



NATIONS
UNIES

EP

UNEP/MED WG.515/17

ONU 
programme pour
l'environnement



Plan d'action pour
la Méditerranée
**Convention de
Barcelone**

12 juillet 2021
Français
Original : Anglais

Réunion des Points focaux du PAM

Téléconférence, 10 - 17 septembre 2021

Point 5 de l'ordre du jour : Questions spécifiques pour examen et décision par la réunion, y compris les projets de décisions

Projet de décision : Désignation de la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL

Pour des raisons de coût et de protection de l'environnement, le tirage du présent document a été restreint. Il est aimablement demandé aux délégations d'apporter leur copie de ce document aux réunions et de s'abstenir de demander des copies supplémentaires.

Note du Secrétariat

Conformément à la Stratégie régionale pour la prévention et la lutte contre la pollution marine provenant des navires (2016-2021), un Comité technique d'experts, qui a travaillé par correspondance, nommé par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone, a été établi pour réaliser une étude de faisabilité technique et économique visant à examiner la possibilité de faire reconnaître la mer Méditerranée, en tout ou partie, comme zone de contrôle des émissions (ECA) d'oxydes de soufre (SO_x) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL.

Sur la base des résultats des travaux du Comité technique d'experts ECA(s) SO_x sur la période 2018-2019, y compris l'étude de faisabilité technique et économique et le projet initial de soumission à l'OMI préparé par le REMPEC, la 21^e réunion ordinaire des Parties contractantes à la Convention de Barcelone et à ses Protocoles (CdP 21) (Naples, Italie, 2-5 décembre 2019) a adopté la Décision IG.24/8 sur la Feuille de route pour une proposition de désignation éventuelle de la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre en vertu de l'Annexe VI de MARPOL, dans le cadre de la Convention de Barcelone, ci-après dénommée la feuille de route.

La CdP 21 a convenu de prolonger le mandat du Comité technique d'experts ECA(s) SO_x jusqu'au 30 avril 2021 afin de superviser l'achèvement de l'acquisition des connaissances et la préparation des études complémentaires, notamment des impacts socio-économiques sur les Parties contractantes à la Convention de Barcelone individuelles, comme indiqué entre autres dans la feuille de route, y compris le développement de leurs termes de référence respectifs, par le biais d'une correspondance coordonnée par le REMPEC, dans le cadre de l'examen de la possibilité de faire reconnaître la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med).

La CdP 21 a également convenu de finaliser, sous la direction du Comité technique d'experts ECA(s) SO_x, conformément à la feuille de route approuvée, sur la base des résultats des études complémentaires et des travaux préparatoires, l'élaboration d'une proposition conjointe et coordonnée mutuellement convenue en vue de la désignation éventuelle par l'OMI de l'ECA SO_x Med en vertu de l'Annexe VI de MARPOL, ci-après dénommée la proposition.

Après discussion lors de la réunion régionale des experts sur la désignation éventuelle de l'ECA SO_x Med (en ligne, 27-28 avril 2021), la proposition a été examinée et approuvée par les participants à la quatorzième réunion des correspondants du REMPEC (en ligne, 31 mai-2 juin 2021). Les participants à la réunion ont demandé au Secrétariat de le soumettre pour approbation par la prochaine réunion des points focaux du PNUE / PAM.

En outre, comme demandé par la quatorzième réunion des correspondants du REMPEC (en ligne, 31 mai-2 juin 2021), en vue de faciliter la suite du processus, le Secrétariat :

- a procédé à l'édition finale et à toutes corrections rédactionnelles qui pourraient être identifiées, le cas échéant ;
- a assuré la liaison avec le Secrétariat de l'OMI pour compléter les informations nécessaires afin de compléter la page de couverture ainsi que pour préparer l'annexe 4 énonçant les projets d'amendements à la règle 14.3 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL désignant l'ECA SO_x Med en tant que nouvelle zone de contrôle des émissions, et y a inséré lesdites informations et ladite annexe.

Enfin, comme demandé par la quatorzième réunion des correspondants du REMPEC (en ligne, 31 mai-2 juin 2021), les consultations bilatérales nécessaires ont été menées avec les Parties contractantes à la Convention de Barcelone, par l'intermédiaire du Secrétariat, en coopération avec le REMPEC, en vue d'affirmer la liste des co-auteurs de la proposition ainsi que l'état exact des ratifications par les Parties contractantes de la Convention de Barcelone qui n'ont pas encore ratifié l'Annexe VI de MARPOL.

La mise en œuvre de la présente décision est liée aux résultats 1.4.2 et 3.2.3 du programme de travail proposé. Elle a des implications budgétaires sur le MTF et les ressources externes, reflétées dans le budget proposé.

La mise en œuvre de la présente décision est liée à tous les résultats du programme fondamental sur la « gouvernance » du programme de travail proposé 2022-2023. Elle a des implications budgétaires sur le MTF et les ressources externes, reflétées dans le budget proposé.

Ce projet de décision et ses annexes sont par la présente soumis à la réunion des Points focaux du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) 2021 (téléconférence, 10-17 septembre 2021) pour examen et transmission éventuelle à la 22^e réunion des Parties contractantes (COP 22) (Antalya, Turquie, 7-10 décembre 2021).

Projet Décision 25/14

Désignation de la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL

La 22^{ème} réunion des Parties contractantes à la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (Convention de Barcelone) et à ses Protocoles,

Rappelant la résolution 70/1 de l'Assemblée générale du 25 septembre 2015, intitulée « Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030 »,

Rappelant également la résolution UNEP/EA.4/Res.21 de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement adoptée le 15 mars 2019, intitulée « Vers une planète sans pollution »,

Tenant compte de la Convention de Barcelone, en particulier de son article 6, qui stipule que les Parties contractantes prennent toutes mesures conformes au droit international pour prévenir, réduire, combattre et dans toute la mesure du possible éliminer la pollution dans la zone de la mer Méditerranée causée par les rejets des navires et pour assurer la mise en œuvre effective, dans cette zone, des règles qui sont généralement admises sur le plan international relatives à la lutte contre ce type de pollution,

Tenant également compte du Protocole relatif à la coopération en matière de prévention de la pollution par les navires et, en cas de situation critique, de lutte contre la pollution de la mer Méditerranée, en particulier de son article 4 paragraphe 2, qui stipule que les Parties prennent également des dispositions en conformité avec le droit international pour prévenir la pollution de la zone de la mer Méditerranée par les navires afin d'assurer la mise en œuvre effective dans cette zone des conventions internationales pertinentes en tant qu'État du pavillon, État du port et État côtier, ainsi que leur réglementation applicable en la matière,

Reconnaissant le rôle de l'Organisation maritime internationale (OMI) et l'importance de coopérer dans le cadre de cette Organisation, en particulier pour promouvoir l'adoption et le développement des règles et normes internationales destinées à prévenir, réduire et maîtriser la pollution du milieu marin par les navires,

Tenant en outre compte de la Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par le Protocole de 1978 y relatif, et telle que modifiée ultérieurement par le Protocole de 1997 (MARPOL), en particulier de l'Annexe VI de celle-ci concernant les règles relatives à la prévention de la pollution de l'atmosphère par les navires, telle que modifiée, et de la règle 14 relative aux oxydes de soufre (SO_x) et aux particules, ainsi que de l'Appendice III relative aux critères et procédures pour la désignation de zones de contrôle des émissions (ECA),

Rappelant la Décision IG.24/8 sur la Feuille de route pour une proposition de désignation éventuelle de la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre en vertu de l'Annexe VI de MARPOL, dans le cadre de la Convention de Barcelone, ci-après dénommée la feuille de route, adoptée par les Parties contractantes lors de leur 21^e réunion (CdP 21) (Naples, Italie, 2-5 décembre 2019), qui décrit le processus visant une proposition pour la désignation éventuelle de la mer Méditerranée dans son ensemble, telle que définie à l'article 1 de la Convention de Barcelone, en tant que zone de contrôle des émissions (ECA) d'oxydes de soufre (SO_x) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL, dans le cadre de la Convention de Barcelone, ci-après dénommée l'ECA SO_x Med proposée,

Rappelant également les mandats du Centre régional méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle (REMPEC), du Programme d'évaluation et de contrôle de la pollution en Méditerranée (MED POL) ainsi que du Centre d'activités régionales du Plan Bleu (CAR / PB) du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), tels que définis dans la Décision IG.19/5 sur les mandats des composantes du PAM, adoptée par les Parties contractantes lors de leur 16^e réunion (CdP 16) (Marrakech, Maroc, 3-5 novembre 2009), et leur pertinence pour la mise en œuvre de la Décision IG.24/8,

Constatant avec préoccupation les impacts des émissions de SO_x des navires sur la santé humaine et l'environnement dans la région méditerranéenne, et soulignant l'importance d'entreprendre des actions afin de traiter de ce problème, notamment à travers la désignation de l'ECA SO_x Med proposée,

Reconnaissant la volonté et les avantages associés à la désignation de la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL,

Notant avec satisfaction que le Comité technique d'experts sur les zones de contrôle des émissions (ECA) d'oxydes de soufre (SO_x) du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM), qui est composé de représentants de l'ensemble des vingt-deux Parties contractantes à la Convention de Barcelone, a pleinement accompli son mandat dans les délais et en bonne et due forme, conformément à la feuille de route,

Notant avec appréciation que le projet initial de soumission à l'Organisation maritime internationale (OMI) pour une proposition de désignation éventuelle de l'ECA SO_x Med proposée a été mis à jour conformément à la feuille de route et convenu par le Comité technique d'experts sur les zones de contrôle des émissions (ECA) d'oxydes de soufre (SO_x) du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM),

Rappelant que la feuille de route a été adoptée en vue de soumettre officiellement la proposition de désignation éventuelle de l'ECA SO_x Med proposée à la soixante-dix-huitième (78^e) session du Comité de la protection du milieu marin de l'Organisation maritime internationale (OMI) (MEPC 78) prévue pour 2022,

Rappelant également que, selon la feuille de route, l'objectif du processus est, entre autres, de faire en sorte que l'ECA SO_x Med proposée entre effectivement en vigueur dans un délai raisonnable et pratique, tel que défini par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone, et recommandant que cette date soit le [1^{er} mars 2024] [1^{er} janvier 2025],

Ayant examiné le rapport de la quatorzième réunion des correspondants du REMPEC (en ligne, 31 mai-2 juin 2021),

1. *Convient* de soumettre la proposition conjointe et coordonnée visant à désigner la mer Méditerranée dans son ensemble en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med), ci-après dénommée la proposition, telle qu'elle figure en Annexe de la présente décision, à la soixante-dix-huitième (78^e) session du Comité de la protection du milieu marin de l'Organisation maritime internationale (OMI) (MEPC 78) prévue pour 2022 ;

2. *Appelle* les Parties contractantes à coordonner le processus de soumission à l'Organisation maritime internationale (OMI), afin qu'avec le soutien du REMPEC et, en consultation avec le Secrétariat, la proposition soit soumise à l'Organisation maritime internationale (OMI) de manière efficace et en temps voulu et conformément aux règles et procédures pertinentes ;

3. *Encourage* les Parties contractantes à participer activement aux délibérations sur la proposition et sur les projets d'amendements à la règle 14 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL concernant la désignation de l'ECA SO_x Med proposée, à la soixante-dix-huitième (78^e) session du Comité de la protection du milieu marin de l'Organisation maritime internationale (OMI) (MEPC 78) prévue pour 2022, ainsi qu'aux sessions suivantes du Comité de la protection du milieu marin de l'Organisation maritime internationale (OMI), le cas échéant, conformément à la feuille de route ;
4. *Exhorte* les Parties contractantes à ratifier et à mettre en œuvre efficacement l'Annexe VI de MARPOL, si ce n'est déjà fait, dans les plus brefs délais ;
5. *Demande* au Secrétariat [REMPEC] de fournir un soutien technique pour la mise en œuvre de la présente décision, en synergie avec l'Organisation maritime internationale (OMI), et d'autres parties prenantes concernées, par le biais d'activités de coopération technique et de renforcement des capacités, y compris des activités de mobilisation de ressources ;
6. *Encourage* toutes les parties prenantes, y compris l'industrie du transport maritime et les autres partenaires, à contribuer et à soutenir la désignation et la mise en œuvre de l'ECA SO_x Med.

ANNEXE

**Proposition conjointe et coordonnée visant à désigner la mer Méditerranée dans son ensemble
en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med)**

**F**

COMITÉ DE LA PROTECTION
DU MILIEU MARIN
78^e session
Point **N** de l'ordre du jour

MEPC 78/N/I

Date du document Original : ANGLAIS

Diffusion au public avant la session :

TITRE DU POINT DE L'ORDRE DU JOUR

Proposition visant à désigner la mer Méditerranée, dans son ensemble, en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ECA SO_x Med)

Soumis par [liste des co-auteurs]

RÉSUMÉ

Résumé analytique :

Le présent document détaille une proposition visant à désigner la mer Méditerranée, dans son ensemble, en tant que zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (ci-après « ECA SO_x Med »), conformément à la règle 14 et à l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, à compter du [1^{er} mars 2024] / [1^{er} janvier 2025].

Ladite proposition indique que la désignation proposée d'ECA SO_x Med, se fonde sur la nécessité avérée de prévenir, réduire et contrôler les émissions d'oxydes de soufre et de particules fines provenant des navires. En outre, si la proposition d'ECA SO_x Med était adoptée, cela entraînerait une réduction substantielle des niveaux de pollution de l'air sur l'ensemble de la mer Méditerranée et au sein des États riverains, ce qui présenterait des bénéfices significatifs pour la santé humaine et l'environnement.

Les co-auteurs invitent le Comité à examiner cette proposition, au cours de la présente session, en vue de son adoption par les Parties à l'Annexe VI de MARPOL, au MEPC 79, par le biais d'amendements à la règle 14.3 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL, désignant l'ECA SO_x Med en tant que nouvelle zone de contrôle des émissions.

Orientations stratégiques, le cas échéant : 4

Résultats : 4.1

Mesures à prendre : Paragraphe 24

Documents de référence : MEPC 76/INF.63

Introduction

7. Par le biais du présent document, les [XXX/nombre] pays riverains de la mer Méditerranée – [liste des États riverains de la Méditerranée correspondants] émettent une proposition de désignation de la mer Méditerranée, dans son ensemble, en tant que zone de contrôle des émissions (ECA / Emission control area) afin de prévenir, réduire et contrôler les émissions d'oxydes de soufre (SO_x) et de particules fines (PM) provenant des navires, conformément à la règle 14 et à l'Appendice III de l'Annexe VI de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL), (ci-après l'ECA SO_x Med proposée).

8. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée est nécessaire pour protéger la santé publique et l'environnement en mer Méditerranée, les eaux territoriales et les côtes, ainsi qu'au sein des communautés des États riverains de la mer Méditerranée, en réduisant l'exposition aux niveaux nocifs de pollution de l'air résultant de ces émissions. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée, apporte des bénéfices supplémentaires nécessaires, au-delà de ceux qui sont obtenus par la seule mise en œuvre des normes mondiales de qualité du fuel-oil, en vertu de l'Annexe VI de MARPOL (ci-après les normes MARPOL VI). Le fardeau pesant sur le transport maritime international est largement contrebalancé par les bénéfices liés à l'amélioration de la qualité de l'air, à la réduction de la mortalité prématurée et des incidences sur la santé découlant de la pollution de l'air, ainsi que par les autres avantages pour l'environnement résultant de la désignation de l'ECA SO_x Med proposée.

9. L'Annexe 1 de la présente proposition fournit une analyse complète de la façon dont cette dernière répond à chacun des huit critères de désignation d'une ECA établis en vertu de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, ainsi qu'une bibliographie complète de toutes les informations collectées lors de l'élaboration de la présente proposition. L'Annexe 2 de la présente proposition contient une description détaillée de l'ECA SO_x Med proposée. L'Annexe 3 de la présente proposition expose un graphique de la zone d'application suggérée pour la désignation de l'ECA SO_x Med proposée. Les co-auteurs ont également préparé des projets d'amendements, présentés en Annexe 4 de la présente proposition, pour inclure l'ECA SO_x Med dans la règle 14.3 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL.

Résumé de la proposition

10. La désignation de l'ECA SO_x Med réduira considérablement les émissions provenant des navires et présentera des avantages significatifs pour une grande partie de la population, ainsi que pour les écosystèmes marins et terrestres. La pollution de l'air par les navires ne se produit pas seulement dans les ports et les côtes de la Méditerranée, elle se propage également à des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres. Lorsqu'une personne respire cet air, sa santé est compromise, ce qui entraîne une perte de productivité due à l'augmentation des maladies, des hospitalisations et même des décès prématurés. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), dans la région méditerranéenne, 507 millions de personnes vivent dans des zones où la pollution de l'air dépasse les normes nationales de qualité et / ou atteint des niveaux nocifs. En outre, les scientifiques n'ont pas identifié de seuil ambiant pour les particules en dessous duquel aucun dommage pour la santé n'est observé. Ainsi, la pollution de l'air en dessous des niveaux préconisés par l'OMS demeure nocive et la santé de millions de personnes, dans tous les domaines, peut être améliorée en renforçant la qualité de l'air. De même, les gains réalisés au cours des quatre dernières décennies, par l'édiction de vastes réglementations nationales, pour contrôler les émissions de sources telluriques pourraient être érodés voire annulés par la croissance prévue de l'activité humaine et économique, y compris du transport maritime. Afin de préserver et de renforcer la qualité de l'air, la santé publique et l'environnement, des mesures décisives doivent être prises pour obtenir les avantages afférents à une réduction supplémentaire des émissions.

11. Les gouvernements co-auteurs ont élaboré la présente proposition, à la lumière d'intérêts communs, d'une géographie partagée et du caractère interdépendant de leurs économies. Les parties prenantes - y compris des représentants de l'industrie maritime, des ports, des capitaines au long cours, d'associations de défense de l'environnement ainsi que de gouvernements étatiques et provinciaux - ont été consultées. Cette proposition tient compte des questions soulevées au cours de ces consultations et s'efforce de minimiser son impact sur le secteur du transport maritime, tout en garantissant la protection environnementale nécessaire. Il est estimé qu'en agissant au niveau international pour réduire les impacts du transport maritime sur la qualité de l'air, la santé humaine et les écosystèmes, la désignation de l'ECA SO_x Med proposée, allégera la pression sur les juridictions régionales, nationales et sous-nationales pour qu'elles envisagent des mesures réglementaires afin de réduire les émissions provenant des navires.

Populations et zones à risque

12. Des millions de personnes et de nombreux écosystèmes importants de la région méditerranéenne sont exposés aux dommages causés par les émissions provenant des navires et qui risquent à l'avenir, de s'aggraver. La région méditerranéenne compte en tout, une population de plus de 500 millions d'habitants, dont plus de la moitié vivent dans des communautés côtières. En outre, étant donné que la pollution des navires parcourt de grandes distances, une partie substantielle de la population à l'intérieur des terres est également affectée par les émissions des navires et bénéficiera de l'air plus propre rendu possible par les contrôles en matière de carburant et de moteurs liés à l'instauration d'une ECA. Ces populations sont susceptibles de voir s'aggraver le préjudice qu'elles subissent à cause du transport maritime si une ECA n'est pas désignée.

