

# Transport maritime durable : Propulsion des navires par le vent

Papier réalisé par notre groupe de  
travail dédié à la propulsion vélique

En collaboration avec



**NEW ENERGIES**  
The energies coalition for transport & logistics

## Préambule

***Le vent est la seule source d'énergie renouvelable, abondante en mer, immédiatement disponible et utilisable directement pour propulser de très grands navires sur de longues distances.***



Le transport maritime essentiel au commerce mondial, représente actuellement 2,89 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, un chiffre qui souligne l'importance de ce secteur dans le défi global de la décarbonation. L'Organisation Maritime Internationale (OMI) qui vise le net zéro d'ici 2050, a fixé des objectifs intermédiaires ambitieux notamment pour 2030. La transition énergétique du secteur maritime, bien que nécessaire, pose des défis financiers et énergétiques majeurs, nécessitant des investissements colossaux et une production d'énergie décarbonée significative. Parmi les leviers à activer, **la propulsion vélique se distingue comme étant immédiatement disponible, gratuite et sans concurrence avec les autres secteurs à décarboner.**

Cette publication de la [Coalition New Energies](#), constitue le premier livrable du groupe de travail (initié par Michelin) portant sur la propulsion vélique. Réalisé en étroite collaboration avec l'[association Wind Ship](#), **ce document synthétise nos connaissances actuelles** sur le sujet et met notamment en avant les **technologies disponibles**, des **exemples concrets de navires en exploitation**, les **perspectives** et les **actions nécessaires pour soutenir la filière.**

# A propos de

## New Energies

**La Coalition NEW ENERGIES initiée en 2019 par CMA CGM, est un consortium d'acteurs clés des chaînes d'approvisionnement internationales, qui œuvrent dans différents secteurs et industries.**

*Grâce à une approche collaborative, ils visent à développer des technologies innovantes et des solutions énergétiques pour décarboniser les activités maritimes, aériennes et routières dans le monde entier.*

*De plus, pour répondre à la nécessité de mettre en place un cadre réglementaire encourageant la reconnaissance et au développement des nouvelles énergies et des carburants bas carbone et renouvelables, les membres de la Coalition NEW ENERGIES produisent des études et manifestes à destination des représentants publics et privés du secteur du transport et de la logistique.*

*NEW ENERGIES agit ainsi à 2 niveaux : solutions et mobilisation.*

## Wind Ship

**Wind Ship est une association française créée en 2019 pour accélérer à son échelle et par ses actions la transition vers un transport maritime plus propre et décarboné grâce au développement et au déploiement de la propulsion des navires par le vent. Elle réunit aujourd'hui plus de cinquante entreprises.**

*Wind Ship œuvre à l'échelle locale et nationale pour positionner les solutions véliques comme une voie majeure et déjà disponible afin de décarboner le transport maritime et la pêche. Au niveau international, Wind Ship fait partie du conseil d'administration de l'International WindShip Association, un réseau de 180 membres et supporters présent auprès de l'Organisation Maritime Internationale et de l'Union Européenne.*

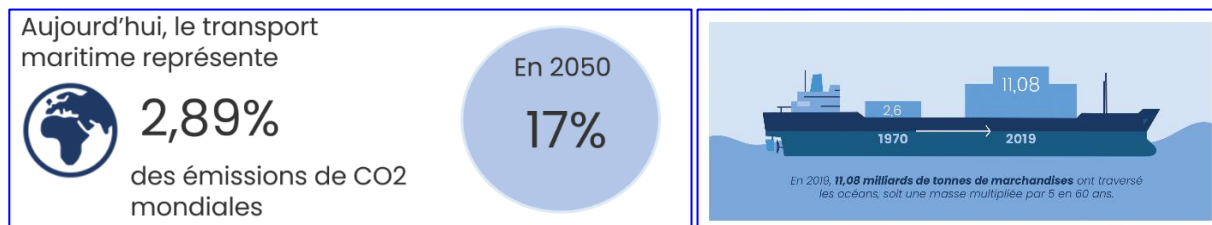
*Wind Ship a notamment publié le livre blanc de la propulsion des navires par le vent (disponible en ligne) et copiloté avec l'Institut de Recherche Technologique Jules Verne et l'appui de MEET2050 l'étude VENFFRAIS qui a permis de définir le projet structurant du secteur vélique français et d'engager l'État et les acteurs économiques dans le Pacte Vélique.*

