

GUIDE D'UTILISATION OUTIL TCO2050

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

ARMATEURS DE FRANCE

Glossaire

BAU (Business As Usual)
Scénario de référence correspondant à la situation actuelle sans mesure supplémentaire de décarbonation. Il sert de base de comparaison pour évaluer les solutions alternatives.

LOA (Length Overall)
Longueur hors tout du navire, mesurée entre l'extrémité avant et l'extrémité arrière du navire.

DWT (Deadweight Tonnage)
Port en lourd du navire. Il représente la capacité maximale de chargement, incluant cargaison, carburant, eau, provisions et équipage.

CAPEX (Capital Expenditure)
Dépenses d'investissement nécessaires à la mise en œuvre d'une solution de décarbonation (ex. : modification du navire, nouveaux équipements, retrofit, nouvelles motorisations).

OPEX (Operational Expenditure)
Coûts d'exploitation liés au fonctionnement du navire hors carburant : maintenance, équipage, assurance, opérations, etc.

FUELEX (Fuel Expenditure)
Dépenses liées à la consommation de carburant sur la durée d'exploitation du navire.

TAXEX (Tax Expenditure)
Coûts liés aux taxations carbone et réglementations climatiques (ex. : EU ETS, FuelEU Maritime, futurs mécanismes IMO).

MAC (Marginal Abatement Cost)
Coût marginal de réduction des émissions de CO_2. Il mesure le coût supplémentaire nécessaire pour éviter une tonne de CO_2 par rapport au scénario de référence.

ROI (Return on Investment)
Indicateur de rentabilité qui mesure le gain financier généré par un investissement par rapport à son coût initial.

GFI (Green Fuel Intensity)
Indicateur mesurant l'intensité carbone des carburants utilisés, exprimée généralement en émissions de GES par unité d'énergie.

TRI (Taux de Rentabilité Interne / IRR)
Taux d'actualisation pour lequel la valeur actuelle nette d'un investissement est nulle. Il permet d'évaluer la rentabilité globale d'un projet sur sa durée de vie

Outil TCO maritime

Cet outil constitue une preuve de concept (POC) . Il est co-développé par MEET2050 et Armateurs de France.

Les objectifs de l'outil

- Comparer les solutions de décarbonation : technologies, carburants, opérations…
- Évaluer la rentabilité des investissements : TCO, ROI, TRI, MACC
- Intégrer les contraintes réglementaires : ETS, FuelEU Maritime
- Objectiver les surcoûts de la décarbonation : CAPEX / OPEX
- Soutenir les décisions stratégiques d'investissement

Usage des données

En l'état, il ne constitue ni un outil finalisé, ni un standard industriel validé. L'objectif est de fournir aux utilisateurs un outil permettant de se familiariser avec ce type d'outil, et d'identifier des besoins futurs.
L'utilisation de cet outil se fait sous la responsabilité exclusive de l'utilisateur. Cet outil dans sa version POC ne doit en aucun cas être utilisé comme unique base de décision d'investissement ou d'exploitation.

Conditions d'accès

Cet outil ne peut, à ce jour, faire l'objet d'aucune diffusion ou mise à disposition en dehors du cadre strictement défini.
Son accès est exclusivement réservé aux adhérents d'Armateurs de France ainsi qu'aux membres de Meet2050.
En conséquence, tout partage, reproduction ou communication, totale ou partielle, auprès de tiers non autorisés est **formellement proscrit à ce stade.**

Plus d'information sur le cadrage : page « disclamer » de l'outil **Disclamer**

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

Structure de l'outil

ARMATEURS DE FRANCE

Outil basé sur des bases de données, des modèles génériques mais une capacité de personnalisation

Base de données décarbonation

- Données réglementaires : taxes
- Données énergétiques : prix et caractéristiques énergies (GFI, LCV …)
- Données financières

MAJ régulière (ADF, MEET …) – DATA2050

Données d'entrée

- Nb années TCO
- Type navire
- Longueur, puissance, etc …

Paramètres scénarios

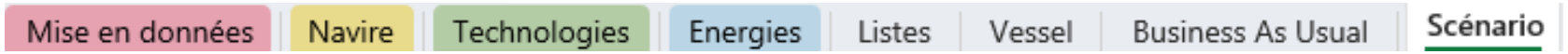
- 4 Scénario : Business As Usual (référence), scénario principal + 2 variantes
- Choix énergies (motorisation / énergie / stockage) et solutions décarbonation (technologies, opérations, vélique …)

Modèle TCO

- Technologies : Estimation des CAPEX, OPEX et gains sur la base de modèles ou données personnalisées
- Énergie : calcul consommations, émissions, coûts fuel FUELEX sur la base de la base de données ou données personnalisées
- Taxes : calcul des taxes associés aux réglementations TAXEX
- Calculs financiers : TCO, ROI, Payback period, MAC, etc ..