13. L'**Annexe 1** de la présente proposition décrit la manière dont la pollution de l'air provenant des navires participe à la détérioration de divers écosystèmes, notamment par un dépôt de sulfate acidifiant et une détérioration de la visibilité. Les émissions de SO_x provenant des navires se déplacent sur terre et leurs dérivés (y compris les PM et les composés contenant du soufre) sont déposés sur les eaux de surface, les sols et la végétation. Il est important de noter que la pollution de l'air peut contribuer à une partie substantielle de la charge de soufre qu'un écosystème reçoit. Certaines zones sont plus sensibles que d'autres, et beaucoup sont affectées par de multiples facteurs de stress. Les écosystèmes méditerranéens sont particulièrement sensibles à l'acidification due aux acides sulfuriques formés à partir des SO_x, qui contribue à l'eutrophisation des milieux aquatiques, altère les cycles biogéochimiques et nuit à la vie animale et végétale. Les zones où les émissions des navires sont déposées risquent de subir d'autres dommages à l'avenir. La désignation d'une ECA SO_x Med contribuera à réduire les stress sur de nombreux écosystèmes sensibles, y compris les forêts, les prairies, les zones humides, les rivières, lacs, estuaires et eaux côtières.

14. Tel que le prévoit l'Annexe VI de MARPOL, la désignation d'une ECA vise à prévenir et à réduire les effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement dans des domaines susceptibles de démontrer un besoin impérieux de prévenir, de réduire et de contrôler les émissions de SO_x et de PM. Les Parties à l'Annexe VI de MARPOL ont choisi cet objectif en raison des effets notoires sur la santé publique et l'environnement des émissions de SO_x et de PM. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée renforce directement cet objectif en réduisant les émissions de SO_x et de PM provenant des navires opérant dans la zone d'application suggérée pour ladite désignation. L'ECA SO_x Med proposée vise à contrôler les émissions de SO_x et de PM.

Contributions des navires aux impacts négatifs

15. Dans le cadre de l'élaboration de la présente proposition, les co-auteurs ont effectué une analyse exhaustive afin de quantifier le degré de risque pour la santé humaine et de dégradation de l'environnement que présentent les émissions atmosphériques provenant des navires opérant en mer Méditerranée. Pour évaluer le risque encouru par les populations humaines, des outils d'évaluation de pointe ont été utilisés afin d'appliquer des méthodes largement acceptées, en association avec des techniques de modélisation informatique avancées - ces méthodes ont produit des résultats extrêmement fiables et reproductibles. L'analyse des impacts du transport maritime sur la santé humaine et l'environnement a impliqué l'analyse de données détaillées sur le trafic maritime, une estimation de la consommation de carburant ainsi que des émissions de substances polluantes, l'examen de données météorologiques détaillées, de la dispersion physique et des réactions photochimiques, du dépôt de substances polluantes dans des écosystèmes sensibles et une modélisation épidémiologique des effets sur la santé attribuables aux niveaux d'exposition aux substances polluantes. Conformément à l'analyse effectuée dans le cadre de la présente proposition, l'ECA SO_x Med proposée, parvient de façon rentable, à des résultats similaires en termes de réduction de la pollution et de bénéfices pour la santé, à ceux obtenus pour les Zones de contrôle des émissions de soufre précédemment désignées (SECA / SO_x Emission Control Area). On estime qu'ainsi, chaque année, plus de 1 000 décès prématurés et plus de 2 000 cas d'asthme infantile seraient évités. De nombreux écosystèmes sensibles bénéficieraient également d'une telle désignation.

16. Les émissions des navires contribuent à l'augmentation substantielle des concentrations ambiantes de polluants atmosphériques dans les zones terrestres et maritimes de la Méditerranée. L'OMS signale à ce titre que « *les niveaux de pollution de l'air ambiant les plus élevés se situent dans la région de la Méditerranée orientale..., les niveaux moyens annuels dépassant souvent plus de 5 fois les limites fixées par l'OMS* »¹. En outre, la base de données de l'OMS sur la qualité de l'air ambiant², indique que 72,7 % des villes des États riverains de la mer Méditerranée dépassent les concentrations ambiantes annuelles de PM de l'OMS avec un diamètre médian massique inférieur à 2,5 microns (µm) (PM_{2,5}), par rapport à une valeur recommandée de 10 µg/m³ dans le cadre des lignes directrices relatives à la qualité de l'air. La **Section 3** de l'**Annexe 1** de la présente proposition expose une carte qui montre l'impact sur la qualité de l'air des émissions provenant des navires par le biais de concentrations ambiantes de particules. Les modèles de dispersion physique utilisés pour créer ces cartes tiennent compte des variations du vent au cours d'une année représentative et simulent les voies que les émissions de SO_x ou de PM parcourent une fois émises par l'entonnoir d'un navire opérant en mer Méditerranée. Les modèles chimiques et physiques de devenir et de transport permettent de prédire dans quelle mesure les molécules de SO_x réagissent pour former de très petites particules, connues sous le nom de PM_{2,5}. Ces cartes montrent également que les concentrations ambiantes accrues de PM_{2,5} dues aux émissions provenant des navires sont les plus importantes le long des principales voies de navigation et des côtes méditerranéennes voisines, où se trouvent de nombreuses villes parmi les plus peuplées. L'augmentation des particules (aérosols) dégrade également la visibilité mesurée par la réduction de la profondeur optique des aérosols. Cette pollution est susceptible d'affecter la clarté de la vue et du panorama, qui est importante pour les personnes vivant à proximité ou pour les touristes visitant les attractions historiques et naturelles de la mer Méditerranée. Les émissions sont également transportées sur de grandes distances et ont des impacts importants à l'intérieur des pays européens et nord-africains.

¹ <https://www.ccacoalition.org/en/news/world-health-organization-releases-new-global-air-pollution-data>.

² [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/concentrations-of-fine-particulate-matter-\(pm2-5\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/concentrations-of-fine-particulate-matter-(pm2-5)).

17. Les émissions provenant des navires contribuent aux effets néfastes sur la santé humaine au sein des États riverains, notamment dans les zones côtières densément peuplées. Les navires produisent des émissions qui entraînent des concentrations ambiantes élevées de PM_{2,5} et cela provoque des maladies évitables ainsi que des décès prématurés. Le **Tableau 1** présente pour l'année 2020, la réduction annuelle des effets néfastes sur la santé des navires qui résulterait de l'application des normes SECA. Les chiffres de ce tableau illustrent clairement les bénéfices en termes de santé qui découleraient de la désignation de l'ECA SO_x Med proposée. L'analyse effectuée dans le cadre de cette proposition démontre qu'ainsi, chaque année, plus de 1.000 décès prématurés et plus de 2.000 cas d'asthme infantile seraient évités. En outre, ces estimations prennent en compte la mortalité au titre de cancers cardiovasculaires et pulmonaires ainsi que la morbidité due à l'asthme. Des études indépendantes considérant toutes les causes de maladie et de décès indiquent que les données rapportées ici sous-estiment l'ensemble des bénéfices liés à une ECA SO_x Med.

18. Les co-auteurs ont également déterminé que les dommages causés aux écosystèmes sensibles attribuables aux émissions provenant des navires seront réduits par la désignation de l'ECA SO_x Med proposée. Différents écosystèmes peuvent être sensibles à divers polluants et en être affectés, y compris dans le cadre de phénomènes d'acidification ou d'eutrophisation. La sensibilité d'un écosystème à l'acidification dépend de la capacité des sols et des eaux à neutraliser (ou à exercer un pouvoir tampon sur) les substances polluantes acides déposées et issues des SO_x (voir le **Tableau 2**). La modélisation à l'appui de la désignation de l'ECA SO_x Med proposée, prévoit que l'amélioration des émissions provenant des navires par rapport aux performances actuelles, en appliquant les normes SECA, réduira sensiblement la quantité de dépôts de soufre dans les écosystèmes sensibles. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée, aidera les Parties contractantes à la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (la Convention de Barcelone) à atteindre leurs objectifs dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) relevant du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

Description de la zone d'application proposée

19. La zone d'application proposée pour la désignation de l'ECA SO_x Med est exposée en **Section 2** de l'**Annexe 1** de la présente proposition. Une description détaillée de la zone d'application proposée, y compris des coordonnées sélectionnées, figure en **Annexe 2** de la présente proposition et un graphique est présenté en **Annexe 3** de celle-ci. La zone d'application proposée suit la définition de la mer Méditerranée³ réalisée par l'Organisation hydrographique internationale (OHI) : elle est délimitée au sud-est par l'entrée du canal de Suez, au nord-est par l'entrée des Dardanelles, circonscrite par une ligne reliant les phares de Mehmetcik et de Kumkale, et à l'ouest par le méridien passant par le phare de Cap Spartel, définissant également la limite ouest du détroit de Gibraltar. La zone d'application proposée est identique à la zone géographique visée par l'article 1.1 de la convention de Barcelone (ci-après désignée comme la zone de la mer Méditerranée). Les eaux de l'ECA SO_x Med impliquent les vingt-deux (22) Parties contractantes à la Convention de Barcelone, à savoir l'Albanie, l'Algérie, la Bosnie-Herzégovine, la Croatie, Chypre, l'Égypte, la France, la Grèce, Israël, l'Italie, le Liban, la Libye, Malte, Monaco, le Monténégro, le Maroc, la Slovénie, l'Espagne, la République arabe syrienne, la Tunisie, la Turquie et l'Union européenne.

³ https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-23/S-23_Ed3_1953_EN.pdf.

Tableau 1. Résumé des bénéfices évalués en termes de santé en cas de désignation de l'ECA SO_x Medproposée (année-modèle 2020)

Résultats du scénario (Modèle C-R linéaire)	Mortalité réduite (Décès prématurés annuels des adultes)		Cas d'asthme infantile évités (Incidents évités chaque année)	
Bénéfices en termes de santé liés à l'ECA SO_x Med proposée	Réduction de la mortalité		Réduction de la morbidité due à l'asthme	
	Mortalité due à des maladies cardiovasculaires évitée	969 (IC 95 % 551 ; 1 412)	Cas d'asthme infantile évités	2 314 (IC 95 % 1 211 ; 3 406)
	Mortalité due à un cancer des poumons évitée	149 (IC 95 % 32 ; 270)		
	Mortalité totale évitée	1 118 (IC 95 % 583 ; 1 682)		

Tableau 2. Résumé des indicateurs pour les autres bénéfices liés à la désignation de l'ECA SO_x Medproposée

Indicateur des bénéfices environnementaux	Plage de changement connexe (%)	Domaines susceptibles de tirer le plus grand bénéfice :
Dépôts humides de sulfate	Réduction de 1 à 15 %	Diminution en pourcentage des dépôts humides de sulfate annuels entre MARPOL VI et l'ECA SO _x Med
Dépôts secs de sulfate	Réduction de 1 à 50 %	Diminution en pourcentage des dépôts secs de sulfate annuels entre MARPOL VI et l'ECA SO _x Med
Dépôts humides de PM _{Totales}	Réduction de 0.5 à 5 %	Diminution en pourcentage des dépôts humides de PM _{Totales} annuels entre MARPOL VI et l'ECA SO _x Med
Dépôts secs de PM _{Totales}	Réduction de 0 à 10 %	Variation en pourcentage des dépôts secs de la PM _{Totales} annuels entre MARPOL VI et l'ECA SO _x Med
Profondeur optique de l'aérosol (liée aux PM)	Augmentation de 1 à 6 %	Variation en pourcentage de la profondeur optique des aérosols (espèces de PM) entre MARPOL VI et l'ECA SO _x Med

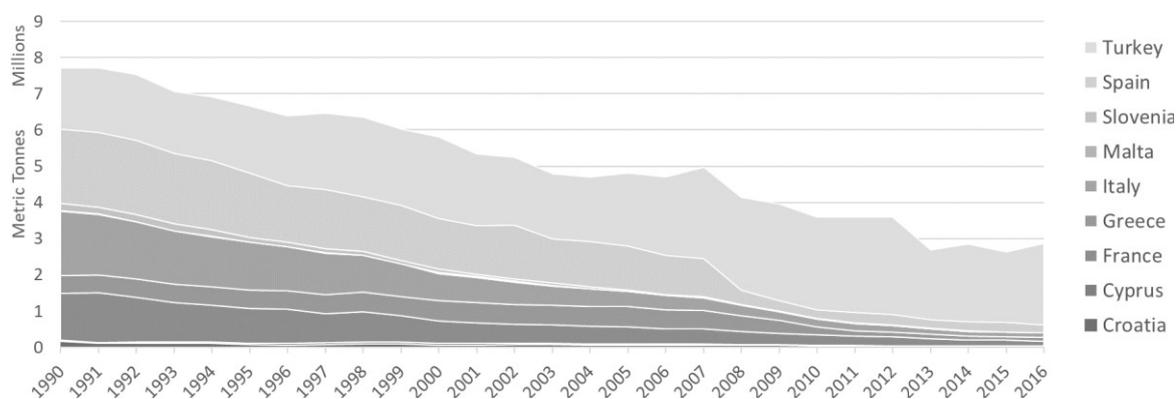
Trafic maritime et conditions météorologiques

20. Le trafic maritime dans la région de la mer Méditerranée est considérable : plus de trente mille navires naviguent par an dans la zone, la plupart d'entre eux faisant escale dans des ports méditerranéens, dans le cadre d'activités de commerce régional entre les États riverains. En outre, de nombreux navires transitent dans la région de la mer Méditerranée à proximité de zones fortement peuplées, par des centaines de millions d'habitants.

21. Les conditions météorologiques dans la région de la mer Méditerranée transportent vers la terre une part substantielle des émissions des navires en mer et des substances polluantes, en découlant, qui se sont formées dans l'atmosphère. Les émissions de SO_x provenant des navires, ainsi que leurs dérivés (notamment les PM) peuvent rester en suspension dans l'air pendant environ cinq à dix jours avant d'être éliminées de l'atmosphère (par dépôt ou transformation chimique, par exemple). Au cours de la période s'écoulant entre leur émission et leur disparition de l'atmosphère, les substances polluantes peuvent être transportées sur des centaines de milles marins et des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres par les vents souvent observés dans la région de la mer Méditerranée. L'analyse réalisée dans le cadre de cette proposition indique que les vents soufflent fréquemment sur terre dans toutes les zones de la mer Méditerranée. Certains régimes de vent sont plus courants que d'autres, de sorte que l'impact de la pollution de l'air par les navires en mer est plus important dans certaines régions que d'autres. En outre, le transport aérien de SO_x et de PM à partir de navires présente un caractère transfrontalier, ce qui affecte un grand nombre d'États riverains de la mer Méditerranée.

Contrôles des émissions terrestres

22. Presque tous les États riverains de la mer Méditerranée ont déjà imposé des restrictions strictes sur les émissions de SO_x, de PM et d'autres polluants atmosphériques provenant d'un large éventail d'activités industrielles, commerciales ou de transport. Parmi les sources industrielles et commerciales soumises à des restrictions d'émissions, figurent les usines grandes et petites, les installations de fusion et de raffinage, les entreprises chimiques et pharmaceutiques et les foyers de combustion au sein des centrales électriques. Les automobiles, les camions, les autobus, les locomotives ainsi que les bateaux commerciaux et de plaisance représentent des exemples de sources de transport soumises à des restrictions d'émissions et aux normes de qualité du carburant. Le **Graphique 1** illustre l'évolution des émissions de SO_x sur terre pour les États riverains de la mer Méditerranée membres de l'Union européenne ainsi que pour la Turquie.



Graphique 1. Évolution des émissions de SO_x sur terre pour les États riverains de la mer Méditerranée membres de l'Union européenne ainsi que pour la Turquie

23. Les programmes nationaux européens et nord-africains de lutte contre la pollution de l'air visant des sources autres que des navires ont connu un grand succès. Les pays européens ont réduit leurs émissions de SO_x de près des deux tiers depuis 1990, de plus de la moitié depuis 2000, et de 20 % supplémentaires depuis 2010, sans aucun impact économique direct sur la croissance nette ou la reprise économique cyclique suivant les périodes de récession. Conformément aux budgets nationaux de base (NBB / National Baseline Budgets) des Nations Unies relatifs à la pollution, des pays comme Israël « réduiront de 90 % les émissions atmosphériques indirectes de NO_x et de SO_x dans l'environnement marin en raison de l'installation prévue d'épurateurs dans 6 unités alimentées au charbon des principales centrales électriques côtières, ainsi que de la fermeture de 4 unités alimentées au charbon », d'ici 2022, par rapport à la référence de 2012. Les rapports sur l'état de l'environnement en Égypte pour 2012 et 2016 indiquent que les émissions de SO_x ont diminué de plus de 75 % depuis 1999. L'OMS précise toutefois que la région du delta égyptien dépasse les valeurs préconisées de PM_{2,5}.

exposées dans ses lignes directrices et en annexe de son rapport, que les émissions des navires contribuent aux PM_{2,5} dans la région. Les États riverains de la mer Méditerranée continuent d'imposer des réductions rentables qui peuvent être réalisées grâce à des contrôles supplémentaires sur les sources restantes. Surtout, à mesure que les secteurs terrestres contrôlent les émissions, la contribution des émissions des navires aux problèmes nationaux de qualité de l'air renforce la nécessité de normes de contrôle SECA. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée permettra de réduire considérablement les émissions du secteur de plus en plus important du transport maritime.

Estimation des coûts, des bénéfices et rapport coût-bénéfice

24. Dans la mesure où les coûts différentiels afférents aux mesures devant être prise à l'étape suivante, augmentent généralement pour les sources d'émissions terrestres, un contrôle rentable des émissions provenant des navires semble d'un point de vue technique tout à fait faisable. Les coûts en matière de mise en œuvre de l'ECA SO_x Med et de conformité y relatifs, devraient être modiques intrinsèquement et inférieurs aux frais de réalisation de réductions d'émissions similaires entraînant des contrôles supplémentaires sur les sources terrestres. Les co-auteurs estiment que le coût total de l'amélioration des émissions des navires conformément aux normes SECA sera d'environ 1.7 milliards de dollars US en 2020. Conjointement aux normes internationales de MARPOL VI, cela permet d'obtenir une réduction nette de 95 % des SO_x et de 62 % du PM_{2,5} provenant des navires opérant dans l'ECA SO_x Med proposée. Si des réductions équivalentes ou plus importantes peuvent être réalisées à l'aide de technologies de diminution des émissions et / ou de combustibles de pointe - et si ces technologies permettent de faire des économies pour certains navires – alors les coûts totaux de mise en conformité pourraient s'avérer inférieurs. À la lumière de l'expérience engrangée dans d'autres régions SECA et en suivant les perspectives et les conclusions du Rapport final de l'évaluation de la disponibilité des fuel-oils (MEPC 70/INF.6), (Secrétariat de l'OMI, 2016), (ci-après dénommé Évaluation de la disponibilité des fuel-oils de l'OMI), des combustibles et des technologies adéquats seront disponibles en quantités suffisantes pour respecter les délais de mise en œuvre des limites d'émissions convenues pour la SECA.