# Table des matières

- 1 - L'impact environnemental du transport maritime ..... 5
- 2 - Des ambitions fortes pour la transition énergétique du transport maritime imposées par la réglementation..... 5
- 3 - Des défis financiers & énergétiques majeurs ..... 6
- 4 – Panorama des solutions de propulsion par le vent..... 6
- 5 - Une opportunité environnementale et économique..... 8
- 6 - Une solution applicable à tous les segments de flotte..... 9
- 7 – Une production industrielle en plein essor..... 9
- 8 - Des premiers résultats probants..... 11
- 9 - Des perspectives d'avenir prometteuses..... 12
- 10 – Tous en action : comment monter à bord et soutenir la filière..... 13
- Images sources ..... 14

# 1 - L'impact environnemental du transport maritime

Pratiquement tous les objets qui nous entourent ont été transportés au moins 1 fois par les mers. En effet, le transport maritime est aujourd'hui le principal mode de transport des marchandises et représente 90% du commerce mondial en volume. En 2023, ce sont 12,4 milliards de tonnes de marchandises qui ont été transportés à bord de 109 000 navires (Clarksons Research, 2024).



*\* D'ici 2050, si aucune mesure n'est prise et que les tendances actuelles de croissance se poursuivent, le transport maritime pourrait représenter 17 % des émissions mondiales de CO2.*

Le transport maritime international représente 2,89 % des émissions de CO2 produites dans le monde en 2018 contre 2,76 % en 2012 selon la quatrième étude sur les gaz à effet de serre (GES) de l'Organisation Maritime Internationale (OMI). Cette agence des Nations-Unies chargée de réglementer les enjeux en matière de sécurité et de pollution maritime, estime que ces émissions pourraient augmenter de 90 % à 130 % d'ici 2050 par rapport à l'année de référence 2008.



## 2 - Des ambitions fortes pour la transition énergétique du transport maritime imposées par la réglementation

L'OMI a adopté en 2018 une stratégie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) issues du transport maritime international. Elle a fixé en juillet 2023 l'ambition d'atteindre le net zéro émission vers 2050. L'adoption de technologies, de combustibles et/ou de sources d'énergie à émissions de GES nulles ou quasi nulles doit représenter au moins 5 %, en s'efforçant d'atteindre 10 %, de l'énergie consommée par les navires d'ici 2030.



De son côté, l'Union européenne vient d'inclure le transport maritime dans le marché d'échange des quotas d'émissions de GES (EU ETS). Cette mesure vient s'ajouter à l'ensemble de mesures « fit for 55 » dont la réglementation FuelEU Maritime qui oblige les armateurs à améliorer les performances environnementales de leurs navires, avec un objectif de réduction progressive des émissions de GES du transport maritime jusqu'à 80% (par rapport à 2020) d'ici 2050.

### 3 - Des défis financiers & énergétiques majeurs

Très peu de technologies de propulsion sont suffisamment matures aujourd'hui pour répondre à cet enjeu de décarbonation et le coût de la transition du maritime est évalué entre 1 000 et 1 400 milliards de dollars d'ici 2050 (UMAS 2020), soit 40 à 60 milliards de dollars chaque année.



(source : feuille de route de la décarbonation du secteur maritime français, 2023)

Le défi énergétique est immense : le besoin en unités de production nécessaires pour couvrir la demande actuelle du transport maritime international en carburants de synthèse décarbonés a été estimé par l'institut MEET 2050 à 600 réacteurs nucléaires de 1500 MW (440 actuellement en service – source : AIEA 2024) ou 4 000 champs éoliens de 500 MW (1TW de capacité en 2023 au niveau mondial) – source : GWEC, avril 2024).