Résultats

- Comparaison de configurations de leviers énergétiques, technologiques
- Arbitrages entre coût taxes et investissements
- Vision court, moyen et long terme en faisant varier la période d'analyse
- Quantifier niveau d'aide ou baisse de coût pour être comparable à la situation BAU



Dans le fichier Excel, différentes pages disponibles pour comprendre les logiques de calculs

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

Données d'entrées

ARMATEURS DE FRANCE

Les armateurs renseignent les paramètres techniques, énergétiques et économiques nécessaires à la comparaison des différents scénarios de décarbonation.

Paramètres



- Année initiale d'analyse TCO
- Nombre d'années de calcul TCO
- Année finale d'analyse TCO

Données navires



- Type
- LOA (m)
- DWT (t)
- Puissance totale (kW)
- Nombre d'hélices
- Vitesse moyenne (knt)
- Surface mouillée (m2)
- Cout CAPEX navire de référence (k€)
- Couts OPEX annuel navire de référence (k€)
- Part de cargo du volume de carburant (%)

Hypothèses réglementaires



- Données physiques de calcul
- Voyages
- Taxes prises en compte

Mix énergétique



- Business as usual (en tonnes)
- Scénario (en %)
- Variante N°1 (en %)
- Variante N°2 (en %)

Technologies déployées



- Efficacité énergétique (oui + année)
- Vélique (oui + année)
- Optimisation opérationnelle (oui + année)

Options de calculs



- Évolution des couts
- Conversion $/euros

Dans le fichier Excel, seules les données **en bleu clair** sont à modifier

Mise en données

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

Données de sorties

ARMATEURS DE FRANCE

Les résultats permettent de comparer plusieurs scénarios selon les données d'entrées, évaluer l'impact des réglementations climatiques, et identifier le scénario le plus rentable et le moins émetteur

- Période d'analyse configurable : 1 à 10 ans
- Analyse pour un navire donné

Comparaison des scénarios

1. Comparaison des coûts : CAPEX, OPEX, carburant, taxes
2. TCO total sur la période d'analyse
3. Indicateurs financiers et environnementaux
4. Décomposition du TCO par poste
5. Gains / pertes de TCO et CO_2 par scénario
6. Comparaison des TCO cumulés à long terme

Résultats du scénario référence

1. TCO annuel par postes
2. TCO cumulé par postes
3. Décomposition des taxes par origine

Résultats du scénario variante n°1

1. TCO Annuel par postes
2. TCO cumulé par postes
3. Décomposition des taxes par origine

Résultats du scénario variante n°2

1. TCO Annuel par postes
2. TCO cumulé par postes
3. Décomposition des taxes par origine

Facteurs d'émission

1. Facteur d'émission des carburants et moyenne des scénarios sur la période considérée
2. Facteur d'émission réglementaires et des scénarios

Dans le fichier Excel, 5 catégories de résultats sont générées automatiquement à partir des données d'entrées

Focus : réglementations intégrées dans l'outil

L'outil intègre deux réglementations européennes majeures influençant les coûts et les émissions du transport maritime.

EU ETS

L'EU ETS est le système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne. Il repose sur un mécanisme appelé "cap and trade".

- Cap (plafond) : l'Union européenne fixe un plafond global d'émissions de CO_2.
- Trade (échange) : les entreprises doivent acheter ou détenir des quotas d'émission (EUA) correspondant à leurs émissions.

Navires concernés

- Navires de plus de 5000 GT
- Transport commercial faisant escale dans les ports de l'Union européenne

Émissions prises en compte

- 100 % des émissions pour les voyages intra-UE
- 50 % des émissions pour les voyages entre l'UE et les pays tiers

Mise en œuvre progressive

- 2024 : 40 % des émissions couvertes
- 2025 : 70 %
- 2026 : 100 %

Prix du quota carbone

- Estimé en suivant les estimations GMK (€/tCO_2) : 2025 : 72 | 2026 : 85 | 2027 : 100 | 2028 : 115 | 2029 : 120 | 2030 : 126

Dans l'outil le prix du quota carbone peut être personnalisé.

FUEL UE

FuelEU Maritime est une réglementation européenne visant à réduire progressivement l'intensité carbone de l'énergie utilisée par les navires. Elle impose aux armateurs de diminuer les émissions de gaz à effet de serre par unité d'énergie utilisée à bord, avec des objectifs de réduction progressifs à partir de 2025.

Navires concernés

- Navires de plus de 5 000 GT
- Transport commercial faisant escale dans les ports de l'Union européenne

Énergie prise en compte

- carburants marins
- carburants alternatifs
- électricité utilisée à quai

Pénalités

En cas de non-respect des objectifs, une pénalité financière est appliquée. Cette pénalité correspond à environ 2400 € par tonne équivalent VLSFO d'énergie non conforme, soit un ordre de grandeur d'environ 640 €/tCO_2 selon l'intensité carbone du carburant.

Priorité carburant vertueux VS non vertueux

- Priorité intégrée aux carburants à faible intensité carbone pour réduire l'intensité GHG déclarée.