25. La valeur monétaire de petits changements apportés aux risques de mortalité à l'aide de carburants conformes aux normes SECA peut être considérée en termes économiques, sous l'appellation « Valeur d'une vie statistique » (VVS). Officiellement, la VVS représente la valeur monétaire de petits changements apportés aux risques de mortalité, qui est mise à l'échelle pour refléter la valeur associée à un décès attendu au sein d'une population importante. La valeur des impacts évités peut être prise en compte afin d'inclure la somme monétisée de l'équation suivante :

Valeur des impacts évités

= *Mortalité évitée (valeur en \$ de la mortalité)*

+ *Morbidité évitée (valeur en \$ des maladies et des soins)*

+ *Domages liés aux dépôts évités (valeur en \$ de l'acidification)*

+ *Visibilité améliorée (valeur en \$ du manque de visibilité) + etc.*

26. Bien que la valeur de tous ces bénéfices ait été estimée dans le cadre d'autres études utilisant des valeurs monétaires européennes (tel que présenté dans le modèle dénommé Alpha RiskPol), la présente proposition réalise une estimation plus conservatrice, se limitant seulement aux bénéfices monétisés liés à la mortalité évitée en raison de maladies cardiovasculaires et de cancers du poumon. En outre, la présente proposition aligne la VVS sur les économies des États riverains de la mer Méditerranéenne. Par conséquent, ces bénéfices sous-estimés sont présentés sous le prisme de leur caractère suffisant aux fins de désignation de l'ECA SO_x Med proposée, en reconnaissant que les avantages supplémentaires sus-décrits demeurent non monétisés. Le **Tableau 3** présente les résultats de cette analyse et indique que les bénéfices monétisés liés à la mortalité évitée dépassent isolément le coût total de la mise en œuvre de l'ECA SO_x Med proposée.

Tableau 3. VVS pondérée en fonction de la mortalité pour les États riverains de la mer Méditerranée

Régime de la politique	VVS pondérée en fonction de la mortalité pour les États riverains de la mer Méditerranée (en millions de dollars)
Aucune mesure	2,157
MARPOL VI	1,094
ECA SO _x Med	1,818

27. Le rapport coût-bénéfice renforce en outre le projet de désignation de l'ECA SO_x Med proposée, comme l'indique le **Tableau 4**. Les coûts pour chaque tonne de SO_x et de PM évitée sont estimés respectivement à 13 400 et 155 000 dollars US. Ces coûts par tonne, permettent d'évaluer la rentabilité et sont comparables – ou inférieurs – à ceux afférents à de nombreuses sources terrestres. Par rapport aux propositions antérieures de SECA, comme l'ECA nord-américaine, la rentabilité nette pour atteindre les limites de carburant fixées à 0,10 % de soufre m/m conformément aux normes de l'OMI antérieures à 2020, est très similaire. L'amélioration des niveaux d'émissions actuels provenant des navires conformément aux normes SECA représente, pour les États riverains, l'une des mesures les plus rentables de l'ECA SO_x Med afin d'améliorer la qualité de l'air.

Tableau 4. Comparaison du rapport coût-bénéfice avec l'ECA nord-américaine⁴

Type d'avantage	Estimations américaines pour l'ECA nord-américaine	Résultats de l'ECA nord-américaine avec prix du carburant ajusté ⁵	ECA SO _x Med combinant les résultats de MARPOL VI et de la SECA
Cible de contrôle			
Réduction des émissions de SO _x	4 500 \$/TM SO _x	14 000 \$/TM SO _x	8 900 \$/TM SO _x
Réduction des émissions de PM _{2,5}	43 000 \$/TM PM _{2,5}	128 000 \$/TM PM _{2,5}	94 000 \$/TM PM _{2,5}
Résultats en termes de santé			
Mortalité évitée ⁶	0,410 M\$/Δ - mortalité	1,229 M\$/Δ - mortalité	0,353 M\$/Δ - mortalité
Cas d'asthme évités ⁷	16 k\$/Δ - morbidité	49 k\$/Δ - morbidité	21 k\$/Δ - morbidité

⁴ Coûts combinés de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med conformément à l'analyse effectuée aux fins de la présente proposition par rapport aux données des États-Unis (EU) relatives aux NO_x et PM, afin de réduire les émissions découlant du fuel-oil des navires et effectuer une transition des performances pré-MARPOL VI vers une limite en teneur de soufre à 0,10 % m/m en vertu des normes de l'ECA SO_x Med.

⁵ Étant donné que la proposition nord-américaine de désignation d'une ECA en date de 2009, présente une différence de prix du fuel-oil de 145 \$/TM, afin de passer des fiouls lourds à un carburant conforme à la norme SECA, et que l'analyse effectuée dans le cadre de la présente proposition, indique une différence de prix du fuel-oil d'environ 434 \$/TM, les estimations américaines de rentabilité (colonne 2 ci-dessus) ont été multipliées par le ratio de ces différences de prix pour correspondre aux changements de prix du fuel-oil utilisé pour l'analyse effectuée dans le cadre de cette proposition.

⁶ Les méthodes nord-américaines relatives à la mortalité sont similaires à celles utilisées dans le cadre de la présente proposition, bien qu'elles puissent utiliser une équation de risque pour la santé semblable à l'équation logarithmique linéaire discutée et comparée dans *Nature Communications* 2018 (1) sous la direction de Sofiev et al.

⁷ À des fins de comparaison avec les résultats de l'analyse effectuée dans le cadre de la présente proposition, l'ensemble des cas d'asthme infantile reportés par les États-Unis séparément, a été additionné.

28. Les impacts économiques découlant du respect du programme relatif aux activités de commerce international devraient être modestes. À l'instar des autres régions SECA, les armateurs devraient être en mesure de transférer aux acheteurs de services de transport maritime, les coûts supplémentaires liés au respect des mesures de contrôle des émissions de soufre. Les frais de transport seront en fin de compte répercutés sur les prix des marchandises expédiées. Les impacts potentiels sur les prix devraient être faibles car le transport ne représente qu'une petite part des coûts totaux de production des produits finis.

Conclusion

29. Les émissions des navires contribuent de manière significative à la pollution de l'air, aux effets néfastes sur la santé humaine et aux dommages causés aux écosystèmes dans la région de la mer Méditerranée. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée permettra de réduire ces effets et d'améliorer la santé publique et l'environnement au sein des États riverains de la mer Méditerranée. Ces États ont déjà mis en place des contrôles d'émissions sur les sources terrestres de pollution atmosphérique. L'application des normes SECA aux navires engagés dans des activités de navigation internationale dans la zone de la mer Méditerranée permettra d'obtenir des bénéfices substantiels à des coûts comparables et raisonnables.

Mesures que le Comité est invité à prendre

30. Le Comité est invité à examiner les informations communiquées par le présent document et à approuver l'ECA SO_x Med, en vue d'une adoption par les Parties à l'Annexe VI de MARPOL, au MEPC 79, par le biais d'amendements à la règle 14.3 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL, tel qu'indiqué en **Annexe 4**, afin de désigner officiellement la mer Méditerranée, dans son ensemble, en tant que zone de contrôle des émissions d'oxyde de soufre, à compter du [1^{er} mars 2024] / [1^{er} janvier 2025].

ANNEXE 1

Informations répondant aux critères de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL⁸ Table des matières

Table des matières	11
Table des graphiques	17
Abréviations et définitions	20
1 Introduction	22
1.1 Pays soumettant la présente proposition	22
1.2 Critères de désignation d'une zone de contrôle des émissions	23
1.3 Teneur en soufre du fuel-oil et terminologie	24
2 Description de la zone d'application proposée	26
2.1 Zone d'application proposée	26
2.2 Types d'émissions proposées à des fins de contrôle	27
2.2.1 Pollution liée aux SO_x et PM	27
2.3 Populations et zones à risque affectées par les émissions des navires	27
2.4 Résumé de la description de la zone d'application proposée	28
3 Contribution des navires à la pollution atmosphérique et à d'autres problèmes environnementaux	29
3.1 Résumé de l'évaluation	29
3.2 Résumé de l'inventaire des émissions dans la zone de la mer Méditerranée	29
3.2.1 Modélisation des inventaires d'émissions et intrants pour le Scénario 2020 et les années suivantes	30
3.3 Contribution des navires à la qualité de l'air ambiant	31
3.3.1 Contribution des navires à la pollution atmosphérique par les concentrations ambiantes de PM_{2,5} dans la zone de la mer Méditerranée	31
3.3.2 Amélioration de la qualité de l'air ambiant en cas de désignation de l'ECA SO _x Med proposée (PM _{2,5})	31
3.4 Résumé de la contribution des navires à la qualité de l'air ambiant	32
4 Impact des émissions provenant des navires sur la santé humaine	33
4.1 Effets sur la santé liés à l'exposition aux polluants atmosphériques	33
4.2 Nature des effets des PM sur la santé	33
4.3 Méthodologie d'estimation des effets sur la santé	33
4.4 Effets quantifiés sur la santé humaine de l'exposition aux émissions provenant des navires	36
4.4.1 Mortalité liée à des maladies cardiovasculaires ou à un cancer du poumon évitée	36

⁸ Les désignations utilisées et la présentation de documents dans le cadre de cette publication n'impliquent aucune opinion de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), du Programme d'évaluation et de contrôle de la pollution en Méditerranée (MED POL), du Centre d'activités régionales du Plan Bleu (CAR / PB), du Centre régional méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle (REMPEC) ou de l'Organisation maritime internationale (OMI), concernant le statut juridique de tout pays, territoire, ville ou zone ou de ses autorités, ou concernant la délimitation de ses frontières ou limites.

4.4.2	Morbidité due à l'asthme infantile	37	
4.4.3	Résumé des bénéfices estimés en termes de santé	37	
4.5	Résumé de l'impact des émissions provenant des navires sur la santé humaine	38	
5	Impact des émissions des navires sur les écosystèmes	39	
5.1	Vue d'ensemble des dépôts découlant des émissions de SO _x et de PM provenant des navires	39	
5.2	Impacts environnementaux et écosystémiques et zones à risque	39	
5.2.1	Dépôts de Sulfate (SO₄)	39	
5.2.2	Dépôts de PM _{Totales}	41	
5.2.3	Modification de la visibilité	43	
5.3	Impacts associés au dépôt de PM _{2,5} et de substances toxiques dans l'air	43	
5.4	Résumé des bénéfices environnementaux	45	
5.5	Résumé de l'impact des émissions des navires sur l'environnement	45	
6	Influence des conditions météorologiques sur la pollution atmosphérique	46	
7	Trafic maritime dans la zone d'application proposée	47	
7.1	Modèles de trafic maritime	47	
7.2	Résumé du trafic maritime dans la zone d'application proposée	48	
8	Contrôle des sources terrestres	49	
8.1	Identification des mesures terrestres en vigueur de lutte contre les émissions de SO _x et de PM dans les États riverains de la mer Méditerranée	49	
	8.1.1	Albanie	50
	8.1.2	Algérie	50
	8.1.3	Bosnie-Herzégovine	51
	8.1.4	Égypte	51
	8.1.5	Union européenne	51
	8.1.6	Israël	54
	8.1.7	Liban	55
	8.1.8	Libye	55
	8.1.9	Monaco	55
	8.1.10	Monténégro	56
	8.1.11	Maroc	56
	8.1.12	République arabe syrienne	56
	8.1.13	Tunisie	57
	8.1.14	Turquie	57
8.2	Évaluation des réductions des émissions de SO _x et de PM conformément à des mesures terrestres	58	
8.3	Une évaluation des réductions des émissions de SO _x et de PM conformément à des mesures terrestres	59	
8.3.1	Observations régionales sur la qualité de l'air ambiant	60	
	8.3.2	Albanie	61
	8.3.3	Algérie	62

8.3.4	Bosnie-Herzégovine_____	63
	8.3.5	Croatie_____ 64
	8.3.6	Chypre_____ 65
	8.3.7	Égypte_____ 67
	8.3.8	France_____ 67
	8.3.9	Grèce_____ 68
	8.3.10	Israël_____ 70
	8.3.11	Italie_____ 70
	8.3.12	Liban_____ 72
	8.3.13	Libye_____ 72
	8.3.14	Malte_____ 73
	8.3.15	Monaco_____ 74
	8.3.16	Monténégro_ 75
	8.3.17	Maroc_____ 76
	8.3.18	Slovénie____ 77
	8.3.19	Espagne_____ 78
8.3.20	République arabe syrienne_____	80
	8.3.21	Tunisie_____ 80
	8.3.22	Turquie_____ 81
8.4	Résumé du contrôle des sources terrestres_____	82
9	Coûts relatifs à la réduction des émissions provenant des navires_____	83
9.1	Aperçu des coûts estimés en 2020_____	83
9.2	Coûts du carburant_____	83
9.2.1	Fioul lourd à faible teneur en soufre (0,50 % S m/m)_____	83
9.2.2	Marine Gas Oil (0,10 % S m/m)_____	84
	9.2.3	Écart de prix_____ 85
9.2.4	Prix du baril brut_____	85
9.2.5	Résumé statistique des prix du carburant_____	86
9.2.6	Disponibilité du carburant_____	87
9.3	Frais des navires_____	89
	9.3.1	Analyse de l'adoption des systèmes de nettoyage des gaz d'échappement_____ 89
	9.3.2	Carburants alternatifs_____ 92
	9.3.3	Comparaison des coûts inhérents à un navire_____ 94
9.4	Coût pour le secteur du transport maritime en comparaison avec les mesures terrestres _	95
9.4.1	Analyse coût / bénéfice_____	95
9.4.2	Prix fictifs de la pollution_____	96
9.4.3	Analyse du rapport coût-bénéfice des applications antérieures à l'ECA_____	97
9.4.4	Rapport coût-bénéfice de l'ECA SO _x Med_____	98
9.5	Rapport coût / bénéfice des avantages quantifiés_____	98

9.5.1	Analyse du rapport coût / bénéfice en matière de mortalité (cancer du poumon et causes cardiovasculaires)	100
10	Impacts économiques sur le transport maritime engagé dans le commerce international	101
10.1	Taux de fret et tarif passager	101
10.1.1	Évaluation des taux de fret	101
10.1.2	Évaluation du tarif passager	103
10.2	Taux de fret et tarifs passagers terrestres	105
10.3	Distances entre paires Origine – Destination	106
10.4	Prix des produits de base	107
10.5	Modélisation des effets socio-économiques	108
10.5.1	Évaluation des frais de voyage	109
10.5.2	Évaluation des taux de fret maritime	110
10.5.3	Possibilité de changement modal	111
10.6	Effets sur les prix des marchandises et des produits	114
	10.6.1 Impact du prix du carburant sur le service de fret vers les régions éloignées et communautés de l'île	114
	10.6.2 Impact du prix du carburant sur le service aux passagers dans les régions éloignées et communautés de l'île	116
10.7	Élasticité de la demande par rapport au prix pour les biens et produits de base	117
10.8	Discussion sur les coûts totaux	120
10.9	Résumé des coûts de réduction des émissions des navires	120
11	Références	121

Table des tableaux

<i>Tableau 1.1-1. État d'avancement de la ratification de l'Annexe VI de MARPOL par les États riverains de la mer Méditerranée (en date du [17 juin 2021])</i>	23
Tableau 1.3-1 : Définitions des fuel-oils marins conformément à la résolution MEPC.320(74)	25
<i>Tableau 3.2-1. Niveau de référence, scénario 2020 et émissions polluantes des gaz à effet de serre (GES)</i>	30
<i>Tableau 4.3-1. Taux de mortalité lié aux maladies cardiovasculaires et au cancer du poumon et taux de morbidité due à l'asthme infantile conformément aux données de l'OMS</i>	35
<i>Tableau 4.4-1. Résumé des bénéfices estimés en termes de santé en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée (année modèle 2020)</i>	38
<i>Tableau 5.4-1. Résumé des indicateurs d'autres bénéfices découlant de l'ECA SO_x Med proposée</i>	45
Tableau 7.1-1. Année de référence (2016) pour la consommation de carburant et prévision de consommation de carburant pour 2020 selon les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO _x Med proposée	48
<i>Tableau 7.1-2. Pourcentages de mélange de carburants pour la zone de la mer Méditerranée en 2016 et selon les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med proposée</i>	48
Tableau 8.1-1 : Mesures terrestres identifiées au niveau national de lutte contre les émissions de SO _x et de PM _{2,5}	50
Tableau 8.1-2 : Normes de qualité de l'air ambiant en Égypte	51
Tableau 8.1-3 : Normes de concentration de polluants des Directives européennes sur la qualité de l'air ambiant	53
Tableau 8.1-4 : Normes de concentration des PM ₁₀ et SO ₂ au Liban	55
Tableau 9.2-1 : Coefficients de corrélation de Pearson entre les prix des carburants de soute et le prix du pétrole brut	86
Tableau 9.2-2. Résumé statistique des prix des carburants marins évalués (dates incluses)	87
<i>Tableau 9.3-1. Nombre de navires considérés pour les systèmes de nettoyage des gaz d'échappement</i>	89
<i>Tableau 9.3-2. Analyse des dépenses d'équipement liées aux EGCS et années d'investissement pour le pourcentage de la flotte utilisant de tels systèmes</i>	90
<i>Tableau 9.3-3. Utilisation des EGCS par type de navire conformément au scénario d'ECA SO_x Med proposée</i>	91
<i>Tableau 9.3-4. Résumé de l'analyse de faisabilité économique des carburants alternatifs pour les principaux types de navires dans la zone de la mer Méditerranée</i>	93
<i>Tableau 9.3-5. Nombre de navires pris en compte pour un éventuel changement de carburant et nombre de flottes susceptibles de réduire les coûts de mise en conformité aux normes</i>	93
<i>Tableau 9.3-6. Analyse des coûts liés au prix du GNL et au différentiel de prix GNL-MGO pour le pourcentage de la flotte (tous les types de navires) adoptant un carburant alternatif</i>	94
<i>Tableau 9.3-7. Résumé des coûts moyens annuels de mise en conformité par type de navire</i>	95
Tableau 9.4-1. Coûts marginaux de réduction des SO ₂ (\$/TM) adaptés à partir de Mekaroonreung et Johnson (2012)	97
Tableau 9.4-2 : Rapport coût / bénéfice de l'ECA SO _x Med aux termes de l'étude de faisabilité technique et économique	98
<i>Tableau 9.5-1. Rapport coût / bénéfice des avantages quantifiés</i>	99
Tableau 10.1-1. Liste des pays (et groupe de pays de l'UE 15) pour lesquels les données CTM ont été examinées	102
Tableau 10.1-2. Résumé des CTM par type de navire pour une gamme de produits sélectionnés.....	103
<i>Tableau 10.1-3. Analyse de sensibilité des CTM par groupe de produits et type de navire</i>	103
Tableau 10.1-4 : Itinéraires de ferry, distances, prix, nombre de passagers	104
Tableau 10.2-1. Coûts moyens par passager-km (rail), tonne-km de fret (rail, route – LDV/HDV).....	106
Tableau 10.3-1 : Distances en eau, sur route et sur rail entre les paires origine - destination (km)	107
Tableau 10.4-1. Certains prix d'aliments, de boissons et de produits de base (2019) énumérés par la CNUCED	108
Tableau 10.5-1. Estimation du coût quotidien du carburant de voyage et augmentation du coût en utilisant un ratio ECA carburant / prix de 1,29	110

