



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

RAPPORT THÉMATIQUE
Février 2022

PROSPECTIVE 2040-2060 DES TRANSPORTS ET DES MOBILITÉS

20 ans pour réussir collectivement
les déplacements de demain

Marchandises

Transports maritimes et ports

Travaux coordonnés par :
Geoffroy Caude

Sommaire

Avant-propos	5
Résumé.....	9
Introduction	11
1 Rétrospective et état des lieux	14
1.1 Rétrospective et prospective du trafic mondial de fret maritime	14
1.2 Rétrospective du trafic portuaire	16
1.2.1 Trafic global des ports européens et français.....	16
1.2.2 Rétrospective du trafic des ports français sur la période 1965-2017	17
1.3 Essai de détermination du trafic maritime français.....	18
1.3.1 Approche du trafic maritime français par les distances parcourues	18
1.3.2 Approche avec les statistiques douanières.....	19
1.4 États des lieux des émissions	20
1.4.1 État des lieux des émissions du transport maritime	20
1.4.2 Essai de réintégration des soutes étrangères dans les émissions de GES du trafic maritime international français	21
1.4.3 Mention des émissions de la plaisance et de la pêche.....	23
1.4.4 Émissions du transport maritime au port.....	23
1.5 Effets de la pandémie sur les projections de trafics.....	24
2 Prospective de la demande de transport maritime et portuaire.....	28
2.1 Examen des perspectives OMI et FIT du transport maritime	28
2.1.1 OMI.....	28
2.1.2 FIT/OCDE	32
2.2 Examen des perspectives portuaires.....	34
2.2.1 Prospective FIT/OCDE à 2050 pour la stratégie nationale portuaire française.....	34
2.2.2 Prospective du type programme Climat du club de Rome du port de Rotterdam	35
2.3 Pseudo-économétrie : essai de conclusions	36
2.3.1 Élasticité entre taux de croissance des trafics maritimes et taux de croissance du PIB mondial.....	36
2.3.2 Estimation du trafic maritime mondial par régression linéaire sur les vingt	

dernières années	37
2.3.3 Estimation du trafic portuaire	38
2.3.4 Estimation du calcul des GES associé à chaque scénario	39
3 Description des trois scénarios retenus pour effectuer les projections aux horizons 2040-2060.....	43
3.1 Différenciation des trois scénarios de projection mis à l'étude	43
3.2 Récapitulation des données utiles pour projeter les trafics dans chaque scénario considéré	46
3.2.1 Trafic maritime mondial : comparaison des scénarios OMI et OCDE/FIT	46
3.2.2 Discussion sur les divergences d'estimation du trafic maritime français et rattachement des scénarios de projection.....	47
3.3 Leviers mobilisables pris en compte.....	52
3.3.1 Leviers technologiques et routes maritimes.....	53
3.3.2 Mesures de politique publique	55
3.4 Prévision des émissions unitaires pour chaque scénario.....	59
3.4.1 Approche simplifiée des émissions unitaires de chaque scénario	59
3.4.2 Différenciation des effets de réduction des mesures dans les trois scénarios étudiés	61
3.5 Récapitulatif des prévisions de trafic et d'émissions de GES de chaque scénario	62
3.5.1 Récapitulatif des prévisions de trafic maritime par scénario	62
3.5.2 Récapitulatif des émissions de CO ₂ du trafic maritime français par scénario.....	62
3.5.3 Récapitulatif des émissions de CO ₂ du trafic maritime dans les ports français par scénario	63
4 Narratifs de chaque scénario	67
4.1 Narratif du scénario « moyen »	67
4.2 Narratif du scénario « laxiste »	71
4.3 Narratif du scénario « de décarbonation »	72
Conclusion.....	76
Annexes.....	78
1 Méthodologie retenue par l'atelier TMP	79
2 Leviers technologiques et opérationnels du transport maritime	87

3 Mesures envisagées pour les ports.....	99
4 Électricité à quai et GNL pour les ports.....	110
5 Ventilation des mesures technologiques et de politique publique dans les trois scénarios étudiés	118
6 Diaporama de restitution des travaux de l'atelier TMP.....	124
7 Compléments méthodologiques.....	140
La démographie.....	140
Le contexte macroéconomique	140
Les mutations du travail	141
Les tendances révélées par la crise sanitaire éclairent la prospective	142
8 Glossaire des sigles et acronymes.....	144

Avant-propos

Le recours à la prospective a toujours servi à éclairer le futur des transports. Le partage modal entre le rail, la route et les voies d'eau, les instruments de régulation de ce partage, la tarification routière obligatoire, le tour de rôle, les concessions et les péages, les nouvelles infrastructures à réaliser ont constamment fait l'objet de réflexions au sein du monde des transports depuis plus d'un siècle. La plupart de ces questions sont toujours d'actualité : elles ont été présentes dans les débats des assises de la mobilité, démarche conjuguant écoute des attentes des citoyens, des territoires, et des acteurs du secteur qui ont précédé la loi d'orientation sur les mobilités afin de préparer une politique qui réponde aux besoins des transports du quotidien. Plusieurs éléments de « compréhension de notre avenir » amènent cependant à poser aujourd'hui différemment les termes d'une prospective des transports : l'urgence climatique, le défi des pollutions atmosphériques, l'évolution de nos comportements dans ce contexte vont sans nul doute influencer très fortement le devenir des transports, mais aussi des politiques publiques associées. De plus, ces dernières devront prendre en compte, plus que jamais, les immenses incertitudes qui pèsent aujourd'hui sur le devenir des technologies carbonées et décarbonées et sur l'évolution des comportements, partagés entre les besoins de déplacements fréquents, fiables, rapides à courte et longue distances et la nécessité de la sobriété.

L'urgence climatique amène à repenser le futur des transports et de la mobilité

Le premier volume du sixième rapport scientifique du GIEC, paru début août 2021 montre que les émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines ont élevé les températures d'environ 1,1 °C depuis la période 1850-1900 et conclut que l'augmentation de la température mondiale, en moyenne sur les vingt prochaines années, devrait atteindre ou franchir le seuil de +1,5 °C. Il fait valoir qu'à moins de réductions immédiates, rapides et massives des émissions de gaz à effet de serre, la limitation du réchauffement aux alentours de 1,5 °C, ou même à 2 °C, sera hors de portée.

Lors du sommet pour la planète le 12 décembre 2020, le secrétaire général de l'ONU a appelé les gouvernements à déclarer l'état d'urgence climatique dans leur pays jusqu'à ce que la neutralité carbone soit atteinte, tandis que, fin 2019, l'Union européenne avec le pacte vert et la France avec la loi climat-énergie se sont engagées à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Comme le souligne le rapport de l'ONU de décembre 2020, « le transport est responsable de près du quart des émissions mondiales de gaz à effet de serre et ses émissions devraient doubler d'ici 2050 ». *« Mais l'humanité, [selon ce rapport], peut réduire cette augmentation en adoptant la mobilité électrique à la fois pour les particuliers et les transports publics, et en créant des espaces sûrs où les personnes pourront marcher, pédaler et utiliser d'autres formes de transports non motorisés. De telles pratiques auront également d'autres bénéfices. Ainsi, en l'absence de réduction des émissions des véhicules, la mortalité résultant de l'exposition aux gaz d'échappement dans les zones urbaines devrait augmenter de plus de 50 % d'ici 2030 ».*

L'Union européenne a présenté en décembre 2020 sa stratégie de mobilité durable et intelligente destinée à relever le défi de la réduction de 90 % d'ici 2050 des émissions (à l'échappement) du secteur des transports : *« Afin d'atteindre nos objectifs climatiques, les émissions provenant du secteur des transports doivent s'inscrire nettement à la baisse. La stratégie présentée aujourd'hui bouleversera la façon dont les personnes et les*

marchandises circuleront partout en Europe et permettra de combiner aisément différents modes de transport au cours d'un même trajet. »

Avec 31 % des émissions françaises, les transports sont aujourd'hui le secteur le plus émissif de gaz à effet de serre dans notre pays : mais, surtout, elles ne sont pas sur la bonne trajectoire, elles ont augmenté de plus de 10 % ces trente dernières années, alors que, dans les trente prochaines, nous devrions les diviser par un facteur dix. Le message de la convention citoyenne pour le climat est le même lorsqu'elle *"invite les acteurs économiques à mener une action plus volontariste en faveur de la transition écologique"*. Si on y inclut aussi les empreintes des véhicules¹ et des infrastructures² ainsi que les émissions amont³ liées à la fabrication des carburants, les émissions du secteur des transports ainsi élargi représenteraient 48 % du total tous secteurs. En moins d'une génération, l'industrie des matériels de transports et la mobilité vont devoir apprendre à se passer d'hydrocarbures d'origine fossile, y compris dans les secteurs de l'aérien et du maritime.

La sensibilité croissante aux effets de la pollution locale renforce la nécessité de prendre en compte cette dimension dans la réflexion

Les concentrations de polluants dans les villes européennes restent préoccupantes et entraînent des conséquences sur la santé des populations, qui se chiffrent en « centaines de milliers de décès prématurés ». Plusieurs grandes villes européennes ont ainsi annoncé à court terme des limitations de circulation pour les véhicules les plus polluants, suite au scandale du *dieseldgate* et aux dépassements à répétition des normes européennes de qualité de l'air. Dans les villes portuaires, les riverains subissent de plein fouet la pollution atmosphérique liée aux émissions des navires au port. En juillet 2020, le Conseil d'État avait ordonné au gouvernement d'agir pour améliorer la qualité de l'air dans plusieurs zones en France, sous peine d'une astreinte de dix millions d'euros par semestre de retard.

En août 2021, le Conseil d'État a estimé que les mesures prises aujourd'hui ne permettraient pas d'améliorer la situation dans le délai le plus court possible, et a condamné l'État à payer l'astreinte de dix millions d'euros pour le premier semestre de l'année 2021, mais les transports ne sont pas la seule source de pollution locale.

Réconcilier les comportements et les modes de vie avec la nécessaire transition écologique et énergétique

Le transport ou la mobilité sont des intermédiaires économiques qui rendent possibles des consommations ou des usages. Ils ne sont donc généralement pas recherchés pour eux-mêmes. Les bénéfices que l'on en tire sont attachés à l'atteinte d'un but et non au déplacement en lui-même, dont on ne perçoit bien souvent directement que les désagréments (émissions, bruit, temps passé, accidents, coût, etc.). Les modifier pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou la pollution locale suppose ainsi une évolution plus générale des pratiques de vie, et implique d'importants enjeux économiques et sociaux.

Or, l'urgence climatique appelle à des changements profonds dans nos façons de vivre, de consommer et de se déplacer, en un mot à plus de sobriété. Les tendances les plus visibles aujourd'hui, développement des *low costs* aériens ou multiplication des livraisons

¹ Le rapport de la CCTN (p123) de 2017 estime cet effet à 0,4 t CO₂ par habitant.

² 7 % des empreintes des véhicules, plus celles des infrastructures de chemins de fer et TCU lourds

³ Sur la base de 20 % des émissions directes du secteur des transports.

instantanées à domicile par exemple, révèlent plutôt une aspiration à plus de rapidité : seule une faible minorité de la population traduit ses préoccupations environnementales dans un ajustement spontané vers plus de sobriété et vers des modes de transports lents, voire du non-déplacement, ainsi que vers de nouvelles formes de mobilité grâce aux progrès numériques. Ainsi, l'enquête « Conditions de vie et aspirations » du Crédoc montre que les jeunes Français délaissent de plus en plus la voiture, et se tournent vers des modes de transports alternatifs (covoiturage, vélo partage, transports en commun) et sont prêts à s'impliquer dans des pratiques collaboratives. Mais la part modale du véhicule particulier reste supérieure à 80 % et le transport aérien intérieur est le mode qui, avec une augmentation de 15 %, a le plus progressé depuis 2012.

De plus, la mobilité des personnes et des biens est un domaine où les tensions et attentes contradictoires sont fortes : l'histoire récente a vu des mesures engageant des transitions volontaristes buter sur de très fortes réticences. La crise des bonnets rouges qui a fait reculer le gouvernement sur l'écotaxe, puis celle des gilets jaunes qui a conduit à abandonner la trajectoire de taxation du carburant initialement envisagée, ont montré que les tentatives d'adresser des signaux économiques à des acteurs dont l'univers de choix et les motivations ne sont pas préparés à les recevoir était une impasse.

Ainsi la réflexion est nécessaire pour réconcilier l'évolution des comportements non seulement avec l'urgence climatique et la réduction des pollutions locales, mais aussi avec les conséquences économiques de leur prise en compte.

Les prévisions d'émissions de gaz à effet de serre de la Prospective 2006 du Conseil général des ponts et chaussées : un exercice à revisiter

En 2006, le Conseil général des ponts et chaussées avait publié un rapport de prospective des transports à horizon 2050. Il traçait des futurs possibles des transports et de la mobilité, en déduisait quelques recommandations pour l'action publique en identifiant un certain nombre de points communs aux différents scénarios étudiés :

- l'impact du changement modal vers les transports collectifs urbains, les TER ou le fret ferroviaire serait assez faible dans tous les cas ;
- les TGV et l'aviation continueraient de croître, portés par la croissance des déplacements à longue distance alors que les déplacements courts stagneraient ;
- les réductions d'émissions de CO₂ des transports routiers et la moindre dépendance au pétrole variaient selon les scénarios. Les politiques menées à l'égard des véhicules et des carburants étaient appelées à jouer un rôle majeur :
 - le véhicule le plus répandu resterait polyvalent : un même véhicule serait utilisé tant pour les déplacements quotidiens que pour les départs en vacances. Le moteur thermique garderait sa prédominance. Les motorisations hybrides rechargeables se généraliseraient, permettant de diminuer les émissions de CO₂ et de polluants. Les rendements énergétiques des moteurs thermiques continueraient à progresser ;
 - une incorporation croissante de biocarburants durables permettrait les réductions d'émissions dans les parcours à longue distance ; l'usage de l'électricité pour la courte distance se généraliserait ;

- le transport routier de marchandises resterait largement dominant et serait peu électrifié ; la taille des PL passerait de 40 t à 44 t, voire 60 t dans un scénario, ce qui permettrait à la fois une baisse des émissions et une baisse des prix.

Ce rapport se fixait l'objectif de diviser par trois les émissions de gaz à effet de serre des transports terrestres à l'horizon 2050, loin des objectifs actuels de division par dix de ces mêmes émissions. Depuis cette parution, une meilleure connaissance de l'évolution climatique, dont la rapidité est sans précédent dans l'histoire humaine, et la trajectoire réelle des émissions ont très sensiblement modifié la donne.

Résumé

Le transport maritime international a largement contribué à la mondialisation des échanges et représente aujourd'hui environ 80 % des flux physiques d'échanges de marchandises. Si on se limite au cas des trafics maritimes associés aux ports français, ils sont estimés par l'atelier de prospective sur les transports maritimes et sur les ports (TMP) autour de 1 200 milliards de tonnes-kilomètres (Gtkm) à rapprocher des flux de transport réalisés par la voie terrestre qui sont estimés autour de 420 milliards de tonnes-kilomètres. Ceci tient évidemment à la distance moyenne parcourue, autour de 3 900 km pour le transport maritime touchant les ports français.

En s'efforçant d'intégrer aussi les soutages réalisés dans d'autres ports européens, l'atelier de prospective TMP est parvenu à quantifier les émissions de CO₂e du transport maritime français autour de 12 Mt pour le seul transport maritime dont une fraction de l'ordre de 6 % est réalisée au port ou en attente au port.

La décarbonation des mobilités qui est l'objet principal de la réflexion prospective engagée par le CGEDD et France Stratégie concerne évidemment le fret qui pèse le tiers des émissions actuelles et le transport maritime sans être le secteur prépondérant en termes d'émissions liées au transport de marchandises du fait de la forte massification qui le caractérise doit également s'organiser pour contribuer à la décarbonation plus large du secteur des transports.

Trois des six scénarios proposés de façon transversale ont été approfondis par l'atelier TMP : le scénario « laxiste » ou scénario « du pire », le scénario « ambition de base » (ou « moyen ») assez proche de celui étudié par la SNBC avec les mesures supplémentaires permettant de se rapprocher de la décarbonation en 2050 et le scénario dit de « neutralité carbone » visant à réduire les émissions au niveau de la part des puits de carbone affectable à cette activité.

L'une des difficultés principales propre à cette prospective porte à la fois sur les incertitudes relatives aux solutions technologiques permettant aux navires de se propulser avec des énergies décarbonées qui prévaudront dans les décennies à venir, sur la capacité à obtenir au niveau international de l'OMI un rythme de réduction suffisamment rapide des émissions, puisque dans le cas français le transport maritime international représente 94 % des flux contre 6 % pour le trafic domestique et sur l'interaction entre les décisions plus volontaristes de l'UE et celles de l'OMI.

Faute d'avoir pu disposer des outils permettant de recourir à une prospective par filière et faute de pouvoir convenablement apprécier les conséquences de la transition énergétique en cours sur les flux transportés à l'avenir par la voie maritime, l'atelier a dû s'appuyer sur les travaux prospectifs globaux menés tant par l'OMI pour le transport maritime que par le FIT/OCDE pour l'ensemble des transports de marchandises au niveau mondial.

L'atelier a ainsi retenu pour le scénario « laxiste » une évolution de trafic tendancielle qui accroît le trafic projeté en 2050 d'un peu moins de 50 % par rapport à la référence initiale de 2017, tandis que dans le scénario « ambition de base » il ne croît que de 30 % environ et que dans le scénario « de neutralité » il plafonne en 2045 autour de 1 610 Gtkm soit à 15 % du niveau de 2017 pour décroître ensuite faiblement sous l'effet d'un moindre recours aux énergies carbonées et d'un plafonnement du volume de matières utilisées par habitant.

Dans le scénario recherché « de la neutralité » (« pari technologique »), les émissions maritimes de CO₂e incluant pour 15 % celles de la plaisance et de la pêche, qui se situaient en 2008 à 18,1 Mt et à 13,8 Mt en 2018 continuent de décroître puisqu'elles descendent à 6,2 Mt en 2040 et à 2,6 Mt en 2060 sous l'effet principal de la combinaison des mesures de *design* et de *rétrofit*, ainsi que de l'introduction d'une flotte utilisant des moyens de propulsion décarbonés dès 2025 avec dans une moindre mesure le recours à des réductions de vitesse limitées et à de l'assistance ou de la propulsion vélique.

Parallèlement, les émissions au port qui se situaient autour de 1,1 Mt en 2008, passent de 828 kt en 2018 à 654 kt en 2025 pour descendre à 155 kt en 2040 et à 30 kt en 2060, sous l'effet de la généralisation de l'électrification à quai et d'une nouvelle génération de navires à propulsion décarbonée.

Au total la décarbonation du transport maritime est apparue accessible à l'horizon 2050 sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'hypothèse d'une réduction significative des vitesses des navires qui aurait pour conséquence de désorganiser profondément les chaînes logistiques internationales. La phase de transition actuelle qui utilise des propulsions au GNL principalement pour limiter les autres émissions atmosphériques nocives comme les SOx pourra être prolongée si la capture et le stockage à bord des navires s'avère faisable et économique. Les expérimentations d'autres technologies de propulsion se multiplient à l'heure actuelle avec des technologies adaptées aux différents types de navires. L'ajustement des dispositions de l'OMI et européennes restera nécessaire pour des conditions d'équité de concurrence, de même que la mise en place de mécanismes de marché assurant une compétition équitable entre armateurs en pointe sur les technologies décarbonées et ceux qui le sont moins. Par ailleurs les incertitudes portant sur la nature des flux de matière engendrés par la production d'énergie décarbonée et sur les coûts associés à l'utilisation de ces nouvelles formes de propulsion n'ont pas pu être abordées par l'atelier dans ses réflexions faute de disposer de données fiables à ce sujet mais elles pèseront de façon significative sur le rythme de décarbonation du transport maritime.

Introduction

Pour les besoins du travail prospectif du fret français aux horizons 2040 et 2060, il a été suggéré d'essayer d'étendre la réflexion au transport maritime ce qui revient à déterminer le trafic maritime touchant les ports français et donc de compléter la prospective du tonnage passant par les ports français par une prospective portant sur les distances parcourues par les navires pour identifier leurs émissions, puis à utiliser les émissions unitaires de CO₂e ou de polluants atmosphériques par tonne-mille marin parcouru ou par tonne-kilomètre pour compléter l'exercice prospectif sur les émissions correspondantes en vue de scénariser les réductions possibles d'ici les horizons de temps indiqués.

Il faut ensuite pouvoir recouper les estimations ainsi obtenues par rapport aux sources officielles d'émissions données par le Citepa dans le format de la CCNUCC (convention-cadre des Nations-Unies sur le changement climatique) qui se fondent sur les soutes chargées par les navires dans les ports français, pour décomposer celles-ci entre celles qui sont destinées aux trafics domestiques et celles qui sont affectées aux trafics internationaux. De ce fait, cette règle qui est logique dans une perspective internationale de rapportage des GES pour éviter les doubles-comptes ne tient pas compte du fait qu'un grand nombre d'armements mondiaux sont dans des ports étrangers (Anvers ou Rotterdam pour la rangée Nord, le Malta Freeport, ou port de Marsaxlokk, à Malte pour la Méditerranée par exemple), ni du fait qu'il n'y a pas une compréhension internationale homogène de la notion de soute, puisque certains pays comme Singapour considèrent ces chargements de soutes non comme des soutes déclarées au titre du protocole de Kyoto dans la CCNUCC, mais comme des exportations de produits pétroliers raffinés. Le trafic maritime français n'est pas abordé aujourd'hui dans les comptes transports de la nation autrement que par le biais du trafic portuaire. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'exercice prospectif antérieur du CGPC de 2006 s'était limité à une prospective du trafic portuaire en tonnage et plus particulièrement du trafic conteneurs qui se prête le plus facilement à des exercices prospectifs, car étroitement liés à la consommation et donc au PIB par habitant ce qui facilite la modélisation ou l'estimation des évolutions projetées.

L'atelier transport maritime et portuaire s'est donc efforcé d'éclairer les perspectives demandées à la fois sur les trafics portuaires comme pour la prospective CGPC de 2006, mais aussi plus largement sur le trafic maritime touchant les ports français.

Le présent rapport expose successivement la rétrospective de ces trafics dans un champ plus large pour ce qui est celui du trafic international maritime (chapitre 1), avec un essai original de détermination des trafics maritimes français, puis examine quelles références utiliser pour réaliser une prospective de la demande, notamment à partir des travaux du FIT/OCDE et de ceux menés par l'OMI au niveau international (chapitre 2), enfin s'efforce de décrire les trois scénarios retenus par l'atelier en identifiant les leviers de politique publique mobilisables tant au plan international, européen que national et la combinaison de mesures technologique envisageables dans trois scénarios contrastés : scénario « laxiste » (*business first as usual*), scénario « moyen » dit « ambition de base », scénario « de décarbonation » visant une décarbonation totale du transport maritime à l'horizon 2060 (chapitre 3). Enfin les narratifs correspondants sont décrits au chapitre 4, les annexes étant précédées d'une annexe 1 méthodologique, les autres annexes détaillant les mesures technologiques ou d'exploitation retenues pour le transport maritime (annexe 2) et pour les ports (annexes 3 et 4), ainsi que la ventilation de ces mesures pour les trois scénarios (annexe 5). Le lecteur trouvera aussi en annexe 6 le diaporama de restitution des travaux de l'atelier et en annexe 7 quelques compléments sur la méthode transversale proposée dans le cadre de l'exercice plus large des prospectives de mobilité.

Ce travail prospectif doit beaucoup à l'implication collégiale des membres de l'atelier, notamment du CGDD avec Jean-Marc Moulinier pour sa connaissance au long cours du secteur maritime, de Didier Rouchaud pour l'acuité de ses analyses statistiques, de la DGITM avec Gabriel Aronica et Julien Fernandez pour les ports, avec Sophie Peng-Casavecchia sur les mesures de politique publique, du Cerema avec Jean-Matthieu Farenc pour son recueil des mesures technologiques ou d'exploitation du transport maritime, enfin à Alain Sauvart et à Geoffroy Caude du CGEDD pour les méthodologies utilisées par l'atelier.

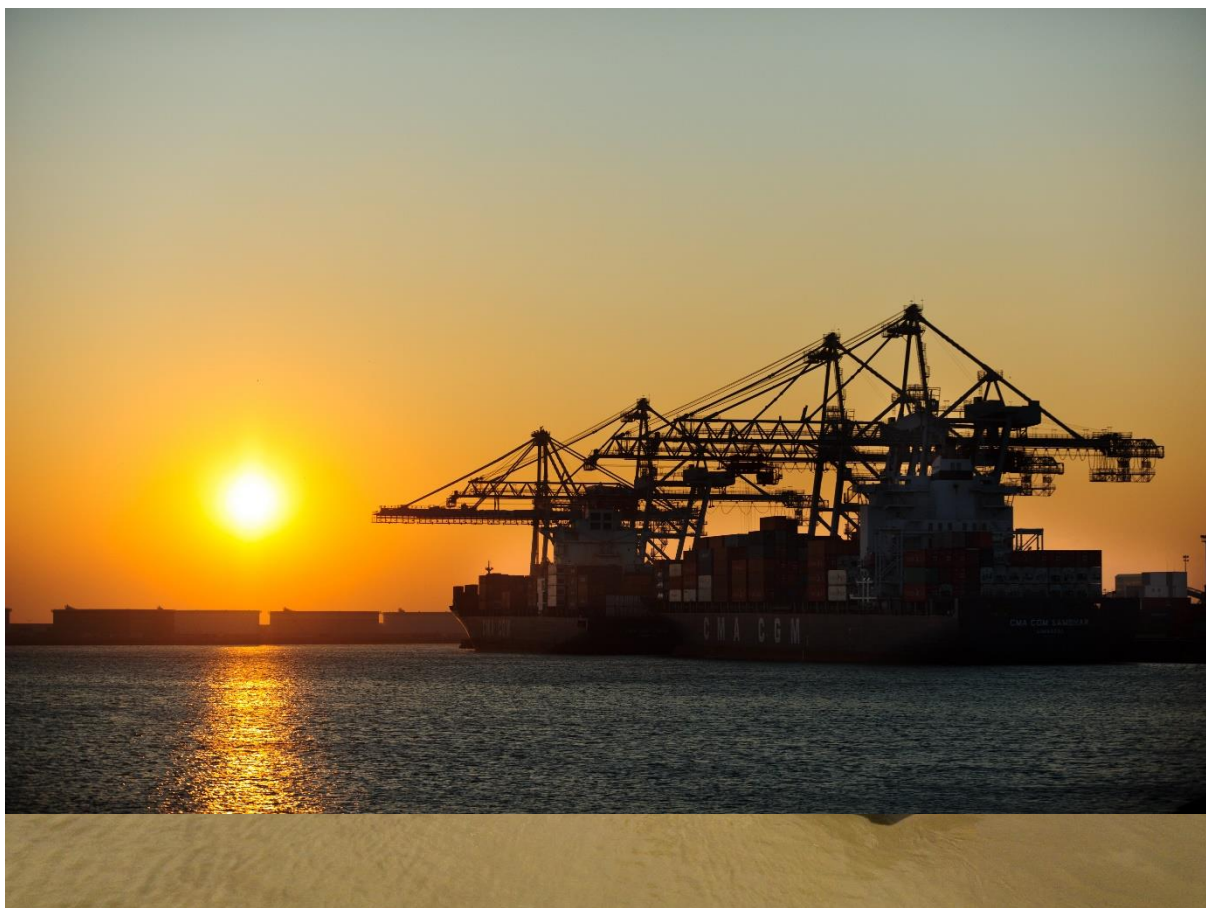


Illustration 1 : Porte-conteneurs à quai dans le port industriel du Havre. Source : Arnaud Bouissou/Terra

1 Rétrospective et état des lieux

1.1 Rétrospective et prospective du trafic mondial de fret maritime

La principale source d'information sur le trafic maritime mondial est donnée par la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED) dans son étude annuelle sur les transports maritimes (RMT- *Review of Maritime Transport*). Elle s'appuie principalement sur les données de Clarksons' Research pour effectuer des prévisions sur l'année de publication de l'étude.

En se plaçant d'abord en tonnage annuel sur les deux dernières décennies on obtient les données suivantes de RMT 2019 :

Milliards de tonnes	2000	2005	2010	2015	2018	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Vracs liquides	2,163	2,422	2,752	2,932	3,201	2,20 %	1,91 %
Vracs solides	1,186	1,579	2,233	2,93	3,215	5,70 %	4,66 %
Marchandises diverses	2,635	3,108	3,423	4,161	4,603	3,15 %	3,77 %
Total	5,984	7,109	8,408	10,023	11,019	3,45 %	3,44 %

Tableau 1 : Évolution des trafics maritimes mondiaux en tonnage entre 2000 et 2018 et taux de croissance annuels moyens correspondants. Source : RMT 2019

Les taux de croissance annuels moyens (TCAM) correspondants ont été ajoutés sur les deux périodes 2000-2018 et 2010-2018 après que l'économie mondiale a pu recouvrer sa dynamique post-crise des « subprimes ».

En se plaçant ensuite au niveau des trafics exprimés en tonnes-milles plus significatifs au regard des émissions de gaz à effet de serre, on obtient de RMT 2018 les données suivantes :

Milliards de tonnes milles marins	2000	2005	2010	2015	2017	2018*	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Vracs liquides	10770	12065	13251	14375	15869	16706	2,47 %	2,94 %
Vracs Solides	6509	8626	12336	15897	17217	17729	5,72 %	4,64 %
Conteneurs	3111	5158	6588	8290	9117	9535	6,42 %	4,73 %
Autres marchandises en vracs ou diverses	10871	11988	12428	14914	15894	16464	2,33 %	3,58 %
Total	31261	37837	44603	53476	58097	60434	3,73 %	3,87 %

Tableau 2 : Évolution des trafics maritimes mondiaux en tonnes-milles marins entre 2000 et 2018 et taux de croissance annuels moyens. Source : RMT 2018

* l'année 2018 est encore une prévision dans ce document. Les vracs liquides regroupent les trafics pétroliers, gaziers et chimiques. Les vracs solides regroupent les cinq trafics

majeurs de vrac : minéral de fer, charbon, céréales, manganèse et phosphates.

Les taux de croissance annuels moyens obtenus ne sont pas très différents, à ceci près que les trajets maritimes moyens ont eu tendance à augmenter en partant de 5 224 milles marins en 2000 pour atteindre 5 492 milles marins en 2018 (10 170 km).

Une représentation visuelle de ces évolutions de trafic sur la période 2000-2019 exprimées en tonnes-milles marins y est figurée, sachant qu'il s'agissait d'une prévision pour l'année 2019.

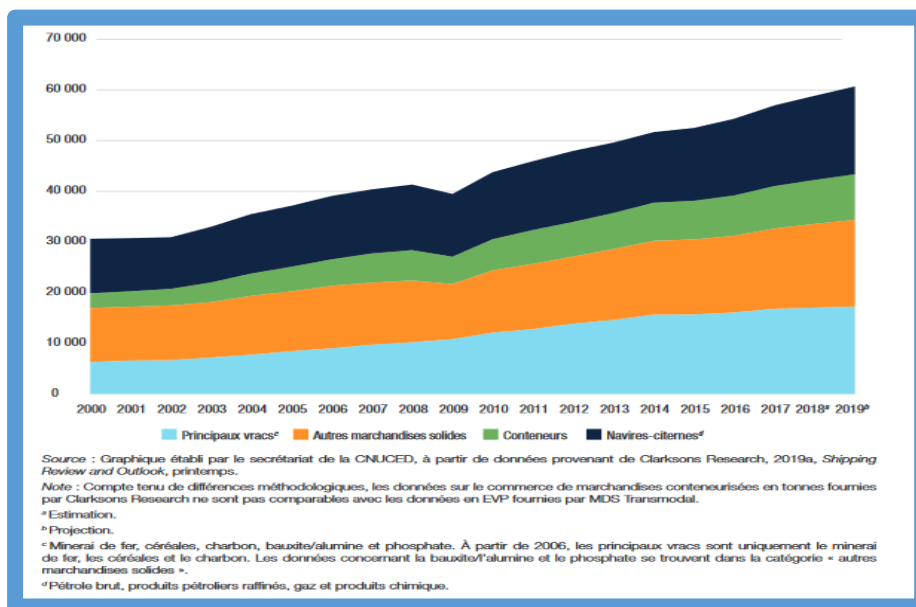


Figure 1 : Trafic international de marchandises exprimé en milliards de tonnes-milles marins de 2000 à 2019 (source CNUCED - étude des transports maritimes 2019 (ETM 2019))

Pour les trafics de conteneurs sur la période 1996-2018, la CNUCED donne la figure suivante :

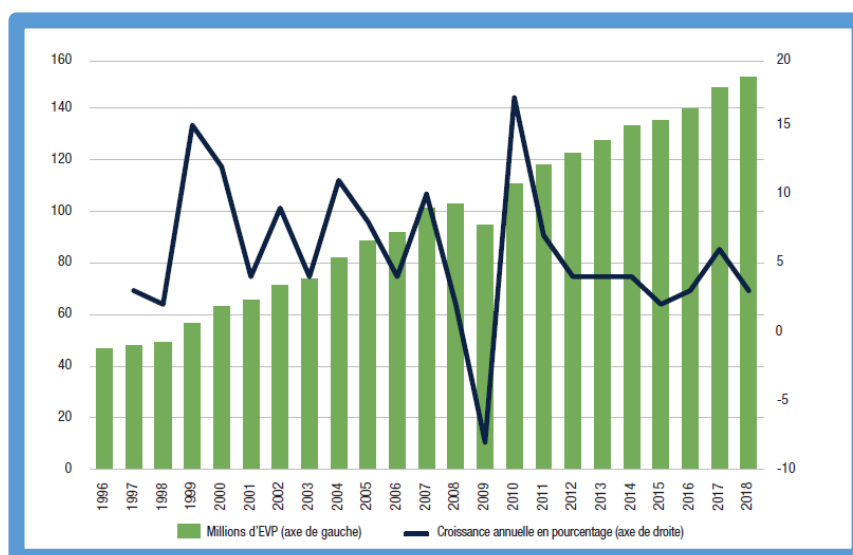


Figure 2 : Trafic mondial annuel de marchandises conteneurisées exprimé en millions d'EVP (échelle de gauche) et en pourcentage de variation annuel (échelle de droite) - source CNUCED-ETM 2019

On notera que le trafic mondial de conteneurs baisse assez sensiblement depuis la crise de 2008, puisqu'après le rebond de 2009 le taux de croissance annuel s'établit en deçà de 5 % par an. D'ailleurs la CNUCED s'est interrogée à partir de son rapport de l'année 2016 sur les effets du ralentissement de l'économie mondiale quant à la relation entre taux de croissance du commerce mondial et taux de croissance du PIB mondial.

La CNUCED indique ainsi : « L'élasticité à long terme de la croissance du commerce par rapport à la croissance du PIB était évaluée à 1,3 entre 1970 et 1985, à 2,2 entre 1986 et 2000, à 1,3 dans les années 2000 et à 0,7 entre 2008 et 2013. Les estimations donnent à penser que la contribution des facteurs cycliques au ralentissement du commerce est plus prononcée durant les périodes de crise et de récession. Toutefois, la réduction de l'élasticité en dehors des périodes de crise suggère l'incidence d'autres facteurs potentiels ». Elle identifie plusieurs facteurs comme celui de la croissance de la spécialisation verticale et de la fragmentation mondiale des processus de production traduisant une maturation des chaînes de valeur (en Chine et aux États-Unis), une évolution dans la composition de la demande mondiale et un changement de la demande des consommateurs qui s'orientent davantage vers les services, la baisse de la part des salaires liée à la relocalisation vers des zones à plus faible coût de main d'œuvre. Ces données intéressent plus la valeur du commerce mondial que son volume exprimé en tonnage mais affectent à l'évidence le secteur des transports de conteneurs directement lié à l'évolution de la demande des consommateurs.

1.2 Rétrospective du trafic portuaire

1.2.1 Trafic global des ports européens et français

Il n'existe pas vraiment de source de données sur les trafics des ports mondiaux même si l'AAPA (*American Association of Port Authorities*) a produit jusqu'à une date récente des classements des ports mondiaux pour leur trafic global et pour les trafics de conteneurs et où d'autres sources internationales (Hong-Kong, Alphaliner) en produisent sur les ports à conteneurs.

Comme la stratégie nationale portuaire a été publiée lors du dernier Cimer en janvier 2021 et que celle-ci se situe dans un effort de reconquête d'une partie du marché intérieur français largement desservi par d'autres ports pour sa part conteneurisée (avec l'objectif de passer de 60 % à 80 % de parts de marché en 2050), il est apparu nécessaire de situer la rétrospective des trafics portuaires à la fois au niveau européen et au niveau français.

La rétrospective des données des trafics portuaires peut être obtenue avec les données propres à Eurostat en se limitant aux quinze pays principaux constitutifs de l'UE en 2000 pour disposer d'une statistique homogène dans le temps :

Trafics portuaires exprimés en milliards de tonnes	2000	2005	2010	2015	2018	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Europe (15 pays)	3,012	3,433	3,358	3,5	3,69	1,13 %	1,19 %
France	0,325	0,341	0,316	0,298	0,309	-0,28 %	-0,28 %

Tableau 3 : Évolution des trafics portuaires européens (15 pays) et français (Source : Eurostat)

On constate donc qu'au niveau européen les trafics progressent un peu moins vite que le PIB européen (1,13 % contre 1,42 % sur la période 2000-2018) et que les trafics des ports français régressent légèrement depuis 2005.

1.2.2 Rétrospective du trafic des ports français sur la période 1965-2017

Le CGDD a réalisé pour l'atelier prospectif une synthèse rétrospective pour les ports français qui précise les données très agrégées présentées ci-dessous.

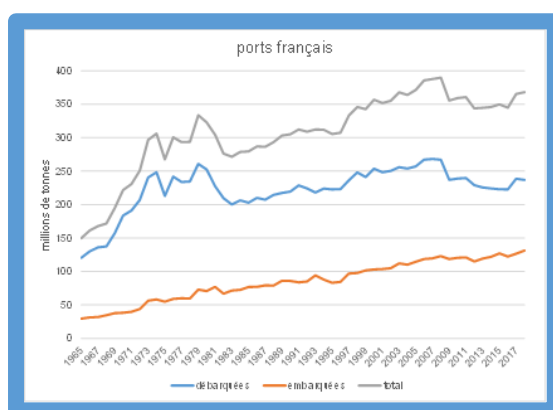


Figure 3 : Évolution des trafics portuaires annuels français de 1965 à 2017 exprimés en millions de tonnes (source CGDD)

Si les exportations connaissent une croissance régulière et atteignent près de 130 Mt, les importations ont atteint un peu plus de 250 Mt en 1979 puis sont redescendues autour de 200 Mt en 1982. Elles ont ensuite crû jusqu'en 2008 où elles atteignent quasiment les 260 Mt et dépassent légèrement le niveau de 1979, puis la crise financière s'est conjuguée avec la réforme portuaire pour les ramener autour de 240 Mt.

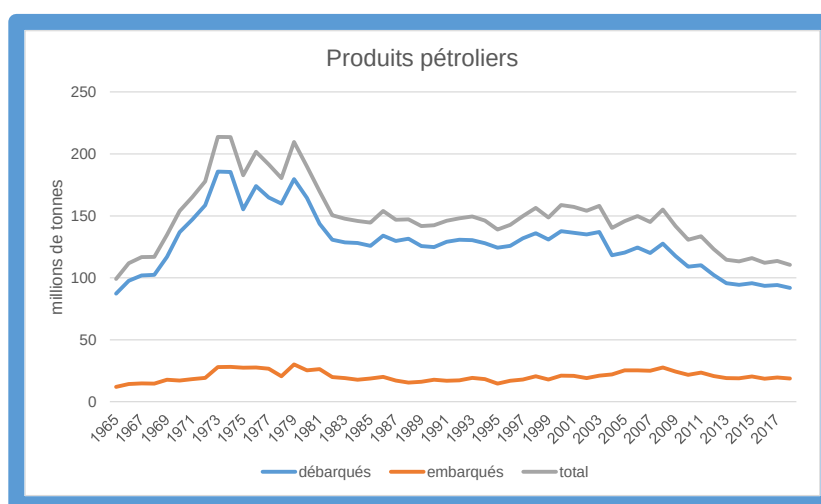


Figure 4 : Évolution des trafics portuaires annuels français de produits pétroliers de 1965 à 2017 exprimés en millions de tonnes (source CGDD)

La décroissance progressive des importations de produits pétroliers s'est faite après les deux chocs de 1973 et 1979, puis, de façon parallèle à la baisse de la consommation⁴ après la crise financière de 2008 où plusieurs raffineries ont fermé (Flandres pour le port de Dunkerque en 2010, Reichstett en 2011 et Berre en 2014 pour celui de Marseille-Fos et Petit-Couronne en 2012 pour celui de Rouen)⁵.

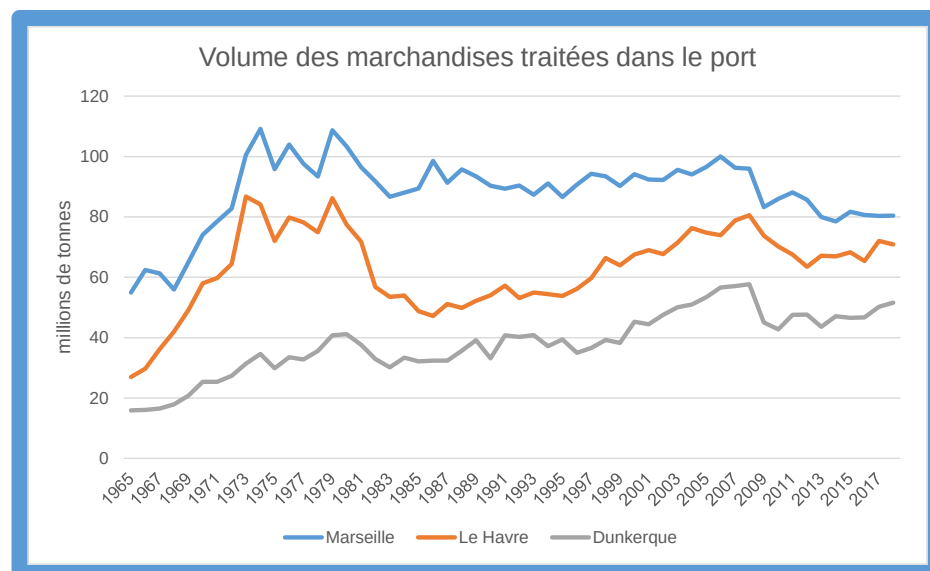


Figure 5 : Évolution comparée des trafics des ports de Marseille, du Havre et de Dunkerque de 1965 à 2017 (source CGDD)

Les trois grandes portes d'accès portuaires internationales que représentent Marseille, Le Havre et Dunkerque ont donc été et seront fortement affectées par la baisse tendancielle des importations de produits pétroliers.

1.3 Essai de détermination du trafic maritime français

Deux approches successives ont été tentées par l'atelier TMP, l'une à grosse mailles et la seconde plus fine en utilisant comme source les données douanières.

1.3.1 Approche du trafic maritime français par les distances parcourues

La première approche très sommaire consiste à rapprocher au niveau international les données que la CNUCED exprime en tonnage et en tonnes-milles marins puis à en déduire un parcours maritime moyen et à l'appliquer uniformément. De façon rétrospective entre 2010 et 2017-2018, on obtient le tableau 4 :

⁴ Voir notamment : https://www.ufip.fr/uploads/pdf/Conf%C3%A9rence_de_presse_UFIP_09-03-2021.pdf

⁵ La raffinerie de La Mède est en cours de reconversion pour en faire une bioraffinerie ; de même l'activité de raffinage pétrolier à Grandpuits (alimentée jusqu'ici par le port du Havre via un pipeline ancien) sera reconvertie en plateforme de production de biocarburants aériens et de valorisation de plastiques

Année	1970	1980	1990	2000	2010	2017	2018
millions de tonnes	2 605	3 732	4 008	5 984	8 408	10 702	11 005
milliards de tonnes milles marins	10 654	16 777	17 121	31 261	44 603	58 097	60 434
Distance moyenne en milles marins	4 090	4 495	4 272	5 224	5 305	5 429	5 492
Distance moyenne en km	7 574	8 325	7 911	9 674	9 824	10 053	10 169
Taux évolution moyen par décennie	-	+0,95 %	-0,51 %	+2,03 %	+0,15 %	0,13 %*	0,19 %**

Tableau 4 : Rétrospective 1970-2017 du trafic maritime mondial. Source CNUCED et CGEDD

* sur la période 2000-2017 ** sur la période 2000-2018

Comme on peut le constater les distances se sont nettement allongées entre 1970 et 2000 traduisant l'évolution mondiale de la production chinoise et asiatique. Le trajet maritime moyen se situe donc aujourd'hui autour de 5 450 milles marins soit d'environ un peu plus de 10 000 km.

Cela étant si l'on considère que le trafic maritime français est égal au produit du tonnage des ports français par cette distance, et si l'on applique un coefficient de 50 % pour éviter un double compte (le trafic chargé dans un port est déchargé dans un autre et réciproquement), le trafic maritime français peut être estimé sommairement autour de 350 Mt*5 000km soit de 1 750 Gtkm, en supposant qu'il est essentiellement de nature internationale. Cette valeur est donc un peu surestimée de ce fait. Mais les trafics domestiques ne sont pas importants en tonnage (6 %) et sont de courte distance si bien qu'ils pèsent très peu dans l'estimation. Un autre facteur de surestimation plus délicat à évaluer est l'importance des échanges intra-européens qui tendrait à utiliser des trajets moyens inférieurs. En réduisant de 10 % l'estimation de ce fait on obtiendrait 1 600 Gtkm.

1.3.2 Approche avec les statistiques douanières

Un travail plus fin a été entrepris par le CGDD à partir des données douanières. De ce fait, il est considéré que les importations françaises se font aussi bien par les ports français que par les ports étrangers.

Les résultats obtenus sont entachés de certaines incertitudes, car comme les données douanières sont essentiellement données en valeur, la traduction en masses et en distance de parcours est approchée⁶. Le travail réalisé donne les résultats suivants :

⁶ Par exemple, les flux passant par les ports français à destination de pays étrangers ne sont pas abordés dans cette reconstitution. De même le *short sea shipping* n'est pas considéré dans cette approche.

Décomposition du trafic total	Trafic en tonnes	Trafic en tmm	Distance moyenne parcourue mm	Distance parcourue en km	Trafic en tkm
Import	306 Mt	674 Gtmm	2203 Mmm	4080 km	1248 Gtkm
Export	190 Mt	156 Gtmm	821 Mmm	1520 km	289 Gtkm
Total	496 Mt	830 Gtmm			1 635 Gtkm

Tableau 5 : Estimation des trafics portuaires 2017 (source CGDD pour l'atelier)

Un calcul approché a aussi été tenté sur le Transmanche mais il ne change pas beaucoup les valeurs (de l'ordre de 5 Gtkm).

D'une part, il faut supposer que la part de marché des ports français est partielle : avec 70 % du totale on aurait environ 1,15 Gtkm et que cette valeur est sous- estimée pour les facteurs d'estimation considérée.

On retiendra donc de ces approches une fourchette d'estimation du trafic maritime international français pour 2017 comprise entre 1 200 et 1 600 Gtkm pour retenir la valeur médiane de 1 400 Gtkm.

1.4 États des lieux des émissions

1.4.1 État des lieux des émissions du transport maritime

Les émissions atmosphériques du transport maritime dépendent de la nature des soutes. Pour arriver à quantifier de façon précise les émissions atmosphériques liées aux combustions, selon la zone de navigation, le type de navire, sa jauge et les diverses phases de navigation (navigation hauturière, approche et départ du port, mouillage en rade ou stationnement à quai), les inventaires nationaux devraient être en mesure d'affecter à chaque navire et à chaque trajet une estimation de la quantité de soute consommée et des émissions associées.

Nous nous sommes concentrés sur les seules émissions de CO₂ ou de CO₂e liées aux seules consommations de soutes.

Compte tenu du poids des émissions du transport maritime domestique (inférieur à 6 %) dans le total national, et contrairement au secteur aérien qui s'est doté du logiciel TARMAC, la DGITM et le Citepa ont préféré jusqu'en 2019 procéder à une estimation simplifiée réalisée à partir d'une étude de 2000⁷, qui permet non pas d'évaluer le trajet par navire mais seulement de répartir le volume des soutes maritimes consommées chaque année en France entre trafic intérieur et international sur la base des chiffres obtenus en 2000. Cette méthode de répartition a été appliquée de 2005 à 2019.

⁷ Selon une étude réalisée par le Citepa en 2000, les navires sous pavillon français consommaient 6 % de leurs soutes sur des trajets nationaux et 94 % sur des trajets internationaux tandis que les navires sous pavillon non français soutant en France sont réputés n'effectuer que des trajets internationaux.

En bref, on retiendra⁸ pour le transport maritime que les émissions du transport maritime domestique ont baissé de 0,25 Mt CO₂e en 1990 à 0,14 Mt CO₂e en 2017 et que les émissions du transport maritime international sont passées dans le même temps de 8,03 Mt CO₂e à 5,64 Mt CO₂e. La figure ci-dessous illustre ces évolutions.

