tourisme fluvial à la Métropole de Bordeaux

Philippe Renaud, gérant de B100 Consulting et responsable technique de projets pour MEET2050

Erwan Jacquin, Président et co-fondateur de l'institut de décarbonation du maritime MEET2050 et l'ensemble des équipes de MEET2050

Ce livre blanc a été réalisé grâce à l'expertise et l'appui de notre précieuse R&D

Bernard Salha, Directeur de la R&D d'EDF

Karine Berthonnet, Chargée de mission coordination R&D

François Molho, Directeur Action régionale EDF R&D

Stéphane Dupré La Tour, Directeur Innovation avancée et Technologies numériques EDF R&D

Olivier Didry, Directeur du Programme Énergies Renouvelables, Stockage et Hydrogène EDF R&D

Pierre Le Romancer, Responsable de programme R&D - Hydrogène, e-fuels, bio-énergies et stockage EDF R&D

Pauline Geny, Responsable Programme Énergies Renouvelables EDF R&D

David Eyler, Chef de projet «carburants de synthèse et Valorisation du CO₂» à EIFER

Christian-Frédéric Berthon, Ingénieur de recherche spécialisé sur l'hydrogène à EIFER

Dominique Bertin, Directeur de recherche e-mobilité et hydrogène au Lab Asie Pacifique d'EDF

Solène le Bourdieu, Cheffe de projet économie circulaire à la R&D d'EDF

Les visions de la Direction Stratégie Groupe (DSG) et celles de la Direction Impact d'EDF ont été précieuses pour rédiger ce Livre Blanc

Bertrand Martelet, Responsable du Département Études et Processus Stratégiques

Luc Nouguier, Pilote du Pla, Stockage Électrique à la DSG d'EDF

Patrick Martel, Chargé de mission à la DSG d'EDF

Guillaume Chicaud, Analyste Sésame à la DSG d'EDF

Carine de Boissezon, Directrice de la Direction Impact

Anna Kempinska, Chargée de mission communication pour la Direction Impact

Alexandre Marty, Responsable du pôle Climat et Ressources à la Direction Impact

Anne-Laure Besnier-Amogu, Chargée de mission « eau » à la Direction Impact

La Direction des Territoires à l'action régionale (DTAR) et les Directions à l'Action Régionales du Groupe EDF ont également joué un rôle important dans la rédaction de ce Livre Blanc

Guillaume Flachat, Directeur Développement des Territoires à la DTAR

Jamel Tayari, Chef de projets - Systèmes Énergétiques à la DTAR

Christine Heuraux, Chef de Mission « Transition Énergétique en milieu rural » à la DTAR

Caroline Ritzenthaler, Directrice Transition Ecologique & Accompagnement Grands Projets à la DAR Provence-Alpes-Côte d'Azur

Christophe Longre, Directeur de cabinet à la DAR Provence-Alpes-Côte d'Azur

Nicolas Vedrines, Délégué aux Affaires Publiques à la DAR Haut-de-France

Jean-Christophe Chataigner, Directeur de Cabinet à la DAR Normandie

Pascal Ambos, Délégué Politique Industrielle à la DAR Normandie

Arnaud Souille, Mission innovation à la DAR Pays-de-Loire

Philippe Chadeyron, Représentant Territorial ex Poitou-Charentes DAR Nouvelle-Aquitaine

Philippe Bougeard, Responsable Innovation EDF Direction de l'Action Régionale Nouvelle-Aquitaine

Vincent Renouard, Chargé de mission DAR Occitanie

Sébastien Quenet, Chargé de mission relations institutionnelles Île de France

L'appréciation des filiales du Groupe EDF a également été très précieuse

Pierre Duthion, Directeur Action Territoriale et Autorisations des projets Énergies Marines Renouvelables à EDF Renouvelables

Thomas Bordenave, Chef de Projet Éolien en Mer à EDF Renouvelables

Daniel Da Costa, Responsable du Pôle Communication Activités terrestres et en mer

Annabelle Brisse, Directrice de la R&D chez Hynamics

Géraldine Anceau, Directrice projets carburants de synthèse pour Hynamics

Julien Tabourier, Business Developer à Hynamics

Ce Livre Blanc a pu voir le jour grâce à la vision et l'expertise de bien d'autres entités du Groupe EDF...

Jérémie Motin, Responsable Projets et Partenariats à la Direction Mobilité Électrique d'EDF

Nasreddine Boudjenane, Responsable de partenariats stratégiques et stratégie transport lourd à la Direction Mobilité Électrique d'EDF

Philippe Lazzerini, Responsable de la stratégie marketing et déploiement à la Direction Internationale d'EDF

Elisabeth Khelfaoui, Responsable EDF Pulse Studio

Camille Mazoyer, Cheffe de projet communication Magazine interne Groupe EDF

Références

« 2022_LivreBlanc_Wind-Ship.pdf ». Consulté le 8 janvier 2024. https://marine-oceans.com/wp-content/uploads/2022/01/2022_LivreBlanc_Wind-Ship.pdf.