(Ordres de grandeurs prenant en compte une capacité de charge de 75% pour le nucléaire et de 32,5% pour l'éolien)

De plus, l'accès à cette énergie décarbonée fera l'objet d'une forte compétition car les usages terrestres (industrie, mobilité, etc.) doivent eux aussi réduire leurs émissions de GES.

**Toute réduction du besoin énergétique pour propulser les navires est cruciale. Exploiter l'énergie gratuite et immédiatement disponible du vent sur les routes maritimes est une opportunité.**

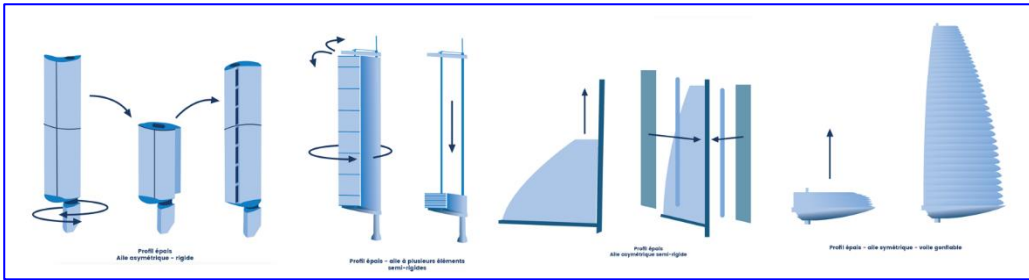
### 4 – Panorama des solutions de propulsion par le vent

Différentes solutions technologiques sont développées par des industriels pour exploiter l'énergie du vent à bord des navires marchands. Ces systèmes innovants sont des produits robustes, fiables et automatisés afin d'être intégrés facilement sur les navires de commerces sans gêner les opérations. Ces technologies sont compatibles avec toute forme de propulsion complémentaire, et notamment tout type de carburant décarboné. Le livre blanc de l'association Wind Ship (2022) fournit une description qui permet d'appréhender les grands principes de la conception des grandes familles de technologies.

#### Profils minces



## Profils épais

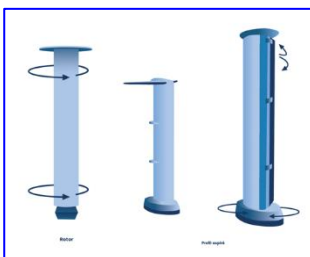


Les technologies en pontée s'apparentent soit à **des voiles** soit à **des ailes**, au profil plus épais (vu en coupe longitudinale). Leurs propriétés aérodynamiques varient en fonction de l'épaisseur mais aussi de la cambrure ou de la symétrie de la voile ou de l'aile. Les profils épais présentent une bonne "finesse aérodynamique" c'est-à-dire un rendement performant lorsqu'il s'agit de remonter au vent.

Les ailes et voiles se différencient aussi par leur matériau et leur rigidité. Un matériau textile souple est plus facile à affaler ou arriser (réduction de la voilure) mais s'use plus rapidement par exposition aux rayons ultra-violet et par fageusement (voile battue par le vent). Certaines ailes en membrane textile sont rendues plus robustes grâce à un gonflage qui les rigidifie. Les systèmes rigides misent sur la robustesse et leur capacité à orienter les ailes de manière optimale par rapport au vent.

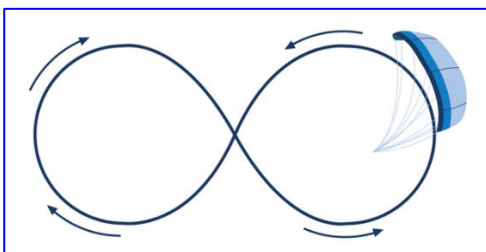
D'autres caractéristiques peuvent compléter cette catégorisation, telle que le nombre d'éléments dans les ailes articulées, le type d'articulation (fente, volet) etc.

## Rotor et profil aspiré



Le **rotor** et le **profil aspiré** sont des systèmes très compacts, mais ils ont besoin d'une énergie extérieure pour entrer en rotation, tourner ou aspirer l'air. Leurs performances optimales sont obtenues pour des plages de vent apparent généralement plus réduites que les autres systèmes.