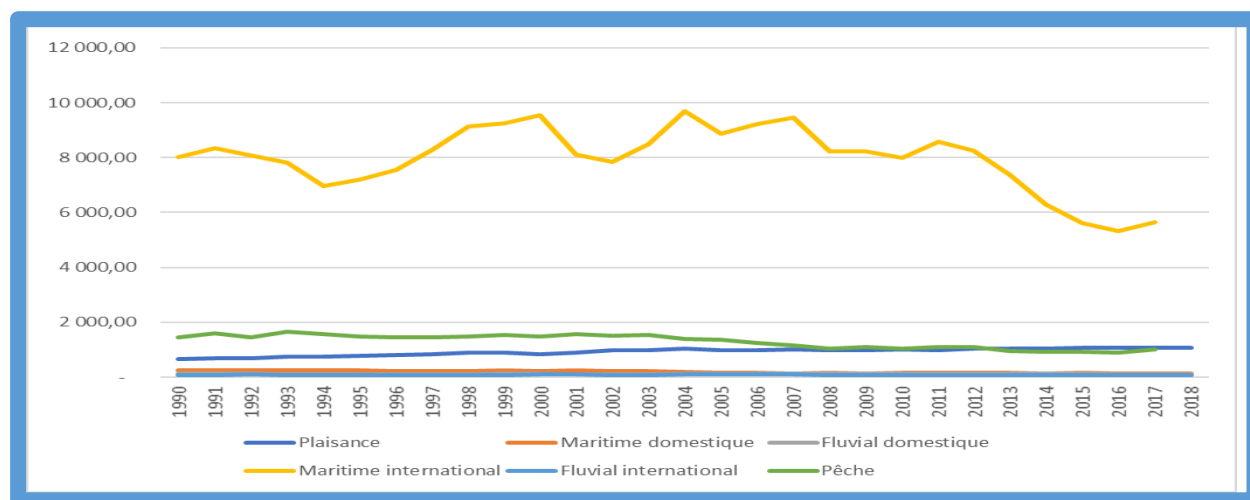


Figure 6 : Émissions comparées des trafics maritimes et fluviaux depuis 1990 - source : rapport Secten/Citepa

La baisse significative des émissions depuis 2012 pour le trafic international est sans doute due pour une large part à une concentration des soutages dans des ports concurrents ce qui ne traduit pas une baisse des émissions.

Comme les données Secten du Citepa ne tiennent pas compte pour le trafic international maritime du soutage réalisé dans d'autres pays, l'atelier s'est attaché à essayer d'approcher ces émissions pour disposer d'une vue d'ensemble.

1.4.2 Essai de réintégration des soutes étrangères dans les émissions de GES du trafic maritime international français

Pour essayer d'approcher le sujet nous avons rapproché deux données au niveau européen dans la première colonne les émissions hors total pour 2017 (source CCNUCC), c'est-à-dire les GES résultant des soutes du pays considéré : ainsi en France on retrouve la valeur de 5,77 Mt fournie par le Citepa. Dans la seconde colonne nous avons rappelé les tonnages portuaires des pays résultant de données Eurostat, puis dans la troisième colonne effectué le ratio émission sur trafic. Ceci permet de distinguer deux situations : celle où le ratio est fort car il dépasse 3 % avec par ordre croissant la Grèce, la Suède, l'Espagne, les Pays-Bas, la Belgique et Malte. Dans l'autre catégorie on remarque que l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni sont dans des situations assez similaires.

⁸ Les émissions globales de GES exprimées en CO₂e en France pour 2017 dans le format dit du protocole de Kyoto sont estimées par le Citepa à 464,6 Mt.

Pays	Émissions 2017 en kilo- tonnes de CO ₂	Trafic portuaire national 2017 en kilo- tonnes	Ratio émissions sur trafic exprimé en pourcentage
Allemagne	6 534	299 189	2,184 %
Belgique	24 628	257 855	9,551 %
Danemark	1 632	94 638	1,724 %
Espagne	21 680	485 805	4,463 %
Finlande	1 107	110 468	1,002 %
France	5 772	302 840	1,906 %
Grèce	7 151	190 523	3,753 %
Italie	7 183	475 164	1,512 %
Malte	6 963	4 114	169,253 %
Pays-Bas	37 661	595 810	6,321 %
Portugal	2 562	93 356	2,744 %
Royaume Uni	10 948	481 815	2,272 %
Suède	7 434	175 964	4,225 %
Total sur 13 pays	141 255	3 567 541	3,96 %
Total UE	146 587		
	Emissions kt	Tonnage kt	
Catégorie 1	35 737	1 857 470	1,92 %
Catégorie 2	105 518	1 710 071	6,17 %

Tableau 6 : Rapprochement des données 2017 d'émissions hors total du transport maritime international de la CNUCC et des données des trafics portuaires des pays correspondants selon Eurostat

En regroupant les deux catégories de pays⁹ et en supposant une homogénéité de proportion de soutage extérieur pour chacune d'elle, un calcul simple montre que la première catégorie soute 37 809 tonnes de GES en dehors de son territoire : si l'on suppose que la France est dans cette situation moyenne car le ratio moyen de la première catégorie est de 1,92 %, donc quasiment le ratio français de 1,91 %, on en déduit que la valeur des GES du transport maritime français international s'établit sans doute autour de $5,772 \times (1 + 37809/35737) = 11,88$ Mt. Si l'on y ajoute les GES du trafic domestique pour 2017 on obtient : $11,88 + 0,139 = 12,02$ Mt.

Une seconde méthode consiste à faire un ratio entre le trafic portuaire national et les émissions de CO₂, 1 t CO₂ est émise pour 25,25 t de trafic portuaire. À partir de ce ratio et

⁹ Catégorie 1 en noir sur le tableau : Allemagne, Danemark, Finlande, France, Italie, Portugal et Royaume-Uni

Catégorie 2 en vert sur le tableau : Belgique, Espagne, Grèce, Malte, Pays-Bas et Suède

du tonnage manutentionné dans les ports français, on en déduit que la valeur des GES du transport maritime français international s'établit autour 11,99 Mt. Si l'on y ajoute les GES du trafic domestique pour 2017 on obtient : $11,99 + 0,139 = 12,13$ Mt.

En rapprochant alors ces chiffres de ceux que nous obtenons en prenant la valeur du trafic maritime déterminée par le CGDD, on obtient : 1 200 Gt_{km}, soit 648 G tonnes-milles marins.

Avec l'émission unitaire de 18,3 g CO₂/tonne-mille marin en 2017 (cf. infra 2-3-4-1), ceci donne comme nouvelle estimation du CO₂ émis par le transport maritime français : 11,85 Mt.

Même s'il est clair que le soutage des navires peut se situer aussi hors d'Europe pour des parcours interocéaniques, la cohérence des deux estimations conforte la valeur proposée.

Il semble donc que le niveau d'émissions de 2017 de CO₂e du transport maritime français (international et domestique agrégés) se situe autour de 12 Mt.

1.4.3 Mention des émissions de la plaisance et de la pêche

Le Citepa, comme on peut le voir dans la figure 6, mentionne aussi les émissions de la plaisance et de la pêche et les rattache dans ses déclarations au titre du rapport Secten/Citepa aux émissions globales du maritime. S'il est vrai que les émissions relatives à l'activité transport constituent la majorité des émissions de l'ensemble du secteur maritime, les ordres de grandeur relatifs à la plaisance ou à la pêche sont loin d'être négligeables. En 2017 le transport maritime domestique totalisait 139 000 tonnes d'émission de CO₂e alors que la plaisance en totalisait 1,051 Mt et la pêche 1,015 Mt.

L'atelier s'est interrogé sur les modalités de prise en compte de ces secteurs. D'une part, la pêche relève de l'agriculture dans la SNBC, d'autre part, le chiffre de la plaisance est contesté par la profession, car il sert de variable d'ajustement pour boucler les émissions en y rattachant des usages non professionnels domestiques.

Par convention dans la suite, l'atelier se propose d'accroître de 15 % les données d'émission du transport maritime proprement dit et donc de donner 13,8 Mt d'émission en 2017 à titre d'ordre de grandeur réaliste incluant les deux secteurs de la pêche et de la plaisance.

1.4.4 Émissions du transport maritime au port

Enfin pour compléter ce panorama on peut aussi essayer d'estimer la part des émissions de GES au port proprement à partir de deux sources d'information :

- celle de la Commission européenne qui donne le chiffre de 6 %¹⁰ dans une étude d'impact récente selon le rapportage MRV(*Monitor-Report-Verify*), confirmée par les données MRV 2020 en cours de publication, qui donnent 6,4 %;
- celle de l'OMI pour les parcours internationaux (dans sa quatrième publication relative aux GES), qui donne des niveaux très variables selon la nature des trafics, sachant que l'énergie du bord est souvent utilisée par les navires de vrac liquides qui ne recourent pas à une manutention par des moyens à quai mais par les moyens

¹⁰ À ne pas confondre avec les émissions de la zone portuaire elle-même

du bord, comme on peut le constater dans la figure 7.

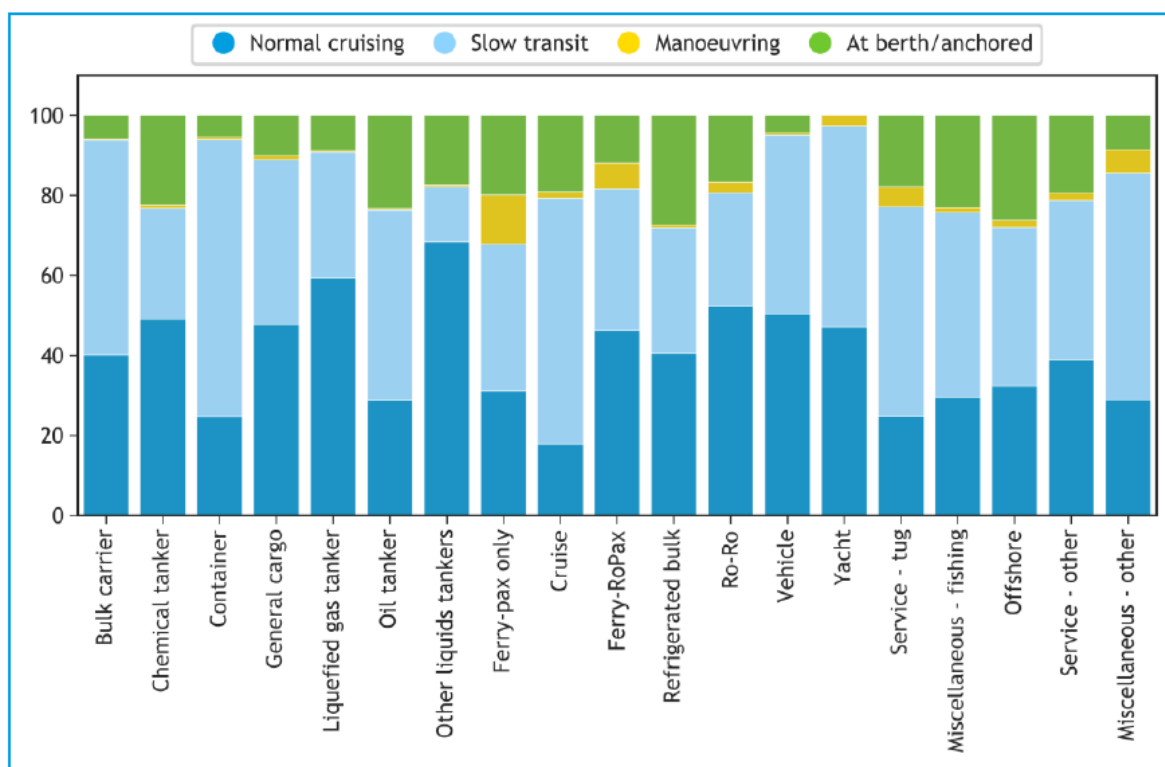


Figure 7 : Proportion of international GHG emissions (in CO₂e) by operational phase in 2018, according to the voyage-based allocation of emissions. Operational phases are assigned based on the vessel's speed over ground, distance from coast/port and main engine load¹¹. Source : UMAS

Il en résulte que même si la proportion des émissions au port est beaucoup plus faible que celle des émissions en navigation de croisière, en transit lent ou en manœuvre, son niveau qui dépasse souvent 10 % pour une large part des navires requiert des actions de réduction énergiques dans les ports si bien que les mesures adaptées à la réduction des GES dans les ports devront être intégrées dans la suite de cet exercice prospectif.

1.5 Effets de la pandémie sur les projections de trafics

La pandémie a eu des effets très sensibles sur le trafic maritime: les transports de passagers par ferries ou de croisière ont été les plus fortement impactés tant à cause de la fermeture des frontières qu'à cause des mesures restrictives applicables aux passagers. Le transport maritime de fret a dû faire face à une forte réduction de la demande tandis que le trafic de conteneurs a dû s'adapter en réduisant la capacité disponible et en faisant face à des prix de transport élevés. Plus récemment, au cours de l'automne 2020, la reprise de l'activité économique en Chine s'est traduite par une forte indisponibilité de conteneurs qui ne s'est résorbée progressivement qu'au début de l'année 2021 (cf. infographie de Yann Alix). Elle s'est également traduite par une forte remontée des taux de fret.

¹¹ Source : OMI-UMAS, *Fourth IMO GHG Study*,
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>

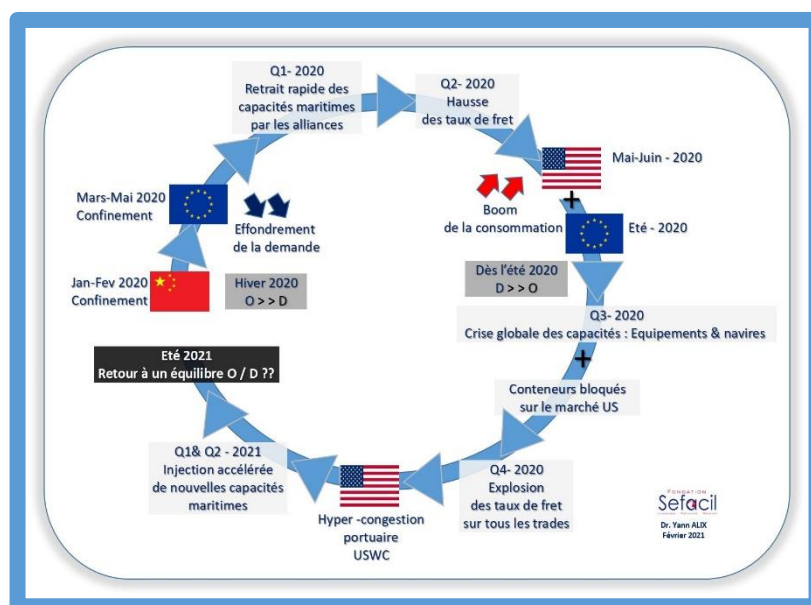


Figure 8 : Infographie de Yann Alix Sefacil - février 2021 sur les effets de la pandémie

Le FIT(OCDE)¹² a synthétisé les effets de la pandémie sur les transports : pour le transport maritime, il s'est beaucoup focalisé sur les aides apportées par les États aux compagnies maritimes pour les aider à passer la situation difficile qu'ils rencontrent. Voici un extrait des données recueillies par le FIT à ce sujet :

Country	Beneficiaries	Main measures	Mio EUR
Singapore	Shipping companies, seafarers	Reduction of port dues	20
South Korea	HMM	Liquidity support	600
South Korea	Maritime companies	Liquidity support	1 000
United Kingdom	Cruise shipping companies	Liquidity support Bank of England Covid Corporate Financing Facility (CCFF)	350
United Kingdom	Ferry operators	Support for ferry routes UK-Northern Ireland, and UK - Continental Europe	63
Germany	No details available	Innovation, research, shore power, LNG bunkering, fleet renewal, cleaner ships	1 000
France	CMA CGM	Loan guarantee	1 050
France	MSC Cruise	Refinancing of loans by public development bank SFIL (formerly Société de financement local)	2 600
Finland	Maritime firms crucial for security of supply	Loan guarantees	600
Sweden	Eight ferry companies	Tax reduction for ten idled ferry ships	10
Estonia	Four ferry companies	Grant to compensate for lost revenues	20
Croatia	Maritime companies	Loan guarantees	80
Ireland	Three ferry companies	Support for costs of five ferry routes	15
Greece	Ferry companies	No details available	35
Italy	Ferry and cruise companies	Tax breaks, lost revenue compensation	85
Hong Kong, China	Ferry and cruise companies	On-off subsidies (ferries), waiving of rent and fees, refund of berth deposits (cruise)	n.a.
Chinese Taipei	Yang Ming, Evergreen	Credit facility and loan interest subsidies	850

Compilation: International Transport Forum from EU State Aid Database², government agencies⁴, media reports⁵

Tableau 7 : Mesures de soutien mises en place pour l'industrie du shipping liées au Covid 19

Pour la suite des travaux prospectifs on peut s'interroger pour voir si les hypothèses transversales retenues par la prospective mobilités 2040-2060, qui propose que les effets de la pandémie soient effacés d'ici 2025 s'appliquent aussi au trafic maritime. À cet effet,

¹² ITF (2021), Covid-19 and Transport: A Compendium, OECD Publishing, Paris

la prospective réalisée à titre personnel en avril 2020 par Martin Stopford¹³, président de l'institut britannique Clarkson's Research, est instructive.

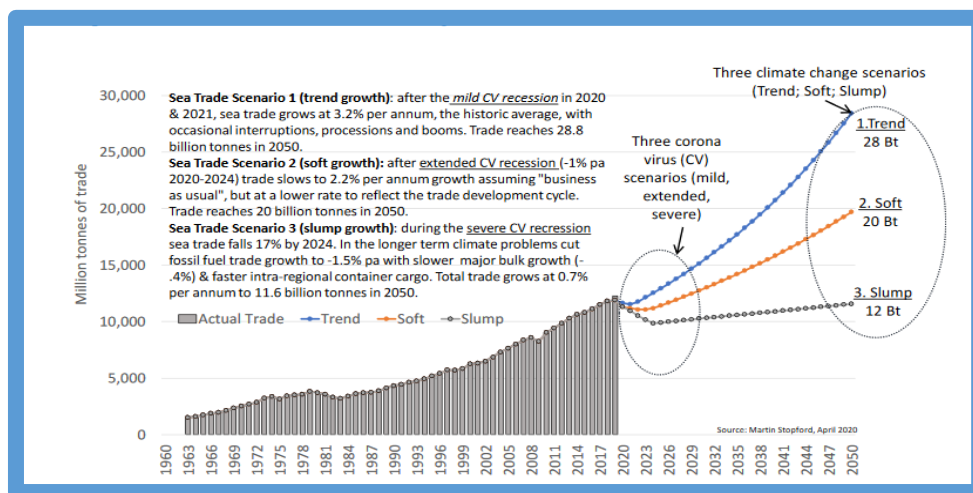


Figure 9 : Trois scénarios post-Covid tenant compte des développements des politiques climatiques de 2020 à 2050. Source : Stopford 2020.

Si le premier scénario particulièrement pessimiste tend à imaginer que le trafic maritime mondial ne recouvre son niveau de 11 Gt de 2017 qu'à la fin des années 2040, les deux autres scénarios plus réalistes considèrent des recouvrements du niveau de 2017 se situent en 2023 ou en 2027, si bien que l'hypothèse médiane de 2025 apparaît aussi comme une hypothèse raisonnable pour le transport maritime. L'atelier signale aussi que l'étude RMT 2020 donne des effets de la pandémie sur les trafics conteneurisés qui régressent depuis 2017 et de façon accélérée depuis 2019.

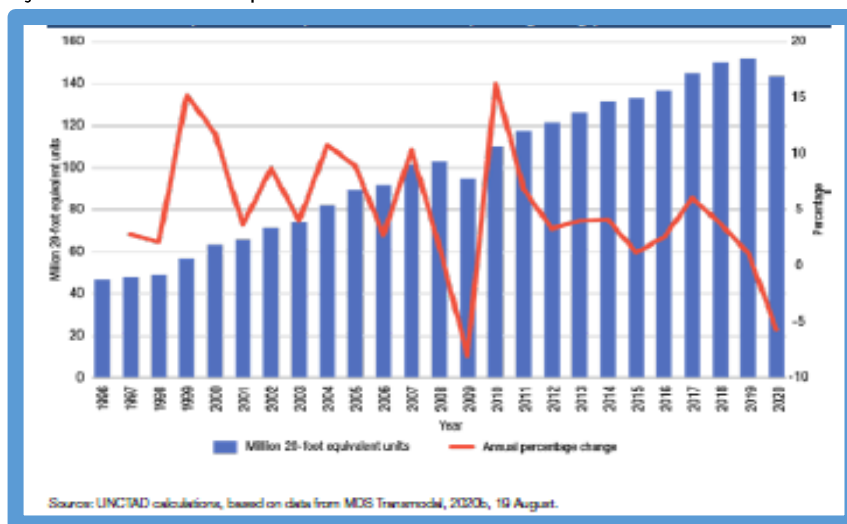


Figure 10 : Évolution du trafic Mondial conteneurisé de 1996 à 2020 exprimé en MEVP en bleu et en pourcentage de variation d'une année sur l'autre (source CNUCED RMT 2020)

¹³ Dr. Martin Stopford - 20th April 2020- *Coronavirus, Climate Change & Smart Shipping- Three maritime scenarios 2020-2050- A White Paper* published by Seatrade Maritime, part of Informa Markets - Copyright Martin Stopford 2020- Sponsored by Seatrade Maritime News and Marintec China-

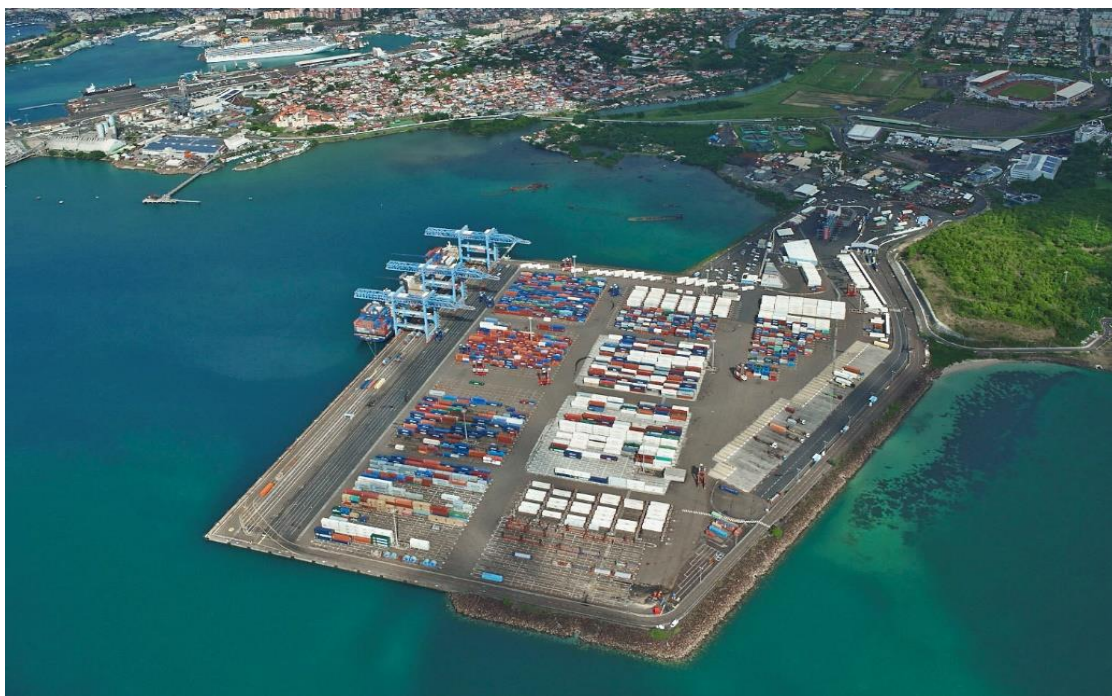


Illustration 2 : Grand port maritime de la Martinique – Source : GPM de la Martinique

2 Prospective de la demande de transport maritime et portuaire

Comme les exercices prospectifs examinés par le groupe fret avant la répartition de son travail en quatre ateliers, à savoir l'étude de l'IDDRI¹⁴ et celle réalisée avec le modèle Modev pour la SNBC ne concernaient pas le transport maritime, ni les trafics portuaires, l'atelier s'est d'abord penché sur les travaux prospectifs internationaux de référence, à savoir le travail de l'OMI, puis celui du FIT, avant de déterminer sur la façon d'utiliser ces travaux pour réaliser ses propres projections.

2.1 Examen des prospectives OMI et FIT du transport maritime

2.1.1 OMI

2.1.1.1 3^{ème} étude sur les GES de l'OMI de 2014

L'OMI a réalisé deux prospectives successives du trafic maritime mondial, la première en 2014 au sein de la troisième étude sur les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime¹⁵

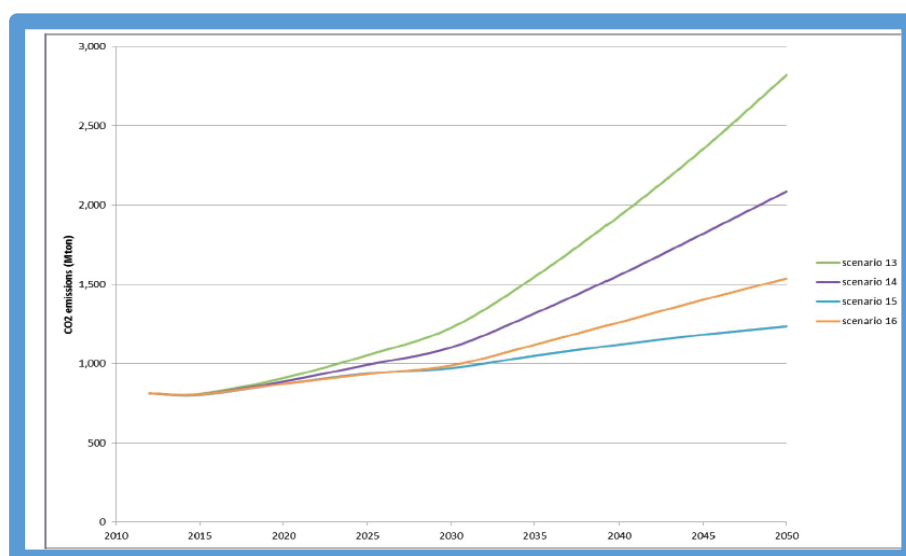


Figure 11 : Projections des émissions de gaz carbonique du transport maritime international de 2012 à 2050 dans des scénarios BAU. Source : 3^{ème} étude GES OMI

On observe que dans des scénarios au fil de l'eau la croissance des émissions progresse de 800 Mt en 2012 à une fourchette comprise entre 1 200 et 2 800 Mt ce qui conduit évidemment l'OMI à juger cette évolution inacceptable et à se pencher sur des mesures de limitation de vitesse ou de changement de carburant (à l'époque essentiellement du GNL).

¹⁴ IDDRI- Trajectoires de décarbonation profonde du transport de marchandises en France-décembre 2019

¹⁵ Third IMO Greenhouse gases study 2014 published in 2015

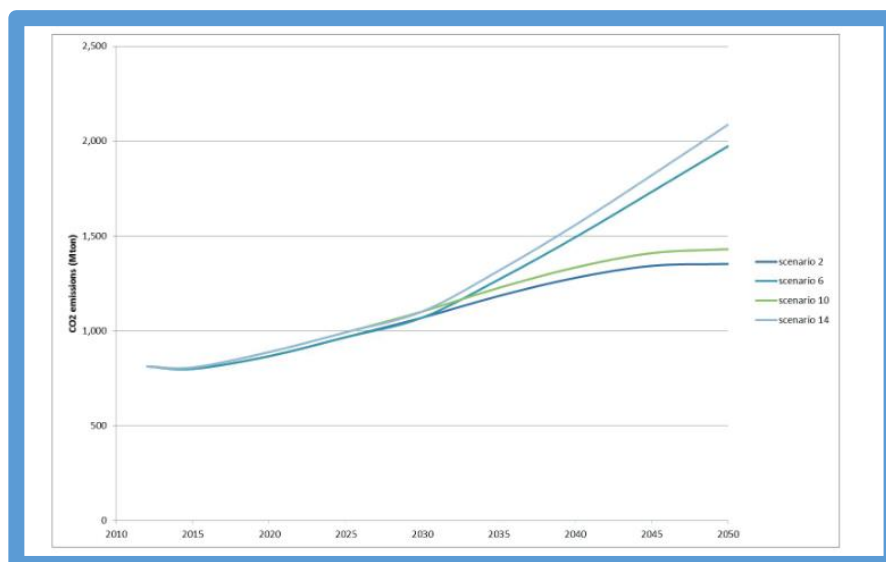


Figure 12 : Projection des émissions de gaz carbonique du transport maritime international en améliorant l'efficacité énergétique des navires ou en accroissant la part du GNL dans le mix énergétique. Source : 3ème étude GES OMI

Les deux scénarios supérieurs illustrent l'importance d'un changement de mix énergétique en faisant passer la proportion de GNL de 8 % pour le scénario « fil de l'eau » à 25 %, tandis que les troisième et quatrième illustrent le passage de l'efficacité énergétique de 40 % « du fil de l'eau » à 60 %.

2.1.1.2 Mesures adoptées par l'OMI depuis 2010 et à la suite de la troisième étude OMI

Ce sont ces réflexions qui ont conduit par la suite l'OMI à compléter les efforts engagés depuis 2010 ce qui peut être récapitulé de la façon suivante :

- en 2011, un effort portant sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des navires applicable aux nouveaux navires avec une approche phasée dans le temps entre 2013 et 2025 de l'intensité de réduction et par type de navire grâce à l'EEDI (*Energy Efficiency Design Index*), assortie de l'obligation d'un plan de gestion énergétique (SEEMP *Ship Energy Efficiency Management Plan*) applicable à tous les navires ;
- en 2016 un système obligatoire de collecte de données (*Data Collection System*) sur la consommation de carburants des navires applicable à tous les navires de jauge supérieure à 5 000 tonneaux (UMS) au 1er Janvier 2019 ;
- en 2018, une stratégie initiale de réduction des GES avec trois objectifs :

a) un renforcement des objectifs de l'EEDI pour tous les navires neufs allant au-delà de ce qui était envisagé en 2013 et destiné à être précisé d'ici 2023 : l'index d'efficacité énergétique des navires neufs EEDI comporte actuellement trois phases 0 (2013-2014) – 1 (2015-2019) – 2 (2020-2024) - 3 (après 2025).

b) la réduction de l'intensité carbone (émissions de CO₂ par activité de transport) de la flotte internationale d'au moins 40 % à l'horizon 2030, en poursuivant l'action menée en vue d'atteindre 70 % à l'horizon 2050, par rapport à 2008 ;

c) la réduction de 50 % de l'ensemble des GES du transport maritime international à l'horizon 2050 par rapport à 2008, tout en visant leur élimination totale le plus tôt possible avant la fin du siècle, afin de réduire les émissions de CO₂ conformément aux objectifs de

température fixés dans l'Accord de Paris.

2.1.1.3 Quatrième étude de l'OMI

La quatrième étude sur les GES de l'OMI¹⁶ est très complète. Elle étudie notamment l'incidence possibles des divers changements de technologie et de mix énergétique. On peut en extraire une réflexion assez complète sur l'évolution de la demande de transport maritime en combinant six scénarios socio-économiques globaux de long terme et divers scénarios climatiques :

Non-coal dry bulk, containers, other unitized cargo, and chemicals (Relation between transport work and relevant drivers: Logistics, denoted by _L; Gravitation model, denoted by _G)	Coal dry bulk,-oil tankers and gas tankers
Long-term socio-economic scenarios	Long-term energy scenarios
SSP1 (Sustainability – Taking the Green Road)	RCP1.9 (1.5°C) in combination with SSP1, SSP2 and SSP5
SSP2 (Middle of the Road)	RCP2.6 (2°C, very low GHG emissions) in combination with SSP1, SSP2, SSP4 and SSP5
SSP3 (Regional Rivalry – A Rocky Road)	RCP3.4 (extensive carbon removal) in combination with SSP1, SS2, SSP3, SSP4 and SSP5
SSP4 (Inequality – A Road Divided)	RCP4.5 (2.4°C, medium-low mitigation or very low baseline) in combination with SSP1, SS2, SSP3, SSP4 and SSP5
SSP5 (Fossil-fueled Development – Taking the Highway)	RCP6.0 (2.8°Cmedium baseline, high mitigation in combination with SSP1, SS2, SSP3, SSP4 and SSP5
OECD long-term baseline projections	

Tableau 8 : Récapitulatif des scénarios macroéconomiques et climatiques des projections de la demande de transport caractéristiques de la demande de transport des modèles OMI de la quatrième étude GES de 2020 – Source Van Vuuren, et al. , 2011b), (Riahi, et al. , 2017) Making sense of climate change scenarios : Senses Toolkit

Les évolutions globales des volumes de transport maritime dans chacun des six scénarios étudiés par l'OMI donnent des croissances de ces volumes, comprises entre 57 % et 126 %, sachant que l'OMI a comparé aussi les résultats de modèles gravitaires et de modèles logistiques pour établir ces projections.

Scenario	Total Transport-Work in 2050 (in billion tonnes-miles)	% change (2018-2050)
OECD	96,119.58	62.8%
SSP1	102,780.60	74.1%
SSP2	106,608.48	80.6%
SSP3	92,795.11	57.2%
SSP4	93,097.82	57.7%
SSP5	133,452.33	126.1%

Tableau 9 : Évolution de la demande de transport maritime mondial entre 2018 et 2050

Quant aux projections correspondantes des émissions de GES selon ces mêmes scénarios, en voici un exemple pour le scénario climatique optimiste RCP 2.6.

¹⁶ Reduction of GHG emissions from ships : Fourth IMO GHG Study 2020- final report July 2020-published 2021-<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>

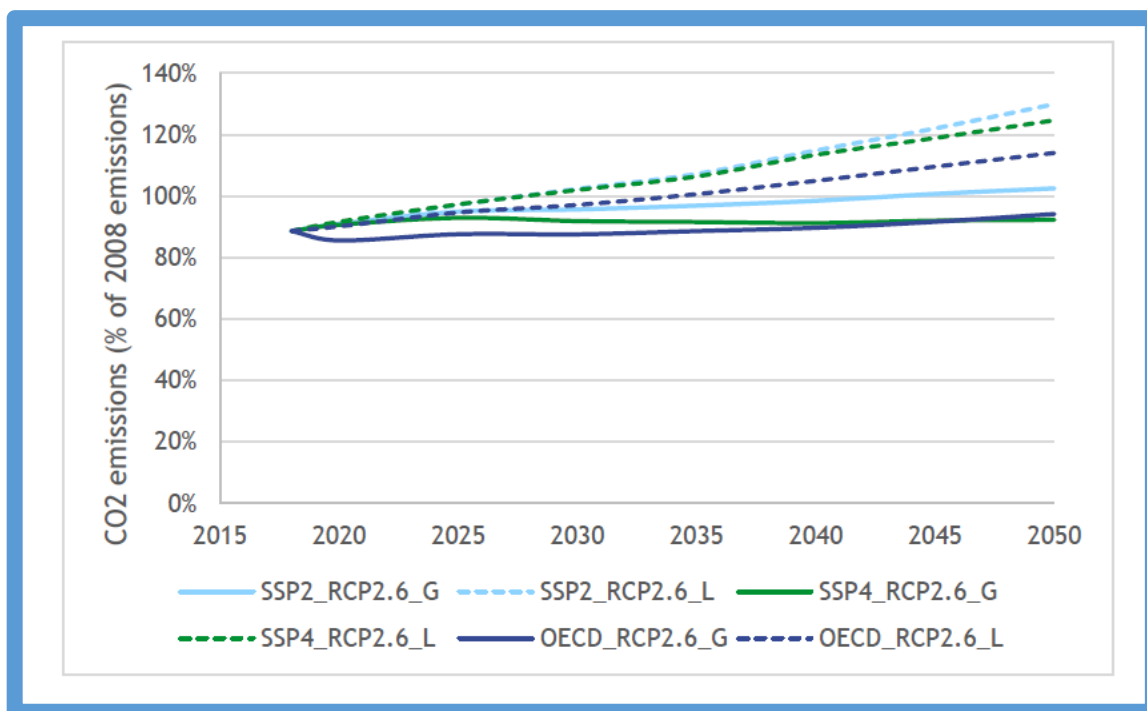


Figure 13 : Projection d'émissions de CO₂ du transport maritime de 2015 à 2050 par rapport à 2008 selon six scénarios macroéconomiques et le scénario climatique RCP 2.6

Comme on le constate les modèles logistiques sont plus pessimistes que les modèles gravitaires et surtout aucun scénario ne conduit à une réduction de 50 % des GES par rapport à 2008, mais les scénarios les plus favorables conduisent tout au plus à stabiliser les émissions au niveau 2008 malgré l'augmentation significative du trafic maritime mondial.

Le constat a conduit l'OMI lors de ses derniers travaux de la fin 2020 à essayer de trouver un compromis pour aller plus rapidement dans un sens de réduction des émissions. Après que la proposition française à l'OMI de réduction sensible de la vitesse des navires a été rejetée, une position franco-germano-danoise a été avancée pour réduire l'intensité carbone opérationnelle des navires en laissant le soin aux armateurs de déterminer la meilleure combinaison pour y parvenir en sachant que l'obligation de rapportage introduite en 2019 fournissait aux États la possibilité effective de vérifier si ces engagements opérationnels étaient respectés.

De fait, les négociations ont conduit à l'approbation au MEPC 75, puis à l'adoption au MEPC 76 en juin 2021 d'une combinaison de cette option franco-germano-danoise avec la proposition japonaise, moins ambitieuse qui prévoit pour les plus grands navires, représentant plus de 80 % des émissions de gaz à effet de serre du transport maritime international, et avec la proposition chinoise de classement (*ranking*) des navires d'où :

- la mise en place obligatoire d'une certification de l'efficacité énergétique des navires existants (EEXI : *Energy Efficiency eXisting ship Index*) associée à des mesures techniques (comme la limitation de puissance) qui réduisent et plafonnent à partir de 2023 l'empreinte CO₂ de chaque navire existant au-delà de 400 tonneaux de jauge (UMS);
- un système de mesure de l'intensité carbone des navires (CII : *Carbon Intensity Indicator*) permettant de classer annuellement les navires en fonction de leurs

performances réelles, des catégories A (faible intensité carbone) à E (forte intensité carbone), avec des exigences croissantes d'année en année. Ce système permettra à partir de 2023 aux États, aux financeurs et aux chargeurs de mettre en place des mécanismes d'incitation de type bonus-malus.

Ce renforcement « modéré » des mesures existantes se décomposant¹⁷ en un volet technique à partir de l'EEXI et un volet opérationnel qui conduira à réduire la vitesse de certains navires ou encore à encourager la propulsion vélique, sachant que pour le CII la réduction est limitée à 11 % entre 2020 et 2026 et qu'une révision de la mesure en 2025 permettra de fixer de nouvelles valeurs pour les années 2027-2030, après analyse des premières années de mise en œuvre afin d'atteindre l'objectif fixé par l'OMI de réduire l'intensité carbone de l'ensemble de la flotte mondiale de 40 % entre 2008 et 2030.

Cette modération a conduit l'Union européenne à fixer avec le Pacte vert (*Green Deal*) un nouveau cap de réduction des GES en visant une réduction d'au moins 55 % des GES depuis 1990 au niveau global des activités et la Commission européenne à proposer dans le paquet *Fit for 55* à la mi-juillet 2021 l'inclusion du transport maritime dans le mécanisme des systèmes d'échange de quotas d'émission en l'assortissant d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, sous forme d'un projet de règlement qui reste à approuver, sachant que même s'il concerne un nombre limité de secteurs, il reste difficile à mettre en œuvre de façon compatible avec les règles de l'OMC qui pourrait y voir une forme de protectionnisme déguisé.

Elle prévoit également la réduction progressive de l'intensité des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'énergie consommée à bord.

Si ces mesures vont dans le bon sens, le passage au navire neutre en carbone qui suppose la mise en place d'aides pour les expérimentations et l'adoption d'une date à partir de laquelle tous les navires neufs devront être neutres en carbone est absente des propositions : elles ne figurent pas non plus dans les mesures arrêtées par l'OMI en juin 2021.

2.1.2 FIT/OCDE

Après avoir réalisé un premier travail sur la décarbonation du transport maritime à l'horizon 2035 publié en 2018¹⁸, le FIT/OCDE a réalisé un travail global sur l'ensemble des modes de transport¹⁹.

La projection de la demande qui en résulte selon quatre scénarios macroéconomiques est présentée dans le tableau 10 :

¹⁷ Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/decarbonisation-du-transport-maritime-international-lomi-adopte-des-mesures-concretes-il-reste>

¹⁸ Decarbonising maritime transport: pathway to zero-carbon shipping by 2035- Case specific policy analysis-OCDE2018

¹⁹ FIT (2020), *Perspectives des transports FIT 2019*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/e4367294-fr>

	2015			2030			2050		
		Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption	Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption
Sea	75698	117 425	108 580	111 305	108 566	260 778	170 792	252 054	170 719
Air	228	511	404	514	404	1 055	485	1 078	485
Road	19551	32 656	32 570	33 395	32 570	58 096	52 208	62 979	52 208
Rail	10127	15 197	15 159	14 493	15 159	23 654	22 176	20 805	22 176
Inland Waterways	2164	3 558	3 543	3 497	3 543	7 889	6 048	7 751	6 048

Tableau 10 : Projection de l'évolution de la demande de transport exprimée en Gtkm aux horizons 2030 et 2050 selon les quatre scénarios et les différents modes de transport (source FIT/OCDE 2020)

On peut observer que le trafic maritime global exprimé en milliards de tonnes-kilomètres (Gtkm) s'élève en 2015 à 75 698 Gtkm, valeur plus faible que celle que donne la CNUCED qui enregistrait, en 2015, 53 476 milliards de tonnes-milles marins (Gtmm), soit 99 030 Gtkm et qui résulte du choix de l'OCDE de ne prendre en compte que les trafics des seuls pays de l'OCDE. On peut donc se fier pour les données OCDE aux valeurs d'évolution, mais pas aux valeurs absolues de trafic mondial.

La projection correspondante pour les émissions de gaz carbonique est la suivante :

	2015	2030				2050			
		Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption	Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption
Sea	800	1127	1033	905	832	2103	1189	1162	654
Air	174	289	229	279	219	398	183	400	180
Road	1460	2061	2057	1591	1732	2838	2628	1465	1331
Rail	79	98	96	68	70	137	123	33	34
Inland Waterways	67	87	86	69	69	143	110	77	60

Tableau 11 : Projection des émissions de gaz carbonique des différents modes de transport aux horizons 2030 et 2050 selon les quatre scénarios considérés (source FIT/OCDE 2020) exprimée en Mt

On constate que le niveau 2015 de l'ordre de 800 Mt est aussi plus faible que le niveau estimé dans le quatrième rapport de l'OMI sur les GES qui donne 991 Mt (ce qui représente une différence de 25 % comparable à la différence des trafics) et, d'autre part que même dans le scénario dit de disruption totale, la réduction de 50 % des émissions par rapport au niveau de 2008 annoncé par l'OMI n'est pas atteinte.

2.2 Examen des perspectives portuaires

2.2.1 Prospective FIT/OCDE à 2050 pour la stratégie nationale portuaire française

La DGITM a demandé à Olaf Merk, l'un des experts du FIT/OCDE sur les transports maritimes de s'appuyer sur la modélisation utilisée pour réaliser les projections globales du transport de marchandises afin de donner des estimations²⁰ de l'évolution des trafics portuaires européens et français, avec des scénarios différents quant au niveau de reconquête des parts de marché des ports français.

Ainsi, trois scénarios ont été proposés pour projeter les trafics des ports français :

millions de tonnes	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	TCAM 2050/2015
Scénario 1	284	285	286	291	295	300	305	312	0,28 %
Scénario 2	284	308	328	352	377	403	431	465	1,42 %
Scénario 3	284	309	346	392	441	494	552	620	2,26 %

Tableau 12 : Projection de trafic des ports français selon les trois scénarios du FIT/OCDE pour la DGITM

Le scénario 1 correspond peu ou prou au fil de l'eau historique : l'atelier s'est plutôt prononcé jusqu'ici pour le scénario 2 où la part de marché des ports français est supposée rester identique autour de 60 % jusqu'en 2050, sachant que la stratégie nationale portuaire poursuit un objectif plus ambitieux pour le trafic de conteneurs de reconquête à hauteur de 80 % sur ce seul segment de trafic.

Cela étant, alors que le trafic portuaire européen lui-même se situe avec des taux de croissance de l'ordre de 1,1 % (cf. rétrospective 2000-2018 du tableau 3 du paragraphe 1-2-1), ce scénario semble à la réflexion optimiste et l'atelier pourrait proposer un scénario plus prudent en conservant un rythme de croissance portuaire français analogue à celui des ports européens des quinze premiers pays de l'UE, donc autour de 1,1 % au lieu de 1,42 % ce qui, si on suppose l'évolution linéaire, donnerait les projections suivantes du scénario 2 bis :

millions de tonnes	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	TCAM 2015/2050
Scénario 2	284	308	328	352	377	403	431	465	1,42 %
Scénario 2 bis	284	308	317	335	353	373	394	416	1,10 %

Tableau 13 : Scénarios d'évolution des trafics des ports français débattus par l'atelier

²⁰ Note on trade projections for French ports (draft 4 October 2019)

2.2.2 Prospective du type programme Climat du club de Rome du port de Rotterdam

Le port de Rotterdam a fait faire une prospective²¹ en 2013 par des consultants qui se fondent sur de scénarios de limites de la croissance de type club de Rome. Ces exercices se situent à l'horizon beaucoup plus lointain de 2100 comme ceux du GIEC.

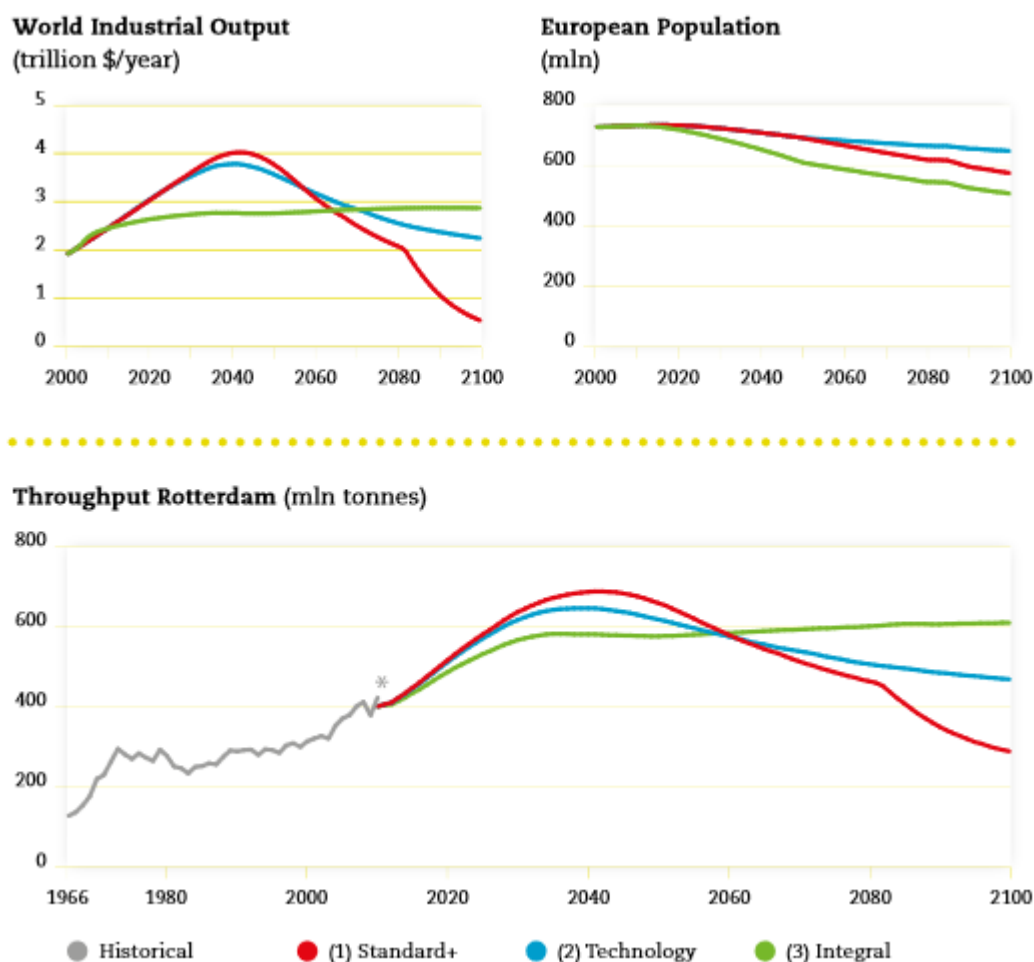


Figure 14 : Projections de trafic du port de Rotterdam jusqu'en 2100 dans trois scénarios d'évolution avec des hypothèses de plafonnement de la production industrielle mondiale et de décroissance de la population européenne analogues aux développements du club de Rome sur les limites de la croissance du début des années 1970

Trois scénarios d'évolution du port de Rotterdam ont été proposés à l'horizon du très long terme 2100.