« 161115_DIFFCO_FR_08.pdf ». Consulté le 12 décembre 2022. https://www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2016/11/161115_DIFFCO_FR_08.pdf.

Barthès, Poline. « Comment décarboner les ports de commerce ». Polytechnique Insights, 27 septembre 2022. <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/energie/comment-decarboner-les-ports-de-commerce/>.

« CMF_T2EM_Convention ADEME_V3_080722_VFinale_Relecture été_NE PAS DIFFUSER.pdf », s. d.

« ÉTUDE SUR LES TRANSPORTS MARITIMES 2023 RÉSUMÉ », s. d.

« EVOLEN-Note-de-synthese-sur-les-e-fuels.pdf ». Consulté le 14 novembre 2023. <https://www.evolen.org/wp-content/uploads/2023/07/EVOLEN-Note-de-synthese-sur-les-e-fuels.pdf>.

Frémont, Antoine. « Le transport maritime depuis 1945 : facteur clé de la mondialisation ». Entreprises et histoire 94, no 1 (2019): 16-29. <https://doi.org/10.3917/eh.094.0016>.

« FuelEU Maritime | Bureau Veritas M&O ». Consulté le 8 janvier 2024. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/sustainability/fit-for-55/fueu-maritime>.

« FuelEU-Maritime-TE-Policy-Briefing_080322.pdf ». Consulté le 11 juillet 2023. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/02/FuelEU-Maritime-TE-Policy-Briefing_080322.pdf.

« GHG Emission Accounting and Mitigation Strategies to Reduce the Carbon Footprint in Conventional Port Activities – a Case of the Port of Chennai ». Consulté le 24 avril 2023. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/17583004.2016.1275815?needAccess=true&role=button>.

ISEMAR. « L'hydrogène et le secteur maritime ». Consulté le 14 février 2023. https://www.isemar.fr/note_synthese/lhydrogene-et-le-secteur-maritime/.

La librairie ADEME. « Coalition T2EM : Transition écologique et énergétique du maritime à 2050 ». Consulté le 8 janvier 2024. <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/6476-coalition-t2em-transition-ecologique-et-energetique-du-maritime-a-2050.html>.

La Saison Bleue. « Comment réduire l'impact du transport maritime sur l'environnement ? », 28 octobre 2022. <https://lasaisonbleue.com/bassin-mediterraneen/comment-reduire-limpact-du-transport-maritime-sur-lenvironnement/>.

« La stratégie de l'OMI pour réduire les émissions carbone », 21 décembre 2023. <https://www.sia-partners.com/fr/publications/publications-de-nos-experts/la-strategie-de-lomi-pour-reduire-les-emissions-carbone>.

Le Monde.fr. « COP27 : le fret maritime est l'un des plus grands émetteurs de CO2, et il tarde à changer de cap ». 11 novembre 2022. https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2022/11/11/cop27-le-transport-maritime-un-secteur-polluant-qui-tarde-a-changer-de-cap_6149485_4355770.html.

Müller-Casseres, Eduardo, Oreane Y. Edelenbosch, Alexandre Szklo, Roberto Schaeffer, et Detlef P. van Vuuren. « Global Futures of Trade Impacting the Challenge to Decarbonize the International Shipping Sector ». Energy 237 (15 décembre 2021): 121547. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121547>.

« navigating-cleaner-maritime-shipping.pdf ». Consulté le 2 juillet 2023. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/navigating-cleaner-maritime-shipping.pdf>.

Pasimeni, Francesco, Alessandro Fiorini, et Aliki Georgakaki. « Assessing Private R&D Spending in Europe for Climate Change Mitigation Technologies via Patent Data ». *World Patent Information* 59 (décembre 2019): 101927. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.101927>.

Polytechnique Insights. « L'hydrogène d'origine renouvelable est la clé pour décarboner le transport maritime ». Consulté le 11 juillet 2023. <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/energie/les-innovations-bas-carbone-du-fret-maritime/lhydrogene-dorigine-renouvelable-est-la-cle-pour-decarboner-le-transport-maritime/>.

« Port-Area_web.pdf ». Consulté le 1 juillet 2023. http://gmn.imo.org/wp-content/uploads/2017/05/Port-Area_web.pdf.

« r21-5461.pdf ». Consulté le 13 décembre 2022. <https://www.senat.fr/rap/r21-546/r21-5461.pdf>.

