

La propulsion par le vent dans le transport maritime

Une dynamique économique en cours sur Lorient Agglomération

241 / MAI 2024

Lorient Agglomération 

Économie

Comme les autres secteurs de l'économie, le transport maritime doit s'engager dans la décarbonation. Au niveau mondial, il représente 3 à 4 % des émissions mondiales de CO₂ soit un niveau proche de celui du transport aérien ou du numérique. À côté des carburants alternatifs, la propulsion des navires par le vent est un des vecteurs possibles de cette décarbonation. Sur Lorient Agglomération, 24 entreprises sont déjà positionnées sur le développement de cette technologie pour le transport de marchandises. Un écosystème local est en émergence.



1. LA DÉCARBONATION DU TRANSPORT MARITIME

Le transport maritime est un consommateur important de fioul lourd. À titre d'exemple, un porte-conteneur équivalent 20 000 evp* consomme 250 tonnes de fioul lourd par jour soit 4 000 tonnes pour un trajet Shanghai-Le Havre.

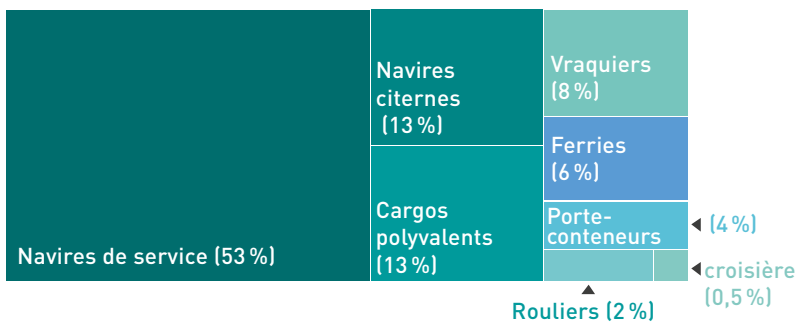
Le transport maritime représente environ 4 % des émissions mondiales de CO₂. Si la tendance actuelle perdure, ce chiffre devrait doubler en 2050. Ce pourcentage peut paraître négligeable mais il est du même ordre de grandeur que les émissions du transport aérien, du numérique ou de l'Allemagne par exemple.

Le transport de marchandises est donc un des maillons du respect des accords de Paris de 2015 qui visent à contenir à +1.5°C le réchauffement climatique.

*équivalent vingt pieds

Une flotte mondiale de plus de 150 000 navires...

... qui transporte l'essentiel des marchandises et matières premières dans le monde



Sources : Perspectives des transports, OCDE 2019



90%
des marchandises
ont transité par 1
navire

72% des importations françaises passent par le maritime

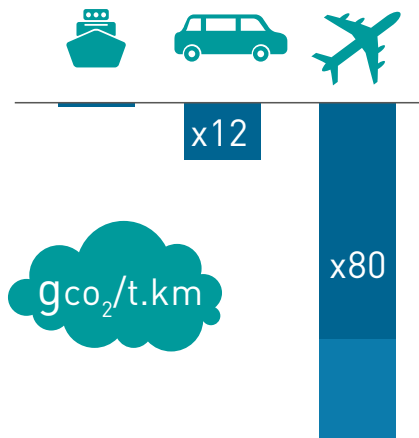
Sources : T2EM, analyse des carburants alternatifs



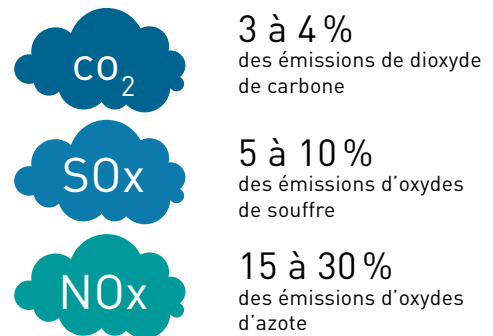
L'énergie fossile (pétrole, gaz, charbon) représente 40 % du fret transporté dans le monde