## Kite



Le **kite** a l'avantage de ne pas encombrer le pont, et d'aller chercher plus haut des vents plus forts et plus stables. Il fonctionne de manière optimale aux allures portantes.

## 5 - Une opportunité environnementale et économique

### Environnement

La propulsion vélique est la **seule solution technologique disponible** et capable de réduire les besoins énergétiques et les émissions de façon substantielle.



- **Nouveaux navires** : 30 à 80% de réduction de consommation de carburants et des émissions associées, (en fonction des routes maritimes, des conditions de mer et des opérations du navire).

- **Retrofit** : 5 à 20 % de réduction de consommation de carburants et des émissions associées

Son exploitation n'émet pas de gaz à effet de serre, ne nécessite pas d'infrastructure lourde de production, de transport ou de stockage à terre, ni d'opération de soutage ou de stockage à bord. Ressource gratuite, utilisée directement et localement, son utilisation en mer n'entre pas en concurrence avec des usages terrestres.

### Economie



**Les modèles météo et outils de routage** développés ces dernières années notamment grâce à la course au large, **permettent d'assurer un service de transport fiable**. La propulsion vélique **réduit les coûts opérationnels** et affranchi le navire de la volatilité des coûts des carburants, ainsi que la dépendance énergétique des navires puisqu'elle réduit fortement le besoin de soutage.

Les solutions de propulsion par le vent apportent une puissance importante, pouvant dans certains cas couvrir jusqu'à 90% des besoins sur certaines routes et fonction du navire.

Par ailleurs, c'est un nouveau secteur industriel qui émerge aujourd'hui, créateur de valeur ajoutée et d'emplois.

Pour illustration : Le secteur vélique français a recruté 1100 salariés ces 3 dernières années. Il prévoit un chiffre d'affaires annuel de 1,5 Mds € **en 2030** (plus de 4 Mds € de chiffre d'affaires cumulé d'ici à 2030), et **plus de 4 600 emplois directs**.

**D'ici 2050**, le secteur vélique pourrait représenter **13 000 à 23 500 emplois** dans l'industrie navale civile française (comparés aux 50 000 emplois actuels de cette dernière) et un chiffre d'affaires annuel de 7,7 Mds €.



## 6 - Une solution applicable à tous les segments de flotte

Les technologies de propulsion par le vent sont adaptées à tous les segments de flotte : transport de vrac, de pétrole, gaz ou produits chimiques, de conteneurs mais aussi transport de matériel roulant, ferry et transport de passagers, ou encore flotte de pêche et navires de service.

Le choix de la technologie la plus adaptée pour un navire doit être guidé par les besoins structurels et opérationnels de celui-ci : jauge du navire, encombrement du pont, conditions d'exploitation (vitesse, ressource disponible en vent – angle et vitesse de celui-ci) et intensité de décarbonation souhaitée lors du transport. Certaines contraintes d'opération ou de routes vont nécessiter la capacité de repli des gréements (rabattable, télescopique...) comme le passage sous un pont ou le chargement et déchargement à l'aide de grues ou portiques dans les ports.

Les outils de routage météorologiques sont employés à la fois en amont pour prévoir la navigation, et au cours de celle-ci afin d'optimiser la route empruntée par le navire, conciliant ainsi les contraintes opérationnelles, économiques et écologiques.



Porte-conteneurs



Rouliers, car carrier...



Chimiquiers



Cargos conventionnels, gaziers, vraquiers, tankers



Navires de service



Transport de passagers, ferries



Navires de pêche

## 7 – Une production industrielle en plein essor

Les équipementiers industrialisent la production de leurs équipements et effectuent depuis 4 ans des installations, testant ainsi les premières séries.