Ces trois scénarios sont :

- le scénario « standard + » de type « fil de l'eau » (BAU) avec une abondance de

²¹ Updating the future - The next steps in becoming the sustainable global port, using scenarios from Limits to Growth : a report for the Port of Rotterdam Authority by the Club of Rome Climate Programme - November 2013

Auteur(s) : Janne van den Akker, Mariken Betsema, Tammo Oegema, George Wurpel

ressources non renouvelables ;

- le scénario « technologique » avec un recours massif à des technologies nouvelles ou innovantes ;
- le scénario dit « intégral » qui ajoute au précédent une réduction significative du recours aux ressources non renouvelables.

Le résultat le plus solide de cette analyse est qu'une croissance continue des trafics, exprimée en volume est improbable et que le développement durable du port **suppose de passer d'une croissance linéaire des volumes sur des chaînes de transport physique à des chaînes de production et de transport impliquant un moindre recours aux ressources non renouvelables, mais produisant une valeur ajoutée supérieure.**

À noter qu'en 2018, Rotterdam se situait à 469 Mt et qu'un plafonnement autour de 600/650 Mt se manifeste dans les trois scénarios autour de 2040, seul le scénario « intégral » permettant au port de stabiliser son volume global, ce qui lui a d'ailleurs permis de se lancer dans une stratégie de décarbonation de l'ensemble des activités du port.

2.3 Pseudo-économétrie : essai de conclusions

En l'absence de capacité de modélisation propre de l'atelier, l'une des questions centrales à laquelle l'atelier a été confronté a été de déterminer si des méthodes pseudo-économétriques permettaient de réaliser les projections ou s'il fallait y renoncer et décliner les modélisations internationales au niveau français à partir des travaux de l'OMI ou de l'OCDE avec toutes les incertitudes attachées à ce type de simplification.

2.3.1 Élasticité entre taux de croissance des trafics maritimes et taux de croissance du PIB mondial

Pour la prospective des trafics maritimes mondiaux, l'atelier a cherché à s'intéresser à l'élasticité entre taux de croissance des trafics et taux de croissance du PIB mondial.

Les valeurs tirées de la Banque mondiale en considérant des dollars constants de 2010 donnent les résultats suivants :

Valeur exprimée en USD 2010 constants	2000	2005	2010	2015	2017	2018	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
PIB Mondial	5.10 ¹³	6.10 ¹³	6,6.10 ¹³	8.10 ¹³	8.10 ¹³	8,3.10 ¹³	2,86 %	2,87 %
PIB Europe	1.10 ¹³	1.10 ¹³	1,5.10 ¹³	2.10 ¹³	2.10 ¹³	1,6.10 ¹³	1,42 %	1,48 %
PIB France	0,2.10 ¹³	0,3.10 ¹³	0,26.10 ¹³	0,3.10 ¹³	0,3.10 ¹³	0,29.10 ¹³	1,27 %	1,29 %

Tableau 14 : Évolution rétrospective des PIB mondiaux, européens et français. Source : Banque mondiale

Le PIB mondial a ainsi progressé entre 2000 et 2018 de plus de 60 % en passant d'environ 50 000 milliards de dollars à 83 000 milliards de dollars.

En prenant comme hypothèse que les échanges de marchandises de la France évoluent comme une pondération du PIB français pour 3/6, du PIB européen pour 2/6 et du PIB mondial pour 1/6, on obtient alors un TCAM pondéré sur la période 2000-2018 de 1,58 % et légèrement plus sur la période post-crise de 2010 à 2018 de 1,62 %.

Après discussion sur l'élasticité à retenir dans les projections futures, l'atelier s'est accordé dans un premier temps pour attribuer une élasticité 1 ce qui est conforme aux projections de l'OMI (fourchette comprise entre 0,8 et 1,2) et montrerait que le trafic maritime français évoluerait comme la moyenne pondérée des évolutions des PIB français, européen et mondiaux (dans les proportions respectives de 3/6 pour le PIB français, de 1/3 pour le PIB européen et de 1/6 pour le PIB mondial).

2.3.2 Estimation du trafic maritime mondial par régression linéaire sur les vingt dernières années

En procédant à une régression linéaire sur les séries de données des trafics maritimes mondiaux entre 2001 et 2018, la moins mauvaise régression est obtenue en expliquant le taux de du trafic maritime mondial exprimé en tonnage et le taux de croissance annuel du PIB mondial.

Si Y_N désigne le trafic maritime mondial exprimé en tonnage et X_N le PIB mondial

$Y_{N+1} = Y_N \cdot (1 + A \cdot ((X_{N+1}/X_N) - 1)) + B$ avec $A = 0,407175652$, $B = 0,01446302$ et comme coefficient de régression linéaire 0,847510551.

La projection de trafic pour la future mise en relation avec l'évolution du PIB mondial donne une augmentation entre 11,005 milliards de tonnes en 2018 et 23,871 milliards de tonnes en 2050 soit une évolution de 117 % très supérieure à celle des scénarios de l'OMI exprimés en tonnes-milles marins (cf. tableau 9 déjà cité antérieurement et rappelé ci-dessous) et plus proche du scénario bas FIT/OCDE de 2020.

Scenario	Total Transport-Work in 2050 (in billion tonnes-miles)	% change (2018-2050)
OECD	96,119.58	62.8%
SSP1	102,780.60	74.1%
SSP2	106,608.48	80.6%
SSP3	92,795.11	57.2%
SSP4	93,097.82	57.7%
SSP5	133,452.33	126.1%

Tableau 15 (cf tableau 9)

En effet, comme le trafic exprimé en tonnes-milles marins a une légère tendance à croître, le décalage entre la projection économétrique et la modélisation OCDE ne ferait que s'accroître. Cette tendance a d'ailleurs varié au fil du temps et semble difficile à anticiper.

Rappel des données sur les distances moyennes parcourues (cf. tableau 4 déjà cité et rappelé ci-dessous)

Année	1970	1980	1990	2000	2010	2017
millions de tonnes	2605	3732	4008	5984	8408	10702
milliards de tonnes milles	10654	16777	17121	31261	44603	58097
Distance moyenne en mm	4 090	4 495	4 272	5 224	5 305	5 429

Année	1970	1980	1990	2000	2010	2017
Distance moyenne en km	7 574	8 325	7 911	9 674	9 824	10 053
Taux évolution annuel sur période précédente		0,95 %	-0,51 %	2,03 %	0,15 %	0,13 %

Tableau 16 : Rétrospective 1970-2017 du trafic maritime mondial

Si l'on projette de 2017 à 2050 avec le taux le plus récent de 0,13 % on obtient un parcours de 10 493 km en 2050 et de 5 666 milles marins d'où en 2050 un volume de trafic maritime de 135 253 milliards tonnes-milles soit l'équivalent du scénario SSP5 de l'OMI (133 452 Gtmm).

La difficulté à laquelle l'atelier a été confronté est que le travail de l'OMI établit une boucle de rétroaction entre les politiques de décarbonation et la demande ce que seule une modélisation plus poussée qu'un simple travail pseudo-économétrique permet de faire.

Il n'est donc pas possible de se caler sur une estimation économétrique fondée sur l'évolution du PIB mondial pour projeter le trafic maritime mondial et nous préconisons d'en rester à la projection OCDE retenue par l'OMI qui prévoit entre 2018 et 2050 une augmentation de 62,8 % du trafic maritime exprimé en tonnes-milles marins.

2.3.3 Estimation du trafic portuaire

Cette estimation a déjà été faite dans le cadre de la stratégie nationale portuaire et a été développée au 2-2-1. Si l'on essaie de compléter cette réflexion en tenant compte de l'étude de prospective du programme Climat du club de Rome réalisée pour le port de Rotterdam de 2013 et en prenant une évolution de ce type avec un plafonnement des trafics portuaires européens autour de 2040 on pourrait à dire d'expert avoir un scénario d'évolution de ce type :

Trafics portuaires en Mt	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Europe	3690	3690	3984	4400	4185	3785
France	309	309	320	351	353	335

Tableau 17 : Projection à dire d'expert des trafics portuaires européens de type limites de la croissance

On aurait alors trois scénarios pour les ports français :

Trafics ports français en Mt	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	309	309	332	382	440	507
Scénario 2 bis	309	309	326	364	406	453
Scénario 2 ter	309	309	320	351	353	335

Tableau 18 : Récapitulatif des trois scénarios discutés par l'atelier TMP

Le scénario 2 bis qui aboutit à un trafic des ports français un peu au-dessus de 400 Mt à l'horizon pourrait peut-être être à tout prendre parmi les plus réalistes et il se pourrait que le scénario 2 ter nous permette de prolonger à l'horizon 2060 le scénario de décarbonation.

2.3.4 Estimation du calcul des GES associé à chaque scénario

2.3.4.1 Clefs de passage pour le calcul des GES pour le transport maritime

Le document « *Fourth IMO GHG study* » donne au 4.5, pages 264 à 270, des prévisions des émissions de GES jusqu'en 2050 du transport maritime à l'échelle mondiale selon le scénario « BAU » avec deux modélisations, logistique et gravitaire, qui donnent pour les émissions unitaires des chiffres similaires pour la flotte moyenne.

Les deux tableaux suivants donnent les prévisions des émissions unitaires que l'on pourrait reprendre pour le transport maritime européen et français dans le scénario « ambition de base ».

Modèle logistique OCDE	2030	2040	2050
g CO ₂ /tonne-mille marin			
bulker	6	5	5
tanker	17	18	21
container	22	20	19
autres	22	21	20
flotte moyenne	14	13	12,5
Modèle gravitaire OCDE	2030	2040	2050
g CO ₂ /tonne-mille marin			
bulker	6	5	5
tanker	17	17	18
container	22	20	19
autres	21	20	20
flotte moyenne	14	13	12,5

Tableau 19 : Émissions unitaires de GES par type de navire
(Source *Fourth IMO GHG study*) avec le modèle logistique et avec le modèle gravitaire

La difficulté provient de ce que nous ne raisonnons pas sur les bases du scénario OMI qui reste très conservatif en termes d'émissions : en fait on pourrait considérer que ces valeurs moyennes donnent les niveaux d'émission dans le scénario « laxiste ». Pour revenir au scénario « ambition de base », il faut repartir des données accompagnant le rapport 2019

du FIT publié en juillet 2020²² dans son chapitre 5 intitulé « Ruptures dans le transport de marchandises » (pp 172 à 242). Elles ne sont valables que pour le trafic maritime mondial puisque le FIT n'a pas souhaité lors de sa présentation de novembre 2019 répondre favorablement à la demande d'extraction des données françaises issues de ces projections mondiales. Voici par exemple les niveaux de réduction unitaires retenus par le FIT :

entre 2015 et 2030/2050						
Scénario d'ambitions élevées, diminution en pourcentage du nombre de tonnes de CO ₂ émises par tonne-kilomètre						
Année	Maritime	Aérien	Routier non urbain	Routier urbain	Ferroviaire	Navigation intérieure
2015-30	-23	-29	-29	-27	-39	-37
2015-50	-56	-51	-63	-76	-80	-68

Tableau 20 : Réduction du GES dans un scénario d'ambitions élevées du FIT/OCDE (op. déjà cité)

Dans le mode maritime, il y aurait donc 23 % de réduction du niveau unitaire d'émission et de 56 % entre 2015 et 2050. Si on rapproche cette donnée de celle de l'étude OMI en supposant la base OMI de 2030 dans les deux cas on obtient pour la période 2030-2050 :

Année	2030	2040	2050
Flotte moyenne (OMI)	14	13	12,5
Flotte moyenne (FIT)	14	10,6	8

Tableau 21 : Unité g CO₂ par tonne-mille marin

Force est de constater que les données OCDE/FIT montrent un taux de réduction plus fort mais ceci est assez logique puisque le schéma de l'OMI en reste sur le scénario (BAU) que nous avons qualifié de « laxiste » et que le schéma OCDE est plus proche du scénario « ambition de base ».

Si on applique ces données aux projections de trafic maritime mondial OCDE on obtient :

Année	2015	2030	2040	2050
Projection de trafic maritime de l'OCDE en milliards de tonnes-milles marins	53 476	70 842	82 518	96 120
Émission unitaire en g CO ₂ par tonne-mille marin	15,0	14	10,6	8
Émissions CO ₂ en Millions de tonnes	800 Mt	992 Mt	875 Mt	769 Mt

Tableau 22 : Projections de trafic maritime mondial OCDE/FIT et émissions associées

²² FIT (2020), *Perspectives des transports FIT 2019*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/e4367294-fr>.

En se référant au tableau 10, on observe que la projection effectuée à partir du scénario OCDE mentionné par l'OMI se situe en 2030 entre le scénario technologique (905 Mt) et le scénario logistique (1 033 Mt) alors qu'en 2050 il est plus proche du scénario disruptif (654 Mt).

2.3.4.2 Estimation des émissions de GES applicables aux ports français

Pour les ports français, à défaut d'une estimation précise, l'atelier propose de s'en tenir aux données d'émission aux ports de 6 % du niveau des trafics maritimes français, ce qui évidemment avec la double incertitude ne peut fournir qu'une approximation très sommaire de ces niveaux d'émission.

Cela étant, les mesures prises au port si elles vont dans le sens de l'utilisation progressive et complète d'électricité décarbonée à quai et au déchargement peuvent réduire encore davantage ces niveaux d'émission.

En reprenant comme hypothèse le scénario 2 bis, un taux de 6 % et les mêmes taux d'émission que précédemment on obtient alors :

Année	2015	2030	2040	2050
Projection de trafic maritime associée aux ports français selon OCDE (SNP) exprimée en Gt.km	1 525	1 675	1 865	2 080
Émission unitaire en g CO ₂ par t.km	8,10	7,56	5,72	4,32
Projection d'émission de CO ₂ du transport maritime français en Mt	12,3 Mt	12,6 Mt	10,7 Mt	8,98 Mt
Projection émission de CO ₂ du transport maritime au port sur base de 6 % des émissions totales du transport maritime en Mt	0,74 Mt	0,76 Mt	0,64 Mt	0,54 Mt

Tableau 23 : Essai de projection des émissions de GES aux ports associée au transport maritime selon scénario OCDE-SNP (fourchette supérieure)



Illustration 3 : Grand port maritime de Bordeaux - Source : Laurent Mignaux/Terra

3 Description des trois scénarios retenus pour effectuer les projections aux horizons 2040-2060

Dans ce chapitre, l'atelier a rappelé les trois scénarios qu'il a retenus pour son analyse parmi les six proposés à l'examen transversal (complété à sept après les premières restitutions transversales) puis a redonné les projections de la demande qu'il retient pour chaque scénario. Il récapitule les principaux leviers mobilisables inventoriés (3-3), avant de détailler les projections d'émissions unitaires retenues. Une prévision de trafic et d'émission est alors donnée pour chaque scénario tant pour le trafic maritime français que pour les émissions de ces trafics dans les ports. Les narratifs associés à chaque scénario sont ensuite détaillés dans le chapitre 4.

3.1 Différenciation des trois scénarios de projection mis à l'étude

L'atelier a tenu compte des propositions transversales données par le CGEDD et par France Stratégie fournies aux différents groupes prospectifs de construire les scénarios macroéconomiques selon une combinaison d'ambiances technologiques et d'ambiances de mobilité résumées à grands traits dans les trois tableaux suivants :

Une ambiance technologique « haute »	Net renforcement de la coopération mondiale dans la lutte contre le changement climatique. Mise au point de nouvelles technologies bas carbone et diffusion rapide du progrès technologique. L'OMI adopte un objectif de neutralité carbone à l'émission pour les nouveaux navires à partir de 2030 et de neutralité carbone à 2050 (cf. travaux FIT 2018). L'OACI adopte en 2022 des objectifs similaires de neutralité carbone pour les nouveaux avions à partir de 2040 et de neutralité carbone pour 2060. Les premiers PL neutres en carbone à l'émission font leur apparition dans la décennie 2020-2030 si bien que la neutralité carbone à l'émission des VP et des VL est obtenu en 2050.
Une ambiance technologique « moyenne »	Mise en œuvre de l'accord de Paris actuel. Adoption par l'OACI d'un objectif de réduction de 50 % des émissions de l'aérien à 2050 (malgré l'augmentation du trafic). Atteinte de l'objectif de réduction de 50 % des émissions maritimes mondiales. Interdiction de la vente de voitures utilisant des énergies fossiles carbonées en 2040 effective.
Une ambiance technologique « basse »	Absence de développement de nouvelles technologies bas carbone et une faible diffusion du progrès technologique liée à la défiance de la population à l'égard de la technologie et à un délitement progressif de l'accord de Paris. Les ventes de véhicules neufs décarbonés (électrique à batterie ou à hydrogène, biogaz, ...) ne représentent que 30 % des véhicules neufs à 2040.

	L'incorporation de biocarburants durables reste à 5 % dans l'aérien à 2040 et le maritime n'adopte pas de carburants neutres en carbone ...
Dynamique de mobilité : volonté collective d'atteindre la neutralité carbone	Mesures de la catégorie ci-dessous (sobriété des mobilités) renforcées et complétées par des mesures spécifiques portant sur les hypermobiles. Acceptation d'un signal prix carbone élevé pour limiter les déplacements émetteurs de gaz à effet de serre. Interdiction progressive des centres villes aux véhicules polluants. Évolution « contrainte » de l'aménagement urbain et du territoire » et de la logistique pour minimiser les émissions de GES.
Dynamique de sobriété modérée prolongeant les tendances actuelles (avant le Covid)	Prise en compte des mesures de la loi LOM et du récent plan de relance. Télétravail à effet rebond maîtrisé ou des substitutions des déplacements d'affaires par des télécoms. Hausse des emports unitaires des différents modes. Voies réservées aux véhicules propres et/ou à occupation multiple. Développement véhicules partagés autonomes bien remplis en lien avec les TC lourds. Développement des infrastructures capacitaires et recours plus important aux TC, au fer et au fluvial et au vélo. Réductions ciblées de vitesses limites routières et <i>slow steaming</i> pour le maritime. Étalement urbain freiné, mais en progression.
Une dynamique de développement de la mobilité individuelle et de l'individualisme	Renforcement de l'utilisation du véhicule individuel (avec possible rémanence d'un effet des habitudes prises lors de la Covid). Développement accru de l'aérien sans limitation de croissance, + développement anarchique des taxis urbains volants et des drones en ville pour le transport de personnes et de biens. Régression des transports collectifs routiers, ferroviaires et fluviaux, peu de pistes cyclables nouvelles, un développement de véhicules autonomes avec un taux de remplissage faible. Développement sans limites du e-commerce et du juste à temps, une érosion encore plus forte du fret ferroviaire. Supplément de déplacements en voiture par effet rebond non maîtrisé du télétravail ; l'étalement urbain ne connaît pas de limites et la logistique urbaine évolue de façon à répondre à une demande accrue du e-commerce sans souci de cohérence globale.

Figure 15 : Description des ambiances technologiques et des dynamiques de mobilité. Source : Prospective des transports et de la mobilité, CGEDD- France stratégie

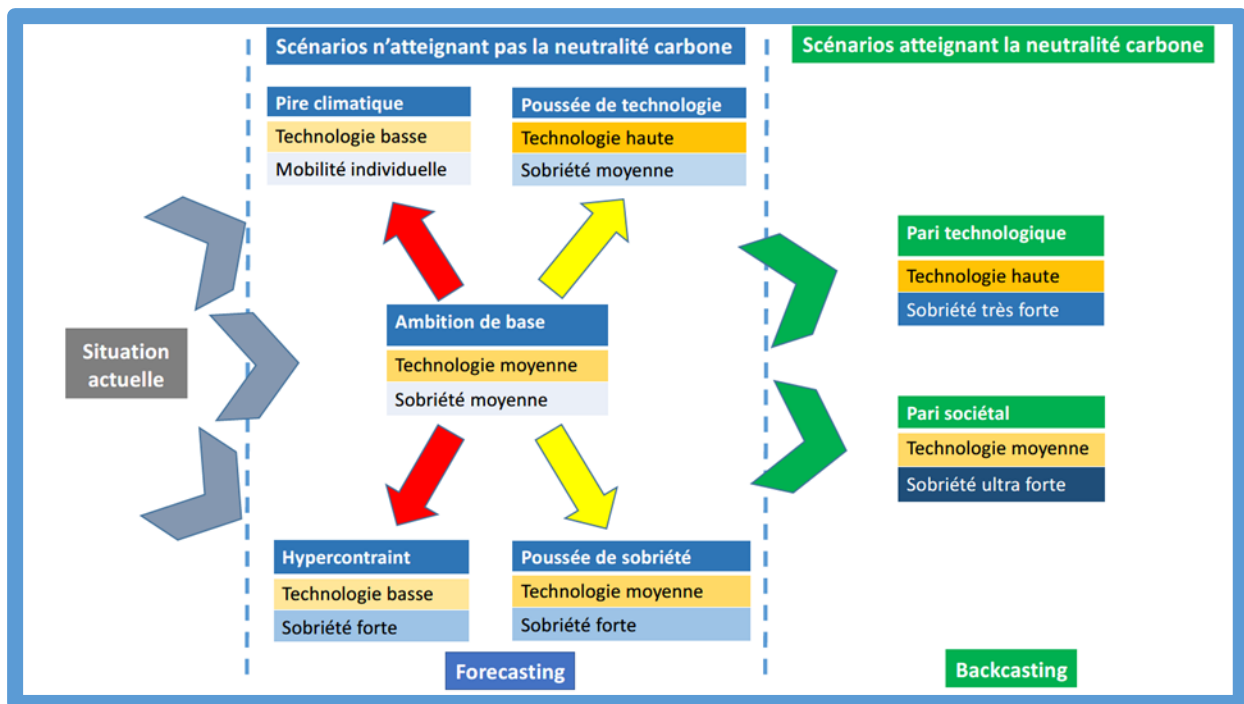


Figure 16 : Schéma des scénarios transversaux proposés à l'examen. Source : Prospective des transports et de la mobilité, CGEDD- France stratégie

Parmi les scénarios ci-dessus, l'atelier a choisi de porter sa réflexion sur trois scénarios :

- le scénario « laxiste » (SL), qualifié aussi de « pire climatique » sans évolution technologique significative, sans mesure complémentaire contraignante par rapport à celles qui sont décidées aujourd'hui et avec une mobilité faiblement massifiée pour les transports terrestres ;
- le scénario « moyen » (SM), qualifié aussi de scénario « ambition de base » avec un niveau de technologie moyen et une mobilité sobre ;
- le scénario « de décarbonation » (SD) avec un niveau de technologie forte et une forte sobriété qui correspond à la recherche de la neutralité carbone (qualifié aussi de « pari technologique »).

A priori il n'est pas envisagé de procéder à une rétroaction entre les technologies, leur rythme d'appropriation, les mesures de politique des transports et les trafics, notamment par rapport à l'introduction d'une évolution du signal prix carbone. En théorie on devrait pouvoir le faire en utilisant les élasticités volume de transport/prix de transport et en supposant qu'on est capable d'expliquer les variations de prix en utilisant les scénarios RCP 2.6 et RCP 4.5 en s'en tenant aux seules projections de l'OCDE).

3.2 Récapitulation des données utiles pour projeter les trafics dans chaque scénario considéré

3.2.1 Trafic maritime mondial : comparaison des scénarios OMI et OCDE/FIT

Dans un premier temps, on peut remettre en perspective les évolutions du trafic maritime mondial entre les scénarios de l'OCDE et ceux de l'OMI :

OCDE/FIT	2015 en GtMm	2050 en GtMm	TCAM 2015-2050
<i>Current ambition</i>	40 877	140 820	3,60 %
<i>Logistics</i>	40 877	92 325	2,36 %
<i>Technology</i>	40 877	136 109	3,44 %
<i>Full disruption</i>	40 877	92 188	2,32 %
OMI 4 ^{ème} étude GES	2018 en GtMm	2050 en GtMm	TCAM 2015-2050
<i>OCDE baseline</i>	59 040	96 120	1,53 %
<i>SSP1 green road</i>	59 040	102 780	1,75 %
<i>SSP2 middle of the road</i>	59 040	106 608	1,86 %
<i>SSP3 rocky road</i>	59 040	92 795	1,42 %
<i>SSP4 inequality</i>	59 040	93 097	1,43 %
<i>SSP5 fossil fueled</i>	59 040	133 452	2,58 %

Tableau 24 : Évolution TCAM du trafic mondial exprimé en milliards de tonnes milles selon OCDE et OMI

On constate une assez forte divergence de progression des croissances du trafic maritime mondial entre l'OCDE et le FIT, indépendamment du fait que comme nous l'avons déjà souligné la base est un peu différente (année différente et périmètre OCDE plus restreint que celui de l'OMI) :

- pour le scénario « du fil de l'eau » (*current ambition* ou *fossil fueled*) une fourchette allant de 2,6 à 3,6 % ;
- pour le scénario « vert » (*full disruption* ou *green road*) une fourchette allant de 1,75 à 2,32 %.

Au-delà de ces considérations, il est clair que le trafic maritime mondial évolue plus vite que le trafic maritime français.

3.2.2 Discussion sur les divergences d'estimation du trafic maritime français et rattachement des scénarios de projection

Après avoir exposé les différences sensibles qui existent entre les scénarios de projection OMI et FIT/OCDE, l'atelier a cherché aussi à comparer les taux d'évolution du trafic maritime français en rapprochant les résultats obtenus selon deux méthodes :

- **la méthode pseudo-économétrique** où on utilise pour projeter le trafic maritime reconstitué de 2017 un coefficient d'élasticité entre taux de croissance du trafic maritime français et taux de croissance pondéré du PIB pondéré²³ ;
- **la méthode de « transformation des trafics portuaires » en trafics maritimes, qui consiste** à utiliser les taux de projection des trois scénarios de projection de trafic portuaire (2, 2 bis et 2 ter) et à leur affecter une distance moyenne qui évolue assez peu depuis les vingt dernières années comme l'a montré le tableau 4 (0,15 % de taux de croissance annuel entre 2000 et 2010 ; 0,13 % de taux de croissance annuel entre 2010 et 2017).

3.2.2.1 Méthode pseudo-économétrique

L'atelier compte tenu des développements exposés au 2-4-2 qui ont permis de réconcilier les estimations de GES est parti de l'estimation du CGDD du trafic maritime français en 2017 donc avec un trafic de 1 400 Gt_{km}, soit 756 Gt milles marins.

Années considérées	2017	2025	2030	2040	2050	2060	TCAM 2025-2050
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 1 en GtMm	756	756	845	1057	1245	1764	2,45 %
Méthode pseudo-économétrique en Gt_{km}	1400	1400	1565	1957	2306	3266	2,45 %
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 0,8 en Gtmm	756	756	827	989	1121	1285	1,53 %
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 0,8 en Gt _{km}	1400	1400	1531	1831	2076	2380	1,53 %

Tableau 25 : Projection du trafic maritime français selon la méthode pseudo-économétrique

²³ Rappelons que la pondération retenue par l'atelier est de 50 % pour le taux d'évolution du PIB français, de 1/3 pour celui du PIB européen et de 1/6 pour le PIB mondial.

Selon la méthode pseudo-économétrique on doit appliquer un coefficient de 0,8 pour retrouver la croissance du trafic maritime de 1,53 % du scénario *baseline* de l'OCDE cité dans l'étude OMI. Nous proposons donc de la retenir pour la comparer ensuite aux scénarios obtenus par la méthode de transformation des trafics portuaires.

3.2.2.2 Méthode de transformation des trafics portuaires

Dans cette méthode pour disposer de données comparables on suppose que le trafic maritime français est en adéquation avec le trafic portuaire sur l'année 2017, ce qui donne un trajet maritime moyen de 1 200 Gtkm / 309 Mt, soit 3 880 km, ce qui revient à retenir la fourchette basse obtenue à partir de la détermination du CGDD.

En supposant constante cette distance moyenne dans le temps, on peut alors effectuer les projections en corrigeant le fait qu'on estime le trafic de 2025 identique à celui de 2017/2018.

Projection trafics ports français Mt	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	309	309	332	382	440	507
Scénario 2 bis	309	309	326	364	406	453
Scénario 2 ter	309	309	320	351	353	335

Trafics maritimes français projetés associés Gtkm	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	1400	1400	1503	1729	1991	2295
Scénario 2 bis	1400	1400	1476	1647	1837	2051
Scénario 2 ter	1400	1400	1447	1589	1598	1517

Tableaux 26 : Projections des trafics portuaires français et des trafics maritimes associés

Comme on peut le constater alors que la méthode pseudo-économétrique donne des résultats supérieurs à ceux de la méthode de projection de trafics que ce soit avec une élasticité 1, et *a fortiori* avec une élasticité 0,8. En effet alors que le taux de croissance annuel moyen du trafic sur la période 2025-2050 de l'ordre de 1,53 % avec la méthode pseudo-économétrique, on a 1,42 % dans le scénario 2 de la projection portuaire, la différence pouvant s'expliquer par un léger allongement de parcours de l'ordre de 0,10 % par an.

3.2.2.3 Choix des rattachements des scénarios de demande aux scénarios retenus par l'atelier

L'atelier propose donc de rattacher par la suite à chacun des trois scénarios retenus, un des trois scénarios d'évolution des trafics maritimes projetés:

- le scénario « pseudo-économétrique » avec une élasticité de 0,8 pour le scénario « laxiste » (SL) qui correspond à une évolution annuelle moyenne de 1,55 % à partir de 2025 ;
- le scénario 2 bis de transformation des trafics portuaires pour la projection de demande du scénario « moyen » (SM) qui correspond avec une évolution annuelle de 1,10 % à partir de 2025 ;
- le scénario 2 ter de transformation des trafics portuaires pour la projection de trafic du scénario « de décarbonation » (SD) avec plafonnement du niveau de trafic en 2045.

Ceci donne les projections suivantes en y ajoutant l'année 2008 qui sert de référence aux engagements de l'OMI :

	Trafics maritimes français projetés associés en Gtkm	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SL	Scénario « laxiste »	1595	1400	1400	1531	1831	2060	2380
SM	Scénario « moyen »	1595	1400	1400	1476	1647	1837	2051
SD	Scénario « décarbonation »	1595	1400	1400	1447	1589	1598	1517

Tableau 27 : Projection de la demande de trafic maritime français dans les trois scénarios

Projection trafics ports français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario « laxiste »	352	309	309	332	382	440	507
Scénario « moyen »	352	309	309	326	364	406	453
Scénario « décarbonation »	352	309	309	320	351	353	335

Tableau 28 : Projection du trafic des ports français dans les trois scénarios

Les émissions du trafic maritime aux ports suivront celles du trafic maritime mais leur réduction sera aussi accentuée du fait de la croissance de l'électrification à quai.

3.2.2.4 Discussions relatives aux incertitudes

Après avoir procédé à ces rattachements des trois scénarios de projection de la demande de trafic maritime et des trafics portuaires, l'atelier a souhaité passer en revue les incertitudes qui accompagnent ces rattachements, notamment par rapport au scénario 3 rattaché au scénario de décarbonation dans la mesure où il prévoit un plafonnement du trafic portuaire autour de 360 Mt vers 2045 ce qui correspond à un trafic de l'ordre de 1 630 Gtkm.

Les incertitudes recensées portent sur les conséquences de la politique climatique européenne, le rythme d'évolution du commerce international, l'évolution du trafic Transmanche après le *Brexit* et le développement de nouveaux trafics, auxquelles on

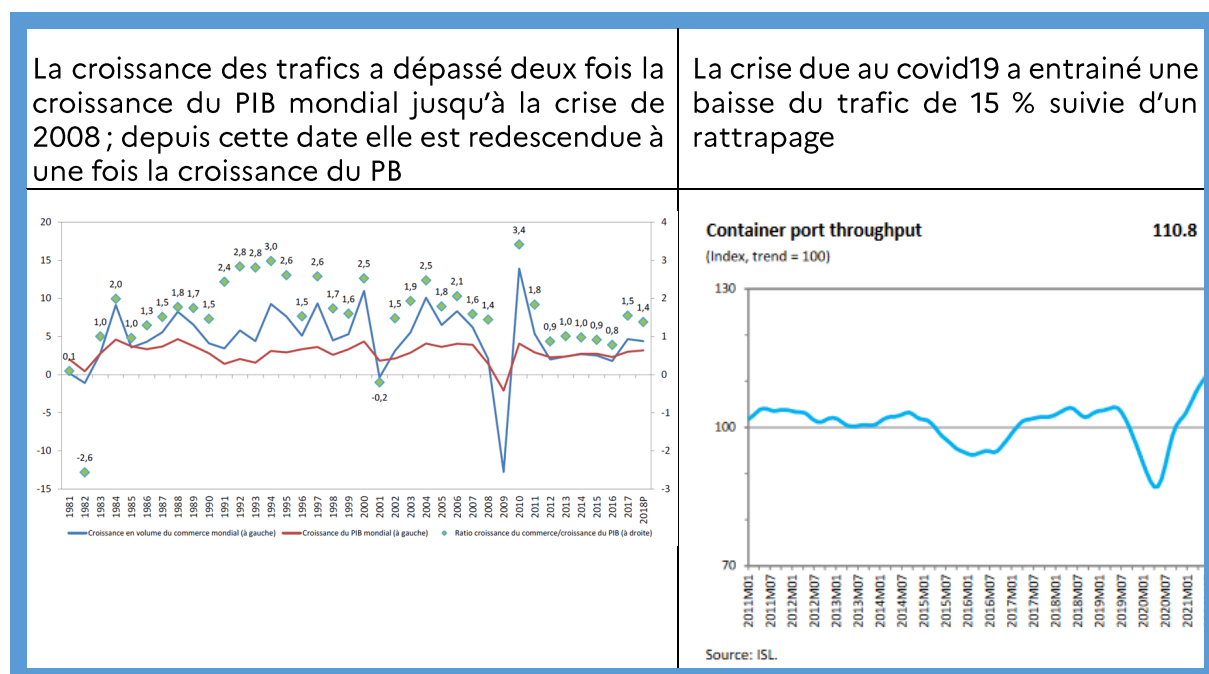
pourrait ajouter celle liée à la possible relocalisation d'activités industrielles ou considérées comme stratégiques depuis la pandémie.

Conséquences de la politique climatique européenne

Le transport maritime sera impacté de façon indirecte en premier lieu par la baisse des trafics d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) principalement transportés par voie maritime, (ils ont représenté en 2017 35 % du tonnage du trafic portuaire de la France) ou via le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières qui impactera les flux de marchandises dont la production fait un recours intense aux énergies fossiles.

L'évolution du commerce international

Le graphique ci-dessous à gauche²⁴ donne le ratio de la croissance du commerce mondial des marchandises en volume, à la croissance du PIB réel mondial, 1981-2018 ; le graphique de droite²⁵ montre l'évolution récente **par rapport à un trend** calculé depuis la crise de 2008 :



On peut penser que la croissance des échanges suivra la croissance du PIB mondial comme on l'observe depuis 2008, et sera en retrait par rapport aux vingt-cinq années précédentes, mais on ne peut ignorer des tendances protectionnistes et la rivalité croissance en Chine et États Unis qui peuvent conduire à un niveau d'échanges plus faible. L'atelier s'est déjà penché sur ce sujet à partir du travail rétrospectif du chapitre 1 et n'a pas envisagé de scénariser les questions géopolitiques contrairement au travail mené par le CGPC en 2006.

L'évolution du trafic Transmanche

La Grande-Bretagne est entrée dans la CEE en 1973 et est sortie de l'UE en Janvier 2021 (*Brexit*).

²⁴ https://www.wto.org/french/news_f/pres18_f/pr820_f.htm

²⁵ https://www.wto.org/french/news_f/news21_f/wtoi_18aug21_f.htm

Pendant cette période, le trafic Transmanche a connu une croissance considérable : il est passé de 1,7 Mt en 1976, à 73 Mt en 2017 (pour le seul trafic maritime). Le *Brexit* fait donc peser une incertitude sur l'évolution de ce trafic sur le long terme qu'il est assez difficile d'anticiper.

Émergence de nouveaux trafics

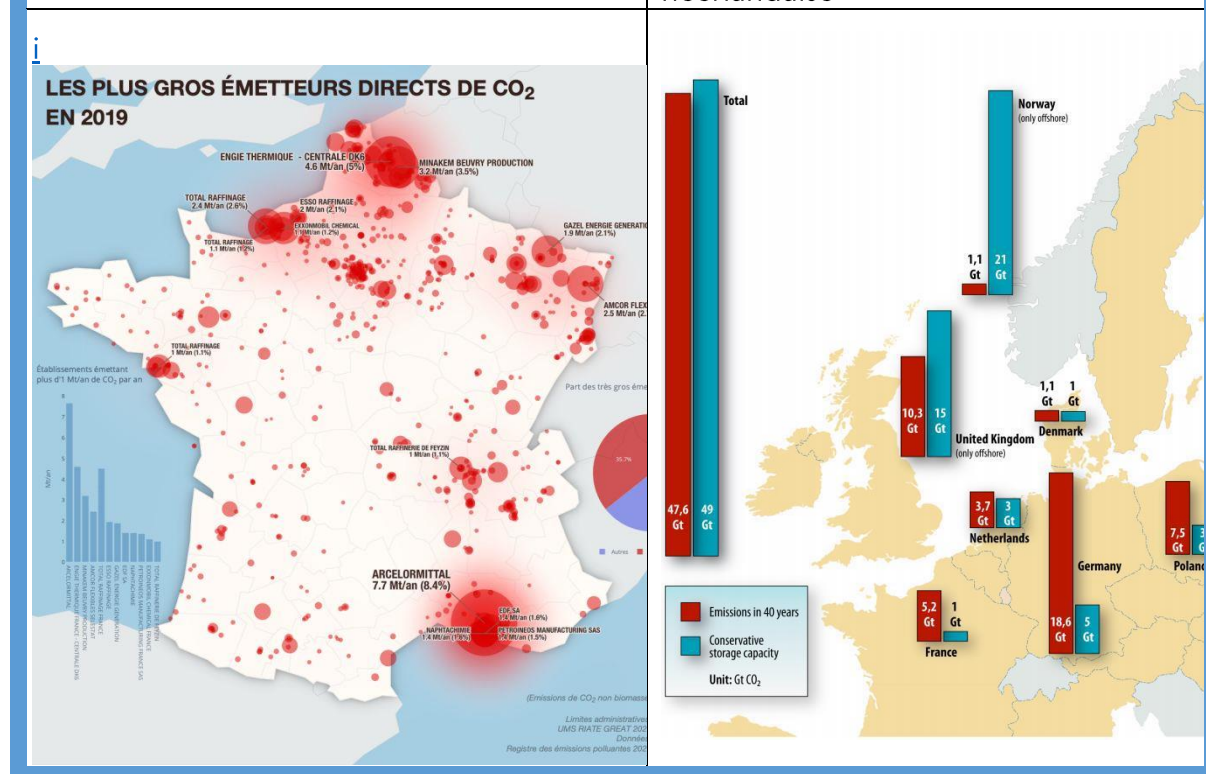
Les objectifs de neutralité carbone peuvent conduire à de nouveaux trafics qui seraient des relais de croissance ; souvent, ces trafics ne reposent pas sur des procédés industriels matures et sont de ce fait incertains, mais doivent figurer dans un travail de prospective.

Le CO₂

Les gros émetteurs de CO₂ sont situés dans les zones industrialo-portuaires, ce qui peut faciliter la capture des émissions, leur liquéfaction puis leur expédition par voie maritime.

Le plus grand site potentiel de stockage géologique du CO₂ est au large de la Norvège ; il a la capacité de stocker 40 années d'émissions de l'ensemble de l'UE+GB

ci-dessous carte extraite d'une étude néerlandaise²⁶



Les nouveaux trafics de vracs solides

La transition énergétique conduit à diminuer le recours au charbon et aux hydrocarbures mais augmente les besoins en matériaux comme le cuivre, nickel, lithium, graphite, terres rares, sables.

²⁶ https://www.sintef.no/globalassets/project/elegancy/deliverables/elegancy_d5.2.3_ccs-in-the-netherlands.pdf

Des multiplications par 40 de certaines productions sont envisagées²⁷ ; le développement du recyclage devrait se réaliser dans des usines similaires à celles de premières transformation et conduire à un double flux d'échange : avant et après recyclage.

Deux évolutions contrastées du trafic portuaire sont envisagées ci-dessous à titre d'exemple :

Scénario inspiré de la SNBC

La SNBC vise à diminuer par 6 les émissions de CO₂ émises à partir du territoire pour arriver à la neutralité carbone. Les trafics maritimes d'énergies fossiles qui représentent actuellement 35 % des tonnages portuaires seront réduits dans une proportion qui pourrait être voisine. L'ordre de grandeur de la baisse de ces trafics pourrait représenter en tonnage $35 \% \times (5/6) = 29 \%$ des trafics de 2017.

La séquestration géologique du CO₂ est envisagée avec prudence par la SNBC qui envisage un recours à cette technologie pour 6Mt/an à l'horizon 2050, dont une grande partie pourra donner lieu à de nouveaux trafics maritimes, ce qui représente un trafic nouveau de l'ordre de 1 à 2 % des trafics annuels en tonnage.

L'évolution globale des trafics portuaires dépendra du dynamisme des autres flux : vrac de minerais non énergétiques, échanges avec le Royaume Uni (Transmanche) et trafics de conteneurs qui compensera, ou non, la baisse des trafics énergétiques.

Scénario de transition

Dans un tel scénario, la baisse du recours aux énergies fossiles serait moins rapide que la baisse des émissions de CO₂ ; la différence donnerait lieu à une séquestration géologique du CO₂ dont la masse représente environ trois fois celle des énergies fossiles importées. Ainsi, une baisse de « seulement » un facteur 3 des importations d'énergies fossiles par rapport à 1990 (soit des importations supplémentaires par rapport au scénario SNBC, représentant 1/6 des flux observés en 2017, conduirait, pour obtenir les mêmes émissions de CO₂ à des flux de CO₂ à des fins de séquestration géologique, de l'ordre de $1/6 \times 3 = 1/2$ du tonnage des flux d'énergies fossiles de 2017.

Au final les flux portuaires, exprimés en tonnage, seraient quasiment inchangés, mais leur nature serait tout autre qu'en 2017.

Devant la difficulté de combiner ces différentes formes d'incertitude , l'atelier a retenu de ne pas retravailler le scénario 2 ter qui s'inspirait des méthodes du programme Climat du club de Rome appliquées en 2013 au port de Rotterdam, d'autant que la combinaison de ces facteurs serait plutôt de nature à réduire la demande de transport ou de trafic portuaire ce qui irait dans le sens d'une réduction des émissions de GES, mais de le conserver en tant que tel, tout en soulignant les incertitudes considérables qui lui sont attachées.

3.3 Leviers mobilisables pris en compte

L'atelier a procédé à un inventaire assez exhaustif des leviers mobilisables mené par le Cerema pour les leviers technologiques (3-3-1) et par la DGITM pour les mesures de politique publique touchant le transport maritime et les ports, une des difficultés principales étant qu'il faut considérer ces mesures à la fois au niveau international (OMI), au niveau européen avec de très nombreuses initiatives de l'UE dont on ne peut pas

²⁷ Exemple : étude de l'AIE : *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* publié le 4 mai 2021

clairement savoir si elles seront menées à leur terme ou si elles ne sont pas en partie conçues pour aiguillonner l'OMI dans le rythme de décarbonation attendu de la flotte mondiale, et des mesures proprement nationales.

3.3.1 Leviers technologiques et routes maritimes

Comme il n'existe pas aujourd'hui de solution universelle qui permettrait d'atteindre à la fois la neutralité carbone et la dépollution du secteur, l'inventaire des leviers montre que les armements peuvent travailler sur trois axes :

- le **design initial du navire** (et dans une mesure moindre son *rétrofit*) peut fortement réduire les émissions de gaz à effet de serre. En matière de *design*, l'OMI a fixé comme objectif pour 2025 une amélioration de l'efficacité énergétique de 25 à 30 % par rapport à 2008 qui devrait pouvoir être effectivement atteinte. À terme, des réductions nettement plus importantes sont imaginées par le FIT pouvant aller jusqu'à 60 %. Parmi celles-ci on peut penser aussi à l'accroissement de la taille des navires porte-conteneurs, mais les difficultés rencontrées récemment par l'échouement de l'*Ever Given* dans le canal de Suez conduisent certains à se demander si cette tendance à l'augmentation de la taille des porte-conteneurs peut vraiment se prolonger au-delà de 24 000 EVP ;
- les mesures opérationnelles comme la réduction de vitesse ou l'assistance vélique devraient permettre d'obtenir aussi des gains significatifs auxquels peuvent s'ajouter les mesures liées au juste à temps et à l'optimisation des trajets. Les gains sont estimés autour de 20 %. Cela étant, l'OMI est beaucoup plus prudente à ce sujet que le FIT : à titre comparatif, la quatrième étude de l'OMI estime le gain lié à la réduction de vitesse en 2050 à 8 % environ et celui lié à la propulsion ou à l'assistance vélique en deçà de 2 %, tandis que le FIT va jusqu'à anticiper des réductions d'émissions liées aux réductions de vitesse entre 30 % et 50 % et donne pour l'apport vélique près de 10 % ;
- ces deux types de mesures ne suffisent pas et il est clair que le recours à des **solutions de propulsion neutres en carbone s'impose**, la question du rythme et de la nature des solutions étant posée. Tandis que certains considèrent que le GNL²⁸ qui est une solution transitoire car il ne réduit que faiblement les émissions de GES alors qu'il est nettement plus performant pour supprimer les émissions de SOx des carburants maritimes traditionnels pourrait être prolongé grâce à de la capture et à du stockage de CO₂, d'autres comme les Britanniques pensent au développement de l'ammoniac ou du méthanol. Pour les besoins d'énergie à quai la fourniture d'électricité par le port devrait permettre de supprimer une partie des émissions du transport maritime au port ;
- les **routes maritimes** sont également à mentionner puisque l'ouverture progressive du passage Nord-Est de l'Arctique va réduire les distances parcourues entre l'Extrême-Orient et l'Europe, mais l'atelier considère que les effets ne se feront

²⁸ On peut rappeler à ce sujet que le GNL comme carburant est stocké à -161°C et qu'il commence à équiper certains navires comme les *mégacarriers* de CMA-CGM. Même si cette propulsion présente des risques de fuite de méthane, que certains motoristes indiquent maîtriser elle élimine les émissions d'autres polluants atmosphériques et ouvre la voie au bio-GNL ainsi qu'à l'utilisation de carburants à basse température : l'hydrogène liquide (à -253°C) ou plus vraisemblablement à l'ammoniac (liquide à -33°C)

sentir qu'après 2040²⁹ et qu'ils pourront surtout concerner les trafics de vraciers entre la Russie et le reste du monde, si bien que cet effet devrait rester longtemps assez limité³⁰ à l'horizon de notre réflexion. À noter que plusieurs armateurs tels que CMA-CGM ou Hapag Lloyd se sont d'ores et déjà engagés à ne pas utiliser cette route.

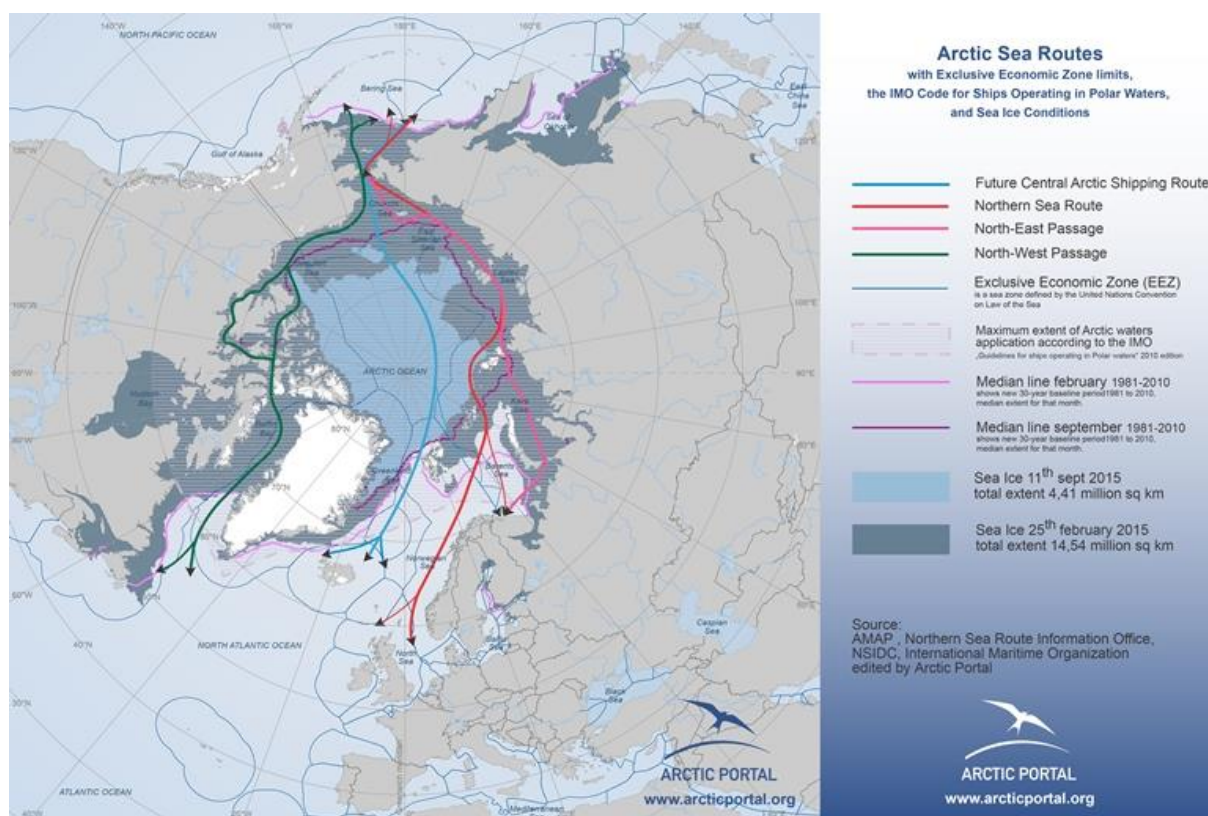


Figure 17 : Routes arctiques extraites du portail <http://www.arcticportal.org> (cité par H. Baudu)

L'annexe 2 du rapport détaille l'ensemble de ces mesures mais pour les besoins de l'exercice de projection il faut avoir présent à l'esprit, comme le rappelle là aussi Martin Stopford de Clarkson's Research dans l'article déjà cité³¹, que la durée de vie des navires est de l'ordre de vingt-cinq ans et qu'on pourrait passer par une série de trois générations de propulsion de navires : la génération actuelle, la génération du GNL éventuellement couplée avec du CCS et la génération de navires neutres en carbone comme le montre le schéma ci-dessous, sachant que l'atelier ne considère pas que la propulsion nucléaire soit réaliste, compte tenu des multiples risques y afférents.