UN MOYEN DE TRANSPORT EFFICIENT MAIS EN FORTE CROISSANCE

Le transport maritime en termes d'émissions de CO₂



Part des émissions mondiales issues du transport maritime



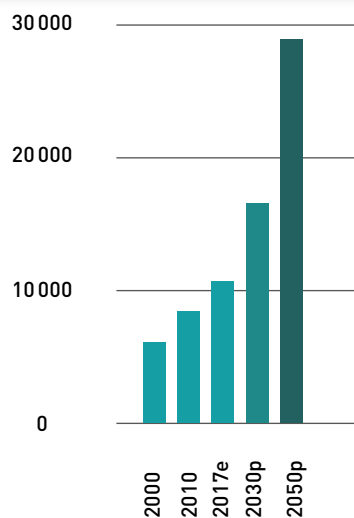
Source : Wind Ship

Toutefois le transport maritime est de loin le transport le plus efficace en termes d'émissions de CO₂ à la tonne transportée par kilomètre.

Il a toutefois un impact non négligeable sur l'environnement en termes d'émissions.



Avec une croissance significative dans les prochaines années



x2 à x3 d'ici 2050 selon les projections de l'OCDE

Source : Perspective des transports, OCDE 2019

L'Organisation Maritime Internationale, branche de l'O.N.U, a fixé un cadre ambitieux à l'ensemble de la filière : réduire de 50% les émissions du transport maritime en 2050. Si l'on prend en compte la durée de vie des navires concernés, les nouvelles constructions doivent dès aujourd'hui être extrêmement sobres, mais il faut également trouver des moyens de « retro-fitter » (modifier) les 150 000 navires existants.



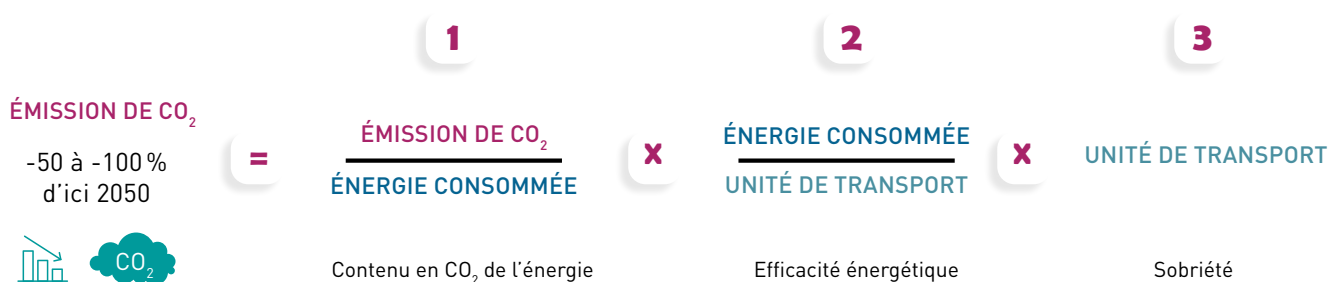
2. PLUSIEURS LEVIERS DE DÉCARBONATION

L'objectif de réduction de la consommation de pétrole dans le transport maritime peut passer par différents leviers qui ont chacun des atouts mais aussi des limites.

Ils se déclinent en 3 grandes catégories : contenu en CO₂ de l'énergie, efficacité énergétique et sobriété



Équation de Kaya : les 3 leviers disponibles



Source : Chantier maritime français

Levier 1 : Contenu en CO₂ de l'énergie : 5 possibilités


Bio-carburants

— 0 à -30 % ? →

Stocks limités
Compétition d'usage
Règlementation




E-carburants*

— 0 à -100 % ? →

Faibles rendements de la chaîne globale
Énormes besoins en électricité décarbonée
Choix de la molécule adaptée au navire
Coût
Compétition d'usage