La production du gréement SolidSail des Chantiers de l'Atlantique permet d'illustrer cet essor. Ce système mesure 80 mètres de haut pour une surface totale de 1500 m<sup>2</sup>. Après avoir été testé à terre pendant un an entre 2023 et 2024, il est maintenant en cours d'intégration sur le roulier de 136 mètres Neoliner Origin actuellement construit en Turquie. Ce roulier sera exploité en transatlantique. Le vent sera sa principale source de propulsion. Il équipera ensuite deux navires de croisière commandés par la compagnie Orient Express



	SolidSail 1500	SolidSail 800
Fuel economy (per year per rig)	1000 t*	500 t*
CO <sub>2</sub> emissions avoidance (per year per rig)	3200 t*	1600 t*
Overall Sail surface	1500m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>
Height above deck	74m (28m (tilted))	49m
Vessels compatibility	Vessel length above 150m	Vessel length above 60m
Main materials / manufacturing place	Fiber glass and carbon manufactured in France	

\*Calculation over transatlantic routing

Les Chantiers de l'Atlantique qui développent et fabriquent ce système ont construit, en collaboration avec d'autres industriels, une nouvelle usine de production à Lanester. La SolidSail Mast factory permettra à l'équipementier d'assurer la production de ses mâts de grande taille.



## 8 - Des premiers résultats probants

### Navire roulier Canopée

Le navire Canopée, 121 mètres, opéré par la société française Alizés (Jiffmar Offshore Service et Zéphyr & Borée) est affrété depuis 2023 par ArianeGroup pour le transport des pièces de la fusée Ariane 6 entre l'Europe et la base de Kourou en Guyane. L'équipementier français OceanWings qui a installé 4 ailes de 363 m<sup>2</sup> chacune a présenté de premiers chiffres clefs après 6 traversées, soit 25% à 50% d'économie de carburant mesurées par tranches de 24 h, l'équivalent d'1,3 tonnes de carburant par aile économisées par jours.



### Voiliers-cargos

Les navires Anemos et Grain de Sail II, respectivement 81 et 52 mètres de long, sont équipés de systèmes véliques permettant de propulser le navire principalement grâce à l'énergie du vent. Les navires dont la conception est optimisée pour des voilures de 3000 m<sup>2</sup> et 1500 m<sup>2</sup> économisent en moyenne 90% de carburant.



### Pétrolier Maersk Pelican

Le navire de 244 mètres est équipé depuis 2018 de 2 rotors flettners de 30 mètres de haut par 5 mètres de diamètre. Développés par l'équipementier finlandais Norsepower, ces systèmes de propulsion ont permis une réduction de la consommation de carburant à hauteur d'au moins 8,2% et des émissions liées.