Tableau 10.5-2. Rapport entre l'augmentation des frais de voyage (valeurs du tableau en pourcentage), le prix de base du carburant (colonne) et le ratio du prix du carburant ECA (ligne) en utilisant comme exemple le conteneur EVP du Tableau 10.5-1.....	110
Tableau 10.5-3. Augmentation en pourcentage des CTM en raison de la hausse des coûts du carburant par groupe de marchandise et type de navire.....	111
Tableau 10.5-4. Impact du coût du carburant sur les CTA par type de navire pour une gamme de produits sélectionnés	111
Tableau 10.5-5 : Taux de fret de base entre les paires origine – destination (USD/tonne de fret)	112
Tableau 10.5-6 : Coûts de transport plus élevés entre les paires O-D par rapport au mode terrestre (USD/tonne de fret)	113
Tableau 10.5-7 : Seuil de rentabilité des taux de fret entre les paires origine – destination (USD/tonne de fret)	114
Tableau 10.6-1. Exemple pour le café de la manière dont le prix du carburant modifie les frais de voyage, les taux de fret, le coût de l'itinéraire et le prix du produit	115
Tableau 10.6-2 : Les itinéraires, les distances, les prix et le prix des billets de ferry changent avec le passage à un carburant respectant la valeur limite de 0,10 % S m/m	116
Tableau 10.7-1. Élasticité de la demande en fonction du prix de 8 groupes de produits alimentaires et de boissons dans les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone (source : USDA).....	118
Tableau 10.7-2. Élasticité de la demande en fonction du prix pour certains produits consommables et durables (Fally et Sayre, 2018)	118
Tableau 10.7-3 : Variation estimée de la demande de produits de base selon la variation estimée de l'élasticité de la demande en fonction du prix.....	120

Table des graphiques

<i>Graphique 2.1-1. Parties contractantes à la Convention de Barcelone (en gris) et zone proposée pour l'ECA SO_x Med (en bleu foncé).....</i>	27
<i>Graphique 2.3-1. Répartition de la population au sein des États riverains de la mer Méditerranée</i>	28
<i>Graphique 3.3-1. Différences de concentration ambiante de PM_{2,5} entre les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	31
<i>Graphique 4.4-1. Mortalité liée à des maladies cardiovasculaires ou à un cancer du poumon évitée en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	36
<i>Graphique 4.4-2. Morbidité de l'asthme infantile évitée en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée ..</i>	37
<i>Graphique 5.2-1. Diminution des dépôts humides annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée</i>	40
<i>Graphique 5.2-2. Diminution en pourcentage des dépôts humides annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	40
<i>Graphique 5.2-3. Diminution des dépôts secs annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée</i>	40
<i>Graphique 5.2-4. Diminution en pourcentage des dépôts secs annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	41
<i>Graphique 5.2-5. Diminution des dépôts humides annuels de PM_{Totales} entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée</i>	41
<i>Graphique 5.2-6. Diminution en pourcentage des dépôts humides annuels de PM_{Totales} entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	42
<i>Graphique 5.2-7. Changements des dépôts secs annuels de PM_{Totales} entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée</i>	42
<i>Graphique 5.2-8. Changements en pourcentage des dépôts secs annuels de PM_{Totales} entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	42
<i>Graphique 5.2-9. Variation en pourcentage de la profondeur optique des aérosols (espèces de PM) entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée.....</i>	43
<i>Graphique 7.1-1. Niveau de référence pour l'année 2016 de l'utilisation de fioul HFO.....</i>	47
<i>Graphique 8.1-1 : Engagements relatifs aux seuils d'émissions nationaux des 28 États membres de l'UE sur la période 1990-2018.....</i>	53
<i>Graphique 8.3-1 : Totalité des sources d'émissions de SO_x parmi les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone</i>	59
<i>Graphique 8.3-2 : Émissions de SO₂ liées au transport au sein des États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone (à l'exclusion de la navigation et de l'aviation).....</i>	60
<i>Graphique 8.3-3 : Qualité moyenne annuelle de l'air (PM_{2,5} µg/m³) observée aux stations d'observation côtières (à moins de 100 km du littoral).....</i>	60
<i>Graphique 8.3-4 : Histogramme de la qualité de l'air annuelle moyenne de l'OMS (PM_{2,5} µg/m³) observée aux stations d'observation côtières (à moins de 100 km du littoral)</i>	61
<i>Graphique 8.3-5 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Albanie</i>	62
<i>Graphique 8.3-6 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Albanie (2016).....</i>	62
<i>Graphique 8.3-7 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Algérie.....</i>	63
<i>Graphique 8.3-8 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Bosnie-Herzégovine</i>	63
<i>Graphique 8.3-9 : Concentrations annuelles moyennes de SO₂ et de PM_{2,5} en Croatie (les zones ombrées montrent une IC à 95 %)</i>	65
<i>Graphique 8.3-10 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Croatie (2016).....</i>	65
<i>Graphique 8.3-11 : Émissions de SO_x et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) à Chypre</i>	66

Graphique 8.3-12 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} à Chypre (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	66
Graphique 8.3-13 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} à Chypre (2016)	66
Graphique 8.3-14 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Égypte.....	67
Graphique 8.3-15 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en France	67
Graphique 8.3-16 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} en France (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	68
Graphique 8.3-17 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en France (2016)	68
Graphique 8.3-18 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Grèce	69
Graphique 8.3-19 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} en Grèce (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	69
Graphique 8.3-20 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en Grèce (2016)	70
Graphique 8.3-21 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Israël	70
Graphique 8.3-22 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Italie.....	71
Graphique 8.3-23 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} en Italie (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	71
Graphique 8.3-24 : Relevé annuel de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en Italie(2016) 72	
Graphique 8.3-25 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Liban.....	72
Graphique 8.3-26 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Libye.....	73
Graphique 8.3-27 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) à Malte.....	73
Graphique 8.3-28 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} à Malte (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	74
Graphique 8.3-29 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} à Malte (2016)	74
Graphique 8.3-30 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} à Monaco (2016)	75
Graphique 8.3-31 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Monténégro	75
Graphique 8.3-32 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} au Monténégro(2016) 76	
Graphique 8.3-33 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Maroc.....	76
Graphique 8.3-34 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} au Maroc (2016).....	77
Graphique 8.3-35 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Slovénie.....	77
Graphique 8.3-36 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} en Slovénie (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)	78
Graphique 8.3-37 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en Slovénie (2016)	78
Graphique 8.3-38 : Émissions de SO _x et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Espagne	79
Graphique 8.3-39 : Concentrations moyennes annuelles de SO ₂ et de PM _{2,5} en Espagne (les zones ombrées montrent une IC à 95 %)	79

Graphique 8.3-40 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en Espagne (2016).....	80
Graphique 8.3-41 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans le secteur des transports (à gauche) et hors transports (à droite) en République arabe syrienne	80
Graphique 8.3-42 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Tunisie	81
Graphique 8.3-43 : Émissions de SO ₂ et de PM _{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Turquie	81
Graphique 8.3-44 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} en Turquie (2016).....	81
Graphique 9.2-1 : Indices des prix mondiaux et de la zone EMEA	84
Graphique 9.2-2 : Indices des prix mondiaux et de la zone EMEA	84
Graphique 9.2-3 : Différence de prix entre le MGO et le LSFO pour la zone EMEA et le reste du monde.....	85
Graphique 9.2-4. Prix mondiaux du pétrole (Brent, WTI) et des carburants marins (IFO 380, LSFO, MGO) en \$/TM (axe gauche) et \$/bbl (axe droit).....	86
Graphique 9.2-5. La capacité nette de raffinage pour produire du gaz / diesel est supérieure à la demande, suffisante pour l’approvisionnement découlant de l’ECA SO _x Med	88
Graphique 9.2-6. La capacité nette de raffinage pour produire du fuel-oil est supérieure à la demande, y compris pour les carburants de soute.....	88
Graphique 9.2-7. La capacité nette de raffinage pour produire du fuel-oil et du gaz / diesel est supérieure à la demande.....	89
<i>Graphique 9.5-1. Rapport coût / bénéfice des réductions de SO_x et de PM_{2,5} sur la base des prix retenus dans le cadre du présent document.....</i>	<i>99</i>
<i>Graphique 9.5-2. Rapport coût / bénéfice des résultats pour la santé en termes de décès prématurés évités et de cas d’asthme infantile évités.....</i>	<i>100</i>
<i>Graphique 9.5-3. Comparaison du coût de l’ECA SO_x Med par décès évité et de la VVS pondérée méditerranéenne.....</i>	<i>100</i>
Graphique 10.1-1. Tracé des CTM pour les groupes de marchandises et les types de navires	102
Graphique 10.1-2 : Activité internationale et nationale des navires mixtes	105
Graphique 10.1-3 : Activité internationale et nationale des navires à passagers	105
Graphique 10.6-1. Exemple pour le prix du café de carburant intégré dans les frais de voyage, les taux de fret, les coûts routiers et les prix des produits	115
Graphique 10.7-1 : Élasticité de demande en fonction du prix pour 8 groupes de produits disponibles dans les États riverains de la mer Méditerranée côtiers qui sont Parties contractantes à la Barcelone Convention	119

Abréviations et définitions

Durée	Explication
AIE	Agence internationale de l'énergie
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
cm	Centimètres
CO ₂	Dioxyde de carbone
CO ₂ e	Équivalent dioxyde de carbone
DM	Distillate marine fuels / Carburants marins distillés
ECA	Emission Control Area / Zone de contrôle des émissions
ECA SO _x Med	Zone de contrôle des émissions d'oxyde de soufre en méditerranée
EERA	Energy and Environmental Research Associates, LLC
EGCS	Exhaust gas cleaning system / Système de nettoyage des gaz d'échappement
EMEA	Europe, Moyen-Orient et Afrique
EU	États-Unis d'Amérique
FMI	Institut météorologique finlandais
g	Grammes
GES	Gaz à effet de serre
GHO	Global Health Observatory / Observatoire mondial de la santé
GNL	Gaz naturel liquéfié
HFO	Heavy fuel-oil / Fuel-oil lourd
HSHFO	High sulphur heavy fuel oil / Fuel-oil à haute teneur en soufre
IER	Integrated Exposure Response / Fonction intégrée exposition réponse
IFO	Intermediate fuel oil / Fuel-oil intermédiaire
IIASA	International Institute for Applied Systems / Institut international pour l'analyse appliquée des systèmes
k	Milliers (en milliers de dollars)
km	Kilomètres
KW	Kilowatt
KWh	Kilowattheure
LSFO	Low sulphur fuel oil / Fuel-oil à faible teneur en soufre
M	Millions (en millions de dollars)
m/m	Masse par masse
mm	Millimètres
MARPOL	Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires
MARPOL VI	Annexe VI de la Convention MARPOL
MDO	Marine Diesel Oil (fioul marin)
MEPC	Comité de la protection du milieu marin
MGO	Marine Gas Oil (fioul marin)
MTM	Millions de tonnes métriques
MTC	Maritime Transport Costs / Frais de transport maritime
NECA	Zone de contrôle des émissions d'oxydes d'azote
NO _x	Oxydes d'azote
OHI	Organisation hydrographique internationale

OMI	Organisation maritime internationale
OMS	Organisation mondiale de la Santé
Passagers-km ou p-km	Passagers-kilomètres
pH	Mesure de l'acidité d'une solution
PM	Particules
PM ₁₀	PM avec un diamètre médian de masse inférieur à 10 µm
PM _{2,5}	PM avec un diamètre médian de masse inférieur à 2,5 µm
PM _{Totales}	Totalité des PM
ppm	Partie par million
REMPEC	Centre Régional Méditerranée pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle
RM	Residual marine fuels / Fiouls marins résiduels
RoPax	Navire mixte
S	Soufre
SECA	SO _x Emission Control Area / Zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre
SILAM	System for Integrated modeLling of AtmospheriC composition / Système de modélisation intégrée de la composition atmosphérique
SO ₂	Dioxyde de soufre
SO _x	Oxydes de soufre
STEAM	Ship Traffic Emission Assessment Model / Modèle d'évaluation des émissions du trafic maritime
Tkm ou t-k	Tonne-kilomètre
TM	Tonne métrique (1 000 kg)
UE	Union européenne
ULSFO	Ultra-low sulphur fuel oil / Fuel-oil à ultra faible teneur en soufre
µm	Micromètre ou micron
VLSFO	Very low sulphur fuel oil / Fuel-oil à très faible teneur en soufre
VVS	Valeur d'une vie statistique (ou valeur monétaire pour réduire le risque d'un décès prématuré statistique)

1 Introduction

Les informations contenues dans la présente annexe visent à soutenir la proposition de [liste des co- auteurs] de désignation de la mer Méditerranée, dans son ensemble, en tant que zone de contrôle des émissions (ECA) pour prévenir, réduire et contrôler les émissions d'oxydes de soufre (SO_x) et de particules fines (PM) provenant des navires, conformément à la règle 14 et à l'Appendice III de l'Annexe VI de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL), (ci-après dénommée ECA SO_x Med).

1.1 Pays soumettant la présente proposition

Les [XXX/nombre] pays riverains de la mer Méditerranée – [liste des États riverains de la mer Méditerranée correspondants], ont le souci commun de protéger la mer Méditerranée en luttant contre les émissions des navires le long de leurs côtes. Ces pays demandent au Comité d'examiner la présente proposition, lors du MEPC 78 et de la renvoyer aux fins d'adoption par les Parties à l'Annexe VI de MARPOL, réunie sous les auspices du MEPC 79.

En date du [17 juin 2021], les États riverains de la mer Méditerranée suivants ont ratifié l'Annexe VI de MARPOL : l'Albanie, la Croatie, Chypre, la France, la Grèce, l'Italie, Malte, Monaco, le Monténégro, le Maroc, la Slovénie, l'Espagne, la République arabe syrienne, la Tunisie et la Turquie. Les États suivants ne l'ont toujours pas ratifiée : l'Algérie, la Bosnie-Herzégovine, l'Égypte, Israël, le Liban et la Libye. (Tableau 1.1-1).

[ESPACE RÉSERVÉ AUX FINS DE DESCRIPTION D'AUTRES ACTIONS EN VUE DE LA RATIFICATION]

Tableau 1.1-1. État d'avancement de la ratification de l'Annexe VI de MARPOL par les États riverains de la mer Méditerranée (en date du [17 juin 2021])

Pays	Partie à l'Annexe VI de MARPOL
Albanie	X
Algérie	
Bosnie-Herzégovine	
Croatie	X
Chypre	X
Égypte	
France	X
Grèce	X
Israël	
Italie	X
Liban	
Libye	
Malte	X
Monaco	X
Monténégro	X
Maroc	X
Slovénie	X
Espagne	X
République arabe syrienne	X
Tunisie	X
Turquie	X

1.2 Critères de désignation d'une zone de contrôle des émissions

En vertu de l'Annexe VI de MARPOL, l'Organisation maritime internationale (OMI) peut envisager l'adoption d'une zone de contrôle des émissions (ECA), si la preuve lui est fournie qu'il est nécessaire d'y prévenir, réduire et contrôler la pollution de l'atmosphère par les navires. Les huit critères établis en vertu de la Section 3 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, sont les suivants :

3.1.1	Une délimitation précise de la zone qu'il est proposé de désigner, assortie d'une carte de référence sur laquelle cette zone est indiquée ;
3.1.2	Le ou les types d'émissions qu'il est proposé de contrôler (à savoir, NO _x ou SO _x et particules ou les trois types d'émissions) ;
3.1.3	Une description des populations et des zones de l'environnement qui sont susceptibles d'être affectées par les émissions des navires ;
3.1.4	Une évaluation qui montre que les émissions provenant des navires exploités dans la zone proposée contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement. Cette évaluation doit comprendre une description des effets que les émissions en question ont sur la santé de l'homme et l'environnement, tels que les effets préjudiciables pour les écosystèmes terrestres et aquatiques, les zones de productivité naturelle, les habitats critiques, la qualité de l'eau, la santé de l'homme et les zones

	importantes sur le plan culturel et scientifique, s'il y a lieu. Les sources des données pertinentes, y compris les méthodes utilisées, doivent être mentionnées ;
3.1.5	Tout renseignement utile au sujet des conditions météorologiques de la zone proposée qui sont importantes pour les populations et les zones de l'environnement menacées, en particulier les caractéristiques des vents dominants, ou au sujet des conditions topographiques, géologiques, océanographiques, morphologiques ou autres qui contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement ;
3.1.6	La nature du trafic maritime dans la zone où il est proposé de contrôler les émissions, y compris les courants de circulation et la densité du trafic ;
3.1.7	Une description des mesures de contrôle que la ou les Parties soumettant la proposition ont prises pour remédier aux émissions de NO _x , SO _x et de particules provenant de sources à terre affectant les populations et les zones de l'environnement menacées et qui sont en place et déjà appliquées, ainsi que de celles qu'il est envisagé d'adopter en application des règles 13 et 14 de l'Annexe VI ; et
3.1.8	Les coûts relatifs des mesures visant à réduire les émissions provenant des navires par rapport à ceux des mesures de contrôle à terre et les conséquences que ces mesures auraient, sur le plan économique, pour les navires qui effectuent des voyages internationaux.

1.3 Teneur en soufre du fuel-oil et terminologie

Avant sa mise à disposition, la plupart des analyses présumaient que le Marine Diesel Oil (MDO / Fuel-oil marin) représenterait le principal type de combustible pour se conformer à la limite globale de soufre, fixée par l'OMI en 2020, de 0,50 % S m/m. Par la suite, le marché a répondu à la demande de fuel-oils de 0,50 % S m/m à l'aide de mélanges de carburants contenant plusieurs flux de résidus et de produits légers, appelés Fuel-oil à faible teneur en soufre (LSFO / Low sulphur fuel oil). Le Fuel-oil à très faible teneur en soufre (VLSFO / Very low sulphur fuel oil) a une teneur maximale en soufre de 0,50 % S m/m et le Fuel-oil à ultra faible teneur en soufre (ULSFO / Ultra-low sulphur fuel oil) a une teneur maximale en soufre de 0,10 % S m/m. Les carburants marins distillés (DM / Distillate Marine Fuels) comprennent le MDO et le Marine Gasoil (MGO / Fuel-oil marin). Alors que les travaux antérieurs désignaient le MDO comme le principal type de combustible pour se conformer à la limite globale de soufre, fixée par l'OMI en 2020, de 0,50 % S m/m, le marché s'est orienté vers le LSFO en tant que principal vecteur de conformité, ce dernier atteignant les mêmes valeurs (0,50 % S m/m) que le MDO.