Électrification*

— -10 à -100 % ? →

Limitée en termes de puissance
Faible part de la flotte en propulsion principale




Capture et
stockage
CO₂

— 0 à -20 % ? →

Limités par la place de stockage à bord
Absence de chaîne logistique CO₂




Propulsion
vélique

— 0 à -100 % ? →

Principalement destinée à de l'assistance sur
des routes propices
En développement avec des premiers
prototypes



*voir en annexe

Source : Chantier maritime français

Levier 2 : Efficacité énergétique : 2 possibilités



— -5 à -20 % ? —>

Gains limités à 10/20 %
Nécessité de développements technologiques



— -5 à -20 % ? —>

Gains limités à 5/10 %
Nécessité de développements technologiques



Source : Chantier maritime français

Levier 3 : sobriété de l'unité de transport : 2 possibilités



— 0 à -50 % ? —>

Baisse du trafic mondial
Ajout de nouveaux navires ?



Économie nationale/
chiffre
d'affaires filière

—>

Changement de modèles complexes



Source : Chantier maritime français



3. LA PROPULSION VÉLIQUE : INTÉRÊT ET LIMITE

Aujourd'hui, la propulsion vélique est **la seule technologie mature** qui permet une réduction des émissions cohérente avec les objectifs mondiaux :

- ✓ nouveaux navires : 30 à 80 % de réduction de consommation de carburants et d'émissions associées ;
- ✓ retrofit : 5 à 20 % de réduction de consommation de carburants et d'émissions associées.

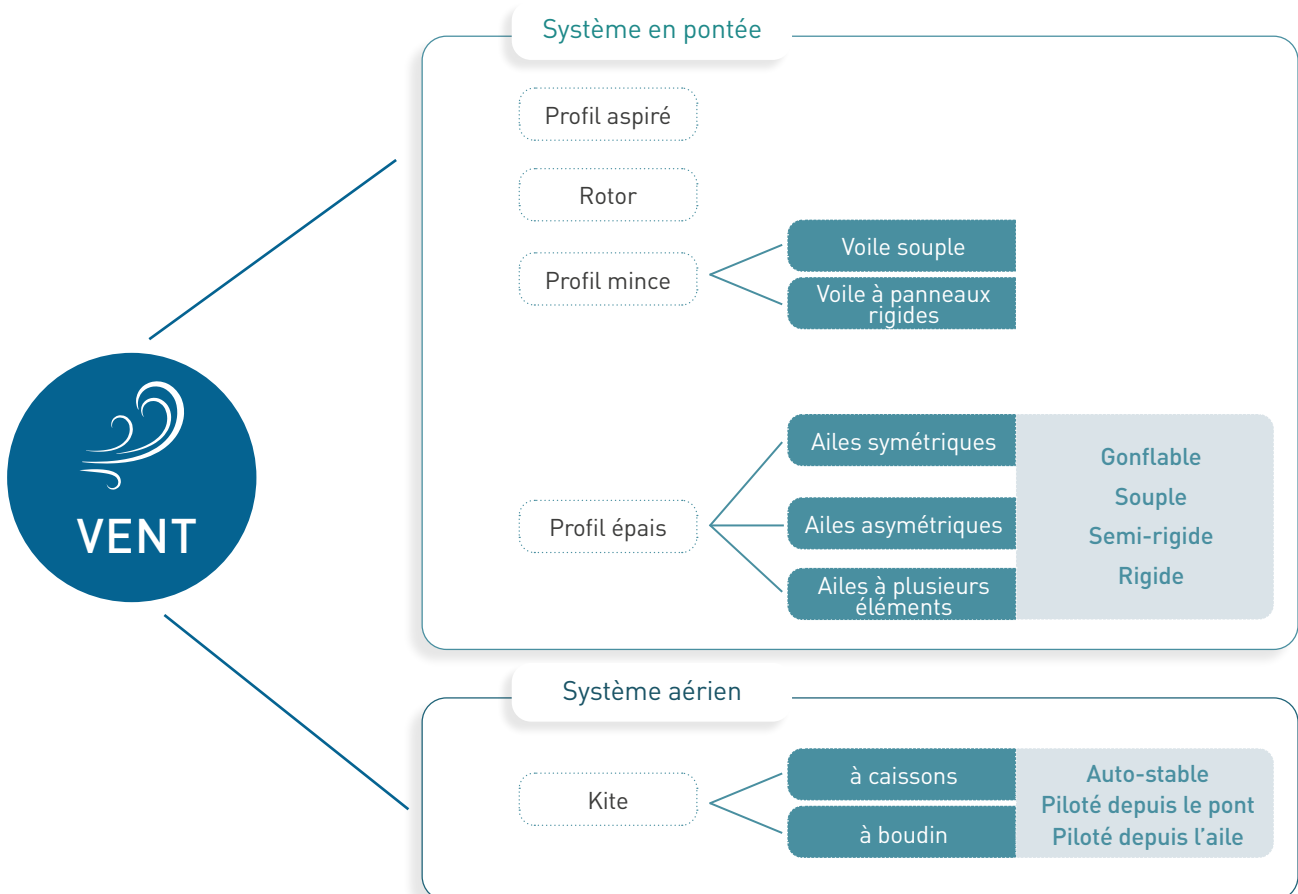
C'est aussi la seule technologie de décarbonation qui réduit les besoins en énergie globale.