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

Focus : carburants intégrés dans l'outil

ARMATEURS DE FRANCE

L'outil intègre 9 types de carburants afin de comparer différents scénarios de décarbonation
+ 3 carburants personnalisés



Mix énergétique
HFO
VLSFO
MDO
GNL (Otto MS)
B30
Bio GNL
Biodiesel (FAME)
Hydrogène
Electricité
Personnalisé n°1
Personnalisé n°2
Personnalisé n°3

Carburants intégrés dans l'outil

L'outil propose **9 carburants par défaut**, associés à des **facteurs d'émission et contenus énergétiques** issus des réglementations et de sources de référence.
Ces paramètres peuvent être **modifiés ou personnalisés par l'utilisateur** si nécessaire.
Il est également possible **d'ajouter jusqu'à 3 carburants supplémentaires** en renseignant les paramètres souhaités (facteurs d'émission, contenu énergétique, etc.).

Méthodes de calcul des émissions

Les deux réglementations intégrées dans l'outil utilisent **des approches différentes pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre :**

- **EU ETS** : approche **Tank-to-Wake (TTW)**, qui prend en compte uniquement les émissions liées à la combustion du carburant à bord du navire.
- **FuelEU Maritime** : approche **Well-to-Wake (WTW)**, qui considère l'ensemble du cycle de vie de l'énergie, depuis la production du carburant jusqu'à son utilisation à bord.

Ainsi, **les facteurs d'émission utilisés dans l'outil peuvent varier selon la réglementation appliquée.**

Prise en compte des pénalités

Les **éventuelles pénalités liées à FuelEU Maritime** sont également intégrées dans les calculs afin d'évaluer leur impact sur les différents scénarios.

Focus : technologies intégrées dans l'outil

L'outil permet d'évaluer à ce jour 6 leviers technologiques et opérationnels visant à réduire les émissions de CO_2 des navires + possibilité d'ajouter des leviers personnalisés

Efficacité énergétique
Bulbe d'étrave
Propulsion/hélice
Peinture antifouling
Vélique
Voile rigide
Rotor Fletner
Optimisation opérationnelle
Routage météorologique

Pour chaque technologie, les **coûts d'investissement (CAPEX), les coûts d'exploitation (OPEX) ainsi que les gains potentiels en consommation et émissions** sont intégrés dans les calculs.
Ces technologies peuvent être **activées individuellement ou combinées** dans l'outil

1. Bulbe d'étrave optimisé
Modification de la forme du bulbe d'étrave afin de réduire la résistance hydrodynamique du navire.
Gain estimé : ~7 % de consommation
2. Optimisation propulsion / hélice
Amélioration du système de propulsion (hélice optimisée, adaptation au profil de navigation).
Gain estimé : ~5 % de consommation
3. Peinture antifouling
Revêtement de coque limitant l'adhérence des organismes marins et réduisant la friction avec l'eau.
Gain estimé : ~3 % de consommation
4. Voile rigide
Installation d'une voile rigide permettant d'utiliser l'énergie du vent comme propulsion auxiliaire.
Gain estimé : ~15 % de consommation
5. Rotor Flettner
Dispositif rotatif utilisant l'effet Magnus pour générer une poussée grâce au vent.
Gain estimé : ~4–5 % de consommation
6. Routage météorologique
Optimisation des routes maritimes en fonction des conditions météorologiques et océaniques.
Gain estimé : ~4 % de consommation

MARITIME ENERGY AND ENVIRONMENTAL TRANSITION 2050

Bibliographie

ARMATEURS DE FRANCE

Cadre réglementaire européen

•FuelEU Maritime – EMSA (présentation du règlement)
•Directive EU ETS (Directive 2003/87/CE – système d'échange de quotas carbone)
•Règlement MRV (UE) 2015/757 – Monitoring, Reporting & Verification des émissions
•FuelEU Maritime – Commission européenne (présentation officielle : objectifs, fonctionnement, textes associés)
•Règlement FuelEU Maritime – Ministère de la Transition écologique (explication pédagogique, FAQ, mise en œuvre en France)
FAQ FuelEU Maritime (Ministère de la Transition écologique)

Analyses & données économiques

•Carbon price in the EU ETS – GMK Center (infographie)
→ Évolution et projection du prix du carbone dans l'EU ETS
•Maersk (2024) – *Navigating EU ETS & FuelEU Maritime*
→ Impacts opérationnels et montée en puissance des obligations

Sources académiques & techniques (réduction des émissions)

•Bouman, E.A., Lindstad, E., Strømman, A.H. (2017)
State-of-the-art technologies and measures for reducing GHG emissions from shipping
→ Revue académique de référence sur les leviers de réduction
•DNV (2025) – *Maritime Energy Efficiency Report*
→ Analyse technique des mesures d'efficacité énergétique et technologies

Documents techniques & mise en œuvre

•Commission européenne (2024) – *Guidance on EU ETS & MRV Maritime*
→ Cycle de conformité, reporting et calcul des émissions
•INTERTANKO – MRV, EU ETS & FuelEU
→ Rôle du MRV comme base du système ETS

Bases de données

•DATA2050 – MEET2050
→ Base de données utilisée pour les analyses prospectives et scénarios de décarbonation

MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

ARMATEURS
DE FRANCE

CONTACT :

TCO2050@MEET2050.ORG