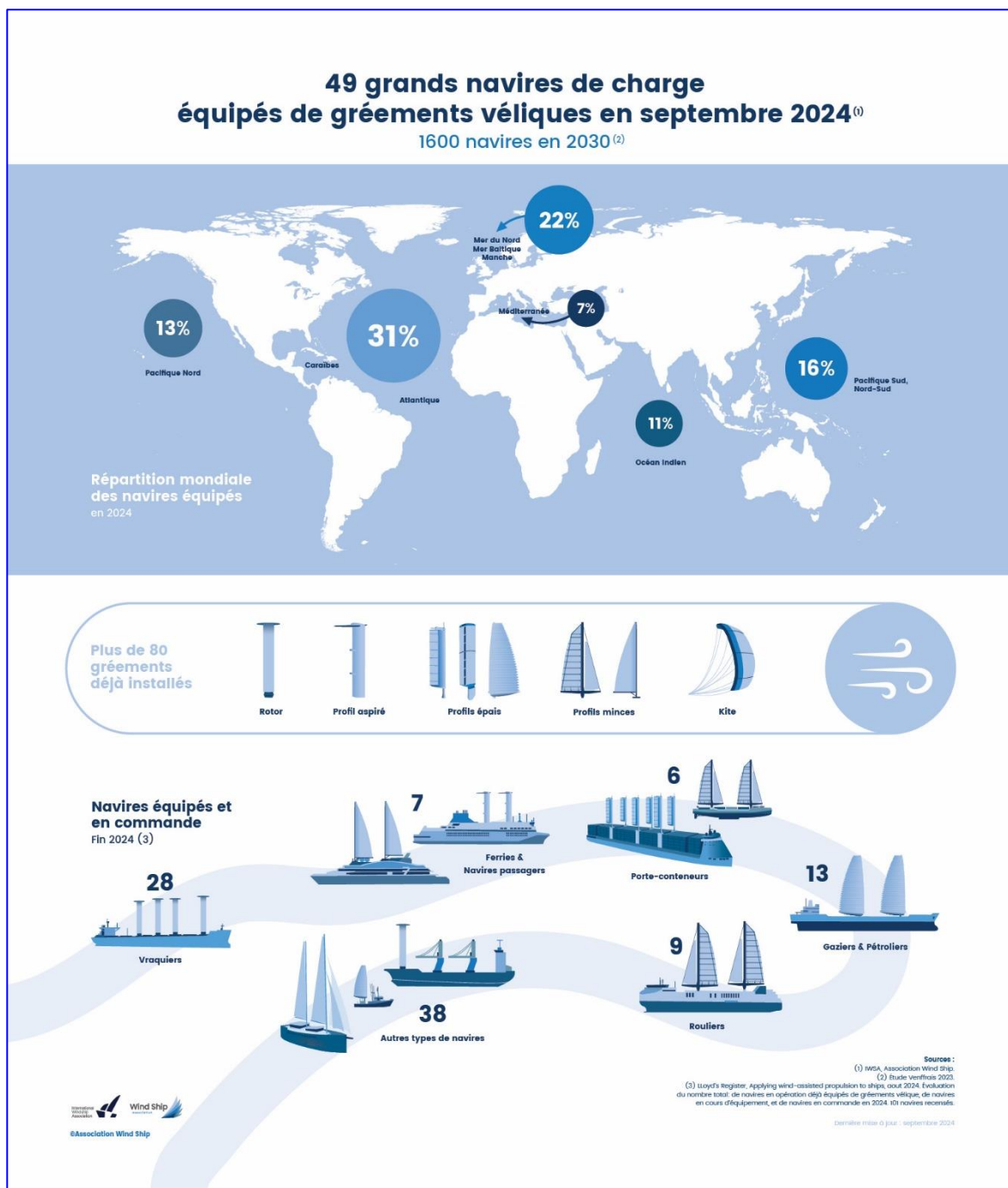
Norsepower a également remporté l'appel d'offre d'Airbus pour 3 navires RoRos armés par Louis Dreyfus Armateur et équipés chacun de 6 rotors de 35 mètres de haut par 5 mètres de diamètre.



## 9 - Des perspectives d'avenir prometteuses

Plus de 50 navires sont désormais équipés, ils seront une centaine d'ici quelques mois d'après les carnets de commandes – traduisant le passage d'un « point de bascule » permettant l'accélération des installations afin d'atteindre 1600 navires d'ici 2030.

L'intérêt pour l'énergie du vent sur les navires marchands est soulignée par les travaux de différents instituts de recherche et sociétés de classification : TU Delft Lloyd's Register, Bureau Veritas, Maersk Mac Kinner Moller Center for Zero Carbon Shipping ou encore Global Center for Maritime Decarbonisation y font désormais référence comme une alternative incontournable pour répondre au besoin de décarbonation et pour tenir l'équilibre économique de l'exploitation des navires.



## 10 – Tous en action : comment monter à bord et soutenir la filière

Le développement de la propulsion des navires marchands par l'énergie du vent est indispensable pour atteindre les objectifs de transition énergétique du transport maritime.

En France, un pacte vélique a été signé entre l'État français et les acteurs économiques pour faciliter le passage à l'échelle industrielle de cette solution et engager pleinement son déploiement maritime.