En général, les références au Fuel-oil lourd (HFO / Heavy fuel oil) ou au Fuel-oil intermédiaire (IFO / Intermediate fuel oil) dans les travaux antérieurs renvoient à des carburants dont la teneur en soufre est $\geq 0,50$ % S m/m. Le MDO renvoie généralement à des carburants $\leq 0,50$ % S m/m mais $\geq 0,10$ % S m/m, et le MGO renvoie à des carburants $\leq 0,10$ % S m/m.

La terminologie varie entre les réglementations de l'OMI, les normes ISO et les prix des carburants décrits sur le marché, ce qui complique encore davantage la comparaison des carburants et des prix dans le temps. Conformément à la résolution MEPC.320(74) relative aux « directives de 2019 pour l'application uniforme de la teneur limite en soufre de 0,50 % conformément à l'Annexe VI de MARPOL » (OMI, 2020)⁹, les fuel-oils marins sont décrits tel qu'indiqué dans le **Tableau 1.3-1**.

⁹ <https://www.imo.org/en/MediaCenter/PressBriefings/Pages/10-MEPC-74-sulfur-2020.aspx>.

Comme le souligne la résolution MEPC.320(74), les armateurs / exploitants doivent être conscients que la viscosité des Fiouls résiduels mélangés (LSFO) est telle qu'ils nécessitent d'être chauffés à des fins de nettoyage ou de combustion - et ne peuvent donc pas être utilisés dans les systèmes de fioul uniquement à distillation – avec des systèmes totalement séparés pour fiouls distillés et recommandés pour LSFO. L'OMI recommande que les navires disposent d'une procédure de mélange, avec de nouveaux bunkers versés dans des réservoirs vides dans la mesure du possible, et que le mélange à bord ne se produise que lorsque la compatibilité entre les bunkers a été vérifiée.

Tableau 1.3-1 : Définitions des fuel-oils marins conformément à la résolution MEPC.320(74)

Catégorie de fioul marin	Norme ISO	Limite de soufre du fioul	Autre terminologie
DM	ISO 8217 :2017	1,0 % S m/m maximum	MGO si $\leq 0,10$ % S m/m MDO si $\leq 0,50$ % S m/m
Carburants marins résiduels (RM)	ISO 8217 :2017	Conformément aux exigences légales	IFO HFO
Fuel-oil à haute teneur en soufre (HSHFO)		$> 0,50$ % S m/m	HFO
VLSFO	ISO 8217 :2017	$\leq 0,50$ % S m/m	MDO Mélange conforme
ULSFO	ISO 8217 :2017	$\leq 0,10$ % S m/m	MGOMDO Mélange conforme

2 Description de la zone d'application proposée

La présente section expose les données venant étayer la réunion des critères 3.1.1, 3.1.2 et 3.1.3 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.1	Une délimitation précise de la zone qu'il est proposé de désigner, assortie d'une carte de référence sur laquelle cette zone est indiquée ;
Critère 3.1.2	Le ou les types d'émissions qu'il est proposé de contrôler (à savoir, NO _x ou SO _x et particules ou les trois types d'émissions) ;
Critère 3.1.3	Une description des populations et des zones de l'environnement qui sont susceptibles d'être affectées par les émissions des navires ;

2.1 Zone d'application proposée

La Méditerranée est une région importante pour le transport maritime international et la navigation commerciale. Elle représente environ 0,7 % des mers et des océans navigables, et le trafic maritime méditerranéen quant à lui, 7 % de l'activité maritime mondiale, en termes de consommation d'énergie et d'émissions. Sur la base des observations du Système d'identification automatique (SIA), plus de 30.000 navires naviguent chaque année sur la mer Méditerranée. Conformément à l'analyse effectuée dans le cadre de cette proposition, le transport maritime émet environ 10 % des inventaires de CO₂ des États riverains de la mer Méditerranée, tel qu'indiqué dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La zone d'application proposée pour la désignation de la proposition d'ECA SO_x Med, telle que modélisée dans le présent document, est présentée dans le **Graphique 2.1-1**. Elle suit la définition de la mer Méditerranée¹⁰ par l'Organisation hydrographique internationale (OHI) : elle est délimitée au sud-est par l'entrée du canal de Suez, au nord-est par l'entrée des Dardanelles, circonscrite par une ligne reliant les phares de Mehmetcik et de Kumkale, et à l'ouest par le méridien passant par le phare de CapSpartel, définissant également la limite ouest du détroit de Gibraltar. La zone d'application proposée est identique à la zone géographique visée par l'article 1.1 de la convention de Barcelone (ci-après désignée comme la zone de la mer Méditerranée). Les eaux de l'ECA SO_x Med impliquent les vingt-deux (22) Parties contractantes à la Convention de Barcelone, à savoir l'Albanie, l'Algérie, la Bosnie- Herzégovine, la Croatie, Chypre, l'Égypte, la France, la Grèce, Israël, l'Italie, le Liban, la Libye, Malte, Monaco, le Monténégro, le Maroc, la Slovénie, l'Espagne, la République arabe syrienne, la Tunisie, la Turquie et l'Union européenne. Des détails supplémentaires sur la zone d'application proposée figurent en **Annexe 2** de la présente proposition.

¹⁰ https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-23/S-23_Ed3_1953_EN.pdf.



Graphique 2.1-1. Parties contractantes à la Convention de Barcelone (en gris) et zone proposée pour l'ECA SO_x Med (en bleu foncé)

2.2 Types d'émissions proposées à des fins de contrôle

La présente proposition soutient la désignation d'une ECA pour contrôler les émissions de SO_x et de PM provenant des navires. Les SO_x sont des précurseurs intervenant dans la formation de PM. La **Section 4** présente des données sur les effets des particules fines sur la santé, alors que la **Section 5** encommunique sur les effets des dépôts de particules fines et de composés contenant des sulfates humides et secs sur les écosystèmes.

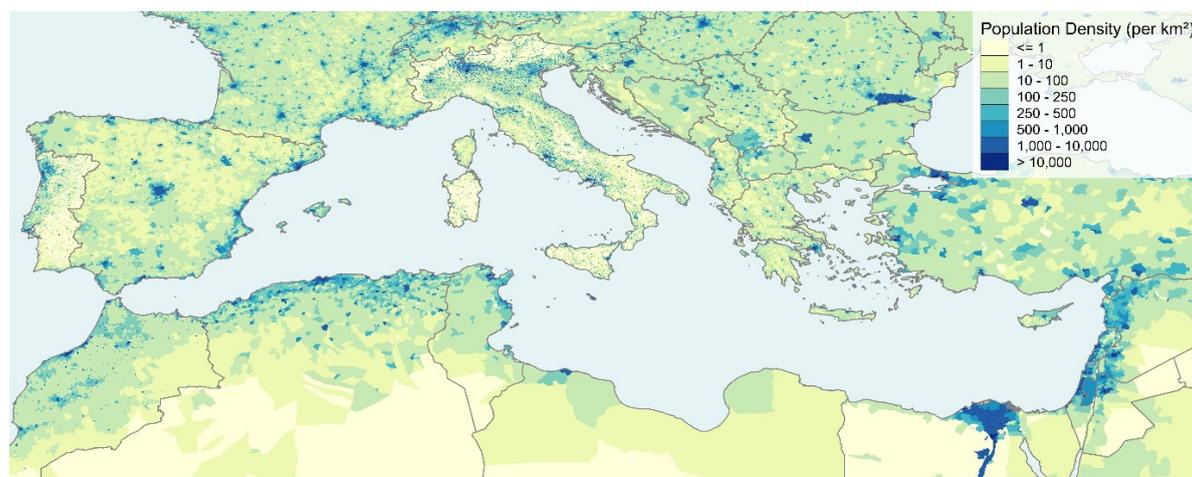
2.2.1 Pollution liée aux SO_x et PM

La pollution par les SO_x survient au cours de la combustion des moteurs marins, à partir du soufre présent dans le carburant marin. Les émissions de SO_x des gaz d'échappement des navires contribuent à la formation d'aérosols sulfatés (SO₄), qui sont de petites particules. Ces dernières ainsi que d'autres espèces de particules, sont capables de pénétrer profondément dans les poumons des organismes vivants, y compris des humains, contribuant ainsi à l'augmentation des cas de cancer du poumon, de la mortalité en raison de maladies cardiovasculaires ainsi qu'à la morbidité due à l'asthme. En outre, le dépôt de particules de SO₄ contribue à l'acidification accrue des eaux de surface et des systèmes terrestres, ce qui nuit à l'environnement.

2.3 Populations et zones à risque affectées par les émissions des navires

La zone de la mer Méditerranée est entourée de tous les côtés par des masses terrestres avec des populations côtières importantes. Les États riverains de la mer Méditerranée comptent 507,5 millions d'habitants, dont beaucoup vivent dans des villes côtières (**Graphique 2.3-1**). La mer Méditerranée représente une route maritime essentielle pour les marchandises qui transitent de l'Asie de l'Est vers les marchés européen, ouest-asiatique et nord-africain, ce qui signifie que de nombreuses personnes vivent à proximité de l'une des principales voies de transit maritime mondial.

La région de la mer Méditerranée compte de nombreux sites importants d'un point de vue culturel, y compris des écosystèmes sensibles et des ruines antiques. Dans la mesure où la pollution des navires peut parcourir de grandes distances, transportée par des processus atmosphériques, les populations et écosystèmes des terres bénéficieront de l'ECA SO_x Med proposée, tout comme les populations, les sites et les écosystèmes des zones côtières.



Graphique 2.3-1. Répartition de la population au sein des États riverains de la mer Méditerranée

2.4 Résumé de la description de la zone d'application proposée

Sur la base des informations présentées aux **Sections 2.1, 2.2 et 2.3** précédentes, la présente proposition répond aux critères 3.1.1, 3.1.2, et 3.1.3 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL.

3 Contribution des navires à la pollution atmosphérique et à d'autres problèmes environnementaux

La présente section expose les données venant étayer le respect du critère 3.1.4 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.4	Une évaluation qui montre que les émissions provenant des navires exploités dans la zone proposée contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement. Cette évaluation doit comprendre une description des effets que les émissions en question ont sur la santé de l'homme et l'environnement, tels que les effets préjudiciables pour les écosystèmes terrestres et aquatiques, les zones de productivité naturelle, les habitats critiques, la qualité de l'eau, la santé de l'homme et les zones importantes sur le plan culturel et scientifique, s'il y a lieu. Les sources des données pertinentes, y compris les méthodes utilisées, doivent être mentionnées ;
---------------	--

3.1 Résumé de l'évaluation

Les émissions de SO_x et de PM provenant des navires ont un impact significatif sur la qualité de l'air dans la zone de la mer Méditerranée. En outre, la modélisation montre que l'ECA SO_x Med proposée impliquerait des bénéfices s'étendant sur toute la zone de la mer Méditerranée et dans les terres éloignées en raison de la longue portée des émissions provenant des navires. Les émissions de SO_x et de PM_{2,5} provenant des navires seraient réduites de 78,7 % et de 23,7 %, respectivement, en vertu de l'ECA SO_x Med proposée, ce qui entraînerait des bénéfices pour la santé et l'environnement grâce à une exposition réduite aux polluants dans l'atmosphère. L'ECA SO_x Med devrait conduire également à une amélioration de la qualité de l'air – qui est actuellement la cause de milliers de décès prématurés et de cas d'asthme infantile - dans toute la région de la mer Méditerranée et au-delà. L'ECA SO_x Med proposée améliorera la visibilité dans la région et réduira les dépôts de sulfates et de particules, qui génèrent tous deux des dommages aux sites importants en termes de patrimoine culturel et nuisent aux écosystèmes et aux zones de pêches sensibles.

3.2 Résumé de l'inventaire des émissions dans la zone de la mer Méditerranée

Les carburants à faible teneur en soufre qui seraient requis en vertu de l'ECA SO_x Med, présentent des émissions non seulement plus faibles que celles actuelles, mais également en dessous des valeurs seuil de MARPOL VI 2020. Les réductions des émissions de SO_x seront directement proportionnelles à la transition de fuel-oils de 0,50 % S m/m vers des fuel-oils de 0,10 % S m/m. Les diminutions de particules dépendent principalement de la fraction de particules émises par le navire qui résulte de la teneur en soufre du carburant.

Les normes MARPOL VI réduiront les émissions de SO_x d'environ 75 % pour les opérations typiques utilisant des combustibles résiduels. La mise en œuvre des normes SECA permettrait de réduire d'environ 95 % les émissions de SO_x provenant des navires par rapport aux opérations actuelles. Une réduction des émissions des particules fines d'environ 51 % découle de MARPOL VI, et les normes SECA augmenteraient cette réduction à environ 62 %.

Les émissions de référence de SO_x et PM_{2,5} ont été estimées à 681 000 et 97 500 TM en 2016. Selon le scénario MARPOL VI, les émissions de ces espèces doivent diminuer respectivement de 75,3 % et de 50,7 %. L'inventaire des émissions en vertu du scénario de l'ECA SO_x Med 2020, prévoit pour les SO_x et PM_{2,5}, une réduction de 78,7 % et 23,7 % par rapport à MARPOL VI 2020 (**Tableau 3.2-1**).

3.2.1 Modélisation des inventaires d'émissions et intrants pour le Scénario 2020 et les années suivantes

Les systèmes d'alimentation des navires internationaux consomment actuellement principalement des combustibles à base de pétrole et des sous-produits, avec une utilisation limitée du gaz naturel liquéfié. La plus grande partie de la flotte consomme du fioul résiduel (RFO / Residual Fuel Oil), et notamment du HFO, qui comprend plusieurs catégories de sous-produits de raffinage de pétrole mélangé (2). Les limites actuelles prescrites en vertu de MARPOL VI exigent que les navires adoptent des fuel-oils conformes à la limite globale de 0,50 % S m/m en 2020. La présente proposition modélise une conformité par défaut à MARPOL VI en raison de la transition d'un fuel-oil non conforme (avec pour moyenne 2,40 % S m/m) vers un fuel-oil conforme à MARPOL VI (0,50 % S m/m). Tous les scénarios des années suivantes considèrent la faisabilité technique et économique de l'ECA SO_x Med proposée, qui doit être comparée avec les conditions définies à l'aide d'un fuel-oil conforme à MARPOL VI.

Tableau 3.2-1. Niveau de référence, scénario 2020 et émissions polluantes des gaz à effet de serre (GES)

TM	Niveau de référence Med 2016	MARPOL VI 2020	ECA SO _x Med proposée 2020
Total SO _x	681 000	168 000	35 800
PM _{2,5}	97 500	48 100	36 700
Total NO _x	1 330 000	1 160 000	1 170 000
Total CO ₂	58 070 000	51 700 000	51 880 000

Dans le cadre de l'évaluation de l'ECA SO_x Med, les alternatives de conformité modélisées exposées dans le présent document se fondent sur l'hypothèse d'une transition d'un fuel-oil conforme à MARPOL VI vers un fuel-oil conforme aux normes SECA. En d'autres termes, l'ECA SO_x Med proposée, impliquerait une nouvelle limite globale pour les fuel-oils de 0,10 % S m/m, par rapport à l'ancienne limite de 0,50 % S m/m. Dans la mesure où une conformité aux normes SECA, est susceptible d'être obtenue par le biais de mécanismes de conformité alternatifs, le présent document les considère principalement en tant que composante de la faisabilité économique (**Section 9.3.1** et **Section 9.3.2**). Les opérateurs de flottes devraient adopter des solutions de rechange à une mise en conformité par le biais d'un changement de fuel-oil lorsque les coûts à long terme de mise en conformité aux normes SECA auront été réduits. L'adoption de technologies permettant de réduire les gaz d'échappement ou d'alternatives avancées en matière de carburant représentent des solutions de rechange. Le présent document modélise les systèmes embarqués de nettoyage des gaz d'échappement soufrés (EGCS / Exhaust Gas Cleaning Systems), également appelés épurateurs, comme principale technologie de réduction des gaz d'échappement pour répondre aux limites accrues de teneur en soufre de l'ECA SO_x Med proposée. Il modélise également le gaz naturel liquéfié (GNL) en tant que carburant de remplacement pour répondre aux limites accrues de teneur en soufre de l'ECA SO_x Med proposée. Reconnaisant que d'autres technologies et carburants peuvent être spécifiés, le présent document utilise un cadre analytique qui peut être appliqué pour étudier plus précisément d'autres stratégies de mise en conformité (p. ex., divers modèles d'EGCS, le méthanol, l'hydrogène ou d'autres combinaisons de carburants marins).

Le présent document utilise le Modèle d'évaluation des émissions du trafic maritime (STEAM / Ship Traffic Emission Assessment Model) pour modéliser la consommation de carburant et les émissions de plus de 30.000 navires exploités annuellement dans la région de la mer Méditerranée. Collectant les données du Système d'identification automatique des navires (SIA) pour l'année 2016, le modèle STEAM intègre l'activité des navires, la technologie et les caractéristiques de conception, ainsi que des intrants de type de combustible pour estimer les besoins énergétiques, la consommation de combustible et les émissions propres aux navires. Ces estimations sont regroupées par type de navire et dans la zone de la mer Méditerranée pour produire des calculs annuels de combustibles et d'émissions par rapport à 2016, année de référence. Le modèle STEAM produit également un ensemble d'estimations futures pour 2020, 2030, 2040 et 2050, en se fondant sur des hypothèses relatives à la demande à venir de la flotte, aux économies d'échelle des navires, à l'amélioration du marché du carburant et aux taux de remplacement de la flotte.

3.3 Contribution des navires à la qualité de l'air ambiant

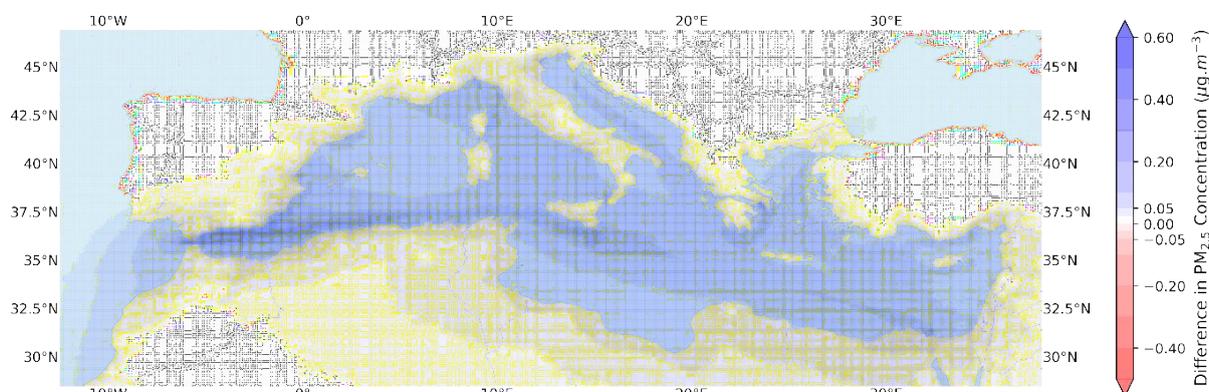
3.3.1 Contribution des navires à la pollution atmosphérique par les concentrations ambiantes de PM_{2,5} dans la zone de la mer Méditerranée

La modélisation de la qualité de l'air montre que les émissions de SO_x et de PM provenant des navires ont un impact significatif sur la qualité de l'air dans la zone de la mer Méditerranée. Elle indique en outre, que la désignation de l'ECA SO_x Med entraînerait des bénéfices étendus sur toute la zone de la mer Méditerranée ainsi que dans les terres éloignées en raison de la longue portée de la pollution provenant des navires.