²⁹ Le Conseil de l'Arctique, s'appuyant sur le rapport SWIPA (*Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic*, 2017) du Programme de Surveillance et d'Évaluation de l'Arctique (*Arctic Monitoring & Assessment Programme*), AMAP, l'un des six groupes de travail du Conseil), envisage une grande partie de l'Arctique libre de glace durant l'été, potentiellement entre 2030 et 2040, et d'ici à 2060 au plus tard.

³⁰ Hervé Baudu- La route maritime du Nord : réalités et perspectives- Conseil québécois d'études géopolitiques de l'Université Laval- <https://cqegheulaval.com/la-route-maritime-du-nord-realite-et-perspectives/>

³¹ Dr. Martin Stopford - 20th April 2020- *Coronavirus, Climate Change & Smart Shipping- Three maritime scenarios 2020-2050- déjà cité*

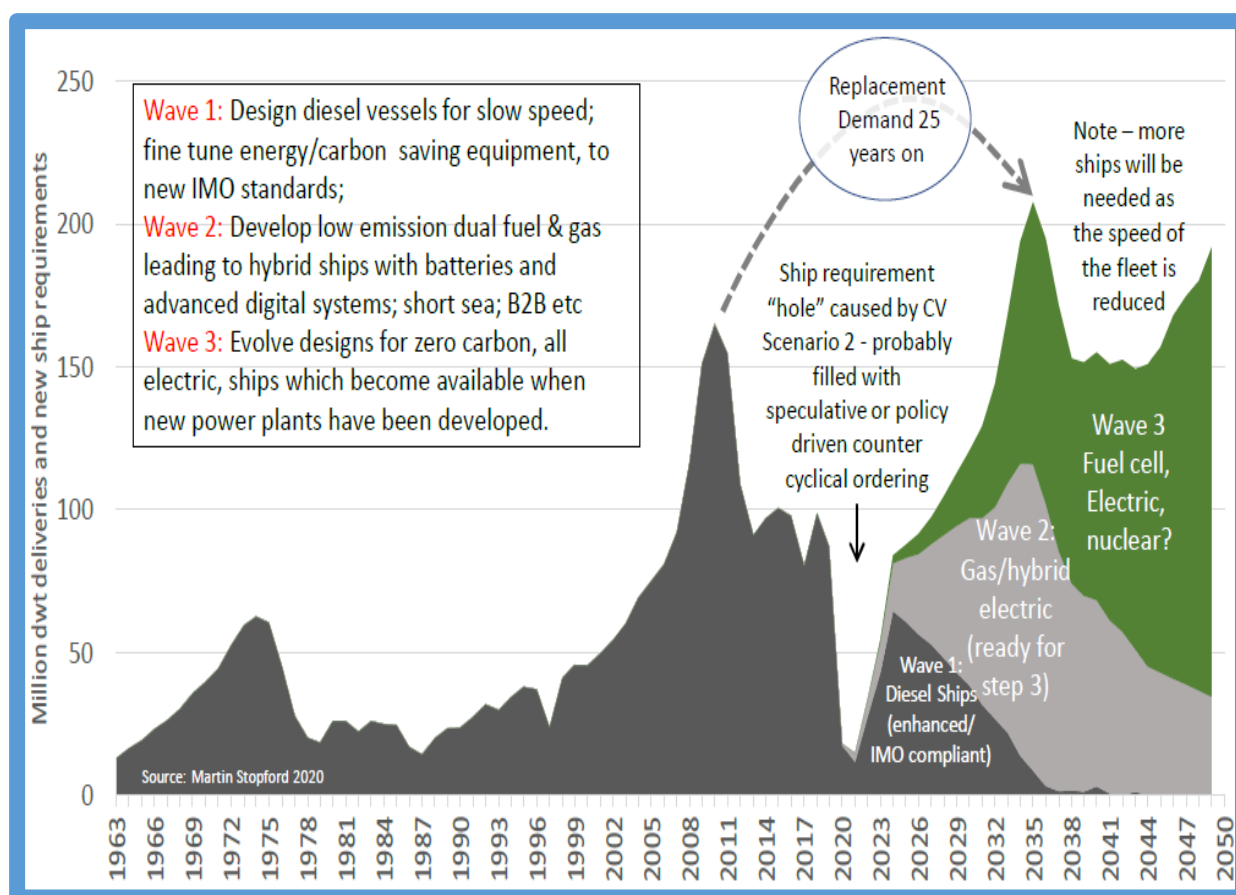


Figure 18 : Les trois générations de navires envisagés d'ici 2050³². Source : Martin Stopford

3.3.2 Mesures de politique publique

La panoplie des mesures publiques possibles pour favoriser l'évolution vers la décarbonation des transports maritimes et des ports est vaste. Nous nous contenterons ici de donner les mesures recensées aux différents niveaux géographiques où elles se situent, renvoyant le lecteur à l'annexe 3 établie par la DGITM pour des explications plus précises de leur contenu et de leur échéance dans le temps.

3.3.2.1 Mesures applicables au transport maritime

Mesures prises à l'OMI

Elles ont été déjà détaillées au 2-1-1-2 qui montrait comment la troisième étude GES de l'OMI a permis une prise de conscience internationale aiguë sur la nécessité d'inverser la tendance à la croissance continue des émissions de ce secteur.

³² Noter que la mention du nucléaire avec une interrogation ne concerne pas la propulsion nucléaire mais la question de la place du nucléaire dans la production d'électricité décarbonée

La nature des mesures porte principalement sur :

a) La fixation d'objectifs de réduction des émissions de GES ou des émissions de SOx ou de NOx dans les zones de contrôle des émissions atmosphériques (ECA) avec plus récemment l'introduction d'un indicateur d'intensité carbone (CII) applicables à la fois aux navires neufs et aux navires existants.

Indices d'intensité carbone (CII carbon intensity indicator)

- 1- La réduction de l'intensité carbone des navires peut passer par des objectifs portant sur divers index d'intensité carbone :
 - L'EEDI impose aux navires neufs de certaines catégories un niveau de rendement énergétique nominal (basé sur la conception du navire et non ses performances réelles) minimum par rapport à l'efficacité énergétique moyenne des navires dans les années 2000. Les navires construits en phase 1 (2015-2020) devait être 10 % plus économes, 20 % en phase 2 (2020-2022 ou 2025 selon le type de navire), de 30 à 50 % en phase 3 (à partir de 2022 ou 2025 selon le type), puis une 4ème phase à partir de 2025 qui reste encore à qualifier.
 - L'EEDI sera étendu aux navires existants grâce à l'EEXI à partir de 2023.
 - Un indicateur d'intensité carbone opérationnel pour navires existants (CII) sera mis en place à partir de 2023.

b) La fixation d'objectifs de réduction des consommations énergétiques que nous avons déjà identifiée parmi les leviers technologiques.

c) L'interdiction de certaines formes de motorisations ou de carburant ou introduction de bonus/malus.

d) L'obligation d'introduction de carburants verts ou neutres en carbone, ce que font par exemple les britanniques dans leur plan de décarbonation du shipping mais ce qui suppose que lesdites technologies soient au rendez-vous lors de l'introduction de ces obligations.

e) La limitation de vitesse des navires que la France proposait d'introduire mais qui n'a pas été retenue.

f) L'introduction d'une taxe carbone alimentant un fonds de financement des innovations technologiques afin d'accélérer le processus de mise au point de techniques de propulsion neutres en carbone.

Mesures européennes

Deux catégories de mesure sont en cours de discussion au niveau européen :

- l'inclusion du transport maritime dans le système d'échanges de quotas d'émission assorti pour répondre à certaines objections quant au risque de report de trafic vers les hubs portuaires périphériques à l'UE tels le Royaume-Uni depuis le *Brexit*, le Maroc ou la Turquie un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières qui pose aussi des difficultés par rapport aux règles de concurrence de l'OMC pour ne pas être considéré comme une forme de protectionnisme ;

- des instruments financiers comme la garantie bancaire de la BEI soumise à une éco-conditionnalité pour favoriser les investissements dans des solutions limitant les GES ou les autres polluants.

Mesures nationales

Deux types de leviers complémentaires existent et pourraient être prolongés pour le transport maritime, ou mis en place :

- des leviers financiers comme la taxe au tonnage, comme le financement des navires sous le régime de l'article 39 C de déductibilité fiscale des amortissements, comme le mécanisme de suramortissement destinés aux navires ou aux bateaux verts, des exonérations de charges sociales, ou encore un mécanisme favorisant la filière GNL. À noter que la taxe au tonnage et les exonérations de charges sociales sont des mesures destinées à améliorer la compétitivité des armateurs ;
- des leviers réglementaires : obligation de recourir à des appels d'offre pour les transports maritimes publics domestiques avec des transports à zéro émission (comme en Norvège).

3.3.2.2 Mesures envisagées pour les ports

La stratégie nationale portuaire (SNP)³³ adoptée en janvier 2021 lors du comité interministériel de la mer prévoit les mesures suivantes :

- ➔ Pour contribuer à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone des transports à horizon 2050, chaque grand port maritime (GPM) devra se doter d'un « plan de transition écologique ».
- ➔ Un volet des plans transition écologique portuaire des GPM sera consacré à l'économie circulaire et à l'écologie industrielle, pour examiner notamment les leviers d'attractivité des entreprises innovantes dans la transition écologique sur la zone industrialo-portuaire (ZIP).
- ➔ Ces plans incluront une feuille de route pour le déploiement de carburants alternatifs à horizon 2025.
- ➔ Les schémas directeurs de gestion de la biodiversité seront mis en place au sein des ports ou pérennisés pour ceux qui existent déjà.
- ➔ Chaque port devra par ailleurs engager une réflexion systématique sur l'adaptation aux changements climatiques et définir une trajectoire de neutralité carbone adaptée aux potentialités et spécificités locales.

Parmi les autres mesures recensées, on retrouve les incitations économiques : développement de la fourniture d'électricité à quai (exemple du plan « quai zéro fumées »), incitation à développer la filière GNL comme solution de transition, réduction des consommations énergétiques et des déchets, production d'énergies renouvelables à quai (énergie solaire, éoliennes, énergies marines renouvelables, etc.) et valorisation du recours aux modes massifiés et au report modal. La consolidation d'une filière hydrogène implantée sur la zone industrialo-portuaire constitue également une ambition forte du Gouvernement et des différents ports. En effet, les zones portuaires accueillent des

³³La transition écologique est un objectif prioritaire pour les 11 GPM - dans la perspective d'une économie décarbonée des transports à l'horizon 2050 et alors que près de 50 % des trafics totaux des GPM sont encore constitués d'hydrocarbures et de charbon.

écosystèmes industriels denses et protéiformes susceptibles de générer des forts effets de levier pour la filière hydrogène. Les ports sont ainsi idéalement placés pour fédérer les initiatives locales et les acteurs de l'hydrogène.

En outre, des mesures de soutien d'ordre fiscal ont déjà été adoptées, parmi lesquelles :

→ La création d'un tarif réduit de TICFE (0,5€/MWh au lieu du tarif « de droit commun » de 22,5€/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai - cette mesure a été validée par le Conseil de l'UE en octobre 2020 – autorisation valable jusqu'en 2026.

→ La création en août 2020 d'un certificat d'économie d'énergie (CEE) en faveur du branchement électrique des bateaux et navires à quai.

Sont également examinées des mesures spécifiques, à l'instar de la création d'un barème d'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100 000 m³.

Des mesures financières sont aussi à l'étude ou adoptées :

→ Soutien des frais de raccordement au réseau via le tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE).

→ Mise en place d'un Certificat d'économie d'énergie (CEE) pour le branchement électrique des bateaux et navires à quai.

→ Inscription dans la prochaine génération des Contrats de plan État-Régions (CPER) de projets structurants sur la transition écologique des ports.

→ Financements européens du MIE pour des projets de transition écologique même s'il ne s'agit pas d'une mesure nationale.

Des mesures d'accompagnement réglementaires :

→ Création du nouveau statut d'opérateur d'infrastructures de recharge et de fourniture d'énergie.

→ Révision début 2019 du règlement pour la manutention des marchandises dangereuses dans les ports (RPM) pour prendre en compte la manutention du GNL dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

D'autres mesures d'accompagnement :

→ L'analyse du modèle économique de la fourniture de carburants alternatifs - lancement d'une mission CGEDD sur le modèle économique des carburants alternatifs et de l'électricité à quai en 2020.

→ L'analyse socio-économique sur l'opportunité et la faisabilité de déployer des solutions de déploiement dans les différentes places portuaires est en cours de réalisation par le CGEDD et par le CGE.

→ Les projets de recherche et d'amélioration des connaissances : financement par le fonds air-mobilité.

→ L'accompagnement des ports par ENEDIS pour identifier les besoins en termes de réseau électrique et mettre en œuvre les transformations.

Les mesures de soutien au secteur portuaire seront susceptibles d'être complétées à l'issue

des travaux de révision des réglementations européennes relatives à l'énergie – notamment les directives (UE) n°2014/94 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs et la directive 2003/96/CE restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité.

Sont également :

- effective l'application d'un tarif réduit de Taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité (TICFE) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai - autre que ceux utilisés pour la navigation de plaisance privée ;
- et à l'étude l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100 000 m³.

3.4 Prévision des émissions unitaires pour chaque scénario

La prévision des émissions unitaires dans chaque scénario s'est faite en deux temps : de façon simplifiée à partir des données OMI et FIT dans un premier temps, puis avec une prise en considération différenciée des trois types de mesure envisagées.

3.4.1 Approche simplifiée des émissions unitaires de chaque scénario

L'atelier a pu débattre des émissions de GES au 2-3-4 et a obtenu les données suivantes du tableau 19, que nous reproduisons ici, où les émissions unitaires de la flotte mondiale sont données en grammes de CO₂ par tonne mille marin :

Année	2030	2040	2050
Flotte moyenne (OMI)	14 g	13 g	12,5 g
Flotte moyenne (FIT)	14 g	10,6 g	8 g

Tableau 29 (cf. tableau 19)

L'atelier avait estimé que le scénario OMI correspondait à peu près à un scénario « laxiste » tandis que le scénario du FIT correspondait au scénario « moyen ». Cela étant, d'une part il s'agit des évolutions de la flotte mondiale, mais on peut considérer que, le trafic maritime international étant dominant, l'amélioration plus rapide de la flotte domestique française n'aura que peu d'effets globaux. D'autre part, les projections du trafic maritime français sont données selon des modalités un peu différentes puisqu'on part de trois scénarios portuaires qu'on traduit ensuite en trafics maritimes dont seul le scénario 2 correspond à une modélisation du FIT (réalisée pour PTF). Malgré ces difficultés, il est apparu à l'atelier raisonnable de retenir les évolutions suivantes sur ces deux scénarios SL et SM en redonnant comme année de base l'année 2008 qui est celle retenue par l'OMI fixer l'ambition de réduction de 50 % des émissions de la flotte mondiale:

Année	Scénario « laxiste » (SL)	Scénario « moyen » (SM)
2008	21 g	21 g
2017	18,3 g	18,3 g
2025	16 g	16 g
2030	14 g	14 g
2040	13 g	10,6 g
2050	12,5 g	8 g
2060	12 g	6 g

Tableau 30 : Émissions unitaires de la flotte touchant les ports français de 2008 à 2060 pour les scénarios « laxiste » et « moyen » exprimées en grammes de CO₂ par tonne-mille marin

Reste à élaborer le scénario « de décarbonation », qui n’a pas donné lieu à une projection jusqu’ici : après débat, l’atelier s’est proposé de repartir du résultat (*hindcasting*), en supposant la décarbonation du transport maritime français avancée en 2060 au point d’atteindre le niveau maximal possible selon les puits de carbone répartis au prorata des ACV de chaque composante des transports. L’atelier projette de viser l’obtention d’un niveau d’émission de l’ordre de 3 grammes de CO₂ par tonne-mille marin en 2060 ce qui donne le tableau suivant :

Année	Scénario « laxiste » (SL)	Scénario « moyen » (SM)	Scénario « de décarbonation » (SD)
2008	21 g	21 g	21 g
2017	18 g	18,3 g	18,3 g
2025	16 g	16 g	15 g
2030	14 g	14 g	12 g
2040	13 g	10,6 g	9 g
2050	12,5 g	8 g	5,2 g
2060	12 g	6 g	3 g

Tableau 31 : Approche simplifiée des émissions unitaires de chaque scénario. Source CGEDD

Les combinaisons de leviers pour y parvenir ont été décrites dans le paragraphe 3-3. On voit clairement que le schéma OMI ne parvient pas à réduire les émissions globales d’un facteur 2 depuis 2008, engagement pris globalement en 2018 puisqu’on passe d’une émission unitaire de la flotte mondiale de 21 g à 12,5 g et que dans le même temps le trafic croît d’environ 47 % tandis que le scénario moyen s’en approche ($1,47 \times 8 / 21 = 0,56$), ce qui

signifie une réduction globale de 44 % au niveau des émissions de la flotte mondiale.

3.4.2 Différenciation des effets de réduction des mesures dans les trois scénarios étudiés

De façon à étayer les réductions unitaires de GES émises par le transport maritime, l'atelier s'est efforcé de différencier dans chacun des trois scénarios considérés les effets de réduction des émissions produits par les trois familles de mesures :

- introduction progressive d'une flotte décarbonée : à partir de 2060 dans le scénario « laxiste », à partir de 2040 dans le scénario « moyen » et dès 2025 dans le scénario « de décarbonation » ;
- mesures d'exploitation liées à la réduction de vitesse et à une assistance vélique : non prise en compte dans le scénario « laxiste » ; allant jusqu'à 5 % de réduction en 2050 dans le scénario « moyen » et jusqu'à 10 % dans le scénario « de décarbonation » ;
- *retrofit* et conception du navire : l'atelier avait convergé sur des valeurs de réduction combinées en 2050 de 30 % pour le scénario « laxiste », de 40 % pour le scénario « moyen » et de 50 % pour le scénario « de décarbonation ».

La combinaison de ces trois types de mesure aboutit à projeter les émissions unitaires exprimées en grammes de CO₂ par tonne mille-marine dans chacun des trois scénarios de la façon suivante, le détail des calculs étant rappelé en annexe 1 :

Année	Scénario laxiste (SL)	Scénario moyen (SM)	Scénario de décarbonation (SD)
2008	21 g	21 g	21 g
2017	18,3 g	18,3 g	18,3 g
2025	17,3 g	17,1 g	15,9 g
2030	16,8 g	16,4 g	11,9 g
2040	15,8 g	13,5 g	7,3 g
2050	14,7 g	9,8 g	4,1 g
2060	14,1 g	6,8 g	3,2 g

Tableau 32 : Projection de réduction des émissions unitaires du transport maritime dans les trois scénarios étudiés

3.5 Récapitulatif des prévisions de trafic et d'émissions de GES de chaque scénario

Nous nous proposons ici de redonner successivement pour les trois scénarios étudiés par l'atelier les données obtenues tant pour le trafic maritime que pour les émissions correspondantes de ce trafic et au port.

3.5.1 Récapitulatif des prévisions de trafic maritime par scénario

	Traffics maritimes français projetés associés en Gtkm	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SL	Scénario pseudo économétrique 0,8	1595*	1400	1400	1531	1831	2060	2380
SM	Scénario 2 bis	1595*	1400	1400	1476	1647	1837	2051
SD	Scénario 2 ter	1595*	1400	1400	1447	1589	1598	1517

Tableau 33 : Estimation des trafics maritimes touchant les ports français selon les trois scénarios « laxiste », « moyen » et « de décarbonation »

* valeur estimée au prorata des trafics donnés dans Eurostat : 352 Mt en 2008 et 309 Mt en 2018

Dans le scénario « laxiste » qui correspond au scénario « pseudo-économétrique » avec une élasticité de 0,8 le trafic continue à croître de plus de 45 % en 2050 et de 70 % à l'horizon 2060. Dans le scénario « moyen », celui-ci croît d'un peu plus de 30 % à l'horizon 2050 et de plus de 45 % à l'horizon 2060. Dans le scénario « de décarbonation », le trafic croît jusque vers 2045, puis décroît si bien qu'en 2040 il n'a progressé que de 13,5 % et de 8 % en 2060 par rapport aux références 2018/2025.

3.5.2 Récapitulatif des émissions de CO₂ du trafic maritime français par scénario

Le récapitulatif des émissions unitaires est donné au tableau 27 ci-dessus et l'application des données des tableaux 27 et 28 à la valeur de 13,8 Mt fournie en conclusion du 1-4-3 donne les émissions globales suivantes :

Émissions GES transport maritime en Mt	Scénario laxiste	Scénario moyen	Scénario décarbonation
2008*	18,1 Mt	18,1 Mt	18,1 Mt
2018**	13,8 Mt	13,8 Mt	13,8 Mt
2025	13,1 Mt	12,9 Mt	12,0 Mt
2030	13,9 Mt	13,1 Mt	9,3 Mt

Émissions GES transport maritime en Mt	Scénario laxiste	Scénario moyen	Scénario décarbonation
2040	15,6 Mt	12,0 Mt	6,2 Mt
2050	16,4 Mt	9,8 Mt	3,5 Mt
2060	18,1 Mt	7,5 Mt	2,6 Mt

Tableau 34 : Émissions de CO₂e du transport maritime français selon les trois scénarios

* année 2008 mentionnée parce que l'OMI s'est engagée à réduire de 50 % les émissions de GES du transport maritime international d'ici 2050

** on supposera pour simplifier que les données de 2017 et de 2018 sont identiques

On constate que dans le scénario « laxiste » la combinaison des mesures envisagées actuellement par l'OMI ne permet pas de contenir les émissions de GES du transport maritime qui commencent à croître en valeur absolue à partir de 2040 en retrouvant en 2060 leur niveau de 2008 !

Le scénario « moyen » qui correspond à peu près à celui du FIT aboutit à peu près à une réduction de moitié des émissions un peu après 2050 par rapport à 2008.

Seul le scénario « de décarbonation », qui combine à la fois une modération des trafics et une combinaison des trois facteurs pris en compte permet par construction de réduire les GES au niveau des puits de carbone associés pour atteindre la neutralité carbone.

3.5.3 Récapitulatif des émissions de CO₂ du trafic maritime dans les ports français par scénario

L'atelier a pris comme donnée d'estimation que l'émission moyenne du transport maritime aux ports était de l'ordre de 6 % des émissions globales. Trois questions se posent ensuite :

- celle de savoir quelle part est liée à l'émission à quai proprement dite par rapport aux émissions liées au chenilage ou en attente de poste à quai disponible de façon à déterminer les effets de l'électrification à quai sur ces émissions ;
- celle de différenciation possible de l'électrification à quai selon les scénarios retenus ;
- celle de la différenciation des émissions des trafics domestiques selon les scénarios sachant que les trafics domestiques représentent 6 % des parcours mais moins de 1 % des émissions si bien que nous nous proposons de ne pas en tenir compte et de retenir seulement les deux premières questions.

En première approximation nous retiendrons que dans les 6 % d'émissions liées aux ports, 5 % sont liées à des émissions à quai dont 2 % pour la tenue à quai proprement dite qui peut être résolue par les électrifications à quai et 3 % pour le déchargement des vraquiers liquides. L'électrification permet de gagner les 2 % de tenue à quai dès l'électrification, tandis que celle des vraquiers suppose de changer de génération de navires.

Le schéma ci-dessous donne les hypothèses adoptées cohérentes avec celles liées au transport maritime.

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Électricité à quai Base 2 %	SL	0	0	15 %	50 %	50 %	50 %	50 %
	SM	0	0	15 %	50 %	100 %	100 %	100 %
	SD	0	0	20 %	70 %	100 %	100 %	100 %
Génération de Navire Base 3 %	SL	0	0	0	0	0	0	5 %
	SM	0	0	0	0	5 %	20 %	50 %
	SD	0	0	5 %	20 %	50 %	80 %	95 %
Coefficient applicable aux émissions	SL	6 %	6 %	5,7 %	5 %	5 %	5 %	4,85 %
	SM	6 %	6 %	5,7 %	5 %	4,85 %	3,4 %	2,5 %
	SD	6 %	6 %	5,45 %	4,0 %	2,5 %	1,6 %	1,15 %

Tableau 35 : Niveau de réduction attendu des émissions du transport maritime dans les ports français selon les mesures retenues. Source CGEDD

On observe que le scénario « laxiste » réduit de façon limitée de 6 % à 5 % en 2050 les émissions liées au maritime dans les ports, tandis que celles-ci sont réduites de près de la moitié dans le scénario « moyen » et qu'il ne reste plus que 1 % des émissions dans le scénario « de décarbonation » en 2060, mais encore plus du quart de leur niveau de 2008-2018 en 2050.

Les données du tableau 30 peuvent alors être appliquées au trafic maritime français auquel nous avons inclus les émissions de la plaisance et de la pêche. Si l'on repart des 13,8 Mt pour 2017-2018 on obtient alors un niveau d'émission au port de l'ordre de 828 000 tonnes.

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Trafic maritime en Gtkm	SL	1595	1400	1400	1531	1831	2060	2380
	SM	1595	1400	1400	1476	1647	1837	2051
	SD	1595	1400	1400	1447	1589	1598	1517
Emissions maritimes en Mt	SL	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
	SM	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
	SD	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6
Taux des émissions	SL	6 %	6 %	5,7 %	5 %	5 %	5 %	4,85 %
	SM	6 %	6 %	5,7 %	5 %	4,85 %	3,4 %	2,5 %

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
au port	SD	6 %	6 %	5,45 %	4,0 %	2,5 %	1,6 %	1,15 %
Emissions CO ₂ dans les ports en tonnes	SL	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
	SM	1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
	SD	1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900t

Tableau 36 : Évolution des émissions de CO₂ du maritime (transport, pêche et plaisance) selon les trois scénarios étudiés. Source : CGEDD

On constate que :

- dans le scénario « laxiste » le niveau d'émission de 2050 est pratiquement le même que celui observé en 2017-2018 avant la pandémie actuelle, l'électrification à quai n'étant opérée que pour la moitié de la flotte ;
- dans le scénario « moyen » les émissions sont réduites de 60 % d'ici 2050 pour passer de quelque 830 000 t à 330 000 t, l'électrification touchant la totalité des navires à partir de 2040 ;
- dans le scénario « de décarbonation » la combinaison des mesures d'électrification à quai et le rythme de progression de la flotte décarbonée (80 % en 2050) conduisent à réduire d'un facteur proche de 15 les émissions au port, d'autant que les trafics ont tendance à plafonner contrairement aux deux autres scénarios.



Illustration 4 : Grand port maritime de Guyane - Source : GPM Guyane - R. Lietar

4 Narratifs de chaque scénario

4.1 Narratif du scénario « moyen »

Le scénario moyen combine une relative sobriété des transports de marchandises et une progression raisonnable des mesures de politique publique et des avancées technologiques. La demande de transport maritime international de marchandises est donnée par les projections réalisées par le FIT/OCDE.

La projection des trafics maritimes français est établie en partant de la projection des trafics portuaires réalisée également par le FIT/OCDE pour la stratégie nationale portuaire du scénario 2 bis avec une distance moyenne de parcours réputée constante d'ici 2060. Nous reprenons au tableau 37 les données du tableau 27 :

	Trafics maritimes français projetés associés en Gtkm	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SM	Scénario « moyen »	1 595	1 400	1 400	1 476	1 647	1 837	2 051
SL	Scénario « laxiste »	1 595	1 400	1 400	1 531	1 831	2 060	2 380
SD	Scénario « décarbonation »	1 595	1 400	1 400	1 447	1 589	1 598	1 517

Tableau 37 : Projection des trafics maritimes français issue du tableau 27

On passe ainsi de 1 595 Gtkm en 2008 à 1 400 Gtkm en 2018 à cause de la baisse des trafics d'hydrocarbure puis de la pandémie dont les effets conduisent à ne retrouver le trafic antérieur qu'en 2025 comme dans le secteur terrestre. En 2060 la progression par rapport à 2018 (ou à 2025) est de 46,5 %, soit de 1,1 % par an, à comparer aux scénarios laxiste (1,55 % par an) et au scénario de décarbonation où le trafic marque un plafond en 2045 puis régresse lentement.

La projection des trafics portuaires français correspond à la même évolution, l'hypothèse retenue étant celle d'une part de marché constante des ports français par rapport aux trafics européens et la distance moyenne de parcours étant réputée à peu près constante.

Projection trafics ports français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario « moyen »	352	309	309	326	364	406	453
Scénario « laxiste »	352	309	309	332	382	440	507
Scénario « décarbonation »	352	309	309	320	351	353	335

Tableau 38 : Récapitulatif données de trafic des ports français (source Eurostat pour 2008 et 2018)

Le scénario « moyen » se place dans le contexte où les décisions prises à l'OMI en 2018 trouvent à s'appliquer à la fois par des mesures opérationnelles, par des mesures technologiques, par des contraintes réglementaires pour respecter l'engagement global

pris de réduire de 40 % d'ici 2030 et de 70 % d'ici 2050 les émissions unitaires du transport maritime et obtenir in fine une réduction en valeur absolue des émissions de 50 % en 2050 par rapport aux émissions de 2008.

L'atelier a essayé de répartir les mesures technologiques, celles relatives aux politiques publiques applicables au niveau international et européen tant au niveau du trafic maritime français qu'au niveau des ports et a produit un tableau détaillé incluant le signal prix carbone en annexe 5.

Évolutions technologiques

En termes de technologie et de mesures opérationnelles de réduction des consommations énergétiques, la tendance projetée des émissions unitaires de CO₂e exprimée en grammes par tonne-mille est donnée dans le tableau suivant :

Émissions unitaires des navires en g CO ₂ par tonne-mille marin	2008	2017	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario « moyen »	21,0	18,3	17,1	16,4	13,5	9,8	6,8
Scénario « laxiste »	21,0	18,3	17,3	16,8	15,8	14,7	14,1
Scénario « décarbonation »	21,0	18,3	15,9	11,9	7,3	4,1	3,2

Tableau 39 : Récapitulatif des données d'émissions unitaires de CO₂ des navires dans les trois scénarios

On projette ainsi une réduction d'un facteur 3 des émissions unitaires de CO₂e du transport maritime d'ici 2060.

Les évolutions des émissions en valeur absolue sont récapitulées dans le tableau suivant en Mt:

Récapitulatif émission CO ₂ Mt	2008	2017	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario « laxiste »	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
Scénario « moyen »	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
Scénario « décarbonation »	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6

Tableau 40 : Récapitulatif des données d'émissions de CO₂e du maritime dans les trois scénarios

Pour obtenir ces résultats il faut, pour le transport maritime, intervenir principalement :

- pour **améliorer le design des nouveaux navires** avec l'objectif de gagner en 2050 40 % d'émissions unitaires par rapport à 2008 et pour certains navires existants **procéder à des rétrofits** de certains navires (comme cela a pu être réalisé par CMA-CGM sur les bulbes de certains navires), avec des gains possibles de 15 % des émissions unitaire de ces navires, mais nous avons considéré que l'essentiel des gains avait été opéré depuis 2008 si bien que l'effet combiné de ces deux mesures ne permet de gagner que 40 % d'émissions en 2050, ce gain étant réputé identique en 2060 ;
- pour **réduire la vitesse des navires et utiliser la propulsion vélique** en appoint sur certaines routes favorables : alors que l'OMI est assez prudente sur les gains à en

attendre, le FIT/OCDE est plus optimiste à ce sujet ; dans ce scénario on retient pour la combinaison de ces mesures 5 % de gain unitaire en 2050 et 10 % en 2060 ;

- et sur la **modification des systèmes de propulsion** pour utiliser progressivement des carburants décarbonés ou neutres en carbone, en recourant soit dans un premier temps au GNL avec une expérimentation réussie de la capture et du stockage du carbone à bord de certains navires, soit avec d'autres types de carburants : ammoniac, méthanol, voire biocarburants, sachant que le niveau d'incertitude à ce sujet reste fort comme le montre la figure ci-après :

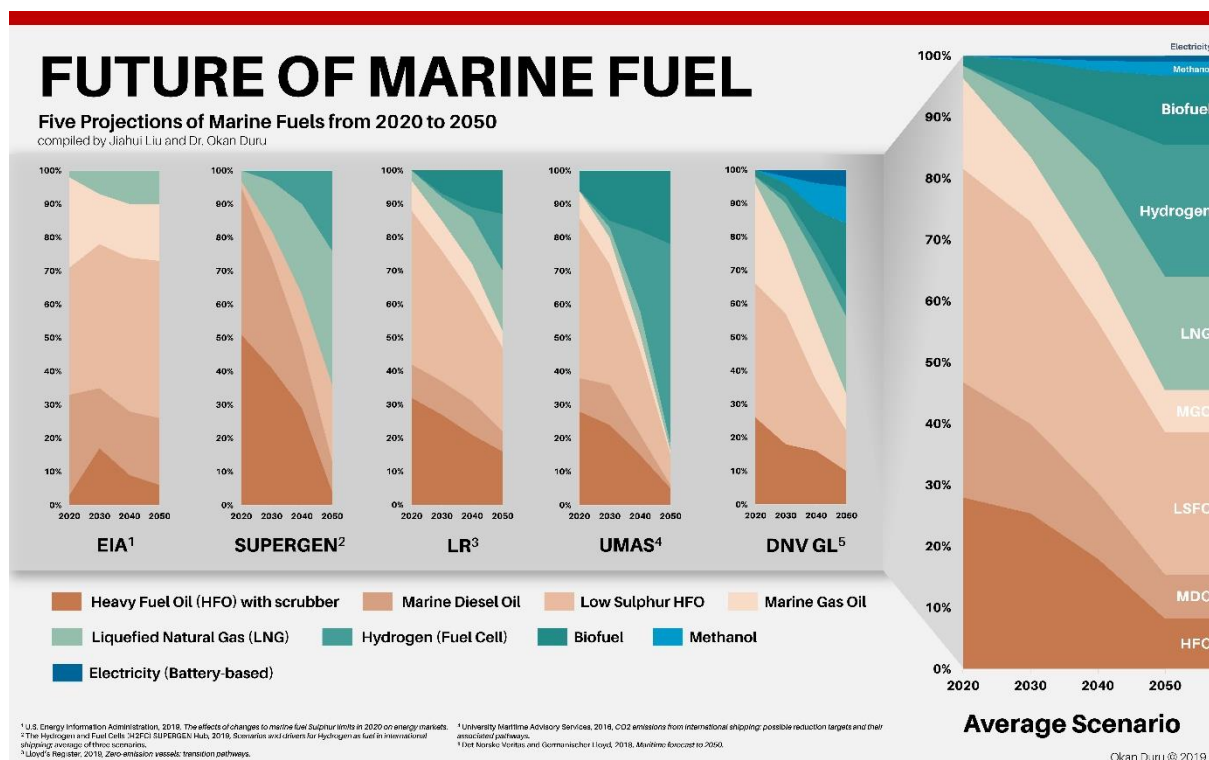


Figure 19 : Comparaison réalisée en 2019 par Jiahu Liu et Okan Duru des projections du mix énergétique des soutes de 2020 à 2050 selon cinq organismes de prévision

L'atelier s'est également penché sur l'évolution de la taille des navires mais pour considérer que les inconvénients rencontrés lors de l'échouement récent de l'*Ever Given* lors de sa traversée du canal de Suez plaident pour une certaine modération par rapport aux tendances antérieures de la croissance de la taille des porte-conteneurs. De même les routes commerciales, notamment celles de l'Arctique ont été examinées mais n'auront encore qu'un effet limité même à l'horizon 2060.

Au total, l'atelier a retenu dans ce scénario que la flotte décarbonée ou neutre en carbone atteindrait 5 % de la flotte en 2040, 20 % en 2050 et 50 % en 2060

a) Et pour les ports eux-mêmes :

- **généraliser l'électrification à quai des navires** pour réduire de façon importante les niveaux d'émission ;
- **accompagner la transition du transport maritime** vers des propulsions utilisant des carburants décarbonés ou neutres en carbone et en permettant aux navires à quai de bénéficier d'énergie renouvelable ou décarbonée.

Mesures de politique publique

L'hypothèse sous-jacente est en la matière que le **signal-prix carbone** évolue au rythme projeté par le rapport Quinet II sur la valeur d'action carbone pour le climat (50 € en 2020/ 500 € en 2040 et 775 € en 2050).

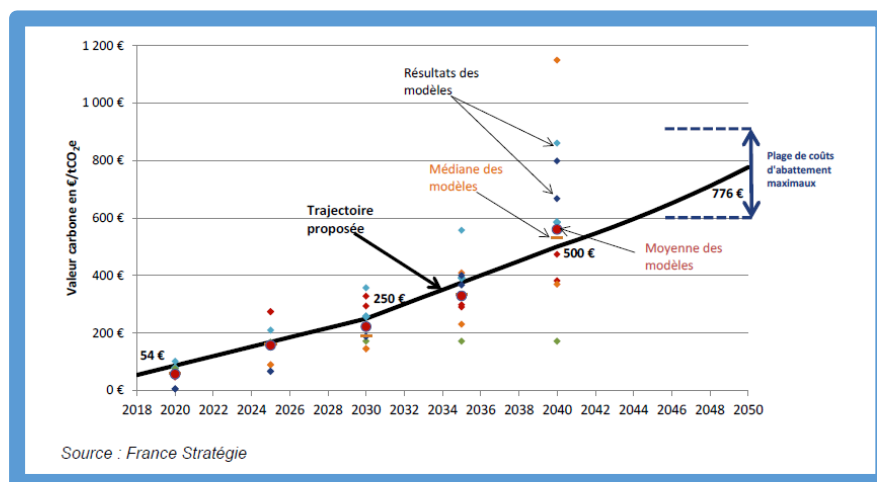


Figure 20 : Trajectoire du signal prix carbone jusqu'en 2050 du rapport Quinet II

En pratique cette mesure est à relier à l'initiative européenne récente de l'UE d'inclure le transport maritime dans le régime du système d'échange européen de quotas de carbone (SEQUE) associé à un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) de l'UE, assez complexe à introduire de façon compatible avec les accords de l'OMC : l'atelier a néanmoins pris comme hypothèse qu'il pouvait s'appliquer sans en évaluer les effets pour l'exploitation des navires, par exemple en modération des vitesses.

Les **mesures retenues au niveau international** sont celles décidées dans le cadre de l'OMI pour respecter la trajectoire de réduction adoptée en 2018 ce qui passe par trois mesures principales :

- la mise en œuvre d'une phase 4 pour l'index d'intensité carbone nominale pour navires neufs (EEDI ou *Energy Efficiency Design Index*) au-delà de 2025 ;
- la mise en place d'un index d'intensité carbone nominale (*carbon intensity index*) pour navires existants (EEXI) à partir de 2023 ;
- et la mise en place d'indicateurs d'intensité carbone opérationnelle pour navires existants (CII) à partir de 2023 visant une réduction de 40 % en 2030 par rapport à 2008).

Cette mesure pourrait naturellement être complétée d'ici 2030 par une obligation d'introduction de carburants verts ou neutres en carbone.

Parallèlement l'atelier a aussi fait l'hypothèse que des **mesures de réduction des émissions de SOx, de NOx ou de particules fines** seraient décidées à l'OMI :

a) Extension des SECA (Europe, Caraïbes, autres) ou Global Cap de 0,1 % à plus long terme (2050).

b) Extension (via des NECA) ou généralisation de la norme Tier III pour les navires/moteurs

neufs à plus long terme.

c) Mise en place de réglementations spécifiques aux émissions de particules fines par les navires à plus long terme (2050).

Rappelons également les données obtenues pour les émissions du transport maritime dans les ports telles qu'elles figurent au tableau 31 :

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Emissions CO ₂ dans les ports en tonnes	SL	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
	SM	1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
	SD	1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900t

Tableau 41 (cf. extraits Tableau 36)

Les mesures adoptées dans les ports sont prises principalement au niveau national dans le cadre européen, qui tend à accélérer le processus (*Fit for 55*) de façon à favoriser les actions engagées pour favoriser l'électrification à quai et l'accès des navires aux sources d'énergie renouvelable ou décarbonée.

Il s'agit principalement :

- d'une mesure fiscale, à savoir l'adoption d'un **tarif réduit de TICFE** (0,5 €/MWh au lieu du tarif « de droit commun » de 22,5 €/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai : cette mesure a été validé par le Conseil de l'UE en octobre 2020 – autorisation valable jusqu'en 2026 ;
- d'une mesure d'accompagnement à savoir , l'adoption en août 2020 d'un certificat d'économie d'énergie (**CEE**) pour le branchement électrique des bateaux et navires à quai ;

En annexe 4 sont aussi recensées les mesures financières de nature à accompagner la dynamique d'investissement des armateurs dans les ports.

Pour résumer le trafic maritime français passe de 1 400 Gtkm en 2019/2025 à 1 647 Gtkm en 2040 et à 2051 Gtkm en 2060, tandis que les émissions de CO₂ du transport maritime baissent de 12,9 Mt en 2025 à 12 Mt en 2040 puis à 7,5 Mt en 2060 et que celles des ports baissent de 735 000 t en 2025 à 582 000 t en 2040 puis à 187 000 t en 2060.

4.2 Narratif du scénario « laxiste »

Ce scénario ne laisse pas entrevoir d'évolutions technologiques significatives et témoigne d'un manque de mesures complémentaires par rapport à celles décidées aujourd'hui.

Les mesures de politiques publiques

Les objectifs de réduction des émissions de GES ne sont pas atteints. Ainsi, les index de l'OMI ne sont pas adoptés. Les zones SECA et NECA sont maintenues à leur stade actuel. Le *Global Cap* est maintenu à 0,5 % (part maximum de soufre dans le combustible). Des réglementations spécifiques aux émissions de particules fines des navires ne sont pas mises en place. Il n'y a pas d'obligations spécifiques concernant les carburants verts ou neutres en carbone et pas de mesures significatives liées. Aucune taxe carbone n'est mise en place ou

alors à un taux très faible. Les négociations européennes ou internationales pour la mise en place d'un système d'échange des quotas d'émissions pour le maritime échouent. Les appels d'offre publics n'obligent pas au recours à des navires à faibles émissions selon les technologies disponibles. Des mesures globales concernant les ports (voir les autres scénarios) ne sont pas mises en place. L'électricité à quai n'est pas développée. La production d'énergies renouvelables à quai n'est pas mise en place. Les transports propres à l'origine ou à destination des ports *via* le report modal ne sont pas développés.

Les leviers technologiques

Le *rétrofit* permet une amélioration de l'efficacité énergétique des navires de 15 %, acquise dès 2018. L'apport vélique ne réduit les consommations de carburant que de 5 à 20 % sans réduction des vitesses et la diminution des émissions de GES ne dépasse pas 10 %. Pour l'OMI cette technologie permet un abattement de l'impact carbone de 0,89 % en 2030 et 1,66 % en 2050. L'utilisation de panneaux solaires permet une diminution de l'impact carbone de 0,09 % en 2050 selon l'OMI. La capture et le stockage du carbone n'est pas envisagé. L'amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception grâce à l'optimisation de leur design est comprise entre 25 et 30 % selon le FIT en 2050 par rapport à 2008. La taille maximale des porte-conteneurs devrait augmenter (au moins jusqu'à 28 000 EVP), celles des gaziers aussi pour atteindre celles des grands pétroliers. La taille maximale des vraquiers et des pétroliers devrait rester stable. La taille des navires de croisière suite au coronavirus est difficile à anticiper. Les projets GNL ne sont plus financés. La part des biocarburants et du méthanol vert ne devrait pas dépasser 10 %. L'hydrogène et l'ammoniac en tant que carburants ne sont pas développés.

Au total l'atelier a supposé :

- que les gains de *design* et de *rétrofit* atteignent de façon combinée 30 % en 2050 ;
- que la réduction de vitesse et l'assistance vélique ne sont pas appliquées ;
- que l'introduction de la flotte décarbonée ne démarre qu'après 2050 et atteint 5 % de la flotte en 2060.

Dans ce scénario, le trafic maritime français passe de 1 400 Gtkm en 2018 et 2025 à 1 831 Gtkm en 2040 et 2 380 Gtkm en 2060.

Les émissions de GES du maritime français passent de 13,8 Mt en 2018 à 13,1 Mt en 2025, et progressent au niveau de 15,6 Mt en 2040 et de 18,1 Mt en 2060 tandis que les émissions des ports français se retrouvent avec 820 000 t presque au même niveau qu'en 2018 car les mesures adoptées ne suffisent plus à contrecarrer l'évolution de la demande de transport.

4.3 Narratif du scénario « de décarbonation »

Ce scénario allie de façon optimale avancées technologiques et mesures de politique publique (notamment au niveau OMI) en vue d'atteindre la neutralité carbone, en émissions directes, dans les transports maritimes en 2050 à l'échelle internationale. Ce scénario pourrait conduire, dans le cas idéal, à une neutralité carbone sur le cycle de vie complet des navires vers 2060. Il se combine aussi avec un plafonnement du trafic portuaire français à partir de 2045 lequel régresse ensuite légèrement.

Les mesures de politiques publiques

Les objectifs de réduction des émissions de GES sont atteints. Pour ce faire, les index de

l'OMI sont progressivement mis en œuvre avec des objectifs ambitieux : l'EEDI est mis en œuvre dans une 4^{ème} phase à partir de 2025 ; l'EEXI est introduit à partir de 2023 ; le CII est mis en place à partir de 2023 avec comme objectif, par rapport à 2008, une réduction supérieure à 40 % en 2030.

Dans une optique globale de réduction de l'empreinte environnementale, des objectifs ou réglementations ambitieux sont mis en place pour les polluants. Ainsi, pour les SOx, les zones SECA sont étendues, notamment en Europe et dans les Caraïbes ; ou bien le *Global Cap* est abaissé à 0,1 % à moyen, voire court terme. Pour les NOx, on assiste à une extension des zones NECA ou bien une généralisation de la norme Tier III pour les navires et moteurs neufs à moyen.

Enfin, s'agissant des particules fines, des réglementations spécifiques sont mises en place quant aux émissions des navires à moyen terme.

Par ailleurs, une obligation d'introduction de carburants verts ou neutres en carbone – incluant le gaz naturel d'origine fossile avec Capture et Stockage du Carbone (CCS), les biocarburants et le méthanol avec CCS (sauf si la production est synthétique), l'hydrogène, etc... – est adoptée à l'OMI pour les navires neufs en tant que mesure de moyen à long terme. Elle peut être précédée par une mesure rendant obligatoire la faculté pour les navires neufs d'utiliser ce type de carburants : elle devient effective vers 2035 ce qui aboutit à 100 % de carburants neutres en carbone en 2050. Cette mesure fait écho à l'initiative « *Fuel EU Maritime* », proposée par la Commission européenne, qui vise la neutralité carbone en 2050.

Des mesures sont mises en place afin d'appliquer un signal-prix carbone. Ces mesures peuvent consister en une taxe carbone ou des systèmes d'échange de quotas d'émissions à l'échelle européenne (SEQE-UE) et internationale. La première option serait mise en place au plus tard en 2030, avec un taux élevé ou éventuellement progressif dans le temps. La deuxième option serait étendue, au niveau européen, au transport maritime à partir du 1^{er} janvier 2023 avec un alignement de la trajectoire des quotas maritimes avec l'objectif de neutralité carbone du Pacte vert. À l'échelle internationale, un système similaire serait mis en place pour le transport maritime en 2030 au plus tard, en visant la neutralité carbone en 2050.