« Rapport_Finance bleue -DEF_0.pdf », s. d.

« Reducing the Maritime Sector's Contribution to Climate Change and Air Pollution », s. d.

Reikard, Gordon, Bryson Robertson, et Jean-Raymond Bidlot. « Combining Wave Energy with Wind and Solar: Short-Term Forecasting ». *Renewable Energy* 81 (septembre 2015): 442-56. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.03.032>.

« reviviendo_la_economia_del_oceano_resumen.pdf ». Consulté le 8 janvier 2024. http://awsassets.wwf.es/downloads/reviviendo_la_economia_del_oceano_resumen.pdf.

Secrétariat d'État chargé de la Mer. « Finance bleue : découvrez le rapport ». Consulté le 13 décembre 2022. <https://www.mer.gouv.fr/finance-bleue-decouvrez-le-rapport>.

Speich, Sabrina, Gilles Reverdin, Herlé Mercier, et Catherine Jeandel. « L'océan, réservoir de chaleur », s. d.

« strategie OMI 2023 - fr.pdf ». Consulté le 10 juillet 2023. <https://www.wcdn.imo.org/localresources/fr/MediaCentre/PressBriefings/Documents/strategie%20OMI%202023%20-%20fr.pdf>.

studylibfr.com. « La biodiversité marine en décLin ». Consulté le 8 janvier 2024. <https://studylibfr.com/doc/850742/la-biodiversite-marine-en-declin>.

Styhre, Linda, Hulda Winnes, John Black, Jimyoung Lee, et Hanh Le-Griffin. « Greenhouse Gas Emissions from Ships in Ports - Case Studies in Four Continents ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 54 (1 juillet 2017): 212-24. <https://doi.org/10.1016/j.jtrd.2017.04.033>.

« Trafics des ports français | Port de France ». Consulté le 13 décembre 2022. <http://www.port.fr/article/trafics-des-ports-francais#fleuve>.

US EPA, OAR. « National Port Strategy Assessment: Reducing Air Pollution and Greenhouse Gases at U.S. Ports ». *Reports and Assessments*, 5 janvier 2017. <https://www.epa.gov/ports-initiative/national-port-strategy-assessment-reducing-air-pollution-and-greenhouse-gases-us>.

Virros, Marjo. « La Gouvernance marine mondiale et la gestion des océans pour atteindre l'ODD 14 ». *Chronique ONU* 54, no 2 (28 juillet 2017): 66-68. <https://doi.org/10.18356/77a0370c-fr>.



Ce Livre blanc est une publication du Groupe EDF
Direction à l'Action Régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur
300, avenue du Prado
13275 - MARSEILLE cedex 09

Conception et coordination éditoriale

Marion Di Masso, Ingénieure Transition Écologique - Opérationnelle
EDF&la mer

Conception graphique et réalisation

Helioservice

Crédits photographiques

Photothèque EDF / Marc Caraveo, Matthieu Colin, Gaëtan Bernard,
Cyril Chauvin, Iann Hanning
Picture Element, Parc National des Calanques

Ce document a été réalisé par un imprimeur
éco-responsable et imprimé sur du papier 100 %
PEFC (Programme européen des forêts certifiées)
Septembre 2024



Ce Livre blanc est un outil de réflexion pour accompagner la transition énergétique du secteur maritime. En effet, face à l'urgence climatique, au déclin de la biodiversité, la transition énergétique est plus que jamais de rigueur.

Le secteur maritime détient une partie des clés de cette ambition et les acteurs qui y prennent part sont de plus en plus nombreux à vouloir relever le défi. Encore faut-il savoir comment. À partir de données et de chiffres clés, cet ouvrage commence par tracer état de l'art du secteur maritime mondial, européen et français, afin de mieux identifier et comprendre les enjeux et les potentiels qui favoriseront sa décarbonation. **La présentation de la réflexion stratégique EDF & la mer vient compléter cet état de l'art et aide à mieux cerner comment un énergéticien comme EDF a un rôle clé à jouer dans l'accompagnement de la décarbonation de ce secteur.**

Puis, la présentation fait place à l'action : **l'analyse de 6 projets exemplaires**, montre que, sur le terrain, certaines initiatives se sont déjà transformées en réussites opérationnelles. Ce recueil unique n'a pas la prétention d'être exhaustif, mais il dresse un état des lieux à date des défis que le secteur du maritime et ses acteurs doivent relever dans un double objectif : se décarboner et s'inscrire dans une démarche d'économie bleue durable.



EDF SA
22-30 avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08 - France
Capital de 2 084 809 296,50 euros
552 081 317 R.C.S. Paris

www.edf.com