3.3.2 Amélioration de la qualité de l'air ambiant en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée (PM_{2,5})

Le **Graphique 3.3-1**, montre la différence moyenne annuelle modélisée sur le plan géospatial de la concentration ambiante en PM_{2,5} due à la mise en œuvre de l'ECA SO_x Med proposée par rapport au niveau de référence de MARPOL VI 2020. Les zones en bleu désignent les endroits où l'ECA SO_x Med conduit à une réduction des PM_{2,5} par rapport à MARPOL VI. Comme indiqué, toutes les zones d'eau de la mer Méditerranée font l'objet de réductions des concentrations ambiantes de PM_{2,5} oscillant entre

0.05 et 0.6 µg/m³. Les bénéfices des terres côtières sont principalement réalisés le long de la côte nord-africaine, en Espagne, France, Italie, Malte, et en Grèce. Les zones où les concentrations de PM_{2,5} sont les plus importantes, en raison de l'activité des navires, se trouvent à l'ouest de la Méditerranée, le long des côtes de l'Espagne et du Maroc, dans le centre de la Méditerranée, au sud de la Sicile, au-dessus de Malte, au sud et à l'est de la Grèce, et le long de la côte nord de l'Égypte, en approchant de l'entrée du canal de Suez.



Graphique 3.3-1. Différences de concentration ambiante de PM_{2,5} entre les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med proposée

3.4 Résumé de la contribution des navires à la qualité de l'air ambiant

Comme le met en lumière le **Graphique 3.3-1**, l'établissement d'une SECA en vertu de la règle 14 de MARPOL, présenterait des avantages pour toutes les communautés côtières entourant l'ECA SO_x Med proposée, et bénéficierait également aux communautés situées à l'intérieur des terres. Les avantages en termes de qualité de l'air de l'ECA SO_x Med ont clairement été démontrés et la contribution sus-décrite des navires à la qualité de l'air répond aux critères 3.1.4 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL.

4 Impact des émissions provenant des navires sur la santé humaine

La présente section communique des informations complémentaires par rapport à la **Section 3**, en traitant du critère 3.1.4 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.4	Une évaluation qui montre que les émissions provenant des navires exploités dans la zone proposée contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement. Cette évaluation doit comprendre une description des effets que les émissions en question ont sur la santé de l'homme et l'environnement, tels que les effets préjudiciables pour les écosystèmes terrestres et aquatiques, les zones de productivité naturelle, les habitats critiques, la qualité de l'eau, la santé de l'homme et les zones importantes sur le plan culturel et scientifique, s'il y a lieu. Les sources des données pertinentes, y compris les méthodes utilisées, doivent être mentionnées ;
---------------	--

4.1 Effets sur la santé liés à l'exposition aux polluants atmosphériques

Les cas évités de mortalité due au cancer des poumons et aux maladies cardiovasculaires ainsi que de morbidité due à l'asthme infantile, en raison de la désignation de l'ECA SO_x Med proposée, ont été estimés à l'aide du modèle de santé de pointe, publié récemment dans *Nature Communications* (1), référencé dans le document MEPC 70/INF.34. Ce modèle produit des estimations à haute résolution (10 km x 10 km) de la mortalité et de la morbidité, correspondant à la résolution des grilles de concentration sous-jacentes fournies par le Système de modélisation intégrée de la composition atmosphérique (SILAM / System for Integrated modeling of Atmospheric composition). L'approche de modélisation à haute résolution réduit la sous-estimation et la surestimation de la mortalité et de la morbidité inhérentes à des modèles moins précis (50 km x 50 km) d'émissions et de population. Les résultats du modèle comprennent des estimations quadrillées à haute résolution de la mortalité et de la morbidité ainsi que des charges de morbidité inhérentes à chaque pays figurant dans le **Graphique 2.1-**

1. Les estimations de la croissance démographique par pays, les taux d'incidence des maladies et les structures d'âge, ainsi que les données démographiques et socioéconomiques quadrillées à l'échelle mondiale provenant du Centre de données et d'applications socio-économiques (SEDAC) (3) et de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) ont été utilisées.

4.2 Nature des effets des PM sur la santé

Les particules fines dont le diamètre médian de masse est inférieur à 10 microns (μm) (PM₁₀) peuvent être aspirées profondément dans les poumons et contribuer au développement de maladies. Plus précisément, les particules fines dont le diamètre médian de masse est inférieur à 2,5 μm (PM_{2,5}) peuvent traverser la barrière pulmonaire et pénétrer dans le flux sanguin, ce qui augmente le risque de maladies cardiovasculaires et respiratoires, y compris de cancer des poumons. L'exposition chronique à des concentrations ambiantes élevées de particules fines est associée à un risque plus grand de maladies cardiovasculaires et pulmonaires que l'exposition à de faibles concentrations. Cependant, aucun seuil inférieur n'a été identifié : un risque accru de développement de maladies existe à tous les niveaux d'exposition aux PM.

4.3 Méthodologie d'estimation des effets sur la santé

La méthodologie de modélisation des impacts sur la santé suit l'approche abordée dans les travaux précédents (4, 5). Ces travaux antérieurs ont appliqué les fonctions de risque de mortalité identifiées dans Ostro (2004) (6), qui, à son tour, s'appuie sur les travaux élaborés à partir de l'étude américaine Harvard Six Cities, conduite plus tôt par Pope, et al (7-9).

Les concentrations d'exposition aux $PM_{2,5}$ dans la région de la mer Méditerranée sont semblables à celles de l'étude Harvard six Cities : les fonctions de risque de mortalité prématurée découlant de cette étude peuvent donc être appliquées à cette zone.

Cette évaluation des impacts sur la santé fait suite à des travaux publiés dans *Nature Communications* en 2018 qui utilisent une fonction de concentration-réponse (C-R) provenant de Lepeule et al (2012), qui actualise l'épidémiologie de l'étude Harvard six Cities (10). Les effets sur la santé sont estimés à l'aide d'une fonction C-R linéaire, qui reflète une compréhension actualisée de la relation entre la santé et l'exposition à la pollution atmosphérique et fournit des estimations améliorées des résultats pour la santé lorsque les concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$ dépassent les recommandations de l'OMS ($> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les estimations des résultats pour la santé sont axées sur les réponses en matière de mortalité par cancer cardiovasculaire et pulmonaire chez les populations âgées de plus de 30 ans, en ligne avec Lepeule et al. (2012). Comme dans les travaux antérieurs (Sofiev et al., 2018), une évaluation de la morbidité due à l'asthme infantile (11), a été incluse.

Les données relatives à la population quadrillée pour 2020 proviennent de la version 4 de la collection « Gridded Population of the World » (Population quadrillée du monde) du Centre d'applications et de données socio-économiques (SEDAC / Socioeconomic data and applications center) (3). Ces données fournissent des chiffres de populations quadrillées, qui ont été rééchantillonnés à une résolution de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (~10 km x 10 km) pour refléter les différences régionales dans les chiffres de population. Ces données démographiques se fondent sur les statistiques de l'ONU et appliquent des taux sous-nationaux de changement de population (croissance / déclin) pour estimer les chiffres de population à l'avenir. Des fractions de cohortes d'âge au niveau national sont appliquées pour compter la population de chaque État membre de l'Organisation des Nations Unies (12). Une structure uniforme de la population selon l'âge a été prise comme postulat dans chaque pays, en multipliant la grille de population par la fraction de population spécifique au pays de moins de 14 ans et âgée entre 30 et 99 ans. Cette approche ne tient probablement pas compte des différences régionales dans les cohortes d'âge, mais représente la meilleure pratique disponible étant donné la carence en matière de données relatives aux cohortes d'âge inhérentes à chaque pays.

Les taux d'incidence des maladies cardiovasculaires et du cancer du poumon propres à chaque pays découlent des données de l'Observatoire mondial de la santé (GHO) de l'Organisation mondiale de la Santé (**Tableau 4.3-1**) (13, 14). Pour déterminer les résultats sanitaires globaux associés aux émissions des navires et à l'ECA SO_x Med, nous calculons la mortalité évitée en fonction de la variation de la concentration ambiante en $PM_{2,5}$ entre le scénario MARPOL VI (0,50 % S m/m) de 2020 et le scénario de l'ECA SO_x Med (0,10 % S m/m).

Tableau 4.3-1. Taux de mortalité lié aux maladies cardiovasculaires et au cancer du poumon et taux de morbidité due à l'asthme infantile conformément aux données de l'OMS

Pays	Cardiovasculaire (Maladie pour 100.000)	Cancer du poumon (Maladie pour 100.000)	Asthme (Pourcentage de maladie, âge < 14 ans)
Albanie	330,0	26,0	3,6
Algérie	220,3	8,7	7,1
Bosnie-Herzégovine	277,8	29,1	9,9
Croatie	208,0	22,9	5,2
Chypre	142,3	20,7	9,9
Égypte	412,3	7,6	5,2
France	70,6	27,8	12,6
Grèce	135,1	31,8	9,8
Israël	77,1	20,3	10,3
Italie	103,2	22,9	11,4
Liban	295,0	17,0	11,6
Libye	324,0	19,0	9,9
Malte	138,5	20,9	14,1
Monaco	70,6	27,8	9,9
Monténégro	329,2	36,6	9,9
Maroc	260,3	12,8	13,3
Slovénie	138,5	28,7	9,9
Espagne	82,1	23,8	13,9
République arabe syrienne	377,5	17,0	5,1
Tunisie	278,5	15,7	9,3
Turquie	202,6	29,8	9,9

Les taux d'incidence de l'asthme infantile par pays sont communiqués dans le Rapport mondial sur l'asthme de 2014 (15). Dans le cas de la maladie asthmatique, les données « Asthma ever » (« a déjà eul'asthme ») relatives au groupe d'âge de 13-14 ans consignées dans le Rapport mondial sur l'asthme de 2014 (15) ont été utilisées, et ce pourcentage a été appliqué à la fraction de la population âgée de moins de 14 ans. Zheng et al. (11) fournit des facteurs de risque relatif (RR) pour l'asthme infantile résultant de l'exposition à la pollution par les PM_{2,5} (Tableau 2 de Zheng), qui ont été convertis en coefficients β .

La mortalité et la morbidité évitées dues aux modifications des concentrations ambiantes de particules fines totales (PM_{Totales}) ont été calculées à l'aide des approches susmentionnées, en accord avec d'autres travaux récents dans ce domaine (5, 16). L'effet total (E) des modifications pour chaque cellule de grille découle de l'équation suivante :

$$E = FA \cdot B \cdot P$$

Où B représente le taux d'incidence de l'effet sur la santé correspondant (Tableau 4.3-1) ; P représente la population pertinente, pondérée par la cohorte d'âge ; et FA représente la fraction attribuable des maladies dues à la pollution par les particules découlant du transport maritime, et s'obtient comme suit :

$$FA = \frac{RR-1}{RR}$$

Pour un modèle C-R « linéaire », la réponse RR est donnée par la fonction (17) :

$$RR = e^{\beta \cdot (C_1 - C_0)}$$

Et par conséquent,

$$FA = 1 - e^{\beta \cdot (C_0 - C_1)}$$

ce qui conduit à cette nouvelle équation :

$$E = [1 - e^{\beta \cdot (C_0 - C_1)}] \cdot B \cdot P$$

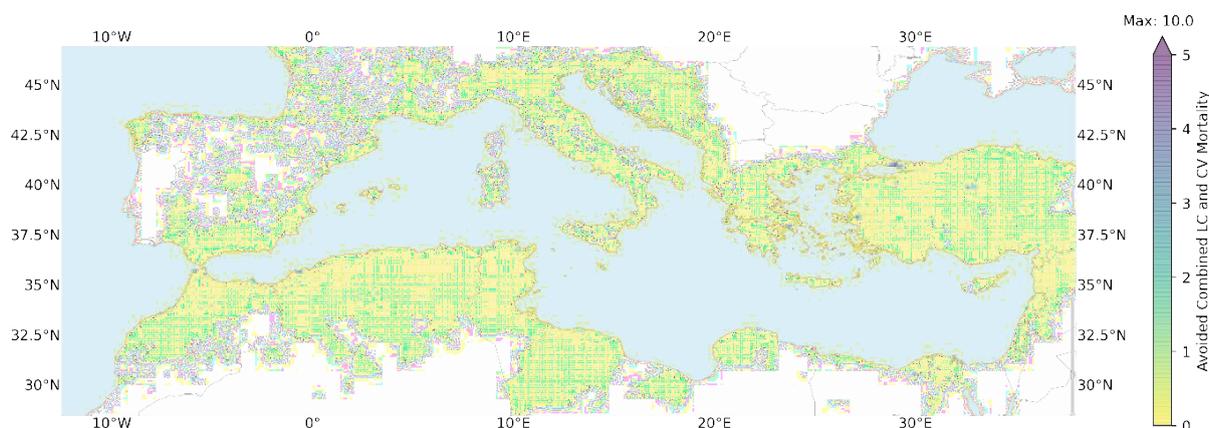
Où $\beta = 0,023111$ (IC à 95 % = 0,013103, 0,033647) pour la mortalité cardiovasculaire ; $\beta = 0,031481$ (IC à 95 % = 0,006766, 0,055962) pour la mortalité liée au cancer du poumon (8, 10, 18) ; et où $\beta = 0,002469$ (IC à 95 % = 0,001291, 0,003633) pour la morbidité due à l'asthme infantile (11).

Cette approche suit les lignes directrices de l'OMS exposées dans la charge mondiale de morbidité de 2016 (19), combinant les données dérivées de l'OMS relatives aux incidences sur la santé avec des données sur la population quadrillée et la qualité de l'air ambiant. Les fonctions intégrées exposition- réponse (IER / Integrated Exposure Response), sont quelque peu modifiées mais demeurent similaires d'un point de vue fonctionnel aux IER recommandées par l'OMS.

4.4 Effets quantifiés sur la santé humaine de l'exposition aux émissions provenant des navires

4.4.1 Mortalité liée à des maladies cardiovasculaires ou à un cancer du poumon évitée

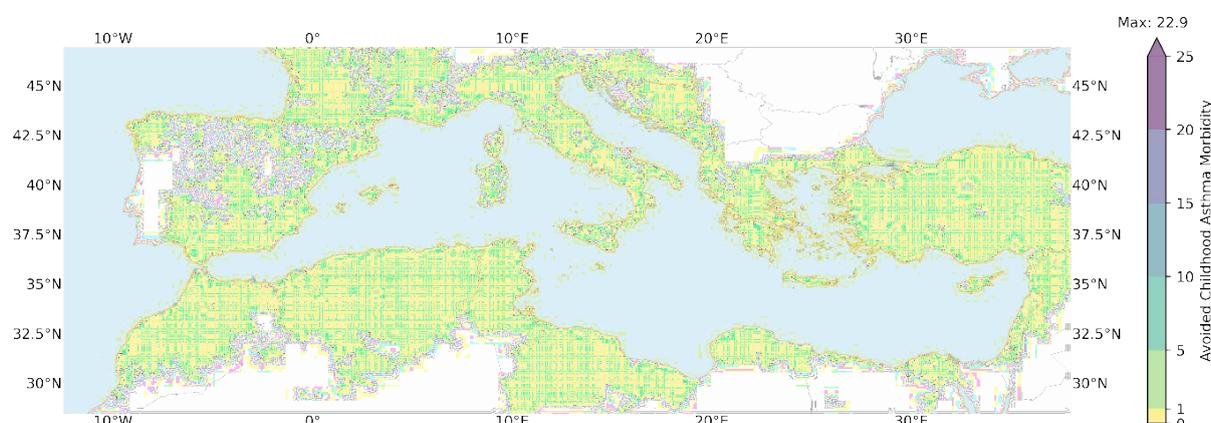
Les résultats sanitaires sont améliorés dans les zones côtières de l'ensemble des États riverains de la mer Méditerranée. Le **Graphique 4.4-1**, présente la mortalité liée à des maladies cardiovasculaires ou à un cancer du poumon évitée, en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée. Dans de nombreux cas, les résultats en termes de santé sont améliorés à des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres. Les conclusions de la modélisation indiquent une réduction de la mortalité liée à des maladies cardiovasculaires de l'ordre de 970 décès par an et une réduction de la mortalité liée à un cancer du poumon de l'ordre de 150 décès par an. En raison de l'interaction entre les améliorations de la qualité de l'air, les centres de population et les taux d'incidence inhérents à chaque pays, on observe des points chauds où la mortalité évitée due à la réduction des émissions provenant des navires est plus importante. On relève des grappes de ces points chauds en Afrique du Nord ainsi que dans les régions de la Méditerranée orientale.



Graphique 4.4-1. Mortalité liée à des maladies cardiovasculaires ou à un cancer du poumon évitée en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée

4.4.2 Morbidité due à l'asthme infantile

Les résultats sanitaires de l'asthme infantile sont améliorés dans tous les États riverains de la mer Méditerranée. Le **Graphique 4.4-2** présente la morbidité due à l'asthme infantile évitée en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée. La morbidité évitée renvoie en l'espèce au nombre d'enfants qui, chaque année, subissent un ou plusieurs épisodes d'asthme causés par la pollution provenant des navires. On relève dans de nombreux cas, des résultats sanitaires améliorés à des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres, et de nombreux États riverains de la mer Méditerranée, bénéficient des avantages de l'ECA SO_x Med proposée sur l'ensemble de leur territoire. Les conclusions de la modélisation indiquent, une réduction de la morbidité due à l'asthme infantile, chaque année, de l'ordre de 2.300 cas d'enfants qui autrement subiraient un ou plusieurs épisodes d'asthme causés par la pollution provenant des navires. En ce qui concerne la morbidité, les résultats sanitaires sont améliorés dans de vastes zones des États riverains de la mer Méditerranée, avec un point chaud de morbidité d'asthme évitée relevé en Afrique du Nord et dans l'est de la Méditerranée.



Graphique 4.4-2. Morbidité de l'asthme infantile évitée en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée

4.4.3 Résumé des bénéfices estimés en termes de santé

Le **Tableau 4.4-1**, présente les bénéfices estimés en termes de santé avec un intervalle de confiance de 95 %. On estime que l'amélioration découlant d'une transition, de MARPOL VI aux normes SECA, permettrait d'éviter 969 cas de mortalité cardiovasculaire et 149 cas de mortalité en raison d'un cancer du poumon. En outre, la morbidité due à l'asthme infantile serait réduite chaque année à hauteur de 2,314 enfants de moins de 14 ans.