Au niveau national, quelques mesures supplémentaires sont mises en place à partir des dispositifs existants : une modulation « verte » pour la taxe au tonnage, ainsi qu'une extension du sur-amortissement³⁴ destiné aux navires verts au propulsions décarbonées et neutres en carbone. Par ailleurs, une obligation de recourir à des transports zéro émissions dans les appels d'offre publics, à l'instar de la Norvège, est introduite en 2030, au regard des technologies disponibles.

S'agissant plus particulièrement des ports, des mesures supplémentaires par rapport au scénario central sont mises en œuvre pour accélérer la transition vers les carburants alternatifs. Pour le GNL, un barème d'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100 000 m³ est mis en place. Le développement de l'électricité à quai est accéléré par l'étude d'un soutien aux frais de raccordement au réseau électrique terrestre via le TURPE.

Les leviers technologiques

Le *rétrofit* permet une amélioration de l'efficacité énergétique des navires

³⁴ Prolongeant la mesure annoncée par le Président de la République lors des assises de l'économie de la mer de la mi-septembre 2021

significativement supérieure à 15 %. L'apport vélique permet des gains énergétiques allant jusqu'à 30 %³⁵ dans certains cas particulièrement favorables, surtout pour les vraquiers, ce qui conduit à 10 % de gains énergétiques en moyenne pour l'ensemble de la flotte. L'utilisation de panneaux solaires permet un abattement de l'impact carbone du maritime de 1 % en 2050³⁶. S'agissant de la capture et stockage du carbone, elle participe en 2040 à hauteur de 7 % à la réduction des émissions de gaz carbonique³⁷. En particulier, d'après la stratégie japonaise³⁸, le recours au GNL équipé d'un dispositif de stockage permettrait de réduire de 80 % les émissions de CO₂ du secteur.

Enfin, l'utilisation de nouveaux *design* permet une amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 50 %³⁹ par rapport à 2008, ce qui conduit à un abattement de l'impact carbone du maritime de 20 % en 2050.

S'agissant des carburants alternatifs, des objectifs plus ambitieux que dans le scénario central sont en place sous l'impulsion des politiques publiques décrites précédemment ce qui permet de développer le GNL avec CCS à partir de 2030 pour les navires neufs et de recourir à des systèmes de propulsion utilisant des carburants comme le méthanol, l'ammoniac, les biocarburants voire l'hydrogène.

Au total dans ce scénario « de décarbonation », l'atelier a retenu :

- une flotte décarbonée ou neutre en carbone introduite au rythme soutenu de 5 % de la flotte mondiale en 2025, de 20 % en 2030, de 50 % en 2040, de 80 % en 2050 et de 95 % en 2060 ;
- un gain lié au *rétrofit* et au *design* allant jusqu'à 50 % en 2050 ;
- une réduction de consommation d'énergie liée à la réduction de vitesse et à la propulsion vélique de 10 % en 2050 et de 15 % en 2060.

Dans ce scénario, le trafic maritime français passe de 1 400 Gtkm en 2018 et 2025 à 1 589 Gtkm en 2040, qu'il plafonne à 1 610 Gtkm pour décroître lentement vers 1 517 Gtkm en 2060.

Les émissions de GES du maritime français passent de 13,8 Mt en 2018 à 12,0 Mt en 2025, à 6,2 Mt en 2040 et 2,6 Mt en 2060 tandis que celles réalisées par le transport maritime dans les ports passent de 828 kt en 2018 à 654 kt en 2025 pour descendre à 155 kt en 2040 et à 30 kt en 2060.

³⁵ Selon le FIT

³⁶ Selon le FIT

³⁷ Selon l'AIE.

³⁸ *Roadmap to zero emission from international shipping*-April 2020- MLIT/The Nippon Foundation/Japan Ship technology Research Association

³⁹ Les 60 % annoncés par l'OMI paraissent trop optimistes.

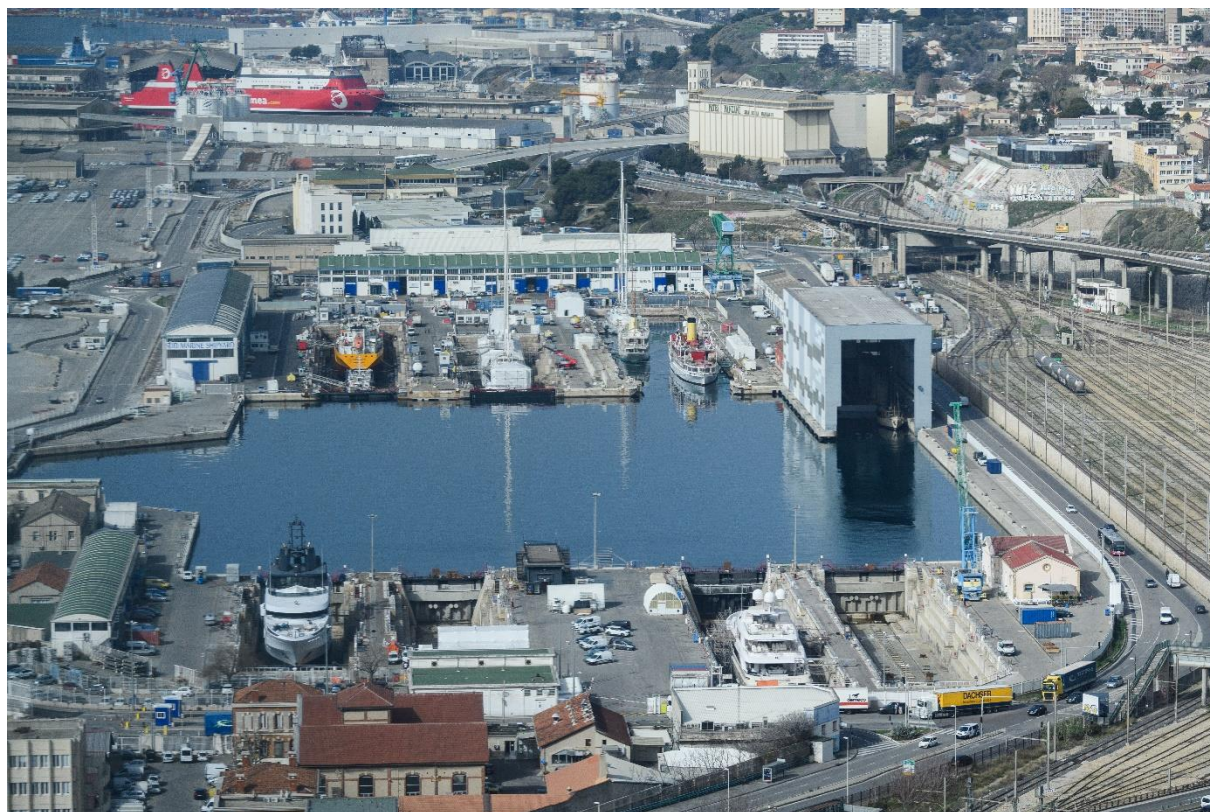


Illustration 5 : Port de Marseille - Source : Arnaud Bouissou/Terra

Conclusion

Au terme de ce travail, l'atelier prospectif TMP est parvenu à estimer le trafic maritime qui touche les ports français qui ne figure dans aucun recensement statistique et à approcher le niveau de ses émissions tant en valeur absolue que dans les approches proprement portuaires, en tenant compte du fait qu'une part significative des navires qui sont dans les ports français s'approvisionnent en carburant dans d'autres ports européens.

Il a choisi trois scénarios « laxiste », « moyen » et « de décarbonation » qui correspondent aux scénarios qualifiés de façon transversale aux différents groupes de « pire climatique », d'« ambition de base » et de « neutralité » (pari technologique). Il estime que :

- dans le scénario « laxiste » les trafics maritimes continuent de progresser au rythme de 1,5 % par an, selon une projection fondée sur une pondération des évolutions du PIB français, européen et mondial ;
- dans le scénario « moyen » ils ne progressent que de 1,1 %, c'est-à-dire au même rythme de progression qu'au cours des vingt dernières années au niveau des ports européens, les ports français conservant leur part de marché ;
- dans le scénario « de décarbonation » ces trafics plafonnent vers 2045 à 15 % au-dessus du niveau actuel pour décroître légèrement ensuite, dans une approche prudente qui considère que malgré la décroissance des trafics d'hydrocarbure consécutive à la décarbonation de l'économie, les trafics nouveaux liés à la production d'énergie décarbonée pourraient en partie compenser les baisses prévisibles.

Il a illustré que dans le scénario « moyen », malgré la progression de l'ordre de 30 % du trafic attendue, la réduction unitaire des émissions du transport maritime obtenue entre autres grâce à l'introduction d'une flotte utilisant des moyens de propulsion décarbonés ou neutres en carbone dès 2035 qui atteigne 50 % de la flotte en 2050, permet à peu près d'atteindre l'engagement pris par l'OMI en 2018 de réduire de 50 % les émissions de 2008 (9,8 Mt contre 18,1 Mt) en valeur absolue à l'horizon 2050. Les émissions au port baissent plus significativement d'un facteur supérieur à 3 pour passer de 1,1 Mt à 0,33 Mt grâce à une électrification à quai généralisée en 2040.

La connexion avec les scénarios de fret terrestre n'a pas été opérée par l'atelier, de façon par exemple à déterminer l'empreinte carbone de bout en bout des chaînes logistiques utilisant la voie maritime, mais le lecteur trouvera dans le rapport thématique sur le fret terrestre quelques considérations relatives à la desserte des ports par les modes massifiés ferroviaires et fluviaux. Il n'a pas non plus essayé de décomposer la partie du transport maritime réalisée en *short sea* concurrente des transports par voie terrestre qui aurait nécessité un travail beaucoup plus fin.



Illustration 6 : Grand port maritime de la Réunion – Source : GPM de la Réunion

Annexes

1 Méthodologie retenue par l'atelier TMP

Annexe 1 Méthodologie retenue par l'atelier TMP

Introduction

L'importance attachée aux émissions de GES dans la prospective des mobilités 2040-2060 a conduit l'atelier TMP à la fois à simplifier l'exercice prospectif de 2006 du CGPC en évitant de différencier la nature des trafics de marchandises, mais inversement à s'intéresser au trafic maritime international touchant les ports français qui représente la majeure partie des émissions de GES et à procéder à une estimation des trafics maritimes français domestiques et internationaux. De ce fait l'atelier a dû recenser à la fois les perspectives technologiques réalisées pour le transport maritime au niveau des systèmes de propulsion à venir mais aussi faire des hypothèses sur le panel des mesures prises au niveau de l'OMI, au niveau européen et au niveau français. Il a aussi été amené à s'intéresser aux émissions du transport maritime dans les ports car une partie de la stratégie nationale portuaire vise à les réduire significativement.

L'atelier a procédé en trois étapes de travail successives dont la présente annexe se propose de récapituler les principes directeurs et les choix opérés:

1- Rétrospective et état des lieux

1-1 Rétrospective de la demande du trafic maritime mondial, du trafic portuaire européen et du trafic portuaire français

1-1-1 Trafic maritime mondial

Selon les données de la CNUCED, le trafic maritime mondial des deux dernières décennies (2000-2018) est passé de 6 à 11 Gt et de quelque 31 000 GtMm¹ à 60 000 GtMm, ce qui correspond à des taux de croissance annuels respectifs de 3,45% à 3,73%. La différence des taux de croissance correspond au faible allongement tendanciel des distances moyennes parcourues : on trouve en effet 0,28% de taux de croissance de la distance moyenne parcourue qui passe de 9 674 km en 2000 à 10 169 km en 2018.

Sans entrer dans le détail des trafics par nature, l'évolution du trafic conteneurisé avant 2019 montre que les taux de croissance antérieurs à la crise des subprimes se situaient dans les 10% et qu'après ils semblent être redescendus en-deçà de 5% de taux de croissance annuel.

1-1-2 Trafics portuaires européen et français

Selon les données d'Eurostat, le trafic portuaire des 15 principaux pays constitutifs de l'UE en 2000 a progressé de quelque 3 à 3,7 Gt entre 2000 et 2018 tandis que le trafic des ports français a régressé de 325 à 309 Mt.

En se plaçant sur une période plus longue comme l'a fait le CGDD entre 1965 et 2017, on constate que les exportations connaissent une croissance régulière depuis 30 Mt en 1965 pour atteindre près de 130 Mt en 2017 tandis que les importations après avoir elles aussi crû jusqu'à 250 Mt en 1979, puis avec la récession sont redescendues autour de 200 Mt en 1982 pour croître à nouveau en repassant en 2008 le niveau de 1979 et redescendre après la crise financière et la conjugaison de la réforme portuaire avec celle des retraites pour baisser autour de 230 Mt.

¹ Mm : Mille marin 1851,85 mètres

A noter également que les trois grandes portes d'accès portuaires internationales que représentent Marseille, Le Havre et Dunkerque ont donc été et seront fortement affectées par la baisse tendancielle des importations d'hydrocarbures.

1-2 Essai de détermination du trafic maritime français en 2017

Le trafic maritime français n'est pas estimé actuellement et il ne figure pas dans les données statistiques recueillies chaque année par la CCTN². De fait il est difficile sur une ligne régulière qui escale dans plusieurs ports d'une même rangée de trouver une règle affectant telle ou telle proportion de son trajet à tel ou tel port de la rangée. On pourrait le faire au prorata des trafics transbordés dans chaque port mais il faudrait disposer de l'ensemble des statistiques détaillées des ports de chaque rangée.

L'atelier n'a pas souhaité développer ces considérations et s'est proposé de comparer les estimations obtenues à partir de deux méthodes :

- une très grossière qui consiste à affecter au trafic des ports français une distance parcourue moyenne égale à 50% de la distance moyenne estimée au niveau mondial
- une seconde établie par le CGDD à partir de données douanières

La première donne autour de **1 600 Gtk** et la seconde donne **1 200 Gtk**.

Ces ordres de grandeur sont cohérents compte tenu des grandes incertitudes qui affectent ces données.

1-3 Etat des lieux des émissions de GES du transport maritime français et dans les ports

Selon les données du Citepa, qui applique la méthodologie de la CNUCC (issue du protocole de Kyoto) les émissions du transport maritime en France sont évaluées à partir des soutages réalisés en France et répartis entre trafic international et domestique selon une clef de répartition obtenue grâce à une étude réalisée en 2000 et non actualisée. Ces données montrent que le trafic maritime international est dominant et que ses émissions ont baissé de près de 30% en passant de 8,03 Mt en 1990 à 5,64 Mt en 2017, tandis que les émissions du transport maritime domestique ont régressé de plus de 40% en passant de 0,25 à 0,14 Mt.

Comme une bonne partie des soutages se fait dans d'autres ports européens, l'atelier a essayé d'estimer par une méthode simple la part des soutages réalisée ailleurs qu'en France et est arrivé à 11,9 Mt de CO₂e ce qui revient à dire que les navires soutent un tout petit plus à l'étranger qu'en France ce qui conduit à un niveau d'émission du trafic maritime français de l'ordre de **12 MT**.

En y ajoutant les émissions liées à la plaisance et à la pêche qui sont de facto agrégées à celle du transport maritime dans les estimations du Citepa on arrive à une estimation de l'ordre de **13,8 MT** en 2017.

Enfin la part des émissions du transport maritime au port ne peut être estimée que très sommairement à partir du ratio de 6% proposé par la Commission européenne dans une étude d'impact récente ce qui donnerait autour de 720 000 tonnes d'émission de CO₂e pour celles du transport maritime dans les ports français en 2017 et de 828 000 tonnes si l'on inclut la pêche et la plaisance.

² CCTN Commission des Comptes Transports de la Nation intégré aujourd'hui à la Commission des Comptes du développement durable

2- Prospective de la demande et des émissions du transport maritime mondial et des trafics portuaires aux horizons 2040-2060

2-1-1 Prospective du trafic maritime mondial

L'atelier a d'abord analysé deux des travaux internationaux de référence, les deux études OMI de 2014 et de 2020 sur les émissions de GES du transport maritime à l'horizon 2050, ainsi que l'étude FIT/OCDE de 2019, publiée en 2020 qui évalue elle aussi les émissions de l'ensemble des modes de transport, maritime et aérien inclus à ce même horizon de 2050.

Pour l'OMI, si l'on s'en tient aux cinq scénarios macroéconomiques de long terme combinés aux scénarios climatiques du GIEC, le volume de transport international maritime croîtrait entre 57% et 126%, le scénario OCDE retenu par l'OMI à titre comparatif s'établissant à 63%.

Pour le FIT/OCDE, selon quatre scénarios contrastés le trafic maritime mondial de 2015 à 2050 progresserait entre + 125% et +243%.

Comme il faut passer d'exercices prospectifs du trafic mondial à une prospective du trafic français net qu'il n'était pas possible de disposer d'une extraction de l'étude FIT/OCDE au niveau de la France, l'atelier s'est interrogé sur l'utilisation de méthodes pseudo-économétriques pour essayer de projeter le trafic maritime français .

2-1-2 Prospective du trafic maritime français

La méthode habituelle consiste à examiner les corrélations entre taux de croissance annuels du trafic et taux de croissance du PIB sur une période passée et à projeter la corrélation obtenue à l'avenir, ce qui suppose une certaine stabilité dans la durée de la corrélation. Au niveau du trafic maritime mondial, la meilleure corrélation trouvée parmi celles étudiées se situe entre taux de croissance annuel du trafic maritime mondial exprimé en tonnage et taux de croissance annuel du PIB mondial examiné de façon rétrospective entre 2000 et 2018 : on projette ainsi un trafic maritime mondial estimé à 23,9 Gt en 2050 contre 11,0 Gt en 2018, ce qui représente une croissance de + 117% qui correspond à peu près au scénario bas de FIT/OCDE.

Le trafic maritime français peut alors être appréhendé de deux façons :

- soit directement en adoptant une élasticité de croissance de ce trafic par rapport à celle du PIB pondéré
- soit à partir d'une projection des trafics portuaires (cf 2-2)

Dans les deux cas ensuite on obtient le trafic exprimé en tonnes-milles marins en prenant une distance moyenne parcourue.

L'hypothèse plausible retenue par l'atelier pour la première méthode retient que le trafic maritime français évoluerait comme la moyenne pondérée des PIB français, européen et mondiaux dans les proportions respectives de 3/6 pour le PIB français, de 1/3 pour le PIB européen et de 1/6 pour le PIB mondial.

De la sorte le trafic maritime français estimé à 1200 GtM ou à 756 GtMm passerait en 2050 à 1245 GTMm soit une croissance de l'ordre de 65%, qui n'est pas très éloignée du scénario OCDE du FIT

pour le trafic mondial qui s'établit, comme nous l'avons vu au 2-1-1, à + 63%. En 2060 la même projection donne 1466 GtMm.

2-1-3 Prospective des trafics portuaires européen et français

Pour la prospective du trafic portuaire, l'atelier a analysé dans un premier temps les trois scénarios proposés à la DGITM par le FIT/OCDE pour accompagner la stratégie nationale portuaire et retenu dans un premier temps le **scénario 2** qui suppose une part de marchés constante des ports français et qui donne une croissance annuelle de 1,42%. Même si la stratégie indique une reprise des parts de marché sur les conteneurs du « marché français » de 60% à 80% d'ici 2050, cette hypothèse est réaliste dans la mesure où les ports français sont très tributaires de trafics carbonés qui vont avoir tendance à se réduire progressivement.

Sachant que la croissance rétrospective des ports européens dans les années 2000-2018 s'est établie autour de 1,1% par an il est apparu utile de développer un **scénario 2 bis** qui garde ce taux de croissance rétrospectif de façon conservative.

Dans un troisième temps enfin en s'inspirant de l'exercice prospectif mené par le port de Rotterdam en 2013 inspiré des méthodes du club de Rome, qui projette un plafonnement du trafic total de ce port en 2040 à trois niveaux différents selon les trois scénarios retenus, l'atelier a procédé à un essai de construction d'un **scénario dit 2 ter** avec un plafonnement similaire du trafic portuaire français passant de 309 MT (source Eurostat 2018) à 355 MT en 2045 et avec une baisse de ce trafic à 335 MT en 2060.

2-2-1 prospective des émissions unitaires du trafic maritime français et du trafic portuaire français

Les émissions unitaires ont été estimées de façon intuitive dans un premier temps en se fondant sur les études OMI et FIT et sur les évolutions d'émissions unitaires des flottes moyennes puis en extrapolant au-delà de 2050 et en raisonnant à l'envers³ pour le scénario de décarbonation. Le récapitulatif de ce premier essai est le suivant, les émissions unitaires étant exprimées en grammes de CO2 par tonne-mille marin :

Année	Scénario laxiste (SL)	Scénario moyen (SM)	Scénario de décarbonation (SD)
2008	21 g	21 g	21 g
2017	18,3 g	18,3 g	18,3 g
2025	16 g	16 g	15 g
2030	14 g	14 g	12 g
2040	13 g	10,6 g	9 g
2050	12,5 g	8 g	5,2 g

³ C'est-à-dire en partant du résultat de la décarbonation à obtenir au niveau du puits carbone associé : en anglais *hindcasting*

2060	12 g	6 g	3 g
------	------	-----	------------

Dans un second temps, l'atelier a procédé à un réajustement de cette première prospective intuitive en considérant qu'il y avait trois types d'outils :

- l'introduction progressive d'une flotte décarbonée qui n'émet plus que 3 g de CO₂ par tonne mille-marin
- la réduction de la vitesse et l'assistance vélique qui réduisent les consommations de soutes
- le rétrofit et l'amélioration du design du navire, le rétrofit ayant déjà permis les gains observés depuis 2008

Voici les données afférentes retenues pour les trois scénarios étudiés

	2008	2017	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste							
% flotte décarbonée	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	17,50%	20%	25%	30%	30%
Scénario moyen							
% flotte décarbonée	0%	0%	0%	0%	5%	20%	50%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	1%	2%	3%	5%	10%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	17,50%	20%	30%	40%	40%
Scénario de décarbonation							
% flotte décarbonée	0%	0%	5%	20%	50%	80%	95%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	1%	3%	5%	10%	15%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	20%	30%	40%	50%	50%

En supposant que la flotte décarbonée émet environ 3g de CO₂ par tonne mille marin on obtient les valeurs suivantes d'émission par scénario :

Année	Scénario laxiste (SL)	Scénario moyen (SM)	Scénario de décarbonation (SD)
2008	21 g	21 g	21 g
2017	18,3 g	18,3 g	18,3 g
2025	17,3 g	17,1 g	15,9 g
2030	16,8 g	16,4 g	11,9 g
2040	15,8 g	13,5 g	7,3 g

2050	14,7 g	9,8 g	4,1 g
2060	14,1 g	6,8 g	3,2 g

L'atelier s'est ensuite penché sur l'adéquation possible entre scénarios de prospective des transports obtenus à partir des méthodes pseudo-économétriques d'une part et de celles des trafics portuaires traduits en trafics maritimes touchant les ports français.

Il en a conclu que la projection des trafics maritimes français exprimés en GtK peut être réalisée de la façon suivante :

- pour le scénario laxiste SL en utilisant la méthode pseudo-économétrique avec une élasticité de 0,8 entre évolution du trafic et évolution pondérée du PIB ce qui correspond à une croissance annuelle moyenne de 1,43% à partir de 2025

- pour le scénario moyen SM⁴ en appliquant au scénario 2 bis de transformation des trafics portuaires pour la projection de demande du scénario moyen (SM) qui correspond à une croissance moyenne annuelle du trafic de 1,10% à partir de 2025

- pour le scénario de décarbonation SD⁵, le scénario 2 ter de transformation des trafics portuaires avec plafonnement du niveau de trafic en 2045

3- Eléments quantitatifs des trois scénarios étudiés

Les éléments quantitatifs des trois scénarios ont alors été construits en ajoutant l'année 2008 qui sert de référence aux réductions de GES annoncées par l'OMI et en repartant pour ce faire de la source Eurostat pour les trafics des ports français

Les deux projections de trafics qui en résultent pour le trafic maritime français et pour les ports français sont les suivantes :

	Trafics maritimes français projetés associés en GtK	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SL	Scénario laxiste	1595	1400	1400	1531	1831	2060	2380
SM	Scénario moyen	1595	1400	1400	1476	1647	1837	2051
SD	Scénario décarbonation	1595	1400	1400	1447	1589	1598	1517

	Projection trafics ports français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SL	Scénario laxiste	352	309	309	332	382	440	507
SM	Scénario moyen	352	309	309	326	364	406	453

⁴ Pour ces deux scénarios SM et SD obtenus en projetant l'évolution du trafic portuaire avec une distance de parcours constante ce qui suppose qu'on ne prend pas d'hypothèse de rétroaction entre une certaine réindustrialisation et la diminution des parcours maritimes

⁵ Idem cf .note infrapaginale précédente

SD	Scénario décarbonation	352	309	309	320	351	353	335
----	------------------------	-----	------------	------------	-----	-----	------------	-----

En appliquant ensuite aux deux tableaux les hypothèses de réduction d'émissions unitaires retenues dans chacun des scénarios en combinant l'introduction d'une flotte décarbonée ou neutre en carbone, puis le retrofit et le design des navires et enfin les principales mesures d'exploitation liées à la réduction de vitesse et à l'introduction de l'énergie vélique (principalement en assistance) on obtient les projections de niveaux d'émission suivants dans les trois scénarios étudiés :

Récapitulatif émissions CO2 du transport maritime français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste SL	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
Scénario moyen SM	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
Scénario décarbonation SD	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6

De même les émissions du transport maritime au port sont les suivantes :

Récapitulatif émissions CO2 du transport maritime dans les ports français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste SL	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
Scénario moyen SM	1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
Scénario décarbonation SD	1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900 t

Comme on peut l'observer dans le **scénario laxiste** les émissions remontent à partir de 2025 car les mesures de réduction ont déjà produit l'essentiel de leurs effets et comme l'introduction d'une flotte décarbonée ne se fait qu'après 2050. Les émissions au port retrouvent leur niveau de 2018 à partir de 2050 et progressent ensuite légèrement.

Le **scénario moyen** quant à lui voit le niveau d'émission global baisser par rapport à 2008 d'un peu moins de 50%, ce qui correspond à peu près à l'engagement de l'OMI, sachant que le trafic augmente en valeur absolue de 31%. Les émissions au port en revanche baissent davantage d'un facteur 2,5 environ

Le **scénario de décarbonation** montre que le niveau de 3 Mt qui correspondrait au puits carbone associé aux émissions du maritime (transport maritime international touchant les ports français principalement mais aussi pêche et plaisance) n'est atteint qu'entre 2050 et 2060 sachant que l'introduction de la flotte décarbonée démarre en 2025 (5% de la flotte) et se poursuit jusqu'à atteindre 95 % en 2050. En revanche dans les ports la décarbonation est obtenue au niveau des puits dès 2040 et se poursuit.



Illustration 7 : Conteneurs sur le port de Dunkerque - Source : Arnaud Bouissou/Terra

2 Leviers technologiques et opérationnels du transport maritime

Leviers technologiques et opérationnels sur lesquels les armements vont jouer pour satisfaire les réglementations et les normes d'émission retenues

Il n'existe pas aujourd'hui une solution universelle qui permettrait d'atteindre à la fois la neutralité carbone et la dépollution du secteur. Les armements peuvent cependant travailler sur trois axes :

- Le **design initial du navire** (et dans une mesure moindre son rétrofit) peut très fortement réduire les émissions de gaz à effet de serre. En matière de design, l'OMI a fixé une amélioration de l'efficacité énergétique de 25 à 30 % par rapport à 2008 à atteindre en 2025 : une telle valeur devrait pouvoir être atteinte dès aujourd'hui. À terme, des réductions plus importantes, que le FIT chiffre à 60 %, sont envisageables.
- Les **mesures opérationnelles** telles que le juste à temps, l'électrification à quai, la réduction de vitesse ainsi que la gestion des trajets des navires devraient pouvoir permettre une réduction d'au moins 20 %.
- Pour aller au-delà, le recours à un **carburant neutre en carbone** s'impose.

Pour chacun de ces axes, les leviers technologiques et opérationnels principaux vont être décrit succinctement. Certains leviers peuvent concerner plusieurs axes. Pour faciliter la structuration des éléments, un choix a dû être fait. Enfin, les technologies n'ont pas le même niveau de maturité. Certaines sont d'ores et déjà opérationnelles pour les grands navires d'autres sont encore au stade de prototypes.

1. Le design du navire

Le premier pilier de la réduction des émissions de gaz à effet de serre repose sur l'amélioration à la conception des navires à travers les mesures d'efficacité énergétique à la conception. L'OMI avait fixé une amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 25 à 30 % par rapport à 2008 à atteindre en 2025. Selon le Forum International des Transports (FIT), de tels gains sont d'ores et déjà atteints¹. Un renforcement de ces mesures est donc possible : dans ses scénarios à 2035, le FIT prend comme hypothèse de base une amélioration de 40 % et envisage une variante avec une amélioration de 60 % par rapport à 2008. Le FIT donne dans le tableau ci-dessous un ordre de grandeur des gains possibles :

Measures	Potential fuel savings
Light materials	0-10%
Slender design	10-15%
Propulsion improvement devices	1-25%
Bulbous bow	2-7%
Air lubrication and hull surface	2-9%
Heat recovery	0-4%

Figure 1: principales mesures technologiques permettant de réduire la consommation des navires. Source : FIT.

a. Le rétrofit

L'optimisation de l'efficacité énergétique est le principal vecteur pour l'amélioration et la diminution des émissions d'un navire existant. Le rétrofit est une opération de réaménagement et de modernisation du navire. L'Energy Transitions Commission² souligne que le rétrofit peut conduire à une amélioration de 15 % de l'efficacité énergétique.

¹ KIRSTEIN, Lucie, HALIM, Ronald, et MERK, Olaf. Decarbonising Maritime Transport—Pathways to Zero-Carbon Shipping by 2035. In: Paris, France: International Transportation Forum. 2018.

² ENERGY TRANSITIONS COMMISSION, et al. Mission Possible: reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century. Energy Transitions Commission, 2018.

Plusieurs mesures d'amélioration de l'efficacité d'un navire existent. On peut citer par exemple des améliorations techniques et hydrodynamiques telles que l'optimisation des formes de coques, des hélices ou des bulbes, ou la récupération de chaleur sur les moteurs principaux et auxiliaires. Les armements doivent les combiner de façon optimale afin d'obtenir un navire plus économe en carburant, respectueux de l'environnement et économiquement viable à au coût d'investissement le plus faible possible performant. Toutes les technologies ne sont pas adaptables à tous les navires, le design initial est un paramètre initial important. Dans cette perspective, le Bureau Veritas a développé un outil interne de modélisation énergétique appelé SEECAT, qui simule les flux des systèmes énergétiques du bord. Ce simulateur de transferts énergétiques est basé sur une approche globale qui prend en compte les interactions entre les différents producteurs d'énergie et les consommateurs du bord. SEECAT permet, à partir de l'identification du profil type du navire, de comparer des technologies en quantifiant les gains énergétiques atteignables.

Un rétrofit très fréquent, et avec un temps de retour d'investissement très court, est celui qui conduit à revoir le bulbe de la coque, avec un gain d'environ 10% sur la propulsion. L'immobilisation du navire au chantier n'est que d'une dizaine de jours.

b. Les voiles

L'installation de voiles sur un navire peut être l'unique mode de propulsion, mais pour la majorité des navires cette solution à elle seule ne suffit pas. Les voiles doivent plutôt être appréhendées comme un complément qu'une solution à elles seules.

Cette technologie présente l'intérêt d'être disponible pour le rétrofit avec des temps d'immobilisation variant entre 2 à 7 jours selon la technologie. Compte tenu des différentes vitesses de fonctionnement, de la coque, des machines, des conditions météorologiques, des saisons et des itinéraires empruntés, il y a une grande hétérogénéité dans les économies de carburant et donc un certain degré d'incertitude quant à la quantité de réductions de CO₂ obtenues grâce aux technologies de propulsion éolienne. En moyenne on peut considérer que l'installation de voiles sur un navire marchant permet de réduire de 5 à 20 % les consommations de carburant sans réduction de vitesse et de diminuer de 10% les émissions de CO₂.

Il existe six principales technologies de propulsion éolienne pour les navires : les voiles souples, les voiles rigides et les voiles à ailes, les voiles de coque, les cerfs-volants de remorquage, les cylindres rotatifs et les éoliennes³. L'adoption de ces technologies a été assez faible jusqu'à présent et la plupart des projets de propulsion éolienne sont encore en phase de test. À ce jour, les technologies les plus matures sur le marché sont les cerfs-volants et les rotors. Chaque type de voile a ses spécificités, ainsi les cerfs-volants fonctionnent mieux sur les navires dont la vitesse moyenne ne dépasse pas 16 nœuds et sont donc plus adaptés aux pétroliers et aux vraquiers, mais pourraient également être appliqués aux porte-conteneurs⁴. Contrairement aux cerfs-volants, les rotors ne sont pas adaptés aux navires porte-conteneurs en raison des interférences avec la manutention des cargaisons.

Le FIT indique que les coûts d'installation et d'exploitation varient considérablement selon les technologies éoliennes disponibles. Le site l'installation d'un cerf-volant est relativement superficielle et facile et son coût, y compris le montage et l'entretien, est de nettement plus faible que pour les voiles conventionnelles. Les rotors sont considérés comme plus efficaces que les voiles, mais ils sont plus coûteux. Le temps de retour sur investissement dépend d'une série de facteurs, tels que les variations du

³ KIRSTEIN, Lucie, HALIM, Ronald, et MERK, Olaf. Decarbonising Maritime Transport—Pathways to Zero-Carbon Shipping by 2035. In : Paris, France: International Transportation Forum. 2018.

⁴ TRAUT, Michael, GILBERT, Paul, WALSH, Conor, et al. Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. Applied Energy, 2014, vol. 113, p. 362-372.

prix du carburant ainsi que la vitesse du navire, le type et les itinéraires d'exploitation qui sont exposés à plus ou moins de vent.

Suivant les technologies de voiles, les niveaux de maturité sont différents. Cependant, on observe pour chacune des déploiements sur des navires de grandes tailles. D'après l'association Wind Ship, en 2020, 14 navires de grandes tailles et une vingtaine de navire plus petits sont équipés de voiles. Les nouvelles installations devraient quadrupler d'ici 2 à 3 ans. Une filière en train de se créer autour d'une chaîne de valeur. En France, plusieurs jeunes amateurs s'engagent dans cette industrie avec des projets ambitieux. Nelissen et al.⁵ prévoient que le potentiel du marché s'élèvera à environ 3 700 -10 700 systèmes installés sur les vraquiers et les pétroliers d'ici 2030.

c. Les panneaux solaires

L'énergie photovoltaïque peut fournir de l'électricité pour répondre à la demande d'énergie à bord. Les panneaux solaires peuvent être installés horizontalement sur le pont. La technologie peut aussi être appliquée conjointement avec la technologie éolienne, celle-ci augmentant la surface disponible pour le captage de l'énergie du soleil. La technologie des systèmes de propulsion solaire est encore très coûteuse et sa mise en œuvre est compliquée. Le coût de l'énergie solaire peut cependant diminuer à l'avenir quand la technologie sera mature et appliquée à plus grande échelle. Comme pour l'énergie éolienne, l'efficacité de cette technologie dépend également des conditions météorologiques. L'investissement est plus viable pour les navires opérant dans les zones proches de l'équateur. Compte tenu de leur capacité limitée à satisfaire la demande d'énergie des navires, les installations photovoltaïques ne conviennent actuellement qu'aux demandes de puissance auxiliaire.

Le FIT indique, en s'appuyant sur différents travaux scientifiques, que les réductions potentielles permises grâce à l'énergie solaire sont assez limitées. Ainsi, Smith et al.⁶ supposent une réduction d'environ 0,1 à 3 % de la consommation de carburant du moteur auxiliaire. Selon Bouman et al.⁷, la réduction potentielle de CO₂ signalée varie de 0,2 à 12 %. Une autre contrainte majeure est la nécessité d'une grande surface de pont qui n'interfère pas avec la manutention de la cargaison. Les exploitants du Nichioh Maru, un transporteur de voitures japonais fonctionnant avec une assistance solaire, déclarent que le navire permet une réduction de 1 400 tonnes de diesel par an, ce qui implique une réduction annuelle de 4 200 tonnes de CO₂.

d. Captage et stockage du carbone

Selon le scénario « Développement durable » de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour 2040⁸, la séquestration du carbone - autrement dit le captage et le stockage de CO₂ - peut participer à hauteur de 7 % à la réduction des émissions de gaz carbonique. Cela représenterait 2,3 milliards de tonnes de dioxyde de carbone captées dans l'atmosphère et stockées. Une prévision qu'il convient de comparer aux 30 millions de tonnes déjà captées chaque année par la vingtaine de sites en activité à l'échelle industrielle. Une fois le CO₂ stocké, deux possibilités sont aujourd'hui étudiées : soit un enfouissement du dioxyde de carbone notamment dans les champs pétroliers épuisés, soit un traitement pour en faire un carburant de synthèse.

⁵ NELISSEN, Dagmar, TRAUT, Michael, KOEHLER, Jonathan, et al. Study on the analysis of market potentials and market barriers for wind propulsion technologies for ships. European Commission, DG Climate Action, CE Delft, Delft, 2016.

⁶ SMITH, Tristan, RAUCCI, C., HOSSEINLOO, S. Haji, et al. CO₂ emissions from international shipping. Possible reduction targets and their associated pathways. UMAS: London, UK, 2016.

⁷ BOUMAN, Evert A., LINDSTAD, Elizabeth, RIALLAND, Agathe I., et al. State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping—a review. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2017, vol. 52, p. 408-421.

⁸ IEA. World Energy Outlook 2019, IEA, Paris, 2019.

Si le transport maritime est concerné indirectement par cette technologie, en servant à transporter le carbone entre le lieu de capture et le lieu de stockage, il pourrait être concerné beaucoup plus directement, cette technologie pouvant être installée directement sur les navires. Cette possibilité semble avoir un avenir prometteur. Ainsi par exemple, le GNL associé à des procédés de capture et stockage du carbone devrait permettre de réduire les émissions de CO₂ d'au moins 80 %. Elle pourrait en effet constituer une très bonne solution pour le futur pour les navires d'une certaine taille sur lesquelles il est possible d'implanter une solution de CCS. Si elle devait se développer, elle impliquerait la mise en place d'une chaîne de stockage du CO₂ ainsi que l'installation dans certains ports français d'installations de liquéfaction de gaz. Le motoriste Man va encore plus loin puisqu'il envisage la recombinaison du CO₂ ainsi capturé avec de l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau pour fabriquer du méthane.

e. Nouveaux design

Des concepts de navires innovants peuvent également voir le jour, permettant d'améliorer les performances environnementales. Il s'agit par exemple de navires sans ballast et de navires hybrides à émissions faibles ou nulles, intégrant diverses avancées telles que de nouvelles formes de coque au-dessus et au-dessous de l'eau, des matériaux légers innovants, des sources d'énergie alternatives, y compris à partir du rivage, et des modules de stockage d'énergie.

f. La taille des navires

Il est raisonnable de penser que la taille du navire moyen va varier de façon proportionnelle à la taille du marché. L'index de l'OMI permet d'estimer l'impact de la taille du navire sur les émissions. Pour les vraquiers, l'élasticité est de -0,477.

Ship type	Reference line value
Bulker	961.79*(dwt) ^{-0.477}
Gas carrier	1120*(dwt) ^{-0.456}
Tanker	1218.8*(dwt) ^{-0.488}
Container ship	174.22*(dwt) ^{-0.201}
General Cargo ship	107.48*(dwt) ^{-0.216}
Combination carrier	1219*(dwt) ^{-0.488}

Figure 2: valeur de la ligne de référence pour les différents types de navires. Source : OMI.

2. Les mesures opérationnelles

a. Le courant à quai

Pour poursuivre leurs efforts en faveur de la décarbonation et lorsque les infrastructures le permettent, les armements peuvent pratiquer le « Cold ironing » ou AMP (Alternative Maritime power), un système permettant le branchement au courant électrique à quai pour les navires escalant dans un port. Cette technique permet de supprimer les émissions des moteurs diesels des navires à quai, améliorant ainsi la qualité de l'air dans les centres-villes.

b. Le numérique

Plusieurs branches émergent au sein du numérique : la blockchain, l'intelligence artificielle, l'internet des objets, le jumeau numérique par exemple. Indirectement, la numérisation peut permettre de nouveaux modèles commerciaux et une meilleure exploitation des navires, avec un impact positif sur la consommation d'énergie. On peut supposer que la numérisation augmentera l'utilisation de la flotte actuelle en améliorant la logistique et la planification, stimulera le développement des ports et améliorera les performances des voyages grâce à un meilleur acheminement météorologique et au pilotage automatique. Elle doit permettre de réduire les temps d'arrêt, d'assurer une maintenance prédictive. A titre d'exemple, CMA CGM s'appuie sur son Fleet Navigation and Support Center, un

centre quasi unique au monde, installé à Marseille, permettant d'optimiser les trajets, les vitesses de navigation et la consommation des navires en temps réel.

Les navires autonomes pourraient être des facteurs de compétitivité : en effet ils peuvent naviguer à très faible vitesse sans encourir des coûts d'équipage élevés, ce qui permet une plus grande utilisation des batteries et d'autres types de carburant⁹, cependant dans la marine marchande, les équipages sont déjà extrêmement réduits et l'émergence du navire autonome, à court ou moyen terme est loin d'être une évidence.

c. Réduction de la vitesse

La réduction de vitesse peut jouer un rôle important en termes d'économie de carburant. En effet, la consommation du bateau étant proportionnelle au cube de la vitesse, une réduction de 10 % de la vitesse peut entraîner une baisse de 27 % de la consommation du bateau. Ce gain doit cependant être modéré. D'une part, la réduction de la vitesse entraînant l'allongement de la durée, il devient nécessaire d'augmenter le nombre de navires pour pouvoir approvisionner un flux constant de marchandises (cas du pétrole par exemple). D'autre part, cette mesure elle n'est pas adaptée à l'ensemble des navires. Le FIT donne néanmoins le tableau suivant des améliorations possibles :

Measures	CO ₂ emissions reduction potential
Speed	0-60%
Ship size	0-30%
Ship-port interface	1%
Onshore power	0-3%

Figure 3: Impact de la réduction de la vitesse sur les émissions des navires. Source : FIT.

Si dans une première variante de ses scénarios, le FIT envisage une réduction limitée de la vitesse des navires (6 % pour les porte-conteneurs, 9 % pour les tankers et les vraquiers), il propose des chiffres nettement plus ambitieux dans une seconde variante avec des réductions atteignant 26 % pour les porte-conteneurs, 30 % pour les pétroliers et 65 % pour les vraquiers.

d. Nouvelles routes commerciales

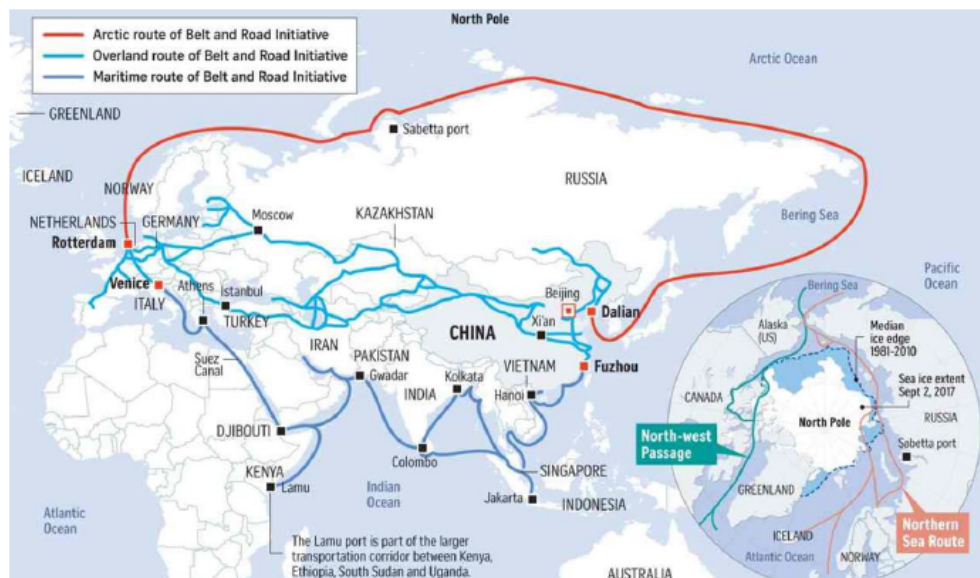


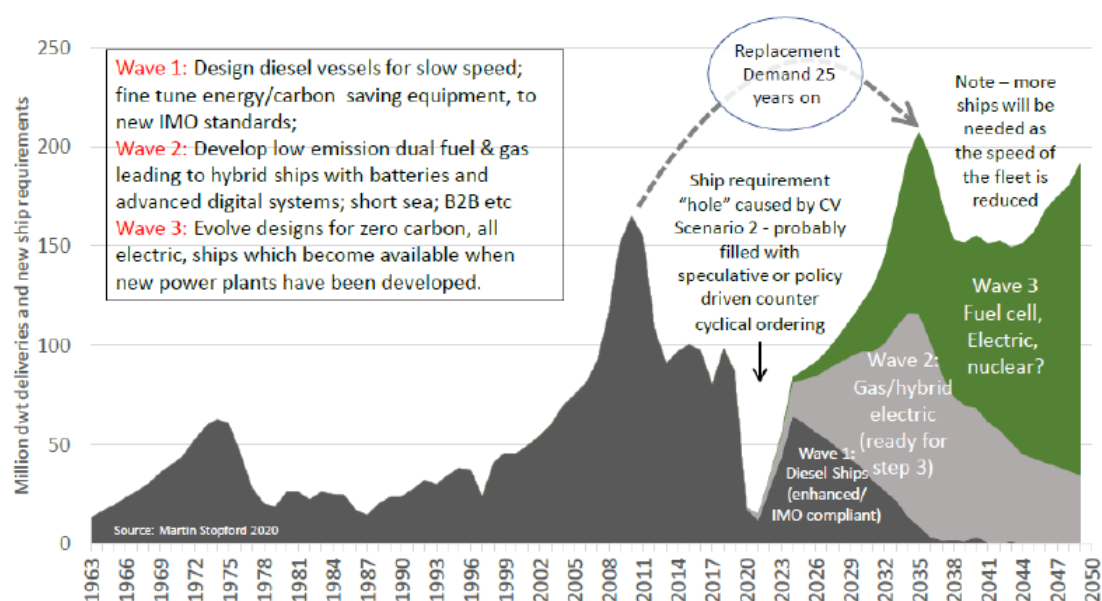
Figure 4 : cartographie des routes de la Soie et de la route arctique. Source : EurAsia Prospective.

⁹ DNV GL. Maritime Forecast to 2050, Energy Transition Outlook 2018. Past and Present Shipping, 2018.

De nouvelles routes maritimes émergent. L'impact environnemental de ces alternatives, et en particulier les routes de la soie terrestres et la route arctique doit être évalué.

3. Les carburants alternatifs

Les armateurs sont confrontés à des choix stratégiques concernant les carburants maritimes. Il apparaît assez nettement qu'à terme, ce n'est pas une technologie unique qui s'imposera, mais qu'un panel de technologies complémentaires cohabitera, en fonction des besoins des navires. Bien que les réflexions soient souvent menées à l'échelle du navire, elles doivent de plus en plus s'étendre à l'ensemble de la flotte. D'après Martin Stopford, Président de Clarkson Research, on pourrait assister à plusieurs vagues successives, chacune permettant de développer et de mettre en service de nouvelles technologies dans des conditions d'exploitation réelles, sur une base progressive mais cumulative. Ainsi, une vague de navires à moteur diesel amélioré pourrait être suivie (ou accompagnée) d'une vague de navires à moteur à gaz et à moteur électrique hybride ; puis d'une vague de navires sans carbone, utilisant par exemple des piles à combustible¹⁰.



a. Le GNL

Le gaz naturel liquéfié (GNL) se forme lorsque le gaz naturel est refroidi à -160°C . Le volume occupé par le gaz est réduit par 600. Le stockage devient plus facile et plus sûr : à l'état liquide, le GNL n'est pas explosif et ne s'enflamme pas. Il est transportable par voie maritime. Le gaz naturel peut être comprimé (GNC) sous haute pression. Si le gaz est utilisé sous cette forme pour des transports terrestres et notamment les poids lourds, il n'y a que très peu de projets maritimes avec du GNC¹¹, essentiellement pour des questions de volumes de stockage, deux fois plus important par rapport au GNL.

L'utilisation d'un moteur à gaz uniquement peut réduire les émissions de SOx et de particules de près de 100 % par rapport au fioul classique¹². La réduction du CO2 est de l'ordre de 15% par rapport au fioul lourd (HFO) contre 20 à 25% annoncés initialement. Cependant, la manutention et la combustion du

¹⁰ STOPFORD, Martin. Coronavirus, Climate Change & Smart Shipping THREE MARITIME SCENARIOS 2020 – 2050. 2020.

¹¹ Quelques projets pour des bateaux de pêche existent, notamment en Italie. Le GNC peut être intéressant pour des petites unités.