Les carburants alternatifs (e-fuels), ont des rendements faibles, qui au final augmentent le besoin en énergie primaire (électricité notamment). Convertir l'ensemble de la flotte des navires français à l'électricité (batteries ou H2) nécessiterait la construction de 7 EPR (centrales nucléaires) dédiées (source ERDF).

Ils nécessitent également de lourds investissements en infrastructures portuaires (branchements, réseaux, stockages d'énergie...). Ils ne sont pas à écarter du mix énergétique, mais à considérer à leur juste place.

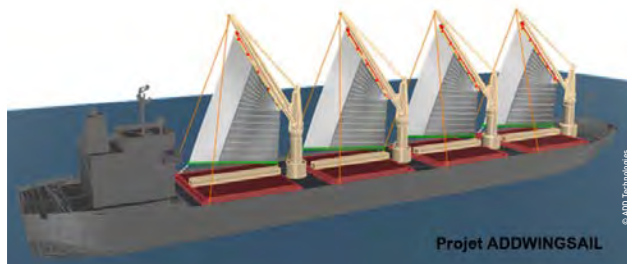
Toutefois, le « **point faible** » le plus significatif de la propulsion vélique est la réduction de la vitesse, qui entraîne une réduction du volume global transporté.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES



Source : Wind Ship Association

Autres catégories : éoliennes pour alimenter une propulsion électrique, navires en forme d'aile, ...