Tableau 4.4-1. Résumé des bénéfices estimés en termes de santé en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée (année modèle 2020)

Résultats du scénario (Modèle C-R linéaire)	Réduction de la mortalité (Décès prématurés annuels chez les adultes)		Asthme infantile évité (Cas évités chaque année)	
Bénéfices en termes de santé en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée	Réduction de la mortalité		Réduction de la morbidité due à l'asthme	
	Mortalité due à des maladies cardiovasculaires évitée	969 (IC 95 % 551 ; 1 412)	Cas d'asthme infantile évités	2 314 (IC 95 % 1 211 ; 3 406)
	Mortalité due à un cancer du poumon évitée	149 (IC 95 % 32 ; 270)		
	Mortalité combinée évitée	1 118 (IC 95 % 583 ; 1 682)		

4.5 Résumé de l'impact des émissions provenant des navires sur la santé humaine

Tel que décrit ci-dessus, les émissions provenant des navires contribuent à de nombreux effets néfastes sur la santé humaine. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée réduirait le risque de mortalité prématurée et permettrait de prévenir de nombreux effets sur la santé liés à la morbidité. Ainsi, la présente proposition répond au critère 3.1.4 « santé humaine » de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL.

5 Impact des émissions des navires sur les écosystèmes

La présente section communique des informations complémentaires par rapport à la **Section 3** et la **Section 4** en traitant du critère 3.1.4 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.4	Une évaluation qui montre que les émissions provenant des navires exploités dans la zone proposée contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement. Cette évaluation doit comprendre une description des effets que les émissions en question ont sur la santé de l'homme et l'environnement, tels que les effets préjudiciables pour les écosystèmes terrestres et aquatiques, les zones de productivité naturelle, les habitats critiques, la qualité de l'eau, la santé de l'homme et les zones importantes sur le plan culturel et scientifique, s'il y a lieu. Les sources des données pertinentes, y compris les méthodes utilisées, doivent être mentionnées ;
---------------	--

5.1 Vue d'ensemble des dépôts découlant des émissions de SO_x et de PM provenant des navires

La modélisation de la qualité de l'air indique, en cas de désignation de l'ECA SO_x Med proposée, une réduction généralisée des dépôts humides et secs de SO_x et de PM_{2,5} découlant de la diminution de la teneur en soufre des fuel-oils. Cela implique que les écosystèmes et les sites du patrimoine culturel sensibles autour de la zone de la mer Méditerranée bénéficieraient des améliorations de la santé environnementale résultant de l'ECA SO_x Med proposée.

5.2 Impacts environnementaux et écosystémiques et zones à risque

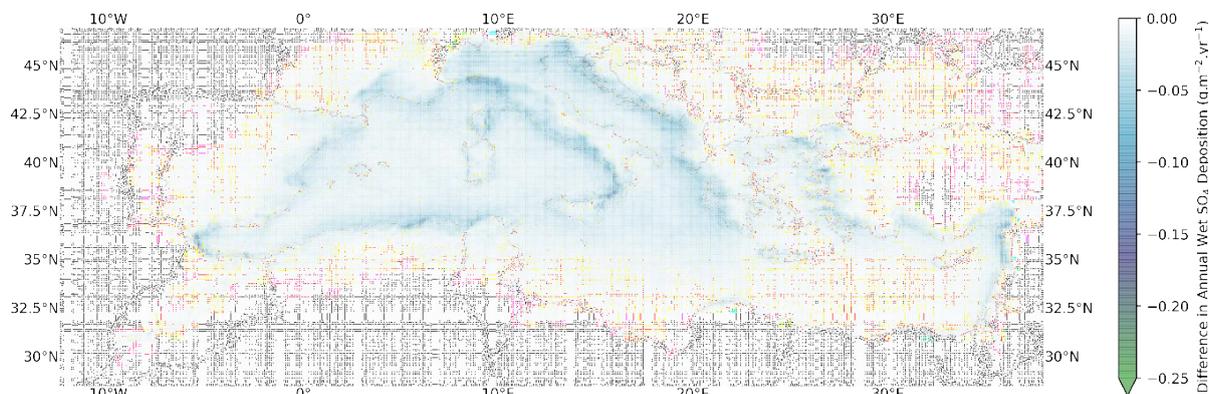
La pollution par le biais des SO_x se produit au cours de la combustion des moteurs marins, à partir du soufre présent dans le carburant marin. Les émissions des gaz d'échappement des navires contribuent à la formation d'aérosols de sulfate (SO₄), qui sont de petites particules. Les aérosols de sulfate sont acides. Ils sont susceptibles d'être transportés en suspension dans l'air, sur terre ou dans l'eau, où ils peuvent être déposés par des processus humides (par ex. la pluie) ou secs (par ex. la stabilisation gravitationnelle). L'augmentation des dépôts acides associés aux émissions de SO_x entraîne des effets délétères sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Les dépôts de sulfate dans l'eau impliquent une baisse du pH dans les milieux aquatiques. Des niveaux de pH plus bas altèrent les écosystèmes sensibles, car les espèces de faune et de flore intolérantes à l'acide sont négativement affectées, ce qui peut provoquer des changements trophiques plus importants et une modification de l'écosystème. Les dépôts de sulfate dans les environnements terrestres nuisent aux plantes, car l'augmentation de l'acidité détruit des minéraux et des nutriments nécessaires à leur croissance et endommage leur feuillage – ce qui réduit la capacité photosynthétique. En outre, le sulfate atmosphérique provoque un effet de diffusion de la lumière, une brume accrue et une visibilité réduite en découlent. Outre les impacts environnementaux, les dépôts acides peuvent détériorer le matériel des structures bâties et des statues.

5.2.1 Dépôts de Sulfate (SO₄)

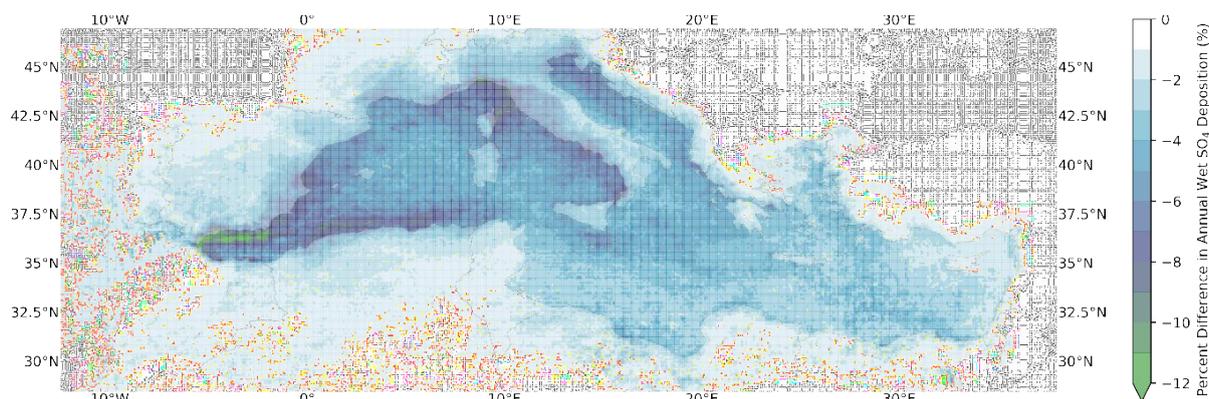
Les diminutions de dépôts humides (**Graphique 5.2-1** et **Graphique 5.2-2**) et secs (**Graphique 5.2-3** et **Graphique 5.2-4**) au titre de la désignation de l'ECA SO_x Med, sont du même ordre en termes d'importance mais suivent des modèles différents. La diminution des dépôts humides de sulfate est la plus importante dans l'ouest et le nord de la Méditerranée et l'on relève également une réduction des dépôts de SO₄ à l'intérieur des terres. Les réductions des dépôts sec de sulfate sont plus étroitement liées aux voies de navigation au trafic élevé. Sur l'ensemble de la mer Méditerranée, la réduction moyenne des dépôts humides de sulfates est de 43,3 hag⁻¹.an⁻¹ et la réduction maximale observée est de 3 127,8 hag⁻¹.an⁻¹. La diminution maximale en pourcentage des dépôts humides de sulfate observée est de 14,23

% (elle s'est produite au-dessus du détroit de Gibraltar). La diminution moyenne en pourcentage des dépôts humides de sulfate dans la zone de la mer Méditerranée est estimée à 1,16 %.

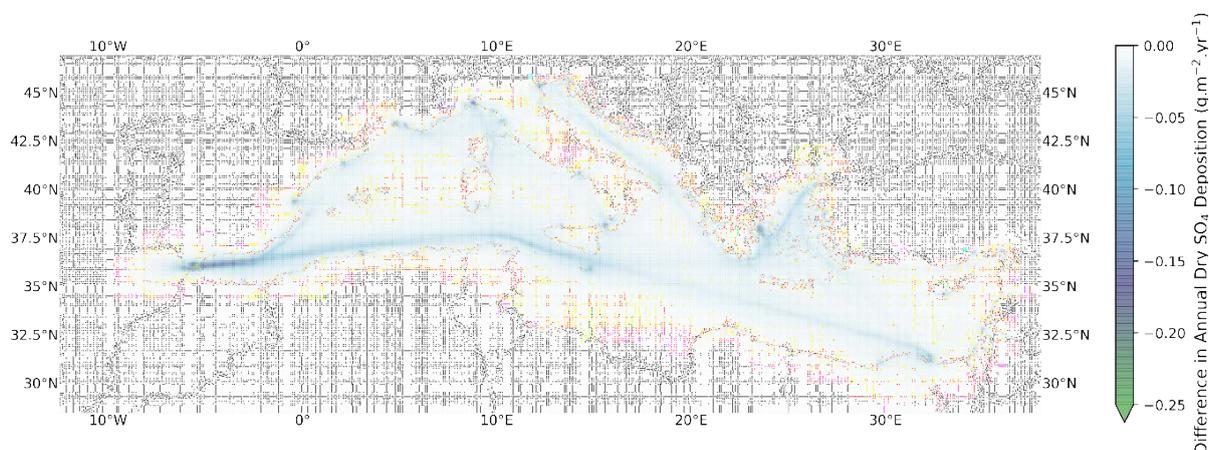
La diminution maximale en pourcentage des dépôts sec de sulfate observée est de 48,13 % (**Graphique 5.2-4**), (elle s'est produite au-dessus du détroit de Gibraltar et s'étend vers l'est en direction d'Alger). La diminution moyenne en pourcentage des dépôts sec de sulfate dans la zone de la mer Méditerranée est estimée à 1,95 %.



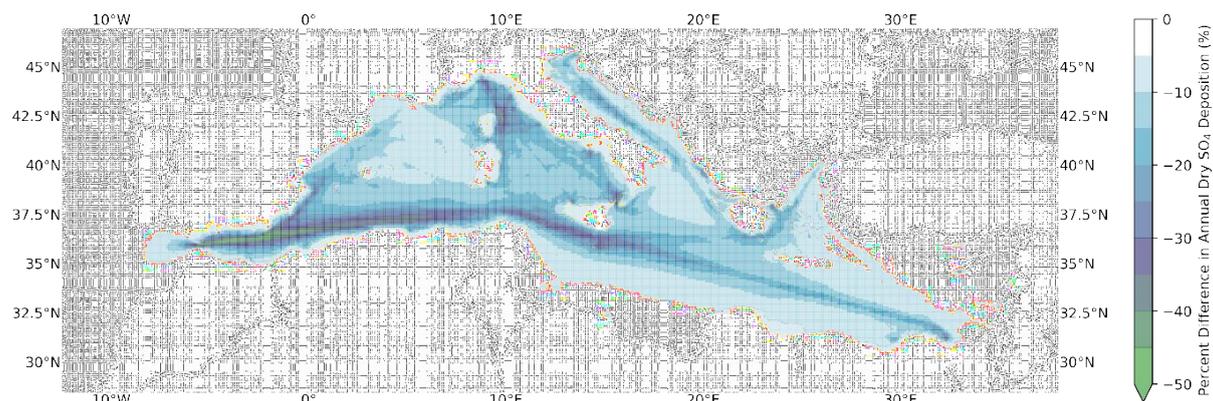
Graphique 5.2-1. Diminution des dépôts humides annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



Graphique 5.2-2. Diminution en pourcentage des dépôts humides annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



Graphique 5.2-3. Diminution des dépôts secs annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



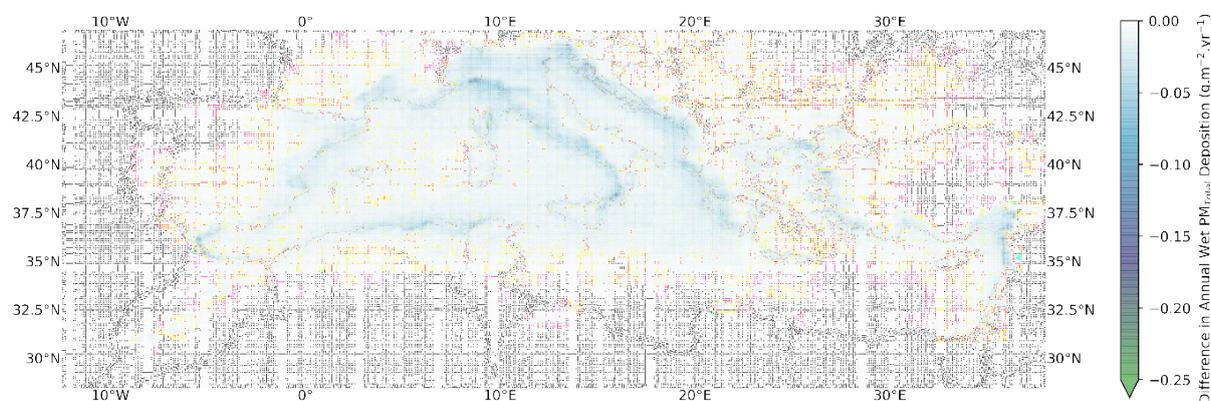
Graphique 5.2-4. Diminution en pourcentage des dépôts secs annuels de sulfate entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée

5.2.2 Dépôts de PM_{Totales}

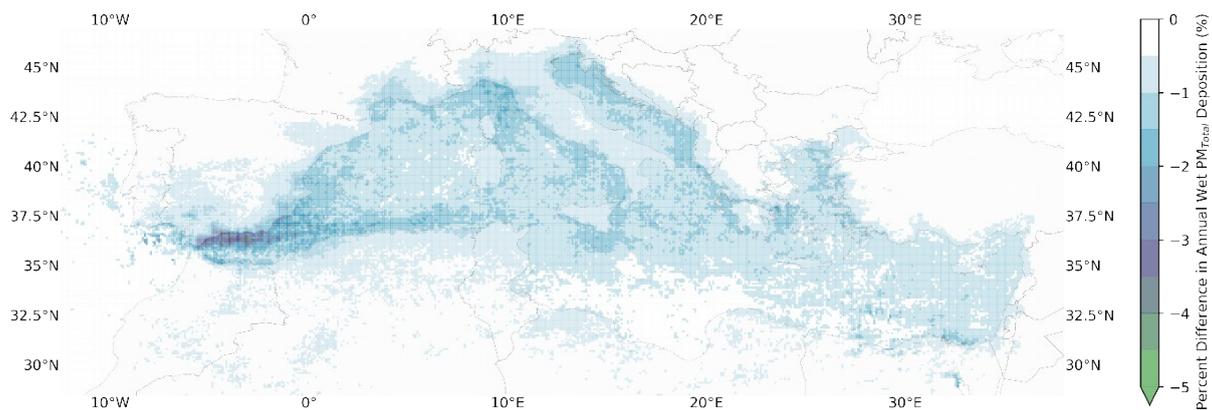
Les changements relatifs aux dépôts humides de PM_{Totales} (**Graphique 5.2-5** et **Graphique 5.2-6**) consécutifs à la désignation de l'ECA SO_x proposée sont deux ordres de grandeur plus importants que les diminutions des dépôts secs et sont répartis géographiquement de façon différente. Les diminutions des dépôts humides des PM_{Totales} sont les plus importantes à l'ouest et au nord de la Méditerranée et à l'intérieur des terres. Les réductions des dépôts secs de PM_{Totales} (**Graphique 5.2-7** et **Graphique 5.2-8**) sont plus géographiquement limitées à l'ouest de l'Espagne, au nord de l'Algérie, aux Alpes et aux zones isolées en Grèce. Les dépôts secs de PM_{Totales} augmentent quant à eux, au-dessus de l'eau, le long de la voie maritime principale à travers le détroit de Gibraltar, au-delà de Malte et vers Suez.

La diminution maximale, observée en pourcentage de dépôts humides de PM_{Totales}, est de 4,58 % (**Graphique 5.2-8**), (elle s'est produite au-dessus du détroit de Gibraltar). La diminution moyenne en pourcentage des dépôts humides de PM_{Totales} est estimée à 0,25 % pour la zone de la mer Méditerranée.

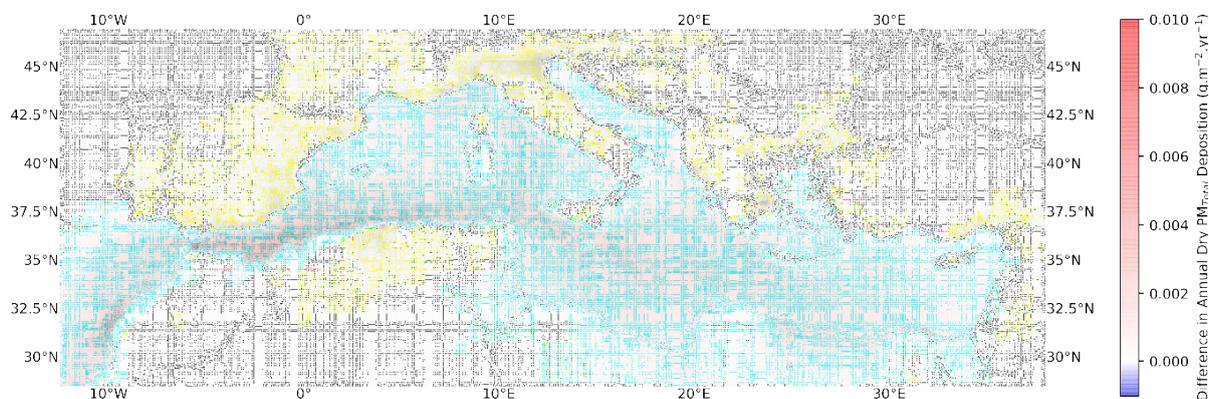
L'augmentation maximale, observée en pourcentage de dépôts secs de PM_{Totales} est de 8,45 % (**Graphique 5.2-8**), (elle s'est produite au-dessus du détroit de Gibraltar et s'étend vers l'est en direction d'Alger). La variation moyenne en pourcentage des dépôts secs de sulfate estimée pour la région de la mer Méditerranée est de 0,66 %, ce qui indique que les dépôts secs de PM_{Totales} augmentent globalement lors du passage de MARPOL VI à l'ECA SO_x Med, mais avec une variation géographique significative.