¹² OMI. Methanol as marine fuel: environmental benefits, technology readiness, and economic feasibility, Air pollution and energy efficiency study series, No. 5, International Maritime Organization (IMO), London, 2016.

GNL implique le rejet de méthane non brûlé, également appelé « méthane slip », qui peut diminuer ses avantages environnementaux globaux en fonction du volume des émissions de méthane. Les expertises menées ont cependant montré que ce phénomène pouvait être considérablement réduit en utilisant des motorisations (moteur à quatre temps, haute pression, vitesse lente) permettant de réduire fortement les imbrûlés.

En 2020, l'utilisation de navires fonctionnant au GNL reste assez marginale, mais elle est en augmentation. En 2017, le nombre effectif était de 117 navires GNL en service¹³, essentiellement en Europe du Nord. A cela peuvent, il faut ajouter 114 navires adaptables au GNL¹⁴ (LNG-ready). Ce nombre s'élève à 170 navires GNL en 2019 pour 184 unités en construction, à quoi il faut ajouter 141 navires « LNG-ready ». L'adoption progressive du GNL comme carburant maritime démontre qu'un frein à la transition énergétique du transport maritime sera la lenteur de la transformation de la flotte. Un fournisseur de carburant a besoin d'un client avant d'engager des financements conséquents dans ses réseaux, mais dans le même temps, un armateur a besoin de garanties en avitaillement avant de s'engager dans la commande d'un navire.

Le biogaz se distingue du gaz naturel uniquement par son origine. Le gaz naturel est une énergie fossile disponible en quantité finie, le biogaz, en revanche, est produit en quelques jours dans des conditions anaérobies à partir de déchets organiques. C'est une énergie renouvelable qui peut être traitée et injectée dans le réseau gazier. Pour que le gaz soit utilisable dans le maritime, il doit être liquéfié, hors en Europe, il n'y a pas d'installation de liquéfaction de gaz. D'autre part, un développement trop important des méthaniseurs pourrait conduire à l'accaparement des terres agricoles pour la production d'énergie au détriment de l'alimentation, les déchets organiques ne suffisant plus. L'Allemagne est confrontée à cette problématique avec près de 7 % de ses surfaces agricoles dédiées à la méthanisation.

Compte tenu des effets négatifs du GNL en raison de ses émissions de méthane et des avantages relatifs en matière de CO₂, le GNL est considéré dans le cadre du transport maritime comme un carburant de transition. Il est donc important de veiller à ce que les plans d'investissement dans les infrastructures de GNL puissent être justifiés et éventuellement convertis pour l'utilisation de carburants de substitution à long terme.

b. Le méthanol

Le méthanol vert est un carburant neutre d'un point de vue carbone. Aujourd'hui, la majeure partie du méthanol est produite à partir du gaz naturel et présente un potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'environ 25 % par rapport au HFO, de 99 % pour les SO_x, de 60 % pour les NO_x et de 95 % pour les particules (PM). Toutefois, le méthanol peut également être produit à partir de ressources énergétiques renouvelables, telles que le captage du CO₂, les déchets industriels, les déchets municipaux ou la biomasse, ce qui réduit considérablement son impact sur l'effet de serre. Le méthanol peut être utilisé dans les moteurs à combustion dont la plupart des navires sont déjà équipés, car il est similaire aux carburants actuels à plusieurs égards. La réglementation est peu contraignante, c'est un carburant plus sûr que les carburants classiques ou le GNL.

Le FIT indique que la Suède a été à l'avant-garde du développement de navires fonctionnant au méthanol. Un projet pilote a été lancé, avec le soutien du programme des autoroutes de la mer de l'UE, pour convertir un navire RoPax en navire méthanier et assurer le soutage ainsi que d'autres installations

¹³ BEYER, Antoine et LOPRETE, Mariantonia. Les enjeux portuaires de l'adoption du GNL comme carburant Contextes, projets et stratégies des acteurs portuaires Rapport d'étude pour la Fondation SEFACIL Responsable scientifique. 2019. Thèse de doctorat. Fondation Sefacil.

¹⁴ Un navire « LNG-ready » est un navire équipé d'une motorisation initiale au fuel mais conçu comme compatible avec une remotorisation GNL ultérieure, lorsque les conditions seront réunies pour un changement technique : la conversion au GNL un porte-conteneur de 15 000 EVP GNL ready de l'UASC a coûté 30 M\$. La transformation a pris 105 jours dans un chantier naval chinois indiquent Antoine Beyer et Mariantonia Loprete.

nécessaires dans les ports. Ce projet a conduit au développement du Stena Germanica, un grand ferry pour passagers et voitures opérant entre Göteborg et Kiel depuis 2015. C'est le premier navire fonctionnant au méthanol. Bien que la conversion ait coûté 22 millions d'euros, Stena s'attend à des réductions de coûts importantes, de l'ordre des deux tiers du coût une fois appliquées à plusieurs navires en même temps¹⁵.

Le Port d'Anvers a annoncé en 2020 un partenariat avec plusieurs acteurs dont ENGIE, visant à capter de dioxyde de carbone. Combiné à de l'hydrogène, ce CO₂ sera utilisé pour produire du méthanol qui servira notamment à l'avitaillement des remorqueurs du port. Ce projet permettra d'éviter l'émission de près de 8000 tonnes de CO₂ par an. La mise en opération de l'usine est prévue pour 2022.

c. Les biocarburants

Les biocarburants sont des combustibles produits à partir de matières organiques, telles que des matières végétales et des déchets animaux. Les biocarburants traditionnels comprennent la biomasse non transformée (par exemple le bois de chauffage), tandis que les biocarburants avancés sont produits en extrayant les biocarburants de matériaux tels que le bois, les cultures et les déchets. Jusqu'à présent, les principales sources de biocarburants sont les sucres et les huiles d'origine végétale, comme le palmier, le soja et le colza¹⁶. Les biocarburants avancés offrent un potentiel élevé de réduction des émissions de CO₂. Selon leur qualité, leur type et leur façon dont la matière première biologique est traitée, on estime que les biocarburants sont capables de réduire les émissions de CO₂ entre 25 % et 100 % pour les très bons biocarburants. En outre, les biocarburants entraînent également de très faibles émissions de soufre.

Il est techniquement possible de produire des biocarburants marins compatibles avec les moteurs marins existants, les pipelines et les infrastructures de soute, de sorte que les coûts d'adaptation sont limités. Il est également possible de combiner des biocarburants avec d'autres carburants pour navires tels que les distillats marins.

Les biocarburants présentent plusieurs inconvénients. Tout d'abord, il faut être prudent lors de la sélection de certains types de biocarburants pour les applications marines, car certains biocarburants spécifiques ont tendance à s'oxyder lorsqu'ils sont stockés plus de six mois. Ensuite, l'offre de biocarburants pourrait être insuffisante pour alimenter l'ensemble de la flotte de navires. L'actuelle l'offre de biocarburants, qui se compose à la fois de biodiesel et de bioéthanol, ne peut couvrir qu'environ 15 % de la demande maritime d'après l'Agence internationale de l'énergie¹⁷. Cette estimation est basée sur les ressources actuellement disponibles. Un recours massif du transport maritime aux biocarburants pourrait conduire à un assèchement du marché routier. Un accroissement de la déforestation afin de cultiver de l'huile de palme serait alors à craindre. La poursuite de l'utilisation de ces carburants devrait être soumise à des critères de durabilité tenant compte des effets plus larges sur les ressources naturelles, les prix des denrées alimentaires et les conditions sociales.

L'entreprise néerlandaise GoodFuels a été la première à utiliser des biocarburants pour divers transports clients. ExxonMobil ou Statoil développent des carburants à partir d'algues. CMA-CGM en partenariat avec Ikea, the GoodShipping Program et le Port de Rotterdam, a également testé avec succès l'utilisation de biocarburants. En 2019, le CMA CGM White Shark a souté du fuel composé de résidus forestiers et d'huile usagée, permettant ainsi de réduire de 80 à 90% les émissions de CO₂ et supprimant quasi-intégralement les émissions de dioxyde de soufre (SO_x), sans avoir recours à un changement du moteur.

¹⁵ FIT. Reducing Shipping GHG Emissions: Lessons from Port-based incentives, International Transport Forum, OECD Publishing, Paris, 2018.

¹⁶ HSIEH, Chia-Wen, FELBY, Claus. Biofuels for the Marine Shipping Sector, An Overview and Analysis of Sector Infrastructure, Fuel Technologies and Regulations. Denmark: International Energy Agency Bioenergy, 2017, vol. 33.

¹⁷ PHILIBERT, Cédric. Renewable energy for industry. Paris: International Energy Agency, 2017.

A la suite de ces essais, CMA CGM a choisi l'entreprise Shell pour la fourniture de plusieurs dizaines de milliers de tonnes de biocarburant.

d. L'hydrogène et l'ammoniac

L'ammoniac et l'hydrogène sont deux carburants de rupture, potentiellement très intéressants puisqu'ils n'émettent aucun carbone, ou oxyde de soufre et seulement des quantités négligeables d'oxyde d'azote. Il semble que l'ammoniac et l'hydrogène soient les solutions à long terme, à horizon 2030-2050. Aujourd'hui ces carburants sont difficiles à manipuler par les armateurs, et demandent du travail réglementaire. Ils peuvent être utilisés comme carburant de manières différentes : soit dans des piles à combustible (PAC), soit en mélange avec des carburants diesels classiques (HFO) ; et enfin en remplacement du HFO dans les moteurs à combustion. Nous nous concentrons sur les possibilités de l'hydrogène et de l'ammoniac comme carburant pour la propulsion des navires, à la fois comme mélange et comme remplacement complet du HFO. Leur potentiel comme combustible pour les PAC est décrit dans la section dédiée.

L'hydrogène

Il existe deux techniques courantes pour produire de l'hydrogène : soit par reformage du méthane à la vapeur, soit par électrolyse de l'eau. Cette dernière a fait l'objet d'une plus grande attention en raison de son évolution technologique récente permettant d'utiliser les énergies renouvelables pour diviser l'eau en hydrogène et en oxygène. Bicer et Dincer¹⁸ indiquent que l'hydrogène obtenu par l'utilisation de l'énergie hydraulique peut produire 10 fois moins d'émissions de CO₂ que le HFO sur l'ensemble du cycle de vie. En outre, l'hydrogène utilisé en mélange avec le HFO (50 % du carburant total) peut réduire les émissions de CO₂ jusqu'à 43 % par tonnes-kilomètres.

L'hydrogène pourrait constituer une solution d'avenir, mais est handicapé par son volume environ 4 fois supérieur à celui du fuel lourd. L'utilisation de l'hydrogène en remplacement du carburant diesel conventionnel nécessite encore des recherches et le développement, notamment pour le rendre commercialement viable. La technologie n'est pas aujourd'hui mature. En outre, il reste à résoudre les problèmes de conception de la sécurité en ce qui concerne la volatilité du carburant. Beaucoup de travail est encore nécessaire pour avoir une réglementation sur ce type de produit. Enfin, l'hydrogène est aujourd'hui un produit coûteux.

Il n'existe pas de moteur thermique hydrogène fonctionnant en France : différentes expérimentations sont en cours de lancement en Europe, portées notamment par la CMB (Compagnie maritime belge). Concernant l'hydrogène liquide, Total indique que le sujet n'a pas été beaucoup exploré en France. De plus, il n'existe en Europe que quelques installations de liquéfaction de l'hydrogène, mais aucune en France. Or, pour éviter les pertes dans le transport, il est préférable que le lieu d'utilisation soit proche du lieu de production.

L'ammoniac

Le déploiement de l'ammoniac comme combustible marin est encore en phase de recherche et de développement, bien qu'il ait déjà été utilisé avec succès dans des installations terrestres, notamment pour l'alimentation des bus. L'ammoniac est déjà utilisé pour la réfrigération dans les navires de pêche, et les fabricants de moteur font des tests avec un mélange fioul ammoniac, mélange bien connu car utilisé pendant la 2nd guerre mondiale.

L'avantage de l'ammoniac par rapport à l'hydrogène est sa forme liquide, qui permet de stocker davantage d'hydrogène par mètre cube que dans l'hydrogène liquide et sans qu'il soit nécessaire de

¹⁸ BICER, Yusuf et DINCER, Ibrahim. Clean fuel options with hydrogen for sea transportation: a life cycle approach. International Journal of Hydrogen Energy, 2018, vol. 43, no 2, p. 1179-1193.

recourir à la cryogénie¹⁹, ce qui en fait un « vecteur » d'hydrogène approprié. Un autre avantage est qu'il peut être stocké à une température (-33,4 °C) qui est plus facile à entretenir que l'hydrogène (-252,9 °C). Enfin, d'après un rapport de la société de classification Korean Register (KR) intitulé « Forecasting the Alternative Marine Fuel »²⁰ il serait 32 % moins cher que l'hydrogène et 15 % moins cher que le méthanol. L'ammoniac présente néanmoins un inconvénient : un moteur a besoin d'air et de combustible pour libérer de l'énergie, qui définit le rendement du moteur. Un combustible est choisi par rapport à sa capacité calorifique, l'hydrogène est combustible très intéressant d'un point de vue énergétique, l'ammoniac au contraire à un rendement faible.

L'étude d'évaluation du cycle de vie réalisée par Bicer et Dincer²¹ montre que lorsque l'ammoniac est utilisé comme double combustible avec du mazout lourd, il permet une réduction de 27 % des émissions de CO₂ par tonne-kilomètre dans le cycle de vie global. En outre, l'ammoniac produit par l'énergie éolienne utilisé comme double combustible - où 50 % d'ammoniac est utilisé en combinaison avec 50 % de HFO - peut réduire les émissions totales de CO₂ du cycle de vie jusqu'à 34,5 % par tonne-kilomètre. Cela signifie que l'ammoniac peut offrir une solution attrayante à court terme dans des configurations à double combustible avec une viabilité commerciale raisonnable. En outre, le développement de l'ammoniac comme complément ou remplacement du mazout lourd peut également offrir une alternative prometteuse pour réduire les émissions de CO₂ à long terme.

Tout comme l'hydrogène, les méthodes de production d'ammoniac ont considérablement progressé ces dernières années. Cela est dû en partie au fait que l'ammoniac est un produit largement commercialisé dans le monde entier et utilisé principalement comme engrais. Il existe déjà une importante infrastructure de chargement portuaire, une expérience de la manutention et un savoir-faire en matière de sécurité. Bien que la production soit théoriquement possible dans tous les pays, la Chine produit actuellement environ 31 % du total mondial d'ammoniac, suivie par la Russie (8,7 %), l'Inde (7,3 %) et les États-Unis (7 %) ²². Comme pour l'hydrogène, il semble nécessaire aujourd'hui d'expérimenter l'utilisation de l'ammoniac dans des moteurs thermiques adaptés. Des analyses de risques environnementales doivent être intégrées.

L'ammoniac entre dans une phase de tests à plus grande échelle afin de valider ses propriétés de combustion en tant que carburant possiblement décarboné. Au cours du premier trimestre 2021, le fabricant finlandais Wärtsilä conduit une batterie de test dans les installations d'essai du Sustainable Energy Catapult Centre à Stord en Norvège. Des travaux sont parallèlement en cours sur des systèmes de stockage et de distribution dans le but d'en sécuriser l'usage pour ceux qui auront à manipuler l'ammoniac. L'essai est soutenu par des fonds (2 M\$) du Conseil norvégien de la recherche. MISC, Samsung Heavy Industries, Lloyd's Register et MAN priorisent aussi l'ammoniac. Ils se sont associés en janvier 2020. Aucune précision n'a été donnée sur les contours de cette nouvelle association, si ce n'est qu'elle ait fixé l'ammoniac comme la priorité de sa R&D. Les deux grands constructeurs navals sud-coréens, DSME et SSI travaillent également au sein de coalitions sur le développement d'un navire de vrac liquide à ammoniac.

e. Les piles à combustibles

Les piles à combustibles (PAC) permettent de produire de l'énergie électrique via une réaction chimique, sans qu'il n'y ait de combustion. Les piles à combustible peuvent être utilisées avec différents types de combustibles, tels que l'hydrogène, le méthanol, le GNL, ou l'ammoniac.

¹⁹ La cryogénie est la production et l'étude des températures inférieures à -150°C.

²⁰ KR. Forecasting the Alternative Marine Fuel. 2020.

²¹ BICER, Yusuf et DINCER, Ibrahim. Clean fuel options with hydrogen for sea transportation: a life cycle approach. International Journal of Hydrogen Energy, 2018, vol. 43, no 2, p. 1179-1193.

²² SUMMARIES, USGS Mineral Commodity. United States Geological Survey, 2018.

Les technologies les plus prometteuses sont la pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) fonctionnant à l'hydrogène, la PEMFC haute température et la pile à combustible à oxyde solide (SOFC)²³. La PEMFC est actuellement la technologie la plus mature. La SOFC a encore un coût relativement élevé par rapport aux autres piles à combustible qui pourrait toutefois être réduit grâce à une utilisation plus large de la technologie.

Si la PAC est alimentée à l'hydrogène, le seul produit d'échappement est l'eau. Bien que la combustion de l'hydrogène ne libère pas de CO₂, les émissions indirectes doivent être prises en compte, en particuliers lors de la fabrication des carburants²⁴. L'hydrogène vert produite à partir d'énergies renouvelables serait la solution la plus durable dans ce contexte. L'efficacité énergétique est estimée à 50-60% pour les PEMFC et 60% pour les SOFC (85% avec l'utilisation de la récupération de chaleur). Malgré leurs avantages, les piles à combustible ont encore une faible maturité, sont coûteuses et encombrantes. Si elles sont utilisées avec de l'hydrogène, la faible densité énergétique nécessite des réservoirs de carburant très volumineux, ce qui augmente le coût d'investissement et réduit l'espace de chargement. Les règlements de l'OMI sont actuellement en cours d'adaptation pour anticiper les futures utilisations de piles à combustible dans le transport maritime. Différents gouvernements ont commencé à développer des infrastructures pour l'hydrogène (Japon, Union européenne), ou encouragent la recherche sur les piles à combustible (par exemple, l'Allemagne).

La puissance des PAC est limitée à 2 MW : les navires actuellement en expérimentation utilisent des PAC de quelques centaines de kW. Les PAC supportent cependant mal la présence de sel et de particules dans l'air ce qui entraîne un vieillissement prématuré. Il semble donc nécessaire aujourd'hui de travailler à fabriquer des PAC plus puissantes, de documenter la durée de vie des différents types de PAC et, en parallèle d'expérimenter l'utilisation de l'hydrogène dans des moteurs thermiques adaptés.

La Norvège testera en 2024 un navire circulant à l'ammoniac sur longue distance, sans émission de CO₂, et ce à l'aide de piles à combustion fonctionnant grâce à de l'ammoniac vert. Le coût de la transformation du Viking Energy est estimé à 23 millions d'euros. Le navire sera équipé d'une pile à combustion à l'ammoniac de 2 MW. Le système d'approvisionnement à l'ammoniac doit être livré par l'entreprise finlandaise Wärtsilä et installé fin 2023 sur le navire.

Hydrogène de France (HDF) a signé un accord avec ABB pour fabriquer ensemble des piles à combustible de forte puissance adaptées aux applications marines embarquées. Les 2 entités travailleront sur l'adaptation et l'industrialisation de piles à combustible de plus de 1 MW dédiées aux grands navires. Ce système sera fabriqué dans l'usine HDF Industry à Bordeaux. Un démonstrateur de pile à combustible de type SOFC sera intégré au navire de croisière MSC Europa des Chantiers de l'Atlantique en 2022. Ce projet est financé par l'ADEME. Le choix de la technologie SOFC, qui fonctionne à haute température, a été motivé par la possibilité d'alimenter cette pile par de multiples combustibles (méthane, méthanol, ammoniac, hydrogène...), permettant ainsi s'adapter aux combustibles verts de demain. Le navire sera dans un premier temps alimentée par du Gaz Naturel Liquéfié (GNL). D'autre part, la pile SOFC affiche un meilleur rendement électrique que les moteurs à combustion interne classique (rendement visé de 60%), et produit simultanément de la chaleur qui peut être valorisée pour divers usages du bateau de croisière (par exemple l'eau chaude sanitaire). Si elle était utilisée pour produire la totalité de l'électricité nécessaire au bateau à partir de GNL, cette technologie permettrait de réduire de l'ordre de 30 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux moteurs classiques à GNL, sans rejeter ni oxyde d'azote, ni oxyde de soufre, ni particules fines.

²³ TRONSTAD, Tomas, ÅSTRAND, Hanne Høgmoen, HAUGOM, Gerd Petra, et al. Study on the use of fuel cells in shipping. European Maritime Safety Agency, 2017.

²⁴ GILBERT, Paul, BOWS-LARKIN, Alice, MANDER, Sarah, et al. Technologies for the high seas: meeting the climate challenge. Carbon Management, 2014, vol. 5, no 4, p. 447-461.



Illustration 8 : Grand port maritime de la Guadeloupe – Source : crédit PAP Guadeloupe port Caraïbes

3 Mesures envisagées pour les ports

Annexe 2-Mesures de politique publique applicables à la prospective des trafics maritimes et portuaires DGITM-octobre 2020

« Débattre de la combinaison retenue de mesures normatives internationales et européennes voire nationales pour réduire la consommation énergétique et le niveau de leurs émissions, y compris le rythme d'extension des zones SECA ; NECA ; ECA »

Diverses mesures normatives et incitatives pourront conduire à réduire la consommation énergétique et le niveau des émissions dans le transport maritime de marchandises. Ces mesures peuvent être prises à plusieurs échelles : internationale, européenne et nationale.

Au niveau **international**, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en tant qu'institution spécialisée des Nations Unies, est l'autorité mondiale chargée d'établir des normes (standards) pour la sécurité, la sûreté et la performance environnementale des transports maritimes internationaux. Elle a pour rôle principal de créer à l'intention de ce secteur un cadre réglementaire qui soit équitable et efficace, puis adopté et mis en œuvre de manière universelle. Les transports maritimes sont un secteur à caractère international qui ne peut être exploité efficacement que si les normes et réglementations sont elles-mêmes approuvées, adoptées et mises en œuvre au niveau international. L'OMI est l'instance au sein de laquelle se déroule ce processus.

L'avantages des réglementations issues de l'organisation est le traitement équitable des navires quel que soit leur pavillon et la reconnaissance quasi universelle des référentiels de contrôle opposables par les États du port, afin de leur permettre de lutter contre les navires sous normes et les risques de pollution. L'OMI peut, à la demande des États riverains, valider des mesures opposables à tous les pavillons fréquentant cette zone. C'est le cas par exemple des zones ECA (SECA et NECA), des dispositifs de séparation du trafic ou des ZMPV. Tous les textes de l'OMI faisant l'objet de débats et de négociations ont l'inconvénient de nécessiter un très long processus de discussions avant adoption et entrée en vigueur

Les mesures **régionales** dans l'UE sont essentiellement le résultat de directives ou règlements européens. Ces textes peuvent imposer des mesures spécifiques ou renforcer des réglementations de l'OMI déjà existantes. C'est le cas par exemple de l'obligation de consommer du combustible à 0,1 % de taux de soufres au bout de deux heures d'escale dans un port de l'UE. Ces mesures permettent d'anticiper des travaux de l'OMI ou inciter à les généraliser. Le risque de fuite vers des ports non UE limitrophes peut être un risque pour la compétitivité de places portuaires qui s'est accentué avec le Brexit.

Les mesures **nationales** sont généralement destinées à la flotte captive ou exploitée dans les eaux territoriales. Elles peuvent permettre de renforcer les mesures internationales, d'en étendre le champ ou d'harmoniser leur interprétation. Ces mesures peuvent être prises unilatéralement, à titre d'exemple on a récemment vu de nombreux ports à travers le Monde interdire l'utilisation de scrubbers à boucle ouverte dans leurs zones de compétence. Les mesures nationales peuvent permettre compte tenu de leur spécificité et de la quasi-obligation d'utiliser la langue française, dans certain cas, de favoriser le pavillon français ou la construction navale dans des chantiers français en les rendant plus performants par rapport à leurs concurrents étrangers.

I – Mesures internationales et européennes

À l'échelle internationale, les mesures qui seront prises au sein de l'OMI – ou au niveau de l'Union européenne si une adoption au niveau de l'OMI n'était pas possible – auront un impact sur la flotte française et seront déterminantes dans cet exercice de prospective.

La stratégie initiale de réductions des émissions de GES des navires de l'OMI comprend des objectifs ambitieux qui sont les suivants :

- Plafonner les émissions de GES du transport maritime international dès que possible ;

- Réduire d'au moins 40% les émissions de GES par activité de transport (objectif relatif) en 2030 par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour atteindre 70% en 2050
- Réduire d'au moins 50% le volume total des émissions de GES du transport maritime (objectif absolu) par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour les éliminer totalement au cours de ce siècle

A ces objectifs correspondent un calendrier :

- Des mesures de court terme doivent être adoptées et si possible mises en application avant 2023.
- Des mesures de moyen terme (parmi lesquelles des mesures basées sur le marché telles que l'ETS) doivent être adoptées et si possible mises en application entre 2023 et 2050 ;
- Des mesures de long terme doivent être adoptées et si possible mises en application après 2050 ;

En outre il est prévu que la stratégie soit révisée en 2023.

• **Fixation d'objectifs et/ou régulation des émissions de GES: notamment mesures de 2023 :**

- Réduire d'au moins 40% les émissions de GES par activité de transport (objectif relatif) en 2030 par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour atteindre 70% en 2050
- Réduire d'au moins 50% le volume total des émissions de GES du transport maritime (objectif absolu) par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour les éliminer totalement au cours de ce siècle.
- Soumission française en cours à l'OMI pour rendre rapidement obligatoire des mesures techniques et opérationnelles notamment un index d'intensité carbone pour tous les navires (neufs et existants)

• **Fixation d'objectifs et/ou régulation des émissions de SOx, Nox, particules fines : notamment zones SECA/NECA/ECA**

L'objectif est de généraliser les zones ECA en Méditerranée, dans les eaux européennes et aux Antilles. Dans un premier temps le chantier initié par la DAM pour ECAMED a bénéficié d'une déclaration ministérielle signée fin 2019 par les pays riverains de cette mer avec intention de déposer une demande de zone SECA MED en 2022 devant l'OMI et de continuer à travailler pour une zone NECAMED.

Les Zones ECA Atlantiques et Caraïbes seront à envisager à l'appui d'études qui restent à financer et de négociations avec les pays concernés. Entre 2023 et 2030.

• **Fixation d'objectifs de réduction des consommations énergétiques**

Sans qu'il n'existe une solution unique pour tous les navires, les objectifs affichés dans la stratégie de l'OMI de moins 40 % et moins 70 % par rapport à 2008, imposeront le recours à diverses technologies (vélique, H2, Ammoniac, biocarburants, GTL, réduction de vitesse, etc..) qui permettront de réduire l'impact environnemental pour atteindre les objectifs.

• **Interdiction de certaines formes de motorisations ou de carburant ou introduction de bonus/malus**

Avec l'entrée en vigueur de Global Cap depuis le 01/01/2020 (combustible à 0,5 % de soufre maxi) et la généralisation des zones ECA on peut imaginer que la prochaine étape des objectifs de l'OMI dans les 10 prochaines années pourrait être un Global Cap à 0,1 %. L'interdiction de certain type de moteur pour les navires neufs, déjà en vigueur dans les zones NECA (moteur OMI tier III seuls autorisés) pourrait être généralisée.

• **Obligation d'introduction de carburants verts ou neutres en carbone**

Les soutes des navires se plaçant dans un marché mondial, seule une mesure OMI permettrait une telle obligation. Cette mesure a peu de chance d'aboutir. Les objectifs 2030 et 2050 seront mis en avant et permettent un recours à cette solution.

- **Limitation des vitesses des navires**

Une soumission française sur le sujet a été faite en 2018 et a été rejetée. Cette solution est adaptée uniquement à certain type de navires et d'exploitation qui ne manqueront pas de la saisir pour atteindre les objectifs 2030 et 2050.

- **Taxe carbone avec demande d'intégration dans un fonds R et D**

Une taxe carbone est un impôt environnemental direct, proportionnel aux quantités de dioxyde de carbone (CO₂) émises. Les émissions des navires seraient taxées et le produit affecté à un fonds mondial de recherche géré par l'organisation maritime internationale. L'horizon serait le moyen terme de la feuille de route de réduction des GES de l'OMI (après 2030). L'impact peut être bénéfique, en particulier si le montant de la taxe est progressivement augmenté pour imposer aux acteurs de privilégier des nouveaux modes de propulsion. Les freins sont la difficulté à mettre en place un système mondial avec des possibilités d'acheter du carburant sans s'acquitter de la taxe ou de s'acquitter de la taxe sans que ce pays reverse le produit au fonds.

- **Système d'échange de quotas d'émissions (SEQE-UE)**

La Commission a proposé dans le cadre du Pacte vert d'étendre l'ETS au secteur maritime, sans préciser à ce stade les modalités. La Commission environnement du Parlement européen a adopté le 7 juillet un rapport législatif proposant notamment l'inclusion du transport maritime dans le système d'échange de quotas d'émission de l'UE à partir du 1er janvier 2022, Ce rapport sera soumis au vote de plénière en septembre.

Une intégration du transport maritime dans l'EU ETS suppose la détermination d'un certain nombre de paramètres (périmètre couvert, liens avec le reste de l'ETS, plafond d'émission, méthode d'allocation des quotas, utilisation des revenus, etc.).

Concernant le périmètre couvert, plusieurs possibilités pourraient être sur la table : ETS maritime limité aux trafics intra-UE, ou périmètre identique au périmètre du MRV maritime (trajets intra-UE, trajets entre le dernier port non-UE touché et le 1er port UE, et trajets entre le dernier port UE touché et le 1er port non-UE). Concernant l'allocation des quotas, il pourrait être envisagé une allocation gratuite pour les lignes assurant les dessertes insulaires et la continuité territoriale de l'UE. Pour les autres services maritimes, les quotas seraient mis aux enchères, générant des revenus

En tout état de cause, le projet d'ETS au niveau européen doit être articulé avec les négociations à l'Organisation maritime internationale (OMI) alors que l'influence de la France dans les négociations internationales a permis de les tirer vers le haut. L'enjeu doit être appréhendé dans sa globalité et favoriser en priorité un mécanisme international et, en cas d'échec, un mécanisme européen. L'approche et les négociations au niveau communautaire représentent un aiguillon pour le niveau international. Le calendrier des prochains mois sera déterminant.

- **Garantie éco-conditionnelle pour les banques**

Les travaux menés entre la Banque européenne d'investissement (BEI), et les autorités françaises ont permis d'élaborer un nouvel instrument de garantie (« Green Shipping Guarantee » - GSG) pour favoriser l'investissement dans une flotte de commerce plus efficace sur le plan environnemental dans le contexte de la transition écologique.

A ce titre, le produit financier de la BEI présente les caractéristiques suivantes :

- il s'agit d'un instrument de garantie en faveur des banques nationales qui soutiennent les investissements de verdissement des navires : la garantie apportée par la BEI permettra de rehausser la qualité du crédit accordé et de mobiliser les capitaux privés. La garantie peut prendre la forme

d'une dette senior (remboursement prioritaire) ou d'une dette subordonnée ;

- l'instrument concerne la construction de navires neufs et l'installation d'équipements « verts » pour les navires existants ;
- le taux de garantie est de 50% de la dette pour les navires neufs et de 100% de la dette pour les navires existants ;
- l'enveloppe budgétaire est de 750 M€ : 150 M€ pour la phase pilote (en France, aux Pays-Bas et en Suède) avec le soutien du Mécanisme pour l'interconnexion en Europe, puis 500 M€ pour étendre le produit à l'ensemble des Etats membres.

Ce programme a permis la signature d'accords-cadres entre la Banque européenne d'investissement et des banques européennes dont des établissements français. Le financement de projets verts en donc facilité.

II – Mesures nationales

À l'échelle nationale, deux grands modes d'intervention sont actuellement en vigueur ou envisageables à horizon 2060 : via des leviers financiers – fiscaux ou budgétaires – ou des leviers réglementaires. Ces deux types de leviers sont aujourd'hui nécessaires pour concrétiser la stratégie française en matière de transport maritime.

A. LEVIERS FINANCIERS

• Taxe au tonnage

Les sociétés dont le chiffre d'affaires provient pour 75 % au moins de l'exploitation de navires armés au commerce peuvent, sur option, être soumises au régime dit de la taxe au tonnage. Ces entreprises voient leur impôt calculé, de façon forfaitaire, non sur la base de leur bénéfice, mais en fonction du tonnage net exploité sous pavillon communautaire.

Ce régime découle des règles de l'article 209-0 B du code général des impôts (CGI) qui dispose que cette option pour la taxation au tonnage n'est valable que si l'entreprise :

- exploite sous pavillon d'un État membre de l'Union européenne (UE) ou d'un autre État partie à l'accord sur l'Espace économique européen (EEE) une proportion de tonnage net au moins égale à 25 % ;
- s'engage à maintenir ou à augmenter, au cours de la période d'application du régime, la proportion de tonnage net qu'elle exploite sous ces pavillons à la date d'ouverture du premier exercice de la période décennale couverte par l'option.

Le résultat imposable est déterminé par application, par jour, et par navire, d'un barème dégressif.

Il s'agit d'un mécanisme généralisé dans l'ensemble des Etats maritimes pour assurer la compétitivité des armateurs.

• Financement des navires sous le régime de l'article 39 C

Le régime de déductibilité fiscale des amortissements est prévu par l'article 39 C du code général des impôts et s'effectue dans un schéma de financement de navire en crédit-bail (« tax lease »). Il permet principalement la possibilité de créer du déficit fiscal afin de favoriser les investissements.

Le « GIE fiscal », mis en place en 1997, était couramment utilisé jusqu'en 2005 pour le financement des flottes de navires sous forme de crédit-bail. Ce régime dérogatoire, jugé non conforme au regard de la réglementation européenne sur les aides d'Etat, a été supprimé.

Désormais, le régime de droit commun de déductibilité fiscale des amortissements (art. 39 C du code général des impôts) s'applique depuis le 1^{er} janvier 2007 avec, en outre, un traitement fiscal favorable des plus-values de cession.

Ce système, bien ancré dans la loi française, est jugé très pertinent par les armateurs car il leur permet de poursuivre leurs investissements sur des bases régulières, ce qui permet un renouvellement de la flotte.

• Suramortissement

La loi de finances pour 2019 avait mis en place un mécanisme de suramortissement destiné aux navires verts. Toutefois, ce mécanisme devait être validé par la Commission européenne au titre des aides d'État. Suite aux échanges entre celle-ci et les autorités françaises, le dispositif a été ajusté lors par la loi de finances 2021. Le mécanisme est désormais pleinement opérationnel et peut être utilisé.

Il octroie un avantage fiscal dérogatoire au droit commun en faveur des investissements favorables à l'environnement sur les navires. Cela vise les propulsions décarbonées mais également celles qui sont moins polluantes. Il constitue aussi un encouragement aux compléments décarbonés des propulsions (kyte, vélisque complémentaire) et au traitement des émissions polluantes (scrubbers).

Il n'a pas de borne temporelle mais il pourra être pérennisé en cas de succès ou modifié si les conditions le nécessitent.

- **Exonérations de charge**

Le code des transports prévoyait, dans sa version antérieure à la loi du 20 juin 2016 pour l'économie bleue, une exonération de cotisations employeurs « maladie et vieillesse » pour les entreprises d'armement maritime employant des marins affiliés au régime spécifique de sécurité sociale des marins (ENIM) embarqués à bord de navires battant pavillon français affectés à des activités de transport soumises à la concurrence internationale.

Cette exonération avait ensuite été étendue aux cotisations « famille et chômage » pour les équipages employés par les entreprises d'armement maritime à bord de navires de transports et de passagers battant pavillon français et exploités à titre principal en situation de concurrence internationale.

Enfin, la loi n° 2016-816 du 20 juin 2016 pour l'économie bleue a étendu le bénéfice de ces dernières exonérations aux entreprises exploitant des navires de transports de fret et de service. Afin de respecter le droit de l'Union européenne, ce dispositif devait être étendu aux navires battant pavillon européen à condition qu'ils soient dirigés depuis un établissement stable sur le territoire français et emploient un pourcentage minimal (25%) de marins communautaires.

Il s'agit d'un mécanisme qui permet d'améliorer la compétitivité des armateurs.

- **Soutien financier au GNL**

En matière de soutien aux projets GNL français, l'État travaille sur l'adaptation de la réglementation européenne et nationale afin de créer un marché GNL français attractif tout en garantissant la plus grande sécurité aux opérateurs. Un autre enjeu majeur pour le développement de projets GNL est le financement à l'investissement pour lequel l'accompagnement des porteurs de projets et la recherche des fonds pertinents ont été renforcés. Ainsi, à titre d'exemple, le ministère s'est engagé, depuis 2015, aux côtés du port de Marseille et d'Elengy (principal opérateur de terminal méthanier en France) dans le projet européen, GAINN4MoS qui vise à soutenir les projets GNL portuaires et maritimes en Méditerranée.

B. LEVIERS RÉGLEMENTAIRES

- **Obligation de recourir à des transports 0 émission dans les appels d'offre publics ? (à l'instar de ce qui se fait en Norvège)**

Cela semble compliqué pour une application générale. En effet, les technologies zero émissions, c'est-à-dire H2 et électrique, ne sont pas encore matures et ne permettent pas dans tous les cas de garantir la performance attendue pour ces navires (à l'exception de la propulsion vélique). Or l'idée est quand même que ces navires naviguent normalement et remplissent les missions pour lesquels ils sont attendus. On est donc face à des problématiques de traitement au cas par cas au regard de l'évolution des technologies. Accessoirement, les technologies à mettre en œuvre imposent des surcoûts à la construction et à l'exploitation qui doivent être pris en compte. Sur ce point, il serait donc préférable d'imposer une étude et des clauses de marchés proposant des solutions permettant de réduire au maximum l'impact environnemental du navire compte tenu de l'exploitation attendue.

III – Mesures portuaires

A. LES PORTS DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

• Développement de l'électricité à quai

La question de la qualité de l'air dans les ports, souvent situés à proximité de zones urbanisées, est un enjeu de santé publique majeur. Ainsi, l'électricité à quai vise à réduire la pollution des zones côtières et fluviales émise par les moteurs des navires et bateaux en escale grâce à une connexion au réseau électrique terrestre pour répondre à leurs besoins énergétiques à quai (chauffage, éclairage, réfrigération...).

Dans ce domaine, le port de Marseille mène une politique ambitieuse puisque depuis 2016, il est le premier port français à proposer un branchement à quai destiné à des navires de commerce permettant aux 3 navires à passagers de la Méditerranée de stopper leurs moteurs en escale et donc de supprimer les émissions polluantes locales (particules, soufre, azote et dioxyde de carbone).

À un niveau national, dans le cadre de la directive 2014/94 dite « carburants alternatifs » qui exige l'élaboration, par chaque État membre, d'un cadre d'action national de déploiement d'infrastructures pour carburants alternatifs, l'État a réalisé, en 2016, une évaluation socio-économique sur l'opportunité d'installer des branchements à quai dans les ports français et identifié des priorités de déploiement.

Cependant, les contraintes économiques (absence de modèle économique) et techniques (fortes puissances électriques requises) freinent substantiellement le développement de cette technologie. Aussi, afin d'aider à la concrétisation de projets, l'État a lancé en juin 2017 une étude spécifique sur l'état du réseau électrique portuaire français et les solutions envisageables, économiquement et techniquement, par type de configuration portuaire.

• Développement de la filière GNL

Parmi les carburants alternatifs marins, le GNL se révèle être la solution la plus pertinente à long terme. Le GNL constitue la plus propre des énergies fossiles et la seule technologiquement et économiquement viable, aujourd'hui, pour le transport maritime longue distance. Il constitue une nouvelle opportunité dans le marché du soutage des navires et représente, pour les ports français engagés dans la concurrence internationale, un enjeu de compétitivité majeur.

Dans ce contexte, l'État est investi, depuis plusieurs années, auprès des acteurs économiques pour faire émerger la filière française. Ainsi, en 2012, a été créée une mission de coordination des actions ministérielles sur l'emploi du GNL pilotée par le CGEDD. Une plateforme d'échange réunissant les services du ministère concernés, les organisations professionnelles et plus de 50 entreprises a été mise en place accélérant la montée en compétence des acteurs, le partage de connaissances et l'émergence de projets en France.

Aux mêmes fins, l'État a développé, entre 2014 et 2016, une stratégie nationale de déploiement des infrastructures de GNL au détail dans les ports français afin de coordonner les actions au niveau national et de proposer une offre pertinente et rentable. Ainsi, un premier document de préfiguration de la stratégie nationale a été publié en décembre 2016, le schéma national d'orientation pour le déploiement du GNL comme carburant marin puis, en février 2017 a été diffusé le cadre d'action pour carburants alternatif (évoqué précédemment) qui contient un volet GNL avec des objectifs de déploiement par port.

Désormais, alors que la France disposait déjà d'une expérience reconnue dans l'activité gazière avec des terminaux méthaniers sur ses trois façades maritimes, les ports de Marseille et Nantes offrent également des stations de distribution de GNL au détail (pour camions-citernes qui peuvent avitailler des navires) financées, en partie, grâce à des fonds européens du Mécanisme pour l'Interconnexion en Europe. Afin de compléter cette offre, des stations d'avitaillement maritimes (pour alimenter directement des navires avitailleurs) sont envisagées. Le port de Dunkerque qui compte également un terminal méthanier envisage également la construction de stations d'avitaillement.

En matière de soutien aux projets français, l'État travaille également sur l'adaptation de la réglementation européenne et nationale afin de créer un marché GNL français attractif tout en garantissant la plus grande sécurité aux opérateurs. Un autre enjeu majeur pour le développement de projets GNL est le financement à l'investissement pour lequel l'accompagnement des porteurs de projets et la recherche des fonds pertinents ont été renforcés. Ainsi, à titre d'exemple, le ministère s'est engagé, depuis 2015, aux côtés du port de Marseille et d'Elengy (principal opérateur de terminal méthanier en France) dans le projet européen,

GAINN4MoS qui vise à soutenir les projets GNL portuaires et maritimes en Méditerranée.

Enfin, dans la continuité des activités de la mission GNL qui s'est achevée fin 2016, les acteurs privés se sont mobilisés pour lancer, en avril 2017, une plateforme GNL qui rassemble tous les acteurs de la filière (fournisseurs d'énergie, ports, armateurs, équipementiers, opérateurs...) permet de poursuivre les activités de facilitation nécessaires à l'émergence de projets GNL. L'État s'est engagé à y apporter son concours.

- **Développement de l'hydrogène en zone portuaire**

De par leur concentration d'activités industrielles et les chaînes de valeur associées aux différents usages de l'hydrogène (production et distribution énergétiques, logistique, transports fluviaux, maritimes et terrestres, *process* industriels), les **zones portuaires sont des espaces propices** au développement de telles solutions. De plus, l'intégration de l'hydrogène constitue une opportunité pour développer de nouveaux modèles d'affaires, tout en contribuant à décarboner les activités industrialo-portuaires (objectif de neutralité carbone à 2050) et en mettant à disposition une énergie renouvelable et verte.

La filière hydrogène pour les mobilités maritimes et fluviales est en cours de construction. La filière porte plusieurs projets d'innovations majeurs, à l'instar des projets de développement de **piles à combustible**. Il y a une dizaine d'années, les projets pionniers en France (*Navibus* et *YeloH2*) reposaient sur des systèmes-piles limités à quelques kW seulement (5 à 10). Désormais, il est question de plusieurs centaines de kW, voire du MW. Il s'agit donc d'accompagner et d'accélérer cette montée en puissance, en étant capable de répondre aux questionnements des acteurs du fluvial et du maritime.

Il s'agit également d'assurer une place aux acteurs industriels français dans cette révolution des motorisations. Architectes, systémiers/motoristes, équipementiers, intégrateurs/chantiers, fournisseurs de composants, centres de recherche et d'innovation : la France dispose d'atouts importants pour prendre une position de premier plan au niveau mondial. Pour cela, il convient « **d'aligner** » **l'ensemble de la chaîne de valeur** et d'offrir suffisamment de visibilité à chacun des acteurs pour assurer l'investissement dans des outils d'industrialisation capables de répondre à cette demande nouvelle. D'autant plus que les projets hydrogène s'inscrivent dans une dimension écosystémique forte, associant la production d'hydrogène, la conception des navires, de même que leurs usages.

- **Réduction des consommations énergétiques et des déchets**

Cela peut se faire via par exemple l'écologie industrielle et territoriale ou l'économie circulaire comme le projet PIICTO du Grand Port Maritime de Marseille, une plateforme d'écologie industrielle et d'économie circulaire

- **Production d'énergies renouvelables à quai (énergie solaire, éoliennes, énergies marines renouvelables...).**

À ce titre, le Grand Port Maritime de Guyane qui prévoit l'installation d'une centrale photovoltaïque sur l'un de ses nouveaux bâtiments a récemment été désigné, par le ministre Nicolas Hulot, lauréat de l'appel d'offres de la Commission de Régulation de l'Énergie portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en autoconsommation. D'autres ports (La Rochelle, Rouen, Bordeaux...) se sont également lancés dans la solarisation du bâti portuaire.

- **Développement des transports propres via le report modal**

C'est-à-dire tout ce qui concourt (infrastructures et services offerts) aux développements des transports massifiés, ferroviaires et fluviaux. Ainsi, entre 2015 et 2016, sous l'impulsion du secrétaire d'État chargé des Transports, de la Mer, et de la Pêche, a été menée, sur la place portuaire de Dunkerque, une expérimentation, désormais pérennisée, visant à supprimer le surcoût de manutention fluviale, supporté par les seuls opérateurs fluviaux, qui nuisait fortement à leur activité. Dans le cadre de la remise à plat du dispositif d'aide à la pince, l'État et les ports poursuivent leurs réflexions pour trouver les solutions d'amélioration de la compétitivité du transport fluvial.

PLAN « QUAIS SANS FUMÉES »

Les navires participent à la pollution atmosphérique en émettant notamment des oxydes de soufre, des oxydes d'azote et des particules fines. Bien qu'en cours de renforcement, la réglementation applicable, internationale et européenne, n'est pas à même au niveau d'exigence que celle relative aux transports terrestres ou à l'industrie.

L'opinion publique et les élus locaux des villes littorales et portuaires s'émeuvent de ces émissions et demandent à ce que soient prises des mesures pour répondre à leurs inquiétudes.

Pour répondre à ces attentes, un **plan « quais sans fumées »** a été élaboré afin de proposer des **mesures concrètes applicables dès la fin de l'année 2019** portant à la fois sur le renforcement de la réglementation et des contrôles que sur la création d'un cadre favorable à la transition énergétique du transport maritime et des ports, la promotion des innovations technologiques de propulsion vertueuses en termes d'émissions de GES et de polluants.

Le plan promeut une approche globale en attaquant le problème sous deux angles :

- **Verdissement des navires eux-mêmes** : comment inciter les armateurs à transiter vers des équipements et des comportements vertueux ;
- **Développement des services de fournitures d'énergies alternatives proposés par les ports** : comment s'assurer que les navires peuvent s'avitailer en énergie propre et/ou se brancher au réseau électrique quand ils sont à quai.

B. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT EN COURS OU À L'ÉTUDE POUR LES PORTS

Mesures d'ordre fiscal

- Application d'un **tarif réduit de Taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité** (TICFE - 0,5€/MWh au lieu de 22,5€/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai - autre que ceux utilisés pour la navigation de plaisance privée. Cette mesure a été approuvée dans le cadre de la LFI pour 2020. Les discussions sont en cours avec la Commission européenne pour valider le principe de ce tarif réduit et les modalités de sa mise en œuvre, conformément aux dispositions de la directive 2003/96/CE du 27 octobre 2003 restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité;
- Création d'un **barème d'imposition forfaitaire** sur les entreprises de réseaux (IFER) sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100.000 m3 - à l'étude.

Aides financières

- **Soutien des frais de raccordement au réseau** via le Tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE) - à l'étude;
- Mise en place d'un **Certificat d'économie d'énergie (CEE) pour le branchement électrique des bateaux et navires à quai**. Ce CEE et la Fiche d'opération standardisée (FOS) attachée ont été officiellement créés par arrêté ministériel en date du 24 juillet 2020;
- Inscription dans la prochaine génération des **Contrats de plan Etat-Régions (CPER)** de projets structurants sur la transition écologique des ports;
- **Financements européens – Mécanisme d'interconnexion pour l'Europe (MIE)** notamment. Plusieurs grands ports maritimes ont récemment été désignés lauréats d'appel à projets "transition écologique" lancés dans le cadre du MIE - exemple du GPM de Bordeaux qui porte un projet de réemploi d'hydrogène sur la zone industrialo-portuaire.