© Bernard BIGER – SolidSail

Des vitesses plus petites avec la propulsion vélique

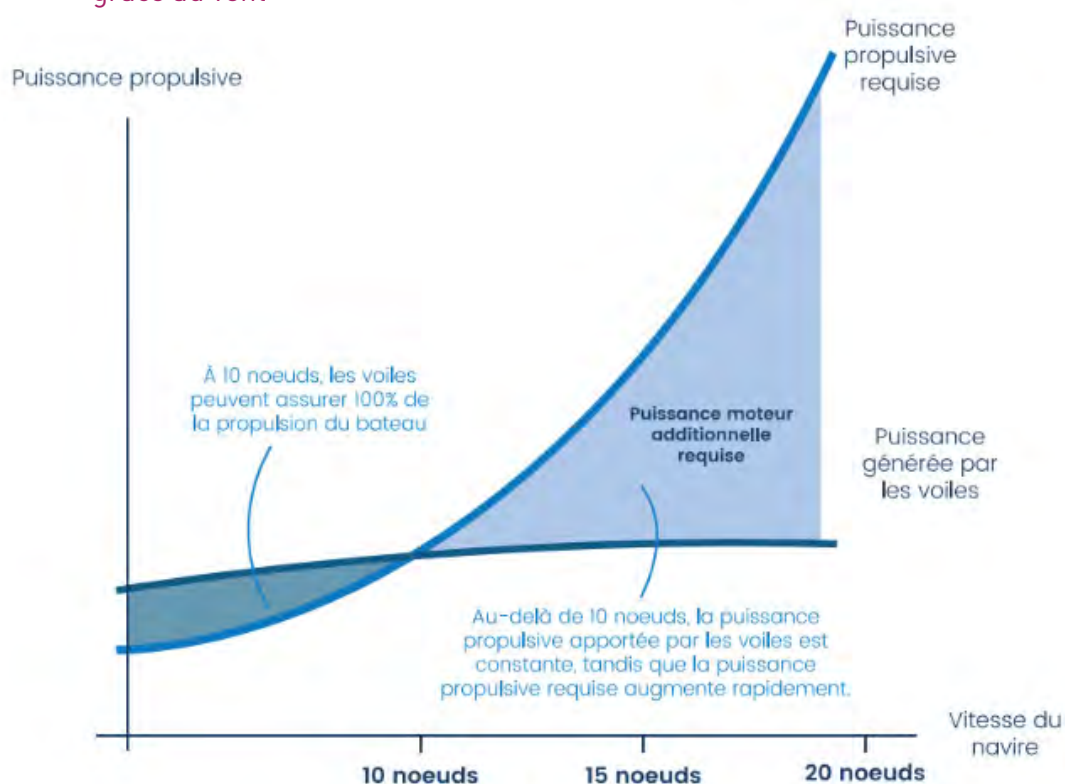
La course au large permet aujourd'hui d'évoluer à des vitesses très importantes sur les océans. De telles vitesses ne sont pas applicables au transport maritime.

Pour que la propulsion vélique soit significative, l'ensemble des architectes navals, bureaux d'études et armateurs conviennent qu'une vitesse d'exploitation adaptée se situe entre 10 et 14 nœuds environ, loin des 20 à 25 nœuds aujourd'hui pratiqués dans le transport de marchandises.

Ralentir signifie transporter moins de marchandises, donc augmenter les coûts à la tonne-kilomètre, donc revoir les circuits logistiques et commerciaux des marchandises transportées, ou construire plus de navires... L'équation est donc complexe et comporte de multiples facteurs, socio-économiques, politiques, internationaux...

L'innovation technologique s'accompagne mécaniquement d'une innovation d'usage pour apporter un impact significatif.

Vitesse et puissance propulsive générée grâce au vent



Source : Wind Ship Association

NB : la vitesse de 10 noeuds est utilisée dans ce graphique pour illustrer le propos, mais ne correspond en rien à une valeur absolue. Ce point optimal est à déterminer selon le type de bateau et de technologie.

Le transport maritime à la voile s'accompagne donc d'un **changement complet de modèle**, tant pour les armateurs, les chargeurs (clients), que pour les ports et les acteurs de la logistique.

Localement, cela peut avoir un impact sur les aménagements portuaires (accueillir des navires moins adaptés aux infrastructures actuelles, nécessité de zones de stockage temporaires, besoin en formation sur de nouveaux métiers, formation aux systèmes véliques, aux automatismes, maintenance des systèmes, travail en hauteur, prise en compte de la météo dans les trajets...)