**Cet exemple de collaboration active et constructive pourrait inspirer la mise en place d'un engagement équivalent à l'échelle européenne.**

En effet, ce pacte initie des pratiques ayant un fort effet de levier pour le secteur vélique. Celles-ci peuvent encore être amplifiées grâce à l'engagement de nouveaux entrants en prenant pour point de départ les actions qui sont proposées ci-dessous :

### CHARGEURS

- S'engager sur des contrats de plus long terme que la pratique actuelle pour charger des navires véliques
- Participer événements dédiés au transport maritime vélique (comme Wind for Goods, les 19 et 20 juin 2025 à Saint Nazaire)

### ARMATEURS

- Tester les systèmes véliques en développement
- Étudier de manière systématique et approfondie l'intégration de la propulsion par le vent dans tout projet où elle est techniquement viable

### FINANCEURS, ASSUREURS

- Proposer des critères d'analyse et des produits adaptés aux spécificités du vélique pour faciliter le développement d'une offre de service de transport maritime utilisant l'énergie du vent
- Valoriser les performances extra-financières des projets véliques (décarbonation, bruit sous-marin, analyse du cycle de vie du navire, ...)
- Proposer des modes de financement innovants via un pay-as-you-save, ou du leasing

### INSTITUTIONS ET ETAT

- Mettre en place ou élargir les dispositifs de financement à la propulsion vélique pour inciter au déploiement de ce transport sobre en énergie (comme par exemple le CEE – certificat d'économie d'énergie - en France, en prenant en compte un pourcentage des économies réalisées lorsque les trajets ne sont pas nationaux).

### ENERGETICIENS

- Proposer en collaboration avec des équipementiers véliques, des modèles de propulsions hybrides intégrant l'énergie du vent

### ACTEURS PORTUAIRES

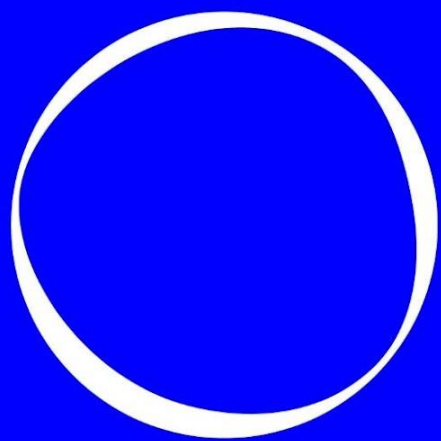
Faciliter l'accueil des navires véliques.

### Pour en savoir plus

- Le livre blanc de la propulsion par le vent ([en français](#), [en anglais](#))
- Le [livre blanc de l'IWSA](#)
- Le [livre blanc de Bureau Veritas](#)
- Le [rapport du Lloyds Register](#)

## Images sources

1. Navire Canopée – © Tom Van Oossanen
2. Illustrations des technologies véliques tirées du Livre Blanc – © Association Wind Ship
3. Navire porte-conteneurs Williwaw – © Zéphyr & Borée [lien](#)
4. Navire Neoliner Origin – © Neoline [lien](#)
5. Navire palangrier Piriou – © Piriou
6. Navire porte-conteneurs Meltem : © Zéphyr & Borée [lien](#)
7. Navire de service - © Stena Bulk [lien](#)
8. Transport de passagers - © STX France [lien](#)
9. Cargo conventionnel - © Boomsma Shipping [lien](#)
10. Chimiquier – © Terntank Rederi A/S [lien](#)
11. SolidSail 1500 - © Chantiers de l'Atlantique
12. Usine Solidsail Mast Factory - © Architectes Andreatta-Le Pavec [lien](#)
13. Mâts Solidsail en construction – © Véronique Couzinou [lien](#)
14. Photos Canopée - © Tom Van Oossanen [lien](#)
15. Maersk Pelican – © Norspower ltd [lien](#)
16. RoRos Airbus équipés de rotors – © Louis Dreyfus Armateur [lien](#)
17. Navire Anemos - © Ronan Gladu [lien](#)
18. Navire Grain de Sail II – ©LoysLeclercq L2Onaval [lien](#)
19. « 49 Grands navires de charge », Bâche exposition Wind Ship - © Association Wind Ship



# **NEW ENERGIES**

The energies coalition for transport & logistics

[www.newenergiescoalition.com](http://www.newenergiescoalition.com)