Soutiens réglementaires

- Création du **nouveau statut d'opérateur d'infrastructures de recharge et de fourniture d'énergie** par

la Loi du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités (LOM);

- Révision en début 2019 du règlement pour la manutention des marchandises dangereuses permettant de prendre en compte la **manutention du GNL** dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

Autres mesures d'accompagnement

- **Plan "transition écologique" des ports** intégré au plan stratégique: le plan de "transition écologique" intégrera également la stratégie de déploiement des carburant alternatifs et notamment l'électrification des quais d'ici 2026;
- **Analyse du modèle économique de la fourniture de carburants alternatifs** - besoin d'une analyse socio-économique sur l'opportunité et la faisabilité de déployer des solutions de déploiement dans les différentes places portuaires;
- **Projets de recherche et d'amélioration des connaissances** : le fonds air-mobilité finance actuellement deux projets qui cherchent à caractériser les particules émises par le trafic maritime et fluvial (Marseille et façade Atlantique);
- **Accompagnement par ENEDIS**: ENEDIS assure, au service des ports, l'accompagnement nécessaire pour identifier les besoins en termes de réseau électrique et mettre en œuvre les transformations/projet.



Illustration 9 : Navire méthanier dans le grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire - Source : Bernard Suard/Terra

4 Électricité à quai et GNL pour les ports

DGITM/DST/PTF
Version mai 2021

Prospective des mobilités 2040-2060
GT fret / Atelier « Transport maritime et portuaire » (TMP)
-
Fiche « électricité à quai » & « gaz naturel liquéfié (GNL) »
En annexe : Trois infographies

Adoptée en 2021 lors du dernier comité interministériel de la mer (CIMER), la **stratégie nationale portuaire** (SNP) prévoit que chaque GPM se dote d'une **feuille de route pour le déploiement de carburants alternatifs plus propres et de l'électricité à quai** à horizon 2025.

1. Etat des lieux de l'électricité à quai dans les ports français – Existant et projets

La fourniture d'électricité par les ports et le raccordement des navires à quai est l'une des solutions permettant de mettre en œuvre cette transition énergétique et **réduire les émissions générées de particules fines en zone urbaine**. Le branchement des navires aux réseaux d'alimentation électrique terrestres doit permettre d'assurer l'ensemble des **besoins énergétiques des navires à quai** (chauffage, climatisation, éclairage, équipements de manutention, treuils, ascenseurs, ventilation des zones de garage, cuisine, vapeur, etc.) et requiert de ce fait des puissances variables selon les navires et selon les phases des opérations commerciales.

La prise en compte des niveaux d'émissions et de la **faisabilité du raccordement** (temps d'escale, fréquence des quais utilisés) doit intervenir dans le choix du segment de flotte privilégié pour le raccordement au réseau. Le développement des infrastructures est un enjeu majeur pour développer le branchement à quai des navires et répondre aux besoins futurs des utilisateurs.

Selon les études de la Commission européenne, **en France, le branchement d'un navire à une borne électrique à quai permet une réduction de l'émission de CO₂ de l'ordre de 86%**¹.

➔ A l'échelle nationale, **3 GPM (ports d'Etat) métropolitains sont déjà équipés d'une dizaine de branchements à quai : Marseille, Dunkerque et La Rochelle. Pour les autres GPM, des projets à horizon 2021-2025-2030 sont déjà lancés.**

Les ports décentralisés développent aussi des solutions : le port de Sète a signé en novembre 2020 une convention avec ENEDIS pour déployer d'ici à 2023 le branchement électrique à quai des navires.

La fourniture d'électricité aux navires à quai implique des investissements substantiels tant pour l'armateur que pour le port, car elle exige souvent d'installer des lignes à haute tension supplémentaires et des convertisseurs de fréquence (de nombreux pays utilisent la fréquence de 60 Hz, contre 50 Hz en Europe).

➔ A Marseille (GPM), la réduction des impacts « Climat, Air, Energie » figure parmi les axes prioritaires du **projet stratégique Marseille-Fos 2020-2024**.

- Le GPM a engagé depuis déjà plusieurs années le **projet CENAQ** (connexion électrique des navires à quai) dont le montant total s'élève à **plus de 30 M€**. **4 postes à quai sont exploités depuis 2017** : sur les 2 terminaux « fret » et « passagers » utilisés par les

¹ La consommation d'électricité à quai en 2019 était de 10 400 MWh. Une telle consommation de fioul lourd aurait généré 4,472 tonnes d'émissions soufrées, 135,2 tonnes d'émissions azotées et 5.919 tonnes de particules (PM 2.5). En termes d'émissions de gaz à effet de serre, une consommation équivalente de fioul lourd aurait émis 3 370 tonnes de CO₂.

compagnies maritimes *La Meridionale* et *Corsica Linea* pour les liaisons Corse-continent (11 000 V et 50 HZ, 2 MVA de puissance par poste à quai pour un total de 6 MW).

- **12 postes supplémentaires d'ici 2025** : un programme d'investissement de 20 M€ est prévu par le GPMM pour équiper l'ensemble des quais « paquebots – ferries » en connexion électrique à quai.

En pratique, cela se traduit par les projets suivants :

- **Terminal « passagers Maghreb » : 4 postes à quai** (11 000 V et 50 HZ, 5 MVA de puissance par poste à quai pour un total de 8 MW). Le démarrage de l'exploitation est prévu pour le second semestre 2022.
- **Terminal « Croisières » : 4 postes à quai**, dont un de réparation navale (6 600 et 11 000 V et en 50 et 60 HZ, 16 MVA de puissance par poste à quai pour un total de 36 MW). Le démarrage de l'exploitation est prévu pour fin 2024/début 2025.
- **Terminaux « Autres et conteneurs » : 4 postes à quai** (6 600 V et 60 HZ, 5,5 MVA de puissance par poste à quai pour un total de 6 MW). Le démarrage de l'exploitation est prévu pour mi-2023.
- Le plan de relance portuaire de l'Etat contribuera pour plus de 5M€ aux terminaux « croisières » et « ferries internationaux » d'ici à 2022.

→ **A Dunkerque (GPMD), le port a équipé son terminal conteneurs** (« terminal des Flandres ») d'un branchement électrique à quai en 2019. L'opération a été cofinancée à la fois par la Communauté urbaine de Dunkerque, la région Hauts-de-France et le GPMD. Deux branchements supplémentaires pour ce terminal sont envisagés dans les années à venir.

Pour les autres terminaux (ferries transmanche et vraquiers), le branchement à quai est envisagé *via* des *shelters* déplacés au gré des besoins. Inscrite dans le projet stratégique Dunkerque 2020-2024, cette nouvelle possibilité de branchement fait actuellement l'objet d'une étude.

→ **A La Rochelle (GPMLR)**, l'autorité portuaire a mis en place des bornes permettant d'alimenter les **vedettes de l'Etat et les navires de servitude** au « Port de service », ainsi que sur les pontons du « Pôle de **réparation et construction navales** » et de l'épi du « Bassin à flot ».

Une étude est actuellement en cours pour évaluer la faisabilité de deux nouvelles solutions d'électrification (3 à 5 MW sur le terminal multimodal de « Chef de Baie »).

→ **A Bordeaux (GPMB)**, deux postes à quai « croisière » du GPMB à Bordeaux-Centre (rive gauche) sont situés dans le périmètre de Bordeaux Métropole. Un travail collaboratif a permis de ramener les connexions d'électricité haute tension depuis le site de Floirac au plus proche du terminal, sur la rive droite, pour limiter des investissements de franchissement. Le futur terminal croisière « Médoc » situé à Pauillac devrait compter une solution d'alimentation électrique en bord à quai.

→ Dans les trois ports **HAROPA**, seuls des systèmes de raccordement électriques à destination des bateaux fluviaux ont été déployés. S'agissant des branchements des navires, plusieurs projets sont à l'étude (voir tableau ci-après).

2. Etat des lieux du GNL dans les ports français – Existant et projets

Le GNL permet d'éliminer la quasi-totalité des émissions de composés soufrés (SOx), de réduire de plus 80 % des émissions d'oxyde d'azote (NOx) et jusqu'à 20 % les émissions de dioxyde de carbone (CO2) par rapport aux carburants maritimes conventionnels. Le décret « Programmation pluriannuelle de l'énergie » prévoit le déploiement dans tous les grands ports d'infrastructures de recharge ou de ravitaillement ouvertes au public pour le GNL maritime avant fin 2023.

→ A **Marseille (GPMM)**, l'autorité portuaire une politique ambitieuse de développement du **soutage GNL**.

- **Mai 2020 : première opération réalisée en France d'avitaillement GNL en « ship-to-ship » au GPMM**, pour le paquebot COSTA SMERALDA (groupe COSTA CROISIERES).
- **2021 : le GPMM a annoncé la livraison d'un navire souteur permettant l'avitaillement des navires en GNL**. D'une capacité de 18 600 m³, ce navire s'approvisionnera à partir des terminaux méthaniers du port de Marseille-Fos. Cette annonce fait suite à un premier **accord signé en décembre 2019 entre Total et la CMA-CGM** pour la fourniture de 270 000 tonnes par an de GNL sur dix ans afin approvisionner cinq futurs porte-conteneurs de 15 000 EVP de l'armateur qui doivent être exploitées sur la ligne Asie - Méditerranée. Il sera opéré sous pavillon français par Gazocéan, la filiale marseillaise de Total.

→ A **Dunkerque (GPMD)**, nœud multimodal de transport, l'autorité portuaire est en mesure de catalyser un marché potentiel large d'utilisation du GNL comme carburant alternatif, tant en raison de son positionnement géographique, étant le premier grand port à l'entrée dans le range nord européen et à proximité des rails de navigation en Manche – Mer du Nord, de la présence du terminal méthanier à Loon-Plage, que des infrastructures dont il dispose pour répondre aux besoins exprimés par les transports maritimes, fluviaux, routiers et ferroviaires.

L'infrastructure existante de déchargement et de rechargement de navires sera adaptée en station d'avitaillement maritime et sera dimensionnée pour pouvoir accueillir des navires de petite taille dont notamment le navire souteur affrété par Total en vue de l'avitaillement en GNL des porte-conteneurs de CMA-CGM : le *Gas Agility*. Ce navire, d'une capacité de stockage de 18 600 m³ et d'une longueur de 135 mètres armé par la société MOL, pourra alimenter les porte-conteneurs de CMA-CGM, dont le besoin en soute GNL sera de 300 000 tonnes/an.

Le GPMD a remis fin avril 2021 au terminal des Flandres l'agrément lui permettant les opérations de soutage de gaz naturel liquéfié par navire avitailleur. Le navire *Gas Agility* a réalisé le 30 avril 2021 le premier soutage GNL au terminal des Flandres du port de Dunkerque, livrant au porte-conteneur CMA CGM *Jacques Saadé* 16 400 m³ de gaz du terminal méthanier.

→ Contrairement au port de Dunkerque et de Marseille, **HAROPA-Port du Havre ne dispose pas d'un terminal méthanier**. Pour proposer un avitaillement en GNL, le port du Havre doit faire venir du GNL par camion-citerne. Des études de pré-faisabilité ont été menées depuis 2018. Elles ont permis de mieux cerner le marché potentiel aussi bien en termes de volumes que de typologie d'avitaillement (par camions ou par engins flottants).

Ces études prévoient qu'à horizon 2025, la demande en GNL pourrait être de 42 000 m³ par an et de 98 000 m³ par an en 2030. Elles prévoient également que pour les grands volumes d'avitaillement (supérieurs à environ 500 m³), HAROPA-Port du Havre devra développer une offre de service basée sur

un engin flottant pouvant se réapprovisionner localement ce qui implique d'investir dans une solution de stockage sur le port du GNL importé par camions.

Le port du Havre prévoit ainsi un projet d'avitaillement par navire et le renforcement de la capacité de stockage à horizon 2023-2025. Cela représente un investissement de l'ordre de 30 M€ à 65 M€ pour une capacité de stockage 10 à 20 000 m³ et environ 25M€ pour une barge de soutage de 3 000 m³.

ANNEXES

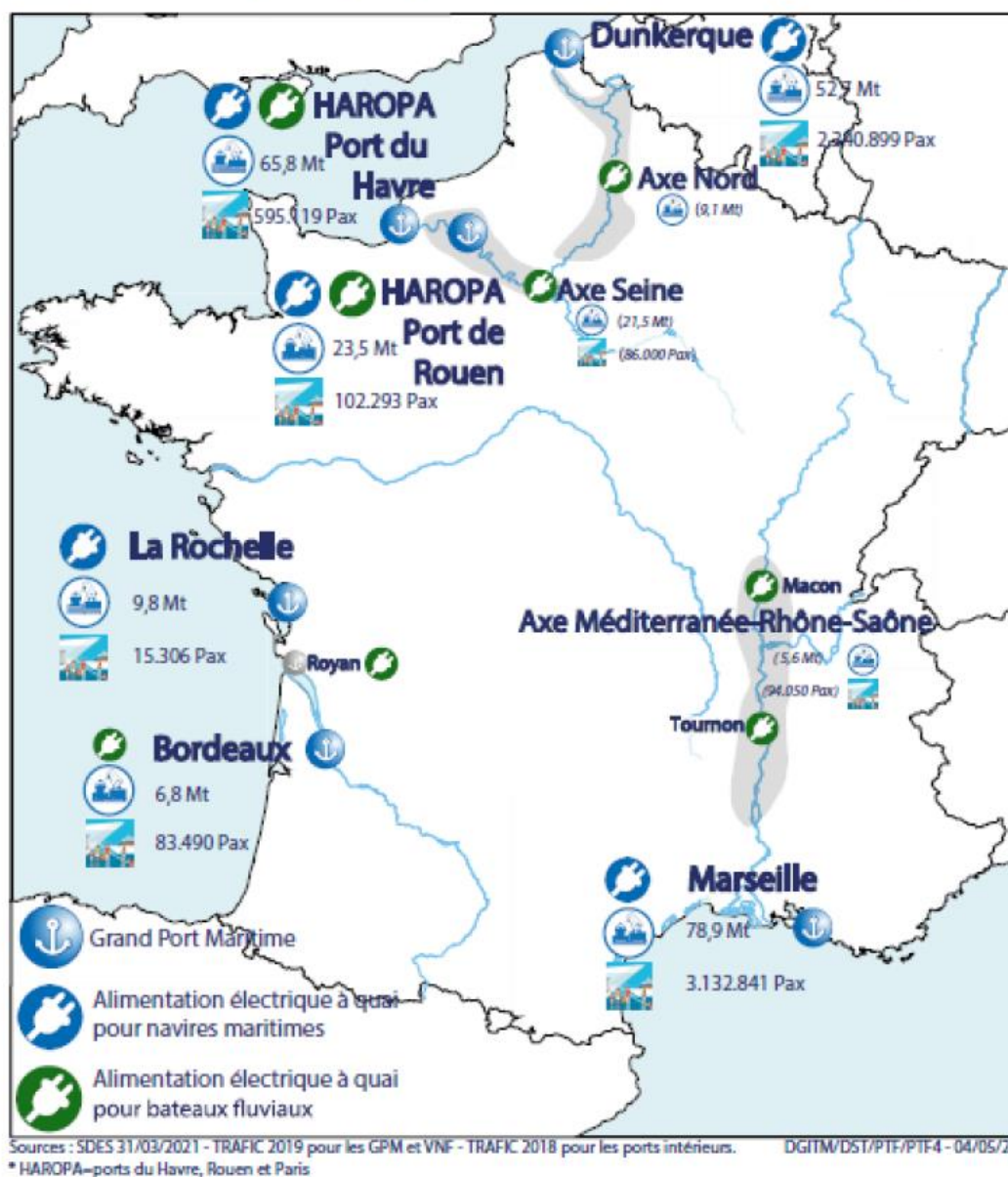
Ports français proposant de l'électricité à quai

 Dunkerque	Conteneurs : - 1 branchement électrique 2019 - 2 branchements supplémentaires à venir Vrac / passagers / ferries : - Branchements à quai envisagés au gré des besoins	 52,7 Mt  2.340.899 Pax
 Axe Nord	91 Bornes petites puissances	 9,1 Mt
 HAROPA  Port du Havre	Conteneurs / Autres : - 12 postes électriques à quai en projets - Test de groupes électrogènes alimentés au gaz naturel liquéfié (GNL) Croisière : - 3 postes électriques à quai déployés d'ici 2025 Fluvial : - 4 branchements électriques installés depuis 2018 - 6 branchements électriques supplémentaires d'ici 2024	 65,8 Mt  595.119 Pax
 Axe Seine HAROPA	A terme, 90 bornes déployées	 21,5 Mt  86.000 Pax
 HAROPA  Port de Rouen	Aujourd'hui: 2 bornes pour le fret fluvial D'ici 2023: - 15 bornes supplémentaires pour le fret fluvial - 2 bornes pour la croisière fluviale - 1 branchement électrique pour le fluvio-maritime	 23,5 Mt  102.293 Pax
 La Rochelle	Alimentation pour navires de l'Etat, navires de servitude, réparation navale.	 9,8 Mt  15.306 Pax
 Royan	Une borne en service	 6,8 Mt  83.490 Pax
 Bordeaux	- 2 postes à quai à Bordeaux-Centre - Projet d'alimentation électrique sur le futur terminal croisière	 5,6 Mt  94.050 Pax
 Axe Méditerranée Rhone-Saône	Macon / Tournon 9 Bornes déployées et 4 en projet	 78,9 Mt  3.132.841 Pax
 Marseille	Passagers / ferries : - 4 postes à quai exploités depuis 2017 - 4 nouveaux postes en projets, déployés d'ici fin 2022 Réparation navale : - Environ 20 postes électriques installés Conteneurs / Autres : - 4 postes à quai déployés d'ici 2023 Croisière : - 4 postes à quai déployés d'ici 2025	 5,5 Mt  59.112 Pax
 Port Réunion	Alimentation électrique pour les navires de pêche	 5,5 Mt  59.112 Pax

Sources : SDES 31/03/2021-TRAFFIC 2019 pour les GPM et VNF-TRAFFIC 2018 pour les ports intérieurs.
* HAROPA=ports du Havre, Rouen et Paris

DGITM/DST/PTF/PTF4 - 04/05/21

Ports français proposant de l'électricité à quai



**Plan d'action d'avitaillement en GNL carburant marin / fluvial
dans les ports maritimes en 2025 et sur les axes fluviaux en 2030**

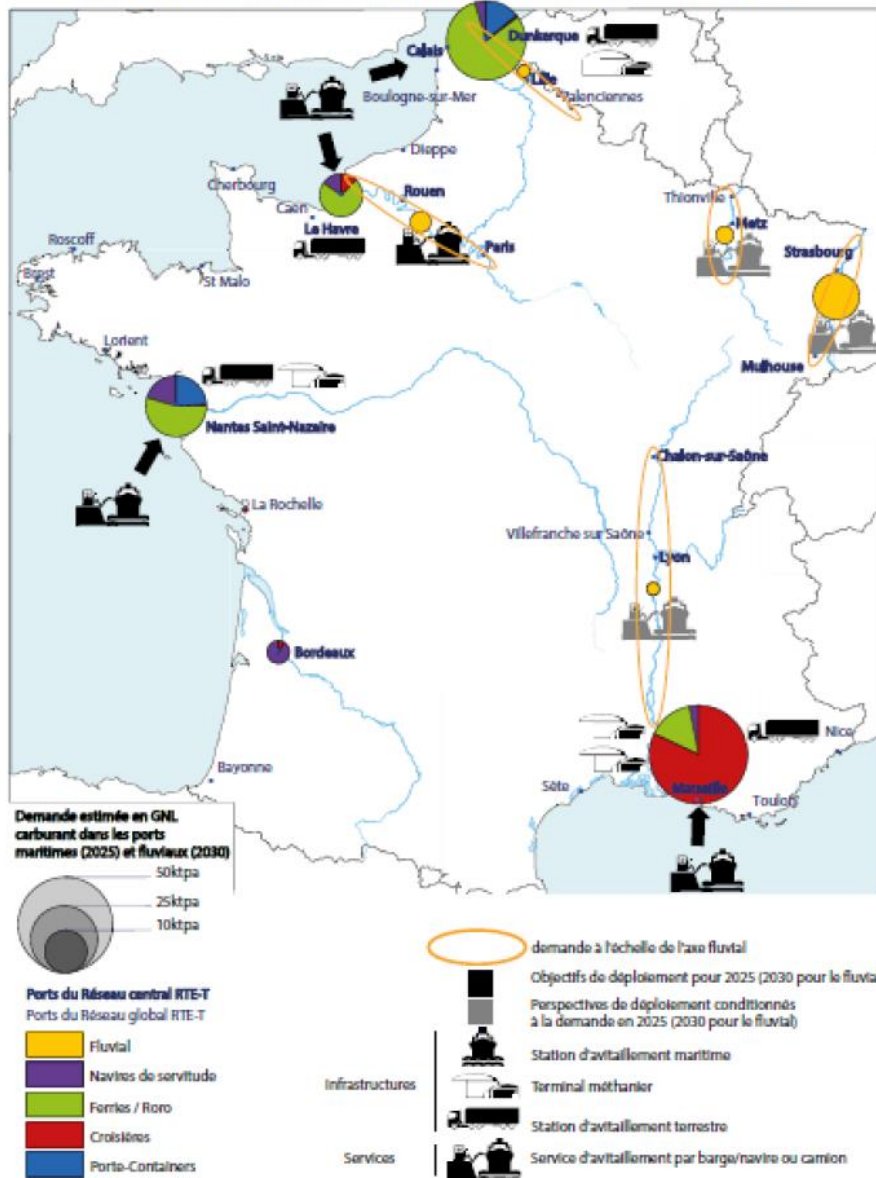




Illustration 10 : Chimiquier à l'appontement pétrolier du port Atlantique La Rochelle - Source : Arnaud Bouissou/Terra

5 Ventilation des mesures technologiques et de politique publique dans les trois scénarios étudiés

En bleu : éléments repris du tableau de cadrage global des scénarios (Ambiances technologiques et ambiances mobilités)	Scénario « Neutralité carbone » <i>Trajectoire signal-prix carbone pour atteindre la neutralité carbone en ACV en 2060 (supérieure à Alain Quinet II)</i>	Scénario de référence <i>Trajectoire signal-prix carbone Alain Quinet I</i>	Scénario du pire	Scénario de la mobilité contrainte <i>Signal prix carbone 2400€/t</i>
Objectifs et/ou régulation des émissions de GES	- Atteinte de la neutralité carbone dans le transport maritime en 2050 (en Europe, voire au niveau mondial si la stratégie GES de l'OMI de 2018 est révisée dans ce sens en 2023) (- Neutralité carbone en ACV en 2060)	Atteinte des objectifs de la Stratégie GES de l'OMI de 2018 : - Réduire d'au moins 40% les émissions de GES par activité de transport (objectif relatif) en 2030 par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour atteindre 70% en 2050 - Réduire d'au moins 50% le volume total des émissions de GES du transport maritime (objectif absolu) par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour les éliminer totalement au cours de ce siècle	- Non atteinte des objectifs fixés	- Atteinte de la neutralité carbone dans le transport maritime en 2050 (en Europe, voire au niveau mondial si la stratégie GES de l'OMI de 2018 est révisée dans ce sens en 2023)
Fixation d'objectifs de réduction de l'intensité carbone (<i>Slow steaming : un des leviers pour atteindre les objectifs portant sur le CII</i>)	- Mise en œuvre d'une phase 4 pour l'index d'intensité carbone nominale pour navires neufs (EEDI) au-delà de 2025 - Mise en place d'un index d'intensité carbone nominale pour navires	- Mise en œuvre d'une phase 4 pour l'index d'intensité carbone nominale pour navires neufs (EEDI) au-delà de 2025 - Mise en place d'un index d'intensité carbone nominale pour navires	- Pas d'adoption des index ou non atteinte de l'objectif 2030	- Idem scénario central

	existants (EEXI) à partir de 2023 - Mise en place d'indicateurs d'intensité carbone opérationnelle pour navires existants (CII) à partir de 2023 visant une réduction supérieure en 2030 par rapport à 2008)	existants (EEXI) à partir de 2023 - Mise en place d'indicateurs d'intensité carbone opérationnelle pour navires existants (CII) à partir de 2023 visant une réduction de 40 % en 2030 par rapport à 2008)		
Fixation d'objectifs et/ou régulation des émissions de SOx, Nox, particules fines : notamment zones SECA/NECA/ECA <i>Particules fines : attention ammoniac => filtres à particules ?</i>	- Extension des SECA (Europe, Caraïbes, autres) ou Global Cap de 0,1 % à court/moyen terme - Extension (via des NECA) ou généralisation de la norme tier III pour les navires/moteurs neufs à moyen terme - Mise en place de régulations spécifiques aux émissions de particules fines par les navires à moyen terme	- - Extension des SECA (Europe, Caraïbes, autres) ou Global Cap de 0,1 % à plus long terme - Extension (via des NECA) ou généralisation de la norme tier III pour les navires/moteurs neufs à plus long terme - Mise en place de régulations spécifiques aux émissions de particules fines par les navires à plus long terme	- Maintien des zones SECA et NECA actuelles - Maintien du Global Cap de 0,5 % (combustible à 0,5 % de soufre maxi)	- Global Cap de 0,1 % à court/moyen terme
Obligation d'introduction de carburants verts ou neutres en carbone <i>(Conditionnée par les technologies disponibles vs gaz naturel d'origine fossile avec CCS vs biocarburants)</i>	- Mesure de moyen/long terme susceptible d'être adoptée l'OMI : effective en 2030 au plus tard et aboutit à 100 % de carburants neutres en carbone en 2050 (- À l'échelle européenne : Initiative « Fuel EU Maritime » en cours	- Mesure de moyen/long terme susceptible d'être adoptée l'OMI : effective en 2030 et aboutit à des réductions en ligne avec la Stratégie de 2018.	- Pas d'obligation/ pas de mesure significative	

<i>ys méthanol avec CCS (sauf si production synthétique)</i>	d'élaboration par la CE vise la neutralité carbone en 2050)			
Nouvelles routes commerciales (route de la soie terrestre, route arctique)	La route Nord ne sera pas viable commercialement avant 2040-2060. La route de l'arctique permet de gagner 11 jours pour un navire qui navigue entre l'Asie et l'Europe. En 2050, dans un monde neutre en carbone, la question du Black Carbon ne se pose plus. Une estimation grossière peut être alors faite 10% du trafic maritime européen à cet horizon 2050 utilise la route nord.			
Application du signal prix : Taxe carbone = Une des composantes du signal-prix (par opposition aux subventions) OU Système d'échange de quotas d'émissions (SEQUE-UE)	- Mise en place de cette taxe carbone en 2030 au plus tard avec un taux élevé (éventuellement progressif dans le temps) OU - A l'échelle européenne, extension du SEQUE-UE au transport maritime à partir du 1 ^{er} janvier 2023 avec un alignement de la trajectoire des quotas maritimes avec l'objectif de neutralité carbone du Pacte vert. - Mise en place d'un SEQUE pour le transport maritime à l'échelle internationale, en 2030 au plus tard, visant la neutralité carbone en 2050	- Mise en place de cette taxe carbone en 2030 avec un taux plus faible ou augmentant plus lentement, ou plus tard OU - A l'échelle européenne, extension du SEQUE-UE au transport maritime à partir du 1 ^{er} janvier 2023, avec une trajectoire spécifique au maritime ou la possibilité de compenser vis-à-vis d'autres secteurs. - Mise en place d'un SEQUE pour le transport maritime à l'échelle internationale, en 2030 au plus tard avec une trajectoire plus accommodante, ou plus tard	- Pas de taxe carbone / taxe très faible - Échec des négociations européennes et internationales : pas de SEQUE-UE ni international pour le maritime	- Mise en place de cette taxe carbone en 2030 avec un taux élevé OU - A l'échelle européenne, extension du SEQUE-UE au transport maritime à partir du 1 ^{er} janvier 2023 avec un alignement de la trajectoire des quotas maritimes avec l'objectif de neutralité carbone du Pacte vert. - Mise en place d'un SEQUE pour le transport maritime à l'échelle internationale, en 2030 au plus tard, visant la neutralité carbone en 2050
GSG : Garantie éco-conditionnelle pour les banques => mettre en annexe	Impact négligeable	Impact négligeable	Impact négligeable	Impact négligeable
Taxe au tonnage -> compétitivité des armateurs	- Modulation « verte »			

Financement des navires sous le régime de l'article 39 C -> favoriser les investissements réguliers des armateurs (effet indirect)	Pas de modulation	Pas de modulation	Pas de modulation	Pas de modulation
Suramortissement destiné aux navires verts Couvre la période d'étude de l'exercice (~2050)	- Extension de la mesure aux propulsions décarbonées + neutres en carbone	- Extension de la mesure (loi de finances 2021) : vise les propulsions décarbonées + neutres en carbone + celles qui sont moins polluantes	- Maintien de la mesure (loi de finances 2021) : vise les propulsions décarbonées + celles qui sont moins polluantes	- Pas de suramortissement
Exonérations de charges -> compétitivité des armateurs	Pas de modulation	Pas de modulation	Pas de modulation	Pas de modulation
Obligation de recourir à des transports 0 émission dans les appels d'offre publics (cf Norvège)	- Introduction de cette obligation en 2030, au regard des technologies disponibles	- Imposer une étude et des clauses de marchés proposant des solutions permettant de réduire au maximum l'impact environnemental du navire compte tenu de l'exploitation attendue	- Absence de contraintes	- Introduction de cette obligation en 2030 et extension aux acteurs privés pour le transport domestique = obligation 0 émissions dans la réglementation de navigation territoriale
Rétrofit	++ de 15% ?	+ de 15% ?	Amélioration de l'efficacité énergétique de 15% (source : FIT)	Amélioration de l'efficacité énergétique de 15% (source : FIT)
Voiles	Gains énergétiques allant jusqu'à 30% (source FIT) dans certains cas particulièrement favorables et pour les vraquiers principalement. On peut partir plutôt sur 10% de gains énergétiques en moyenne pour l'ensemble de la flotte.	Entre 20 et 30% de gains énergétique ?	Réduction de 5 à 20% des consommations de carburant sans réduction de vitesses, diminution de 10% des émissions de CO2 (source : Wind Ship). Limite : valable sur certains cas particuliers, pas extensible à l'ensemble de la flotte.	Réduction de 5 à 20% des consommations de carburant sans réduction de vitesses, diminution de 10% des émissions de CO2 (source : Wind Ship)

			Pour l'OMI cette techno peut permettre un abattement de l'impact carbone du maritime de 0,89% en 2030, 1,66% en 2050	
Panneaux solaires	Abattement de l'impact carbone du maritime de 1% en 2050 (FIT)	Abattement de l'impact carbone du maritime de 0,3% en 2050 (OMI)	Abattement de l'impact carbone du maritime de 0,09% en 2050 (OMI)	
Capture et stockage du carbone	En 2040, le captage de CO2 peut participer à hauteur de 7% à la réduction des émissions de gaz carbonique (source : Agence Internationale de l'Energie) D'après la stratégie japonaise, le recours au GNL équipé d'un dispositif de stockage permettrait de réduire de 80% les émissions de CO2 du secteur	Réduction de 3,5% ?	-	-
Nouveaux designs	Amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 60% par rapport à 2008 voire plus (source FIT). Trop optimiste : plutôt 50%. Abattement de l'impact carbone du maritime de 20% en 2050 (OMI)	Amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 40% par rapport à 2008	Amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 25 à 30% par rapport à 2008 (source FIT)	Amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la conception de 25 à 30% par rapport à 2008 (source FIT)
Taille des navires	La taille maximale des ports conteneurs devrait augmenter (au moins jusqu'à 25 000 EVP), celles des gaziers aussi pour atteindre celles des grands pétroliers. La taille maximale des vraquiers et des pétroliers devrait rester stable. La taille des navires de croisière suite au coronavirus est difficile à anticiper. Plus que la question des tailles maximales, c'est la question de la taille moyenne de la flotte qui peut avoir un impact sur les émissions. D'après l'OMI, les gains énergétiques du			

	maritime depuis 2008 sont dus à hauteur de 20 à 30% de l'accroissement de la taille des navires et des économies de carburant induites.			
Numérique (dont PORTS)				
Développement de la filière GNL (dont PORTS)	- barème d'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100.000 m3	- Poursuite du financement à l'investissement de projets GNL à venir (à l'instar du projet européen GAINN4MoS)	- Arrêt des financements pour les projets GNL	100% ?
Développement du méthanol vert	- ...	- Soutien réglementaire : manutention du GNL	- ...	
Développement des biocarburants	50% en 2030 (navires neufs), 0 en 2050 (OMI)	- ... 20% (navires neufs) en 2050 (OMI)	Moins de 10% ?	
Développement de l'hydrogène (dont PORTS)	75% à 99% de la part de marché de l'énergie dans le transport à 2050 (source UMAS)	20 % en 2050 (OMI)		
Développement de l'ammoniac	100% OMI en 2050 Les anglais misent sur l'ammoniac			
Les piles à combustibles				
PORTS – Mesures globales		1- La stratégie nationale portuaire (SNP) ¹ adoptée en janvier 2021 prévoit les mesures suivantes : → Pour contribuer à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone des transports à horizon 2050, chaque GPM devra se doter		

¹ La transition écologique est un objectif prioritaire pour les 7 GPM - dans la perspective d'une économie décarbonnée des transports à l'horizon 2050 et alors que près de 50 % des trafics totaux 7 GPM sont encore constitués d'hydrocarbures et de charbon.

		d'un « plan de transition écologique ». → Un volet des plans transition écologique portuaire des GPM sera consacré à l'économie circulaire et à l'écologie industrielle, pour examiner notamment les leviers d'attractivité des entreprises innovantes dans la transition écologique sur la zone industrialo-portuaire (ZIP). → Ces plans incluront une feuille de route pour le déploiement de carburants alternatifs à horizon 2025. → Les schémas directeurs de gestion de la biodiversité seront mis en place au sein des ports ou pérennisés pour ceux qui existent déjà. → Chaque port devra par ailleurs engager une réflexion systématique sur l'adaptation aux changements climatiques et définir une trajectoire de neutralité carbone adaptée aux potentialités et spécificités locales. 2- Plan « quais 0 fumées » :		
--	--	--	--	--

		développement de solutions de carburants alternatifs dans les ports (GNL, H2, électricité à quai, etc.). 3- Inscription dans la prochaine génération des CPER de projets structurants sur la transition écologique des ports. 4- Financements européens via le MIE.		
PORTS – Électricité à quai	-Etude d'un soutien aux frais de raccordement au réseau électrique terrestre via le TURPE.	-Adoption d'un tarif réduit de TICFE (0,5€/MWh au lieu du tarif « de droit commun » de 22,5€/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai : cette mesure a été validé par le Conseil de l'UE en octobre 2020 – autorisation valable jusqu'en 2026. -Adoption en août 2020 d'un certificat d'économie d'énergie (CEE) pour le branchement électrique des bateaux et navires à quai.		

		développement de solutions de carburants alternatifs dans les ports (GNL, H2, électricité à quai, etc.). 3- Inscription dans la prochaine génération des CPER de projets structurants sur la transition écologique des ports. 4- Financements européens via le MIE.		
PORTS – Électricité à quai	-Etude d'un soutien aux frais de raccordement au réseau électrique terrestre via le TURPE.	-Adoption d'un tarif réduit de TICFE (0,5€/MWh au lieu du tarif « de droit commun » de 22,5€/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai : cette mesure a été validée par le Conseil de l'UE en octobre 2020 – autorisation valable jusqu'en 2026. -Adoption en août 2020 d'un certificat d'économie d'énergie (CEE) pour le branchement électrique des bateaux et navires à quai.		

PORTS – Réduction des consommations énergétiques et déchets				
PORTS – Production d'énergies renouvelables à quai		-Lancement d'une mission CGEDD sur le modèle économique des carburants alternatifs et de l'électricité à quai en 2020. -Révision des réglementations UE pertinentes à prendre en compte – notamment les directives (UE) n°2014/94 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs et la directive 2003/96/CE restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité.		
PORTS – Développement des transports propres via le report modal		-Etude de faisabilité d'un écolabel portant sur les flux logistiques passant par les ports français permettant de valoriser l'ensemble des chaînes logistiques écologiquement vertueuses utilisatrices des ports français.		



Illustration 11 : Grand port maritime de Rouen - Source : Arnaud Bouissou/Terra

6 Diaporama de restitution des travaux de l'atelier TMP



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité

PROSPECTIVE 2040-2060 ATELIER TRANSPORT MARITIME ET PORTS (TMP)

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DE L'ATELIER TMP

MEMBRES DE L'ATELIER : GABRIEL ARONICA (PTF)- GEOFFROY CAUDE (CGEDD)-JEAN MATTHIEU FARENC (CEREMA)-JULIEN FERNANDEZ (DST/PTF)- JEAN-MARC MOULINIER (CGDD)- DIDIER ROUCHAUD (CGDD)- ALAIN SAUVANT (CGEDD)-SOPHIE CASAVECCHIA (DGITM/SAGS)

AVEC LE CONCOURS DE LA DAM : JEAN-PHILIPPE QUITOT - XAVIER GUÉRIN - MICHEL ARDOHAIN)
ET D'AUTRES MEMBRES DU CGEDD : DOMINIQUE AUVERLOT



1

28/10/2021



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Introduction

1. Le travail « Prospective transports 2050 » du CGPC de 2006 s'était limité pour le fret maritime à une prospective des trafics des ports français et avait notamment produit une prospective des trafics portuaires de conteneurs qui, rétrospectivement, s'est avérée très réussie :

Ports	Trafic 2002	Trafic projeté 2017 (taux de croissance annuel constant)	Trafic observé 2017	Trafic projeté 2050
Le Havre	17 MT	28,2 MT	28,4 MT	86 MT
Marseille	8 MT	13,3 MT	13,3 MT	43 MT
Autres ports	5 MT	8,3 MT	6,3 MT *	25 MT
Total	30 MT	50,8 MT	48,0 MT	154 MT

* seuls les GPM métropolitains sont considérés

2. Le travail de l'atelier a été moins précis en termes de prospective par nature de trafic, mais comme l'accent général est mis sur la réduction des GES, il s'est intéressé au trafic maritime domestique et international et ce faisant a dû établir l'inventaire des mesures de politique publique prises aux niveaux international de l'OMI, européen et national, de même que celui des mesures technologiques possibles et produire une prospective tant de la demande de transport que des émissions du transport maritime français et de ce trafic dans les ports français.

Comme l'atelier n'a pas pu utiliser des modèles prospectifs propres et comme les modèles examinés au niveau du groupe plénier fret (Modev et IDDRI et al.) ne traitaient que des trafics terrestres, il a dû s'appuyer sur des modèles OMI et FIT/OCDE au niveau du transport maritime international de même que sur celui réalisé par FIT/OCDE pour les besoins de la Stratégie Nationale Portuaire.

Classiquement, il a réalisé une rétrospective, puis testé des travaux pseudo-économétriques, avant de réaliser une prospective de la demande de transport maritime et des flux portuaires différenciés par scénario ainsi que des émissions de GES correspondantes, puis de proposer les narratifs associés aux trois scénarios retenus



2

28/10/2021

Sommaire

Partie I Rétrospective et état des lieux

- 1- Rétrospective du trafic maritime mondial
- 2- Rétrospective des trafics portuaires européen et français
- 3- Essai de détermination du trafic maritime français en 2017
- 4- Etat des lieux des émissions de GES du transport maritime français et dans les ports

Partie II Prospective de la demande et choix de trois scénarios

- 5- Réflexion sur les effets de la pandémie sur les trafics maritimes
- 6- Prospective du trafic maritime mondial
- 7- Prospective des trafics portuaires européen et français
- 8- Prospective du trafic maritime français
- 9- Scénarios prospectifs étudiés, affectation des perspectives de demande et débat sur les incertitudes
- 10- Prospective des émissions unitaires du trafic maritime mondial

Partie III Les trois scénarios : données quantitatives et narratifs

- 11- Inventaire des mesures technologiques retenues
- 12- Inventaire des mesures de politique publique retenues
- 13- Eléments quantitatifs des trois scénarios étudiés pour le transport maritime et pour les ports(demande et émissions)
- 14- Résultats quantitatifs des émissions dans les trois scénarios étudiés pour le maritime et pour les ports
- 15- Narratifs des trois scénarios étudiés

1- Rétrospective du trafic maritime mondial

Rétrospective en tonnage

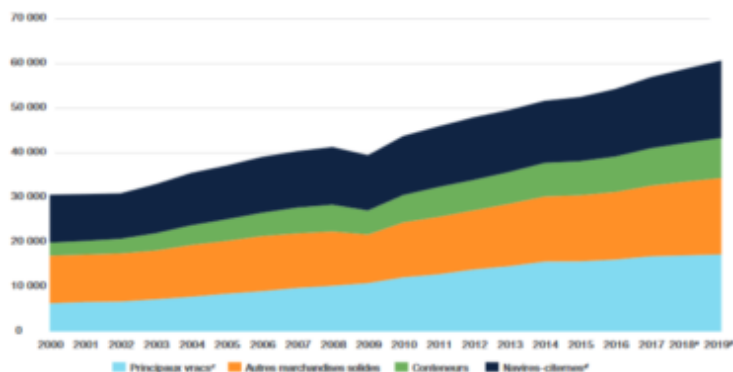
Milliards de tonnes	2000	2005	2010	2015	2018	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Vracs liquides	2,163	2,422	2,752	2,932	3,201	2,20%	1,91%
Vracs solides	1,186	1,579	2,233	2,93	3,215	5,70%	4,66%
Marchandises diverses	2,635	3,108	3,423	4,161	4,603	3,15%	3,77%
Total	5,984	7,109	8,408	10,023	11,019	3,45%	3,44%

Rétrospective en tonnes-milles marins

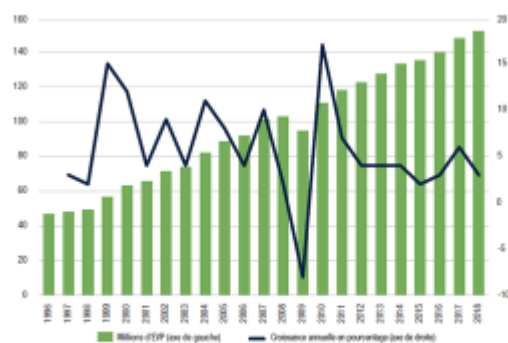
milliards de tonnes milles marins	2000	2005	2010	2015	2017	2018*	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Vracs liquides	10770	12065	13251	14375	15869	16706	2,47%	2,94%
Vracs Solides	6509	8626	12336	15897	17217	17729	5,72%	4,64%
Conteneurs	3111	5158	6588	8290	9117	9535	6,42%	4,73%
Autres marchandises en vracs ou diverses	10871	11988	12428	14914	15894	16464	2,33%	3,58%
Total	31261	37837	44603	53476	58097	60434	3,73%	3,87%

1- Rétrospective du trafic maritime mondial

Rétrospective en milliards de tonnes-milles marins (source CNUCED)



1- Rétrospective du trafic conteneurisé mondial



Une corrélation forte entre PIB par tête et conteneur par habitant a été établie au début des années 2000 et les économistes sont divisés sur le caractère structurel de la baisse du ratio entre élasticité à long terme du taux de croissance en volume du commerce mondial (qui suit à peu près le taux de croissance conteneurisé) et taux de croissance du PIB mondial, ce ratio étant autour de 2 entre 1986 et 2000, descendu à 1,3 dans les années 2000 puis à 0,7 de 2008 à 2013

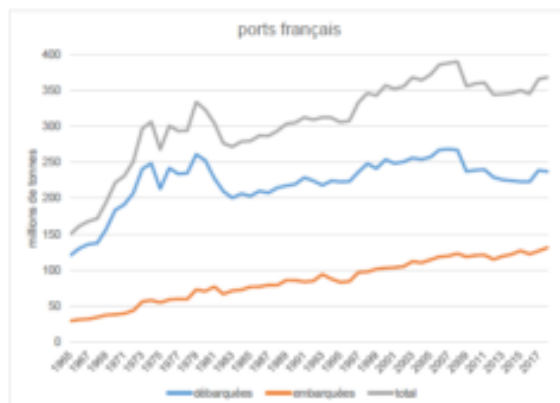
(source RMT 2016 -CNUCED).

2- Rétrospective des trafics portuaires européen et français

Trafics des ports européens et français
(source Eurostat)

Trafics portuaires exprimés en milliards de tonnes	2000	2005	2010	2015	2018	TCAM 2018/2000	TCAM 2018/2010
Europe (15 pays)	3,012	3,433	3,358	3,5	3,69	1,13%	1,19%
France	0,325	0,341	0,316	0,298	0,309	-0,28%	-0,28%

Répartition import/export des ports
français (source CGDD)



3- Essai de détermination du trafic maritime français en 2017

1- Approche en multipliant le tonnage
transbordé dans les ports par les
distances moyennes parcourues
au niveau mondial, on estime à **1 600 Gt.km**

Année	1970	1980	1990	2000	2010	2017	2018
millions de tonnes	2 605	3 732	4 008	5 984	8 408	10 702	11 005
milliards de Tonnes milles marins	10 854	18 777	17 121	31 261	44 603	58 097	60 434
Distance moyenne en milles marins	4 090	4 495	4 272	5 224	5 305	5 429	5 492
Distance moyenne en km	7 574	8 325	7 911	9 674	9 824	10 053	10 169
Taux évolution moyen par décennie	-	+0,95%	-0,51%	+2,03%	+0,15%	0,13%*	0,19%**

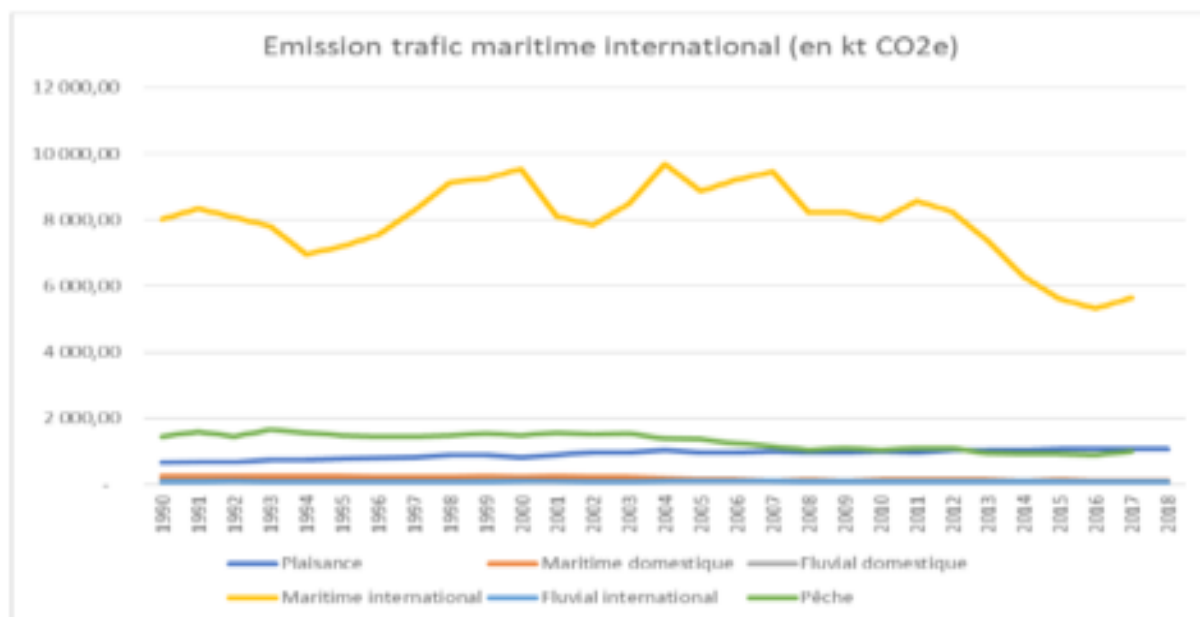
2- Approche CGDD par les données
douanières: l'estimation est de **1 200 Gt.km**

Décomposition du trafic total	Trafic en tonnes	Trafic en TMN	Distance moyenne parcourue mn	Distance parcourue en km	Trafic en TK
Import	306 Mt	674 GTMN	2203 Mm	4080 km	1248 Gtk
Export	190 Mt	156 GTMN	821 Mm	1520 km	289 Gtk
Total	496 Mt	830 GTMN			1 635 Gtk

On retiendra donc de ces approches une fourchette d'estimation du trafic maritime international
français pour 2017 comprise entre **1 200 et 1 600 Gt.k**.

4- Etat des lieux des émissions de CO₂e du transport maritime français et dans les ports

1- Emissions de CO₂ du maritime et du fluvial depuis 1990 (source Citepa)



CGEDD
DÉPARTEMENT

9

29/10/2021

4- Etat des lieux des émissions de CO₂e du transport maritime français

Sachant que le transport international touchant les ports français est estimé conventionnellement par le Citepa à partir des seuls soutages réalisés en France et qu'une large partie des soutages des navires escalant en France est réalisée dans des ports étrangers, l'atelier s'est attaché à ré-estimer les soutages des navires escalant en France (cf diapo annexe 1).

La valeur fournie par le Citepa de 5,77 Mt de CO₂ émis par le transport maritime international touchant les ports français en 2017 passe ainsi à 11,88 Mt qui, si l'on ajoute le trafic domestique de 0,177 Mt, donne globalement pour les émissions du transport maritime rattachées à celles produite dans les ports français, on obtient 12,13 Mt, valeur cohérente avec celle obtenue en multipliant l'émission unitaire de 18,3 g CO₂ par tonne mille marin par le trafic de 688 Gtmm (1 200 Gtkm) qui donne 11,85 Mt.