4. LA PROPULSION VÉLIQUE DANS LE PAYS DE LORIENT : 24 ENTREPRISES

Localement, Lorient bénéficie d'un avantage concurrentiel non négligeable dans l'industrie de la propulsion vélique : la capacité de production déjà existante pour les grandes pièces en composites (mâts, bômes, voiles en composites...), des bureaux d'études aux moyens de production, en passant par les architectes navals et les électroniciens. Voici quelques projets connus dans le transport de marchandises, de passagers et scientifiques

BUREAUX D'ÉTUDES ET ARCHITECTES NAVALS

ENTREPRISE	ACTIVITÉ	PROJETS CONNUS
SOFRESID	Bureau d'études	Canopée Néoline Wisamo
L20 NAVAL	Architecte naval	Grain de Sail I et II Passeur des Iles
ZEPHYR & BORÉE	Bureau d'études	Canopée Windcoop Mervent
SHIP ST	Architecte naval	Persévérance Polar Sea
G SEA DESIGN	Bureau d'études	SOLID SAIL
SEGULA	Bureau d'études	Wisamo, Solid Sail, CWS
VELIC CONSULTING	Prestataire de conseil	
OLIVIER PETIT	Architecte naval	Tara Persévérance
PROPELWIND	Bureau d'études	Monocoque générique
XP SEA	Bureau d'études	Grain de Sail II, Canopée et autres

SYSTÈMES DE PROPULSION

ENTREPRISE	ACTIVITÉ	PROJETS CONNUS
ADD TECHNOLOGIES	Voile souple épaisse de propulsion	En cours de développement
AEROFORCE	Voile souple gonflable et articulée de propulsion	Démonstrateur en cours sur le catamaran MOD X
CORMORAN (SHIP ST)	Voile rigide abatable	NVS Breizh

La liste des entreprises locales impliquées dans la propulsion vélique est en constante évolution. N'hésitez pas à signaler à AudéLor (r.guyon@audelor.com) toute entreprise qui aurait été omise.

ÉQUIPEMENTIERS

ENTREPRISE	ACTIVITÉ	PROJETS CONNUS
OCEAN DATA SYSTEM	Équipements de pilotage, assersissement	Windstar Cruise
GUELT	Usinage de pièces métalliques de haute performance	Ponant
LORIMA / GROUPE WICHARD	Conception et fabrication de grands mâts carbone	TOWT, Grain de Sail II
PIXEL SUR MER	Pilotes automatiques et monitoring de structures	
THALOS	Systèmes de télécommunication embarqués	

ARMATEURS

ENTREPRISE	ACTIVITÉ	PROJETS CONNUS
ZÉPHYR & BORÉE (filiale ALIZÉS)	Conception exploitation de navires bas carbone, notamment véliques	Canopée, navire de transport pour Ariane 6
WINDCOOP	Conception et exploitation de porte-conteneurs à voile	Ligne France-Madagascar en cours

CHANTIERS

ENTREPRISE	ACTIVITÉ	PROJETS CONNUS
Océan Développement	Divers projets nautiques	Catamaran MOD X, sobre et utilisateur de la voile Aéroforce
SNE SMM	Fabrication de grandes pièces en composite	Solid Sail
SOLID SAIL MAST FACTORY (Chantiers de l'Atlantique)	Conception et fabrication de grands mâts carbone	Silent Seas Neoliner
AVEL ROBOTICS	Fabrication robotisée de pièces carbonées	Pièces de jonction des mâts Solid Sail
PIRIOU	Chantier naval	Grain de Sail, TOWT... mais pas à Lorient
INTERPROFESSION DU PORT DE LORIENT	Prestataires divers sur tous les domaines de construction et maintenance de navires	GRAIN DE SAIL TARA PANGAEA



5. UN ÉCOSYSTÈME EN CONSTRUCTION

La propulsion par le vent impose d'élargir beaucoup plus le terrain d'action au niveau régional, national voire international.

Au niveau régional

Bretagne Pôle Naval a réalisé un répertoire de 50 navires à propulsion innovante : www.bpn.bzh/fr/actualite/bateautech-avant-premiere

BDI a réalisé une cartographie des acteurs bretons <https://www.bdi.fr/fr/publications/propulsion-des-navires-par-le-vent/>



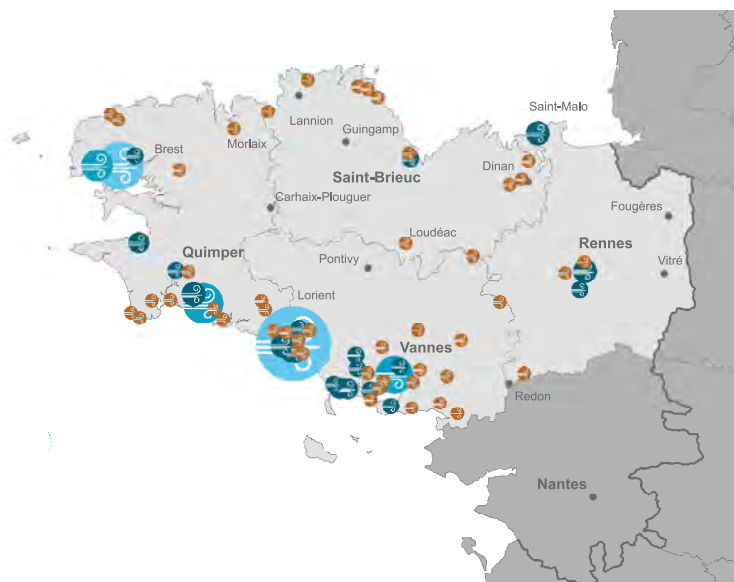
RÉPARTITION DES 156 ENTREPRISES EN ACTIVITÉ + INTÉRESSÉES SUR LE TERRITOIRE

Nombre d'entreprises



0 5 10 20 Kilomètres

AOÛT 2021 / SOURCES : ENQUÊTE AUPRÈS DES ACTEURS INDUSTRIELS DU TRANSPORT MARITIME PROPULSÉ PAR LE VENT ET DES PROSPECTS POTENTIELS EN BRETAGNE IGN - GEOFLA® ET RGE® © BRETAGNE DÉVELOPPEMENT INNOVATION



Source : BDI

Au niveau national

Wind Ship Association

L'association Wind Ship a été créée pour activer l'ensemble des leviers disponibles pour accélérer le développement de la propulsion par le vent.

Elle a publié récemment un livre blanc qui fait un état des lieux complet sur les enjeux, les technologies et la vision de l'avenir.

<https://www.wind-ship.fr/>

<https://www.wind-ship.fr/livre-blanc>

Des technologies françaises matures

Une trentaine de développeurs toutes technologies confondues sont actuellement recensés dans le monde, dont une dizaine sont installés en France.



Cartographie France : livre blanc page 40 (+ suivante p41 pour international ?)



ANNEXES

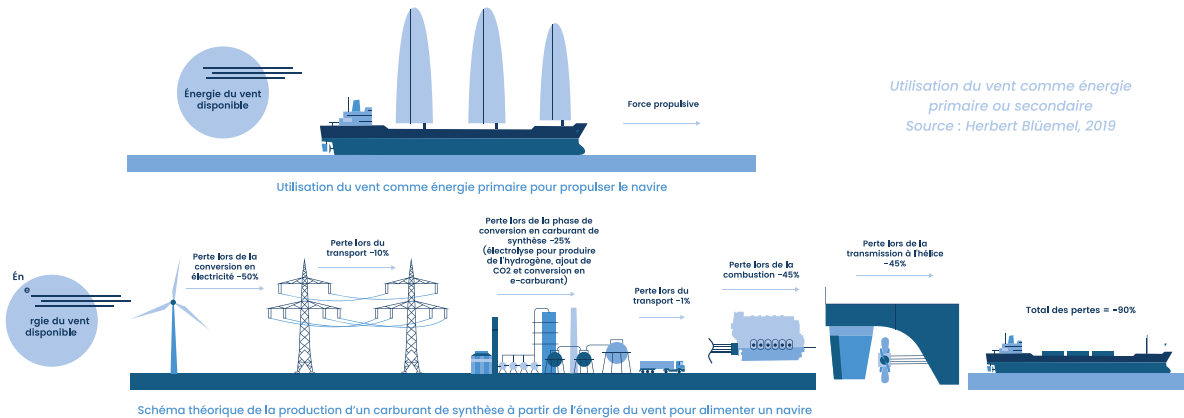
PRÉCISIONS SUR LES NOUVEAUX CARBURANTS ET L'ÉLECTRIFICATION DU TRANSPORT MARITIME