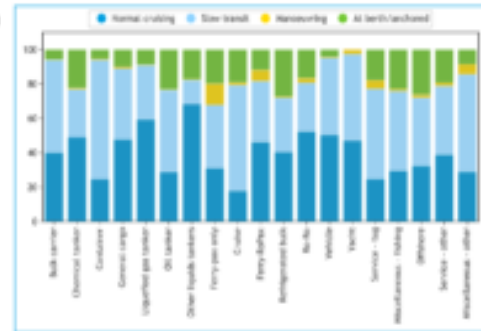
L'atelier en conclut que le niveau d'émission de CO₂ du transport maritime français s'établissait autour de 12 Mt en 2017.

Dans la suite pour tenir compte du fait que les émissions du maritime incluent la pêche et la plaisance mais que celles de la plaisance est entachée d'une forte incertitude, l'atelier ajoute 15% à ce chiffre ce qui donne 13,8 Mt pour les émissions du maritime en 2017.

4- Etat des lieux des émissions de CO₂e du transport maritime dans les ports français

Dans son quatrième rapport sur les GES publié en juillet 2020 l'OMI a reproduit le travail réalisé par type de navire par l'UMAS :

Dans une étude d'impact récente de la Commission européenne relative à l'application des dispositions MRV (Monitor-Report-Verify,) la valeur de 6% des émissions du transport maritime a été avancée et retenue par l'atelier pour ses travaux, sachant qu'elle est corroborée par les données du reportage MRV de 2020 qui donne 6,4%.



Source: UMAS.

Figure 7: Proportion of international GGE emissions (in CO₂e) by operational phase in 2018, according to the voyage-based allocation of emissions. Operational phases are assigned based on the vessel's speed over ground, distance from coast/port and main engine load.

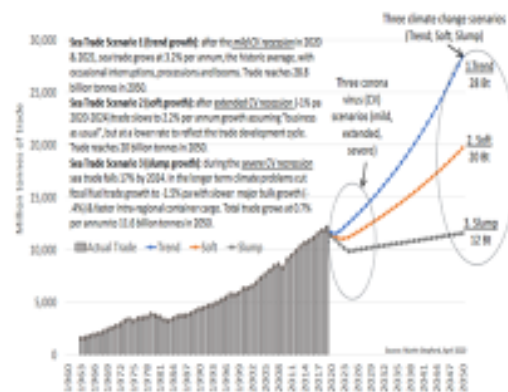
5- Réflexion sur les effets de la pandémie sur les trafics maritimes

1) Le rapport RMT 2020 de la CNUCED illustre la baisse des trafics conteneurisés en 2020.



Source: UNCTAD, Global Container Trade Review, April 2020, 1st Report.

2) Martin Stopford de Clarkson's Research a produit une réflexion sur trois scénarios de reprise après la pandémie



L'atelier en a conclu que l'hypothèse de retrouver en 2025 le trafic de 2017/2019 était plausible, sachant que les prospectives plus récentes sont plus optimistes sur la rapidité de la reprise

6-Prospective du transport maritime mondial

1. La prospective de la demande de transport maritime mondial de l'OMI à l'horizon 2050 est éclairée dans le tableau ci-contre (source 4^{ème} étude GES de 2020):

Table 11 - Global transport-work in 2050 by scenario, in billion tonnes-miles and in percent change to 2018

levels

Scenario	Total Transport-Work in 2050 (in billion tonnes-miles)	% change (2018-2050)
OECD	96,719.55	62.85
OECD	102,780.60	74.76
OECD	106,688.48	88.66
OECD	121,765.11	127.25
OECD	131,077.22	157.75
OECD	133,451.15	163.15

2. La prospective de la demande de transport maritime mondial de FIT/OCDE (source FIT (2020)- Perspectives des transports FIT 2019) figure ci-dessous

	2015	2030				2050			
		Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption	Current Ambition	Logistics	Technology	Full Disruption
Sea	75698	117 425	108 580	111 305	108 566	260 778	170 792	252 054	170 719
Air	228	511	404	514	404	1 055	485	1 078	485
Road	19551	32 656	32 570	33 395	32 570	58 096	52 208	62 979	52 208
Rail	10127	15 197	15 159	14 493	15 159	23 654	22 176	20 805	22 176
Inland Waterways	2164	3 558	3 543	3 497	3 543	7 889	6 048	7 751	6 048

Tableau 10 : projection de l'évolution de la demande de transport exprimée en Gtk aux horizons 2030 et 2050 selon les quatre scénarios et les différents modes de transport (source FIT/OCDE 2020)



13

29/10/2021

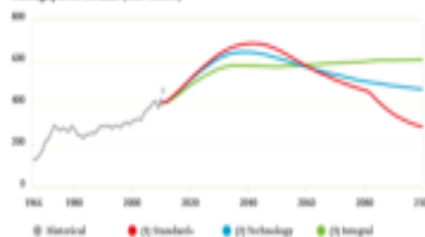
7-Prospective des trafics portuaires européen et français

1. L'étude FIT/OCDE réalisée par Olaf Merk pour la Stratégie Nationale Portuaire donne les résultats suivants sur trois scénarios:

millions de tonnes	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	TCAM 2050/2015
Scénario 1	284	285	286	291	295	300	305	312	0,28%
Scénario 2	284	308	328	352	377	403	431	465	1,42%
Scénario 3	284	309	346	392	441	494	552	620	2,26%

2. L'étude prospective à l'horizon 2100 de novembre 2013 confiée par le port de Rotterdam au programme climat du club de Rome prévoit un plafonnement du trafic autour de 2040

Throughput Rotterdam (mte tonnes)



3. En prenant le scénario 2 d'Olaf Merk qui suppose une part de marché constante des ports français, en adoptant un scénario 2 bis reprenant le trend européen de la période 2000-2018 et en reproduisant à dire d'expert une tendance analogue au travail prospectif de 2013 de Rotterdam, l'atelier retient trois scénarios portuaires contrastés (source Eurostat)

Traffic ports français en Mte	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	309	309	332	382	440	507
Scénario 2bis	309	309	326	364	406	453
Scénario 2 ter	309	309	320	351	353	335

14

29/10/2021

8-Prospective du trafic maritime français

Méthode pseudo-économétrique:

qui consiste à adopter une élasticité de croissance de ce trafic par rapport à celle du PIB pondéré ; dans ce cas il faut choisir comment pondérer les PIB mondiaux, européens et français: l'atelier a convergé sur un choix simple: 3/6 PIB français, 2/6 PIB européen, 1/6 PIB mondial

Années considérées	2017	2025	2030	2040	2050	2060	TCRM 2025-2050
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 1 en GtMn	756	756	845	937	1245	1764	2,45%
Méthode pseudo-économétrique en GtK	1400	1400	1565	1957	2386	3266	2,45%
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 0,8 en GtMn	756	756	827	989	1121	1285	1,53%
Méthode pseudo-économétrique avec élasticité de 0,8 en GtK	1400	1400	1531	1831	2076	2380	1,53%

Méthode de projection des trafics portuaires:

qui consiste à les affecter d'une distance moyenne de parcours (issue du travail du CGDD 1 200 Gt.km/309 Mt donne 3 890 km)

Projection trafics ports français Mt	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	309	309	332	382	440	507
Scénario 2bis	309	309	326	364	406	453
Scénario 2 ter	309	309	320	351	353	335

Trafics maritimes français projetés associés GtK	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario 2	1400	1400	1503	1729	1991	2295
Scénario 2bis	1400	1400	1476	1647	1837	2051
Scénario 2 ter	1400	1400	1447	1589	1598	1517

9-1 Scénarios prospectifs étudiés et affectation des perspectives de demande

Les trois scénarios étudiés par l'atelier sont :

- le scénario « laxiste » (SL) sans évolution technologique significative, sans mesure complémentaire contraignante par rapport à celles qui sont décidées aujourd'hui et avec une mobilité faiblement massifiée pour les transports terrestres qualifié du pire climatique de façon transversale
- le scénario « moyen » (SM) qui correspond à un scénario de référence ou central avec un niveau de technologie moyen et une mobilité sobre
- le scénario « de décarbonation (SD) » associé à un niveau de technologie forte et à une forte sobriété qui permet d'atteindre la neutralité carbone

L'atelier a retenu de rattacher par la suite à chacun des trois scénarios examinés, un des trois scénarios d'évolution des trafics maritimes projetés:

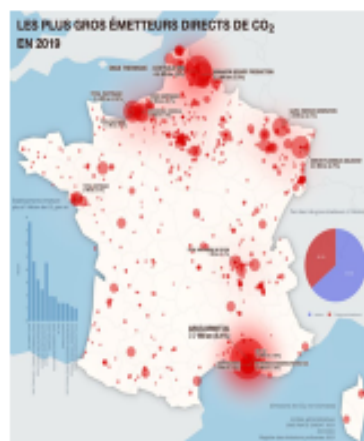
- le scénario pseudo-économétrique avec une élasticité de 0,8 des trafics par rapport au PIB pondéré pour le scénario « laxiste » (SL) qui correspond à une évolution annuelle moyenne de 1,43% à partir de 2025
- le scénario 2 bis de transformation des trafics portuaires pour la projection de demande de trafic du scénario « moyen » (SM) qui correspond avec une évolution annuelle de 1,10% à partir de 2025
- le scénario 2 ter de transformation des trafics portuaires pour la projection de la demande de trafic du scénario « de décarbonation » (SD) avec plafonnement du niveau de trafic des ports français en 2045 et légère baisse par la suite.

9-2 Débat sur le scénario 2 de décarbonation visant la neutralité carbone

L'atelier s'est interrogé sur les sources d'incertitude qui accompagnent la projection de la demande de transport dans le scénario de décarbonation et a identifié les sources d'incertitude suivantes :

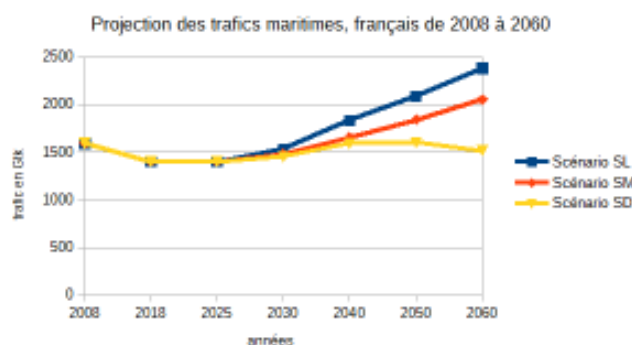
1. Les conséquences de la politique climatique européenne issues du Pacte vert et des mesures proposées par le paquet Fit for 55 pour le maritime,
2. le rythme d'évolution du commerce international,
3. l'évolution du trafic Transmanche après le Brexit
4. le développement de nouveaux trafics liés à la transition énergétique comme les vrac solides liés aux besoins en matériaux comme le cuivre, le nickel, le lithium, le graphite, les terres rares et les sables ou encore comme le transport de gaz carbonique liquide par voie maritime comme conséquence de la décarbonation de l'industrie, facteurs
5. Les effets d'une possible relocalisation industrielle associée.

Les gros émetteurs de CO₂ sont situés dans les zones industriello-portuaires, ce qui peut faciliter la capture des émissions, leur liquéfaction, puis leur expédition par voie maritime.



9-2 Débat sur le scénario 2 de décarbonation visant la neutralité carbone

L'atelier conscient du fait que le rythme de décroissance du recours aux énergies carbonées s'accélère a considéré qu'il ne lui était pas possible de quantifier les effets contrastés de ces différentes sources d'incertitude qui l'aurait conduit à projeter un rythme de décroissance supérieur à celui envisagé dans le scénario SD après 2045 ce qui va dans le sens de la prudence puisque les émissions de GES du scénario neutralité sont estimées sans doute avec un niveau de demande supérieur à celui qui devrait être observé, d'où la synthèse de la demande des trois scénarios reproduite dans la figure ci-contre



10- Prospective des émissions unitaires du trafic maritime mondial

1. Source OMI - 4^{ème} étude GES

Modèle logarithique OCDE	2000	2040	2050
gCO ₂ /tonne-mille marin			
bulmer	6	9	11
conteneur	17	18	21
autres	21	20	29
Flotte moyenne	14	13	12,5
Modèle gravitaire OCDE	2000	2040	2050
gCO ₂ /tonne-mille marin			
bulmer	6	9	11
conteneur	17	17	18
autres	21	20	19
Flotte moyenne	14	10,6	8

2. Source FIT/OCDE

Tableau 5.1. Distinction prévue de l'intensité carbone du transport de marchandises entre 2015 et 2030-2050

Scénario d'ambitions élevées. Assomption en pourcentage du nombre de tonnes de CO₂ évitées par tonne kilométrique

Année	Maritime	Aérien	Routier non urbain	Routier urbain	Ferroviaire	Navigation intérieure
2015-30	-21	-26	-26	-17	-39	-17
2015-50	-56	-51	-62	-75	-85	-48

3. Synthèse CGDD pour les besoins de l'atelier

Année	2030	2040	2050
Flotte moyenne (OMI)	14	13	12,5
Flotte moyenne (FIT)	14	10,6	8

Tableau 19 : Unité gCO₂ par tonne-mille marin

11- Inventaire des mesures technologiques retenues

1. Le design initial du navire (et dans une mesure moindre son rétrofit) peut très fortement réduire les émissions de gaz à effet de serre. En matière de design, l'OMI a fixé une amélioration de l'efficacité énergétique de 25 à 30 % par rapport à 2008 à atteindre en 2025 : une telle valeur devrait pouvoir être atteinte dès aujourd'hui. À terme, des réductions plus importantes, que le FIT chiffre à 60 %, sont envisageables.
 - Les mesures opérationnelles telles que le juste à temps, l'électrification à quai, la réduction de vitesse ainsi que la gestion des trajets des navires devraient pouvoir permettre une réduction d'au moins 20 %.
 - Pour aller au-delà, le recours à un carburant neutre en carbone s'impose.

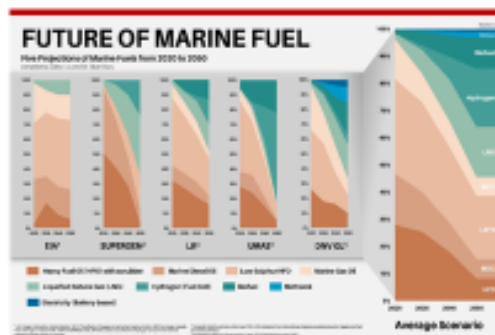
2. Les effets des mesures concernant le *design initial* et le *rétrofit* du navire ont été différenciés par scénario : elles permettent de gagner en émission unitaire 30% entre 2008 et 2050 dans le scénario « laxiste » SL, 40% dans le scénario « moyen » SM et 50% dans le scénario « de décarbonation » SD

3. Les principales mesures opérationnelles sont la réduction de vitesse des navires et l'assistance vélique, l'électrification à quai ne jouant qu'au port. L'atelier a retenu des effets beaucoup plus limités : pas d'effet pour SL; 5% en 2050 pour SM et 10% pour SD compte tenu des fortes réserves armatoriales sur le sujet.

La réduction de vitesse est techniquement possible au moins en période de croisière et a déjà été largement utilisée lorsque les prix des soutes ont explosé, mais les armements ont tendance à considérer que la réduction de vitesse ne doit pas être régulée pour des raisons de sécurité et de marge de manœuvre dans l'optimisation de l'exploitation. La taxation carbone si elle intervient sur les soutes internationales pourrait avoir pour effet de réduire de facto les vitesses car le gain énergétique est considérable.

11- Inventaire des mesures technologiques retenues

4. Plutôt que se lancer dans un exercice prospectif des différentes solutions de systèmes propulsifs décarbonés ou neutres en carbone, compte tenu du champ très ouvert des solutions et de la grande diversité des types de navires et d'exploitation, l'atelier s'est contenté de différencier selon les scénarios le pourcentage de navires dans la flotte mondiale équipés de tels systèmes comme l'avait fait Martin Stopford, sachant que chaque navire a une « durée de vie moyenne » de 25 à 30 ans.



A noter que l'interrogation relative au nucléaire porte sur le mix énergétique de la troisième génération de navires et pas sur une propulsion nucléaire

11- Inventaire des mesures technologiques retenues : effets sur les émissions au port

5. La récapitulation des effets de réduction des trois familles de mesure est donnée pour le transport maritime dans le tableau ci-dessous en partant de 2008 et en se projetant jusqu'en 2060

	2008	2017	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste							
% flotte décarbonée	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	17,50%	20%	25%	30%	30%
Scénario moyen							
% flotte décarbonée	0%	0%	0%	0%	5%	20%	50%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	1%	2%	3%	5%	10%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	17,50%	20%	30%	40%	40%
Scénario de décarbonation							
% flotte décarbonée	0%	0%	5%	20%	50%	80%	95%
Gain vitesse et apport vélique	0%	0%	1%	3%	5%	10%	15%
Gain Rétrofit et design	0%	13%	20%	30%	40%	50%	50%

12- Inventaire des mesures de politique publique retenues : Niveau OMI

- Mise en place en 2011 de l'Energy Efficiency Design Index (EEDI) pour les navires neufs accompagné d'un plan de gestion de la performance énergétique (SEEMP ou Ship Energy Efficiency Management Plan)
- Mise en place en 2016 d'un système de collecte de données de consommation opérationnel obligatoire (MRV)
- Adoption en 2018 de deux obligations :
 - a) Réduire d'au moins **40%** les émissions de GES par activité de transport en 2030 par rapport à 2008 et atteindre **70%** de réduction en 2050
 - b) Réduire d'ici 2050 d'au moins **50% le volume total des émissions** de GES du transport maritime par rapport à 2008 en poursuivant l'effort pour les éliminer totalement au cours de ce siècle
- Adoption au MEPC 76 de juin 2021
 - a) Mise en place obligatoire d'une certification de l'efficacité énergétique des navires existants (EEXI : Energy Efficiency existing ship Index) avec des mesures techniques (comme la limitation de puissance) qui réduisent et plafonnent à partir de 2023 l'empreinte CO₂ de chaque navire existant au-delà de 400 tonneaux de jauge (UMS);
 - b) Mise en place d'un indicateur d'intensité carbone des navires (CII : Carbon Intensity Indicator) permettant de classer annuellement les navires en fonction de leurs performances réelles, des catégories A (faible intensité carbone) à E (forte intensité carbone), avec des exigences croissantes d'année en année, également applicable à partir de 2023.
- Extension des SECA (Europe, Caraïbes, autres) ou Global Cap de 0,1 % à court/moyen terme
- Extension (via des NECA) ou généralisation de la norme tier III pour les navires/moteurs neufs à moyen terme
- Mise en place de réglementations spécifiques aux émissions de particules fines par les navires à moyen terme

11- Inventaire des mesures technologiques retenues : effets sur les émissions à quai

12- Inventaire des mesures de politique publique retenues : niveau UE

6.
l'é
d'
le

MRV également comme l'OMI avec une publication des premiers résultats en 2020

et dans le cadre du *Green Deal*

Fit for 55 avec l'objectif de réduction globale de 55% des émissions de GES d'ici 2030:

Fuel EU Maritime : projet de règlement du 14 juillet 2021

Application des SEQE au transport maritime

Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières : projet de règlement CBAM (carbon border adjustment mechanism) du 14 juillet 2021

	EU MRV Regulation	IMO DC System
Monitoring	Ships above 5000 GT Voyages to/from & between EU Monitoring Plan (MP) 1 st January 2018	Ships 5000 GT and above All International Voyages SEEMP 1 st January 2019
First monitoring period	2018	2019
Reporting responsibility	Company responsible on 31 Dec	Flag responsible for effective period
Reporting	Fuel consumption and CO ₂ Distance travelled Time spent at sea Cargo carried Transport work = Distance x Cargo	Fuel consumption (CO ₂ derived) Distance travelled Hours under way DWT (deadweight) Transport work proxy = Distance x DWT
Verification	Independent Accredited Verifiers	Flag Administrations or ROs
Reports to	European Commission & Flag State	Flag Administrations
Certification	Document of Compliance (DoC)	Statement of Compliance (SoC)
Publication	Distinctive - ship specific database	Anonymous - aggregated ship database
Disclosure	Public	Confidential (Parties access/analysis)

on
à sur

12- Inventaire des mesures de politique publique retenues : niveau français

Mesures nationales pour le transport maritime

- des leviers financiers existants comme la taxe au tonnage, comme le financement des navires sous le régime de l'article 39 C de déductibilité fiscale des amortissements, comme le mécanisme de suramortissement destinés aux navires ou aux bateaux verts, des exonérations de charges sociales, ou encore un mécanisme favorisant la filière GNL améliorent la compétitivité des armateurs et pourraient être prolongés.

- leviers réglementaires : obligation de recourir à des appels d'offre pour les transports maritimes publics domestiques avec des transports à zéro émission (comme en Norvège).

Mesures envisagées pour les ports

Mesures fiscales adoptées : création d'un tarif réduit de TICFE (0,5€/MWh au lieu du tarif « de droit commun » de 22,5€/MWh) pour l'alimentation en électricité des bateaux et des navires à quai et création en août 2020 d'un certificat d'économie d'énergie (CEE) en faveur du branchement électrique des bateaux et navires à quai.

Des mesures d'accompagnement réglementaires :

- Création du nouveau statut d'opérateur d'infrastructures de recharge et de fourniture d'énergie ;
- Révision début 2019 du règlement pour la manutention des marchandises dangereuses (RPM) pour prendre en compte la manutention du GNL

13-1 Éléments quantitatifs des scénarios étudiés pour le transport maritime (demande et émissions)

1. Récapitulatif de la demande de transport maritime français

	Traffics maritimes français projetés associés en GtK	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
SL	Scénario pseudéco-0,8	1595*	1400	1400	1531	1831	2060	2380
SM	Scénario 2bis	1595*	1400	1400	1476	1647	1837	2051
SD	Scénario 2 ter	1595*	1400	1400	1447	1589	1598	1517

* valeur estimée au prorata des trafics donnés dans Eurostat : 352 Mt en 2008 et 309 MT en 2018

2. Emissions unitaires en g/ tnm des trois scénarios

Année	Scénario laxiste (SL)	Scénario moyen (SM)	Scénario de décarbonation (SD)
2008	21 g	21 g	21 g
2017	18,3 g	18,3 g	18,3 g
2025	17,3 g	17,3 g	15,9 g
2030	16,8 g	16,4 g	11,9 g
2040	15,8 g	13,5 g	7,3 g
2050	14,7 g	9,8 g	4,3 g
2060	14,1 g	6,8 g	3,2 g

Tableau 2F Projection de réduction des émissions unitaires du transport maritime dans les trois scénarios étudiés

3. Emissions du maritime en France (transport, plaisance, pêche) en Mt

Emissions GES transport maritime en Mt	Scénario laxiste (SL)	Scénario moyen (SM)	Scénario de décarbonation (SD)
2008*	18,1 Mt	18,1 Mt	18,1 Mt
2018**	13,8 Mt	13,8 Mt	13,8 Mt
2025	13,1 Mt	12,9 Mt	12,0 Mt
2030	13,9 Mt	13,1 Mt	9,3 Mt
2040	15,6 Mt	12,0 Mt	6,2 Mt
2050	16,4 Mt	9,8 Mt	3,5 Mt
2060	18,1 Mt	7,5 Mt	2,6 Mt

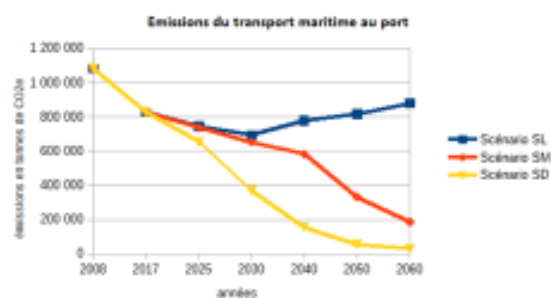
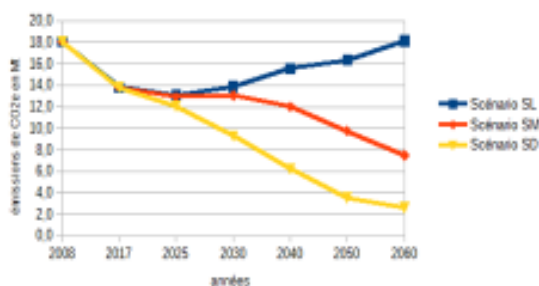
13-2 Éléments quantitatifs des scénarios étudiés pour les ports (demande et émissions)

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Trafic maritime en GtK	SL	1595	1400	1400	1531	1831	2060	2380
	SM	1595	1400	1400	1476	1647	1837	2051
	SD	1595	1400	1400	1447	1589	1598	1517
Emissions maritimes en Mt	SL	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
	SM	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
	SD	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6
Taux des émissions au port	SL	6%	6%	5,7%	5%	5%	5%	4,85%
	SM	6%	6%	5,7%	5%	4,85%	3,4%	2,5%
	SD	6%	6%	5,45%	4,0 %	2,5%	1,6%	1,15%
Emissions CO2 dans les ports en tonnes	SL	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
	SM	1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
	SD	1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900 t

Tableau 32 : évolution des émissions de CO2 du maritime (transport, pêche et plaisance) selon les trois scénarios étudiés

14- Résultats quantitatifs des émissions des trois scénarios pour le maritime et pour les ports

Evolution des émissions de CO2e du maritime (transport, pêche et plaisance) de 2008 à 2060



15- Narratifs des trois scénarios étudiés: scénario « laxiste »

1. Ce scénario ne laisse pas entrevoir d'évolutions technologiques significatives et témoigne d'un manque de mesures complémentaires par rapport à celles déjà décidées aujourd'hui.

2. Au total l'atelier a supposé :

- que les gains de *design* et de *rétrofit* atteignent de façon combinée 30% en 2050
- que la réduction de vitesse et l'assistance vélique ne sont pas appliquées
- que l'introduction de la flotte carbonée ne démarre qu'après 2050 et atteint 5% de la flotte en 2060

Dans ce scénario, le trafic maritime français passe de 1 400 Gt.km en 2018 et 2025 à 1 831 Gt.km en 2040 et 2380 Gt.km en 2060.

Les émissions de GES du maritime français passent de 13,8 Mt en 2018 à 13,1 Mt en 2025, et progressent au niveau de **15,6 Mt** en 2040 et de **18,1 Mt** en 2060

Les émissions remontent à partir de 2025 car les mesures de réduction ont déjà produit l'essentiel de leurs effets et comme l'introduction d'une flotte décarbonée ne se fait qu'après 2050. Les émissions au port retrouvent leur niveau de 2018 à partir de 2050 et progressent ensuite légèrement.

15- Narratifs des trois scénarios étudiés: scénario « moyen »

Le scénario « moyen » combine une relative sobriété des transports de marchandises et une progression raisonnable des mesures de politique publique et des avancées technologiques.

Récapitulatif émission CO2 Mt	2008	2017	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste SL	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
Scénario moyen SM	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
Scénario décarbonation SD	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6

Les émissions unitaires baissent d'un facteur 3 entre 2008 et 2060 pour passer de 21 g CO2/t.km à 6,8 g ce qui permet de réduire le niveau global d'émission de plus de 2 et de respecter à peu près l'engagement de l'OMI en 2050, malgré une augmentation du trafic qui passe de 1 400 à 2 051 Gt.km de 2018 à 2060. Ceci est rendu possible par l'introduction de la flotte décarbonée en 2040 avec 20% de la flotte en 2050, un gain lié à la réduction de vitesse et au vélique de 5% en 2050 et un gain lié au *rétrofit* et au *design* de 40% à ce même horizon de temps.

Année	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Emissions CO2	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
dans les ports	SM 1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
en tonnes	SD 1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900 t

Dans les ports, les émissions baissent d'environ 60% entre 2018 et 2050 avec l'électrification à quai généralisée à partir de 2040.

15- Narratifs des trois scénarios étudiés: scénario « décarbonation »

Contrairement aux deux autres scénarios qui voient les trafics croître de façon continue à partir de 2025, ce scénario s'inscrit avec un plafonnement du niveau de trafic qui passe de 1 400 Gt km en 2017/2018 et plafonne à 1 600 Gt km vers 2045 pour régresser légèrement par la suite.

Récapitulatif émissions CO ₂ du maritime français Mt	2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Scénario laxiste SL	18,1	13,8	13,1	13,9	15,6	16,4	18,1
Scénario moyen SM	18,1	13,8	12,9	13,1	12,0	9,8	7,5
Scénario décarbonation SD	18,1	13,8	12,0	9,3	6,2	3,5	2,6

Le scénario « de décarbonation » montre que le niveau de 3 Mt qui correspondrait au puits carbone associé aux émissions du maritime (transport maritime international touchant les ports français principalement, mais aussi pêche et plaisance) n'est atteint qu'entre 2050 et 2060 sachant que l'introduction de la flotte décarbonée démarre en 2025 (5% de la flotte) et se poursuit jusqu'à atteindre 95 % en 2050. La combinaison de mesures qui permet d'atteindre ce résultat est une réduction des émissions unitaires de 50% grâce au *design* et au *rétrofit* en 2050, l'introduction de la flotte décarbonée dès 2025 avec un niveau de 80% de la flotte en 2050, ce qui représente un vrai défi, enfin une réduction complémentaire liée à la réduction de vitesse et au vélisque de 10% en 2050. Ceci s'inscrit dans la lignée de l'accélération et des expérimentations nombreuses opérées récemment par les armateurs au vu du rythme d'avancée modéré de l'OMI.

Année		2008	2018	2025	2030	2040	2050	2060
Emissions CO ₂ dans les ports en tonnes	SL	1 086 000t	828 000t	746 700t	709 000t	780 000t	820 000t	878 000t
	SM	1 086 000t	828 000t	735 000t	655 000t	582 000t	333 000t	187 000t
	SD	1 086 000t	828 000t	654 000t	372 000t	155 000t	56 000t	29 900 t

En revanche dans les ports la décarbonation est obtenue au niveau des puits dès 2040 et se poursuit nettement au-delà.

Annexe 1- Rapprochement données soutages et trafics portuaires de 2017 sur 13 pays européens majeurs pour le transport maritime

Pays	Emissions 2017 en kilo-tonnes de CO ₂	Trafic portuaire national 2017 en kilo-tonnes	Ratio émissions sur trafic exprimé en pourcentage
Allemagne	6 534	299 189	2,184%
Belgique	24 628	257 855	9,551%
Danemark	1 632	94 638	1,724%
Espagne	21 680	485 805	4,461%
Finlande	1 107	110 468	1,007%
France	5 772	302 840	1,906%
Grèce	7 151	190 523	3,751%
Italie	7 183	475 164	1,512%
Malte	6 963	4 114	169,251%
Pays-Bas	37 661	595 810	6,321%
Portugal	2 562	93 356	2,744%
Royaume-Uni	10 948	481 815	2,272%
Suède	7 434	175 964	4,225%
Total sur 13 pays	141 255	3 567 541	3,96%
Total UE	146 587		
	Emissions kt	Tonnage kt	
Catégorie 1	35 737	1 857 470	1,92%
Catégorie 2	105 518	1 710 071	6,17%

Tableau 6- rapprochement des données 2017 d'émissions hors total du transport maritime international de la CRUCC et des données des trafics portuaires des pays correspondants selon Eurostat

En regroupant les deux catégories de pays et en supposant une homogénéité de proportion de soutage extérieur pour chacune d'elles, un calcul simple montre que la première catégorie soute 37 809 tonnes de GES en dehors de son territoire : si l'on suppose que la France est dans cette situation moyenne car le ratio moyen de la première catégorie est de 1,92%, donc quasiment le ratio français de 1,91%, on en déduit que la valeur des GES du transport maritime français international s'établit sans doute autour de $5,772 * (1 + 37809 / 35737) = 11,88$ Mt. Si l'on y ajoute les GES du trafic domestique pour 2017 on obtient : $11,88 + 0,139 = 12,02$ Mt.

Une seconde méthode consiste à faire un ratio entre le trafic portuaire national et les émissions de CO₂, 1 t de CO₂e est émise pour 25,25 t de trafic portuaire. À partir de ce ratio et du tonnage manutentionné dans les ports français, on en déduit que la valeur des GES du transport maritime français international s'établit autour 11,99 Mt. Si l'on y ajoute les GES du trafic domestique pour 2017 on obtient : $11,99 + 0,139 = 12,13$ Mt.

Catégorie 1 en noir sur le tableau : Allemagne, Danemark, Finlande, France, Italie, Portugal et Royaume-Uni
Catégorie 2 en vert sur le tableau : Belgique, Espagne, Grèce, Malte, Pays-Bas et Suède

7 Compléments méthodologiques

Les simulations de la présente prospective s'appuient sur quelques éléments communs de cadrage.

La démographie

Au premier janvier 2021, la population française s'élevait à 67,4 millions d'habitants. Dans son scénario central (2021), l'Insee prévoit 69,2 millions d'habitants en 2040 et 68,7 en 2060 (y compris Mayotte). Les principales hypothèses de ce scénario sont inférieures 1,95 enfants par femme en début de période, un solde migratoire positif de 70 000 habitants par an et une fécondité et un risque de décès évoluant comme lors des dernières années. Plusieurs scénarios alternatifs sont présentés, avec une fourchette d'incertitude de l'ordre de la dizaine de millions en plus ou en moins à l'horizon 2060 qui semble toutefois assez faible du fait des incertitudes sur le solde migratoire notamment dans un contexte de forte croissance démographique du continent africain, dont la population pourrait, selon les prévisions de l'ONU, augmenter de près de 90 % d'ici à 2050. En outre, la population de l'espace francophone devrait connaître une croissance très forte et pourrait atteindre 700 millions d'habitants vers 2050 : sous les effets du changement climatique, une partie d'entre elle pourrait être attirée par les emplois et le niveau de vie existant en France.

Des crises économiques ou climatiques dans les pays d'origine pourraient accroître les flux migratoires, même si les pays de destination sont souvent proches des pays d'origine pour les trois quarts des migrants : l'Allemagne a cependant accueilli plus d'un million de réfugiés à la suite de la crise syrienne de 2015. Selon la Banque mondiale, plus de 140 millions de personnes pourraient ainsi devenir des réfugiés climatiques d'ici 2050. D'un autre côté, les populations très pauvres migrent peu, si bien que la résorption de la très grande pauvreté dans le monde pourrait aussi être un facteur de croissance des migrations. Inversement, il peut aussi y avoir des surprises à la baisse (crise sanitaire (pouvant être amplifiée dans un contexte d'inefficacité des antibiotiques), développement d'une émigration ...) amenant à s'interroger sur une fourchette d'incertitude plus forte que celle prise en compte par l'Insee.

Dans tous les cas, l'âge moyen de la population devrait être plus élevé (avec un rajeunissement possible toutefois en cas de forte immigration). En 2050, une personne sur six (contre une sur neuf aujourd'hui) devrait avoir plus de 65 ans. Les questions d'adaptation aux handicaps en tenant compte du vieillissement de la population sont aussi à considérer pour repenser les transports et la mobilité. Ces facteurs créent une incertitude supplémentaire sur le degré de vieillissement et la dynamique économique.

Le contexte macroéconomique

Comme l'écrivait France stratégie avant la crise de la COVID-19, le contexte économique et institutionnel européen reste incertain. La période 2007-2016 demeurera dans les mémoires parce que la crise financière aura été l'occasion d'un basculement historique : au cours de ces dix ans, les six septièmes de la croissance mondiale sont venus des pays émergents. Pour les années à venir, dans un contexte d'incertitude élevée marqué par la faiblesse des gains de productivité et la faiblesse des taux d'intérêt réels à long terme, il paraissait raisonnable de tabler, au niveau mondial, sur une croissance voisine des 3,5 % enregistrés au cours de la dernière décennie. Cependant, fin 2019, l'OCDE constatait que le rythme de l'économie mondiale se situait plutôt autour de 3 % en raison notamment des évolutions de l'économie chinoise qui se tourne désormais plus fortement vers son

marché intérieur. Le présent exercice conservera cette vision de la croissance, même si, comme le souligne le paragraphe ci-dessous, la crise de la COVID-19 a profondément affecté l'économie mondiale et pourrait probablement accentuer les inégalités entre les pays, compte tenu de leur accès différencié à la vaccination.

En France, la hausse de la dette publique et une croissance plutôt faible réduisent les marges de manœuvre et imposent davantage d'efficacité dans la dépense publique. On ne peut pas exclure, surtout dans un contexte de croissance faible et potentiellement ralentie, que cela réduise assez durablement les possibilités de l'investissement public, qui soutient une partie des investissements de transports, ou du financement de l'exploitation de services collectifs de transport.

Sur le plan économique, la transition énergétique pour atteindre la neutralité carbone va demander des investissements massifs, des subventions publiques importantes pour favoriser la R&D et le développement des technologies bas carbone, une évolution extrêmement rapide du secteur industriel qui peut conduire à des coûts échoués et des dépenses d'accompagnement non seulement à l'égard des industries concernées, de leurs employés, des territoires associés, mais aussi à l'égard des Français qui seront amenés à payer, de manière directe à travers des taxes ou indirecte à travers des normes, les émissions de CO₂ liées à leurs consommations. Ainsi que Jean Pisani-Ferry le souligne, en prenant l'exemple du secteur automobile dont les investissements, les brevets et le savoir-faire dans la fabrication des véhicules thermiques seront en partie perdus dès 2035, si le paquet *Fit for 55* de la Commission européenne, qui prévoit la fin de la vente des véhicules neufs émetteurs de gaz à effet de serre à cette date, est adopté, les conséquences macroéconomiques d'une transition énergétique devenue urgente, seront notables pour la croissance et pour l'emploi. Il est de plus probable que ces investissements publics massifs et que la hausse des coûts privés (fiscalité, redevances, prix de l'énergie, coûts supérieurs des énergies décarbonées...) que cette transition entraîne ne seront acceptables que dans un scénario de croissance soutenue permettant une dynamique positive des revenus des particuliers.

Une étude de sensibilité a été conduite, pour chacun des scénarios, selon des hypothèses haute et basse d'évolution du PIB. Elle montre que ce paramètre n'est pas le facteur d'incertitude le plus déterminant dans cet exercice prospectif. Le PIB devient le déterminant non plus tant du volume des échanges (les tests de sensibilité montrent que cela ne joue que sur 10 % à 30 % *in fine* des résultats des projections), que de la capacité à faire face aux mutations nécessaires :

- acquérir les outils de déplacements compatibles avec les objectifs mondiaux,
- adapter les outils industriels,
- disposer des moyens d'organiser les transferts financiers nécessaires pour assurer la faisabilité sociale).

Si notre pays ne parvenait pas à dégager les ressources financières cela signifierait au mieux, si la communauté internationale et les pays leaders relevaient effectivement le défi, une relégation progressive au plan international, et au pire, si la communauté internationale elle-même ne le relevait pas, des effets environnementaux délétères. Faire partie du petit peloton des pays qui maîtriseront et produiront ces technologies et qui donneront le tempo des efforts de sobriété est essentiel pour l'économie.

Les mutations du travail

Les technologies numériques, mais aussi les transformations de l'entreprise et l'évolution

des attentes des actifs se conjuguent pour mettre en cause la prédominance de l'emploi salarié stable, à plein temps et entièrement en présentiel. Intermittence, nouvelles formes de travail indépendant, poly-activité, et bien entendu télétravail, se développent. Les mêmes personnes pourront ainsi, pour certaines d'entre elles, effectuer une partie de leur travail depuis leur domicile, voire passer d'un statut à l'autre, ou cumuler plusieurs statuts. La vitesse et l'étendue de cette transformation demeurent incertaines. Dans cette vision d'un travail éclaté entre plusieurs lieux, voire plusieurs activités, la notion même des liaisons quotidiennes entre le domicile et le travail, effectuées durant les périodes de pointe du matin et du soir, pourrait s'estomper pour laisser la place à plusieurs déplacements dans la journée permettant de passer d'un lieu à un autre en fonction des horaires de chacun, voire à un habitat plus éloigné du travail et à quelques déplacements hebdomadaires.

Les tendances révélées par la crise sanitaire éclairent la prospective

À première vue, on pourrait penser qu'il n'y aurait pas beaucoup de liens entre l'analyse de la présente crise économique et sanitaire d'une part et une démarche de prospective des mobilités de long terme à vingt et quarante ans d'autre part, les horizons de temps des deux démarches étant a priori très différents. Ce serait pourtant une erreur : la crise de la COVID-19 au-delà de ses impacts sanitaires et économiques a modifié, de façon plus ou moins durable, le comportement de ceux qui y ont été confrontés et a servi de révélateur à certaines tendances de la société qui peuvent se prolonger dans le temps, en particulier le recours accru au télétravail.

Sur le plan économique, les prévisions de l'OCDE publiées en septembre 2021 font état d'une reprise nettement plus rapide que ce qui était anticipé un an auparavant, comme le montrent les diagrammes ci-dessous. Non seulement les économies avancées du G20 retrouveraient en 2022, grâce à la manière dont ils ont géré la crise, un rythme de croissance comparable à celui d'avant crise, mais ils effaceraient de plus la perte de croissance liée à la COVID-19.

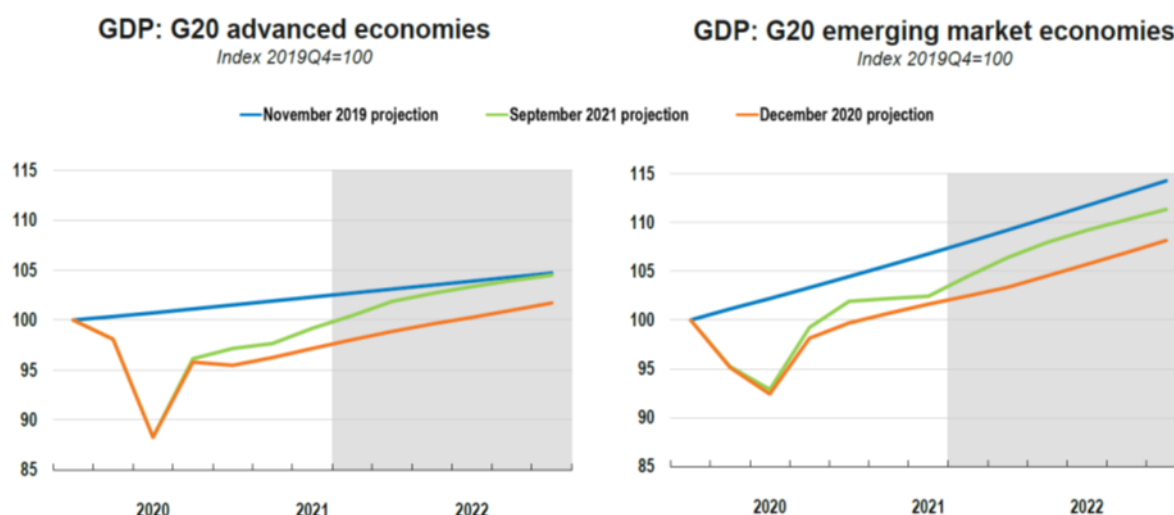


Figure 2 : Les prévisions économiques des différents pays du G20 en septembre 2021

Selon les estimations de la Banque de France datées de septembre 2021, la France devait retrouver fin 2021 son niveau de PIB de 2019, et connaître en 2022 une année de forte croissance (qui pourrait être voisine de 4 %), avant de revenir vers un rythme d'évolution plus proche du rythme de croissance d'avant la crise sanitaire.

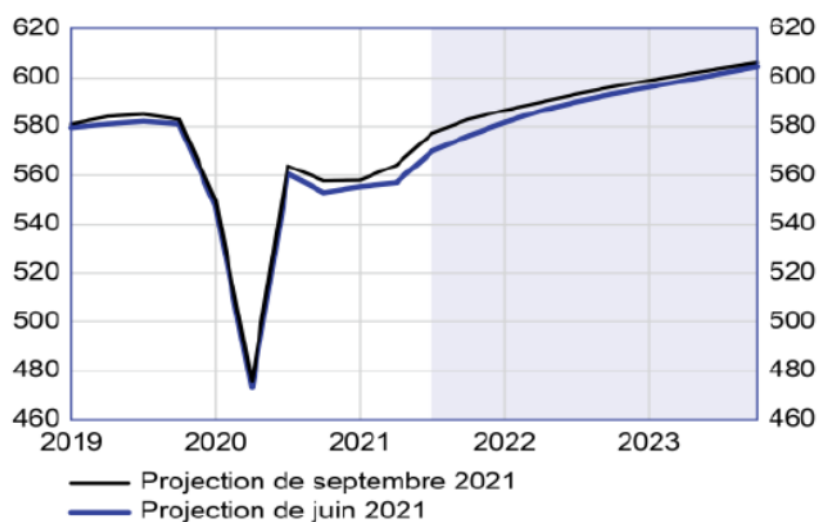


Figure 3 : Niveau du PIB français réel (en volume prix chaînés en milliards d'euros 2014) Source : Insee jusqu'au 2ème semestre 2021, prévisions Banque de France au-delà

À l'inverse, les pays émergents du G20 n'arriveraient pas à compenser la croissance perdue durant la crise de la COVID-19. De plus, le taux de vaccination inégal suivant les pays, les tendances inflationnistes, les dettes élevées d'un certain nombre de pays sont susceptibles de compromettre cette reprise. L'économie mondiale post-crise risque donc d'accentuer encore plus fortement qu'auparavant les écarts entre les pays riches, notamment entre les États-Unis dopés par leur plan de relance, et d'autres, moins fortunés, d'Amérique du sud et d'Afrique subsaharienne notamment, qui n'auront pas retrouvé en 2022 leur niveau de PIB/habitant de 2019. Dans ce contexte, il paraît donc raisonnable de prendre pour cet exercice, une croissance économique de notre pays quasi-équivalente à celle qui prévalait avant la crise.

Cette tendance macroéconomique favorable pour les économies avancées ne doit cependant pas occulter les difficultés propres à certains secteurs : pour ne citer que deux exemples du domaine des transports, le trafic aérien a subi de lourdes pertes et n'a pas encore retrouvé, à l'automne 2021, son niveau de trafic de 2019. De même, le secteur automobile connaît une reprise difficile en raison d'une baisse de la demande, de la pénurie mondiale de composants – en particulier des semi-conducteurs – ainsi que de la hausse générale des coûts des matières. Plus généralement, le niveau d'emploi au deuxième trimestre 2021 est encore inférieur dans beaucoup de pays du G20 à ses valeurs du quatrième trimestre 2019, sauf en Australie et en France.

Dans un contexte de fragmentation du monde par blocs régionaux et de rivalité économique exacerbée entre ceux-ci, le débat public autour de ces difficultés d'approvisionnement se tient sur le terrain de l'indépendance stratégique pour les États ou de l'efficacité des stratégies de localisation des sous-traitants pour les entreprises. Il peut conduire à des évolutions plus ou moins importantes dans les flux de marchandises. Dans un rapport de 2018, le Forum International des Transports envisage ainsi un retour à une régionalisation plus marquée de la production, grâce notamment au déploiement de l'intelligence artificielle et de l'automatisation des usines, ce qui conduit à une augmentation du commerce intra-régional et à une diminution du trafic international d'environ 20 %.

8 Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
AAPA	<i>American association of port authorities</i>
BEI	Banque européenne d'investissement
CEE	Certificat d'économie d'énergie
CGDD	Commissariat général au développement durable
CGE	Conseil général de l'économie
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CII	<i>Carbon intensity indicator</i>
CIMER	Comité interministériel de la mer
CITEPA	Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
CNUCC	Convention des Nations Unies contre le changement climatique
CO ₂	Dioxyde de carbone
CPER	Contrat de plan État-Région
DGITM	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer
ECA	Zone de contrôle des émissions atmosphériques
EEDI	<i>Energy efficiency design index</i>
EEXI	<i>Energy efficiency existing ship index</i>
ENEDIS	Entreprise de service public, gestionnaire du réseau de distribution d'électricité
EVP	Equivalent Vingt Pieds
FIT	Forum international des transports
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GNL	Gaz naturel liquéfié
GPM	Grand port maritime
IFER	Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseau
MACF	Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières
MEPC	Comité de la protection du milieu marin
MIE	Mécanisme d'interconnexion pour l'Europe
MRV	<i>Measuring, reporting and verification</i>

Acronyme	Signification
NECA	Zones d'émissions contrôlées des oxydes d'azote
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMI	Organisation maritime internationale
ONU	Organisation des Nations unies
RCP	<i>Representative Concentration pathway</i>
RMT	<i>Review of Maritime Transport</i>
RPM	Règlement pour la Manutention des marchandises dangereuses dans les ports
SECA	Zones d'émissions contrôlées de soufre
SECTEN	Secteur émetteur et par énergie
SEQE	Système européen d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre
SNBC	Stratégie nationale bas carbone
SNP	Stratégie nationale portuaire
SO _x	Oxydes de soufre
TC	Transports en Commun
TCAM	Taux de croissance annuel moyen
TICFE	Taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité
TURPE	Tarif d'utilisation du réseau public d'électricité
UE	Union européenne
UMS	<i>Universal Measurement System</i>
ZIP	Zone industrielle portuaire

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)
[Site internet de France Stratégie : « Publications »](#)