■ Les carburants alternatifs

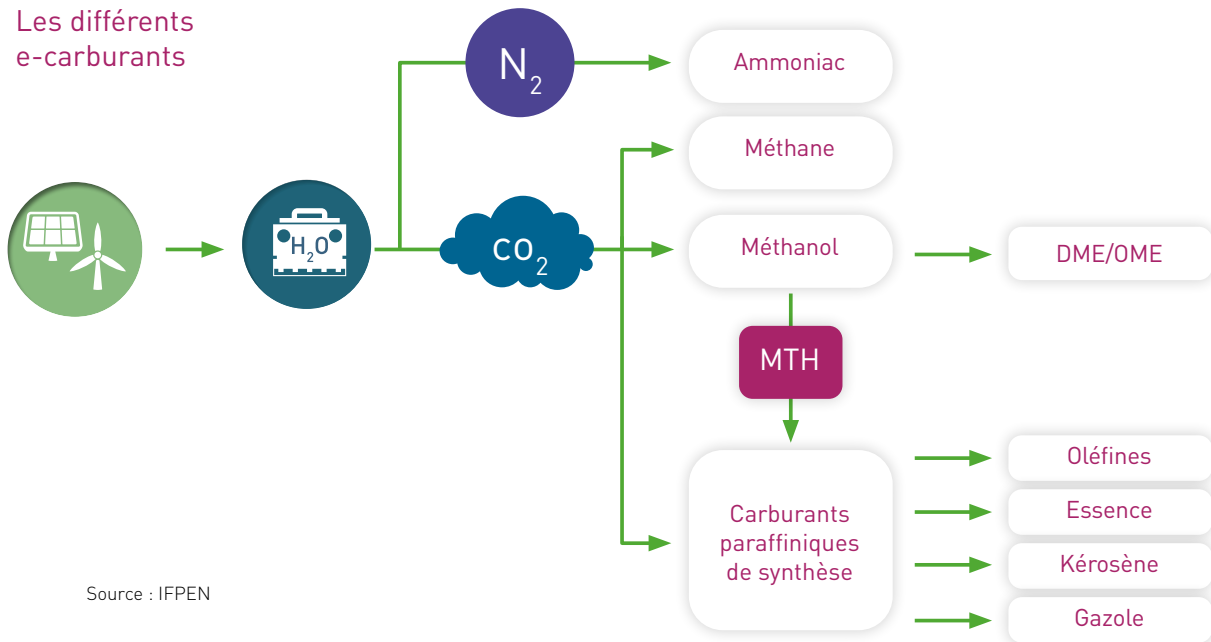
Les biocarburants : bois, déchets organiques, déchets alimentaires et certaines cultures de biomasse

Les e-carburants : ammoniac, e-méthane, e-méthanol, e-carburants paraffiniques

■ L'électrification



Les différents e-carburants



Source : IFPEN

Contact :

Régis Guyon : 02 97 12 06 40

Équipe projet :

Gilles Poupard, Loïc Bruneau (Erele), Anne-Marie Cuesta (BPN), Briec Morin (Sellor)

AUDÉLOR
DÉVELOPPEUR DE TERRITOIRE

12 avenue de la Perrière
56324 Lorient cedex
02 97 12 06 40

www.audelor.com

Directeur de la publication : Pascal Le Liboux
ISSN 2118-1632

Pour télécharger
les communications
d'Audélor : www.audelor.com