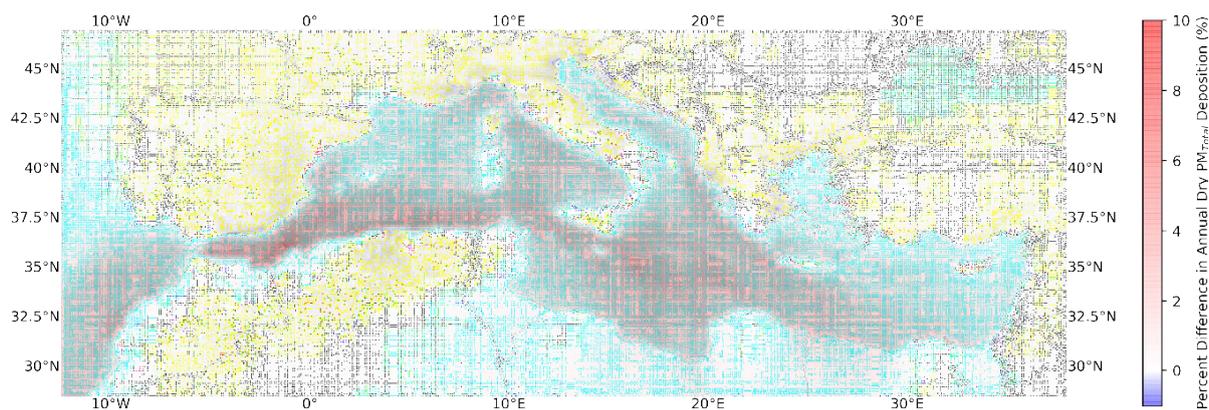
Graphique 5.2-5. Diminution des dépôts humides annuels de PM_{Totales} entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



Graphique 5.2-6. Diminution en pourcentage des dépôts humides annuels de $PM_{Totales}$ entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



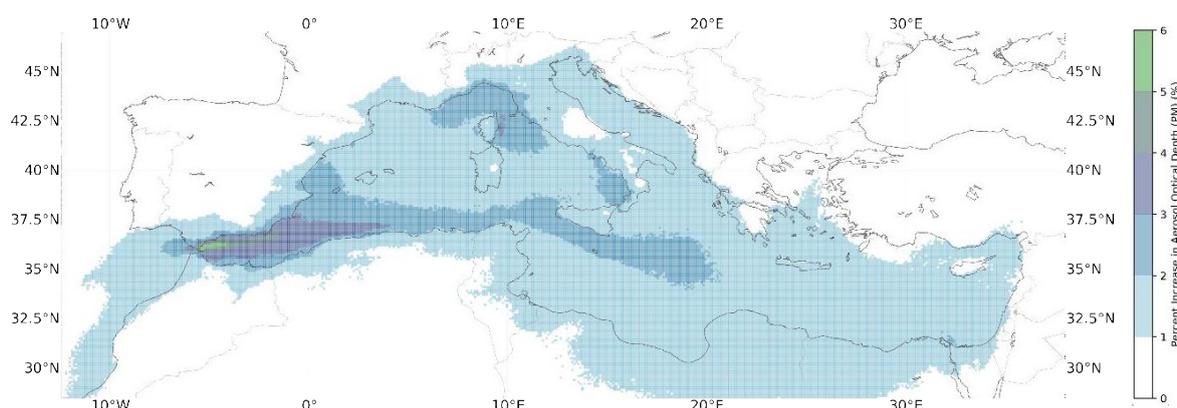
Graphique 5.2-7. Changements des dépôts secs annuels de $PM_{Totales}$ entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée



Graphique 5.2-8. Changements en pourcentage des dépôts secs annuels de $PM_{Totales}$ entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée

5.2.3 Modification de la visibilité

Le **Graphique 5.2-9** indique le pourcentage estimé d'augmentation de la profondeur optique des aérosols. L'augmentation de la profondeur optique des aérosols découle d'une brume réduite et d'une visibilité accrue. Ce graphique montre une augmentation généralisée de la profondeur optique des aérosols sur les zones d'eau de la mer Méditerranée qui s'étend à l'intérieur des terres au-dessus de l'Afrique du Nord. Les plus importantes augmentations de la profondeur optique des aérosols se produisent au-dessus du détroit de Gibraltar et au nord du Maroc et de l'Algérie, ainsi que le long de l'axe maritime principal reliant le détroit de Gibraltar, Malte, et vers Suez.



Graphique 5.2-9. Variation en pourcentage de la profondeur optique des aérosols (espèces de PM) entre MARPOL VI et l'ECA SO_x Med proposée

5.3 Impacts associés au dépôt de PM_{2,5} et de substances toxiques dans l'air

Le dépôt de PM_{2,5} et de composés atmosphériques toxiques peut contribuer à créer des dépôts acidifiants et une eutrophisation, conduire à des niveaux de pH plus bas dans les eaux de surface, les ports et entraîner une augmentation des métaux lourds et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les dépôts peuvent s'effectuer sous forme humide ou sèche. Ceux humides se produisent lorsque les particules, les composés acidifiants et les substances toxiques sont déchargés par précipitation, servant de noyaux de condensation dans les nuages. Les dépôts secs surviennent lorsque les particules transmises par les processus atmosphériques s'installent dans des environnements terrestres ou marins. Les zones côtières reçoivent les plus importants dépôts de soufre oxydé provenant des navires, potentiellement jusqu'à 70 %. Sur le plan national, les zones côtières des pays où ces dépôts provenant de navires sont susceptibles de se produire, peuvent représenter 5 à 70 % du dépôt total de soufre en fonction de la taille du pays et la proximité du trafic maritime [Jonson et al 2020].

La Méditerranée est qualifiée d'écosystème sensible [Turley 1999] et désignée comme une région à forte biodiversité marine, avec plus de 17.000 espèces marines recensées dans la zone [Coll 2010]. La Méditerranée fait face à une série de défis anthropogéniques menaçant sa biodiversité, y compris la perte et la dégradation des habitats, les impacts de la pêche, le changement climatique, les espèces envahissantes et la pollution [Coll 2010]. Le pH de la mer Méditerranée diminue rapidement [Flecha et al. 2015], les dépôts acides des navires contribuant à l'acidification de la région [Jonson 2020, Teuchies 2020].

Les dépôts de $PM_{2,5}$ et d'autres substances provenant des émissions des navires contribuent à l'acidification des eaux marines et douces [Hasselov et al., 2013, Jonson et al., 2020] et des écosystèmes terrestres [Cerro 2020]. L'acidification altère les cycles biogéochimiques de l'acidification et affecte les espèces animales et végétales aquatiques et terrestres [Jakovljevic et al. 2019]. En outre, l'acidification des milieux marins réduit le pouvoir tampon des eaux, qui, associée à une physiologie et un cycle des nutriments altérés par l'acidification, peut entraîner une modification des chaînes alimentaires et des stocks de poissons [Hilmi et al., 2014, Dupont et Portner, 2013]. La pêche en Méditerranée et en mer Noire génère des revenus annuels de 2,8 milliards de Dollars US, crée 250 000 emplois à bord de navires et nourrit des centaines de milliers de personnes dans la région [FAO, 2018]. Près de la moitié (47 %) des stocks de poissons de la Méditerranée se caractérisent par leur faible biomasse, 31 % par leur biomasse intermédiaire, et la plupart des stocks de la région sont surexploités [FAO, 2018].

Les carburants plus propres peuvent également contenir moins de métaux lourds et de composés chimiques toxiques. Les substances toxiques dans l'air incluent des composés chimiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des métaux lourds, qui sont présents dans les carburants marins et qui sont rejetés dans l'atmosphère au cours de la combustion. Les métaux lourds relâchés dans l'atmosphère au cours de la combustion des fiouls marins sont le nickel, le vanadium, le cadmium, le fer, le plomb, le cuivre, le zinc et l'aluminium [Agrawal 2008]. Il est notoire que les HAP et les métaux lourds causent plusieurs effets nuisibles sur les organismes terrestres et aquatiques, y compris des troubles physiologiques, une croissance et une dynamique de population altérées négativement, tout en représentant une cause de mortalité. On sait que les HAP et les métaux lourds s'accumulent, ce qui affecte de multiples niveaux de réseaux trophiques [Hasselov 2020, Logan, 2007], les mammifères marins prédateurs apex accumulant des niveaux élevés d'HAP et de métaux dans leurs tissus [Monteiro 2020].

Les États riverains de la mer Méditerranée comptent de nombreux sites du patrimoine culturel, certains datant de quelques milliers d'années. Les dépôts humides et secs de substances acides sont réputés pour réagir avec les roches carbonatées, y compris le marbre et les calcaires [Livingstone 2016], qui se trouvent partout en Méditerranée et ont largement été utilisées afin de bâtir des sites historiques [Calvo et Regueiro, 2010]. La karstification - la roche carbonatée se dissolvant naturellement dans l'eau de pluie puisque la calcite est soluble dans l'eau - peut être accélérée par le dépôt d'une pollution atmosphérique anthropique. La réduction des émissions de soufre et de particules des navires atténue cet effet.

La zone de la mer Méditerranée compte une biodiversité abondante dans des écosystèmes terrestres et aquatiques, des activités de pêche qui génèrent des milliards de dollars US par an pour l'économie régionale et qui emploient et nourrissent des centaines de milliers de personnes, ainsi qu'un riche patrimoine culturel. Les bénéfices liés à la désignation de l'ECA SO_x Med, résumés en **Section 5.4** et dans le **Tableau 5.4-1**, impliquent une réduction généralisée des dépôts humides et secs de sulfate et de particules, ainsi qu'une meilleure visibilité. Les conséquences de la réduction des dépôts de sulfate et de PM sont claires. L'ECA SO_x Med proposée permettra d'améliorer la santé de l'écosystème et les activités de pêche, de réduire les impacts sur la biodiversité sensible de la région et prolonger la longévité des sites importants du patrimoine culturel de la région.

5.4 Résumé des bénéfices environnementaux

La réduction des dépôts de sulfate est un indicateur indirect de changements potentiels de l'acidification du pH dans les écosystèmes aquatiques et terrestres. La réduction des dépôts de PM_{totales} est un indicateur indirect de changements potentiels relatifs à d'autres effets sur les particules et les éléments nutritifs. Il convient de noter que les dépôts secs de PM_{totales} ont mis en lumière certaines zones présentant des petites augmentations de dépôts, en raison de la formation non linéaire de PM en réaction à la réduction de sulfate, ce qui est conforme aux conclusions de la doctrine scientifique. La profondeur optique des aérosols est un indicateur de l'augmentation des particules en suspension impliquant la brume régionale et la perte de visibilité. Une augmentation de la profondeur optique des aérosols indique une amélioration de la visibilité.

Il convient de relever en outre que, bien que cette analyse se concentre sur les bénéfices apportés aux États riverains de la mer Méditerranée, les avantages en termes de santé humaine et environnementaux sont susceptibles de s'étendre à des pays se trouvant en dehors de la zone de la mer Méditerranée.

Tableau 5.4-1. Résumé des indicateurs d'autres bénéfices découlant de l'ECA SO_x Med proposée

Indicateur des bénéfices environnementaux	Plage de changement relatif (%)
Dépôts humides de sulfate	Réduction de 1 à 15 %
Dépôts secs de sulfate	Réduction de 1 à 50 %
Dépôts secs de PM_{totales}	Réduction de 0,5 à 5 %
Dépôts secs de PM_{totales}	Réduction de 0 à 10 %
Profondeur optique de l'aérosol (se rapportant aux PM)	Augmentation de 1 % à 6 %

5.5 Résumé de l'impact des émissions des navires sur l'environnement

Tel que décrit ci-dessus, les émissions des navires contribuent à une augmentation des dépôts d'espèces acidifiantes et de PM. La désignation de l'ECA SO_x Med proposée réduirait le dépôt d'espèces acidifiantes et particulaires dans la zone de la mer Méditerranée et permettrait d'améliorer la visibilité. Ainsi, la présente proposition répond à la partie du critère 3.1.4 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL relative à la protection de l'environnement.

6 Influence des conditions météorologiques sur la pollution atmosphérique

Critère 3.1.5	Tout renseignement utile au sujet des conditions météorologiques de la zone proposée qui sont importantes pour les populations et les zones de l'environnement menacées, en particulier les caractéristiques des vents dominants, ou au sujet des conditions topographiques, géologiques, océanographiques, morphologiques ou autres qui contribuent à la pollution locale de l'atmosphère ou aux effets préjudiciables pour l'environnement ;
---------------	--

25 Les conditions météorologiques dans la région de la mer Méditerranée transportent vers la terre une part importante des émissions provenant des navires en mer et des polluants en découlant qui se sont formés dans l'atmosphère. Les émissions de SO_x et de ses dérivés (y compris les particules) provenant des navires peuvent rester en suspension dans l'air pendant environ cinq à dix jours avant d'être éliminées de l'atmosphère (par dépôt ou transformation chimique, par exemple). Au cours de la période s'écoulant entre leur émission et leur disparition de l'air, les substances polluantes peuvent être transportées sur des centaines de milles marins et des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres par les vents souvent observés dans la région de la mer Méditerranée. L'analyse réalisée dans le cadre de cette proposition indique que les vents soufflent fréquemment sur terre dans toutes les zones de la mer Méditerranée. Certains régimes de vent sont plus courants que d'autres, de sorte que l'impact de la pollution de l'air par les navires en mer est plus important dans certaines régions que d'autres. En outre, le transport aérien de SO_x et de PM à partir de navires présente un caractère transfrontalier, ce qui affecte un grand nombre d'États riverains de la mer Méditerranée.

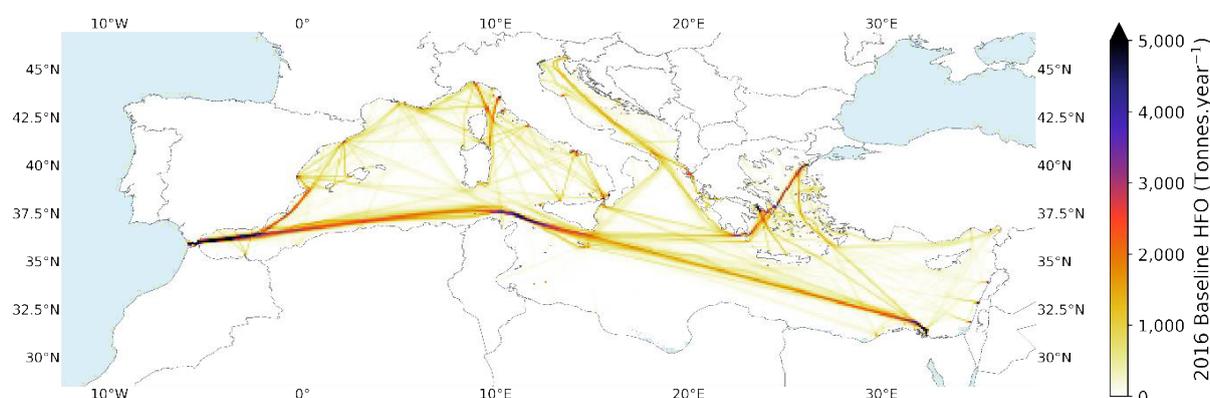
7 Trafic maritime dans la zone d'application proposée

La présente section communique des données qui répondent au critère 3.1.6 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.6	La nature du trafic maritime dans la zone où il est proposé de contrôler les émissions, y compris les courants de circulation et la densité du trafic ;
---------------	---

7.1 Modèles de trafic maritime

Sur le plan géographique, la consommation de carburant dépend des modèles régionaux de navigation. La consommation de carburant la plus élevée est observée à l'extrémité ouest de la mer Méditerranée à l'entrée du détroit de Gibraltar, dans le centre de la mer Méditerranée au large de la côte nord de la Tunisie, et à l'extrémité EST de la mer Méditerranée à l'entrée du canal de Suez (**Graphique 7.1-1**). Les modèles de consommation relative de carburant demeurent inchangés au cours des différentes années de scénario.



Graphique 7.1-1. Niveau de référence pour l'année 2016 de l'utilisation de fioul HFO

Les inventaires de référence (2016) de la consommation de carburant indiquent une consommation totale de 19,16 millions de tonnes dans la région de la mer Méditerranée (**Tableau 7.1-1**). Les données du SIA indiquent 33,163 navires uniques opérant en Méditerranée au cours de l'année de référence 2016.

Le combustible dominant utilisé en 2016 était le HFO (78,8 %). Le MDO était le second combustible le plus couramment utilisé (17,2 %), le MGO et le GNL représentant une fraction modeste de la consommation mondiale de combustible (2,8 % et 1,3 %, respectivement). Le modèle STEAM prévoit que dans le cadre de MARPOL VI, le mélange global de combustible dans la zone de la mer Méditerranée passera à 95,5 % de MDO et 3,1 % de MGO, et à 0,8 % de GNL. La consommation de HFO chute à 0,6 % dans le cadre des conditions MARPOL VI ; il continue à être utilisé par un petit nombre de navires actuellement équipés d'EGCS. Les résultats de la modélisation STEAM indiquent que les améliorations en matière de consommation de carburant ainsi que les économies d'échelle des navires entraînent une baisse de 10,8 % de la consommation globale de carburant en 2020 par rapport à 2016, accompagnée d'un changement de carburant.

Selon le scénario proposé de l'ECA SO_x Med, le modèle STEAM estime la consommation totale de carburant équivalente au scénario MARPOL VI, mais avec 97,7 % de MGO et 1 % de mélange de MDO. La consommation de HFO et de GNL demeure inchangée dans le cadre des scénarios proposés par l'ECA SO_x Med par rapport à la consommation de carburant prévue par MARPOL VI (**Tableau 7.1-2**).

Tableau 7.1-1. Année de référence (2016) pour la consommation de carburant et prévision de consommation de carburant pour 2020 selon les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med proposée

TM	Année de référence 2016	MARPOL VI 2020	ECA SO _x Med 2020
Carburant total	19 160 000	17 100 000	17 100 000
MGO	542 000	522 000	16 700 000
MDO	3 290 000	16 340 000	164 000
HFO	15 090 000	99 900	94 700
GNL	243 000	141 000	138 000

Tableau 7.1-2. Pourcentages de mélange de carburants pour la zone de la mer Méditerranée en 2016 et selon les scénarios de MARPOL VI et de l'ECA SO_x Med proposée

Répartition du carburant	Mélange de carburant de référence pré-MARPOL VI	Mélange de carburant MARPOL VI	Mélange de carburant ECA SO _x Med proposée
MGO	2,8 %	3,1 %	97,7 %
MDO	17,2 %	95,5 %	1,0 %
HFO	78,8 %	0,6 %	0,6 %
GNL	1,3 %	0,8 %	0,8 %

7.2 Résumé du trafic maritime dans la zone d'application proposée

La nature, les modèles et la densité du trafic maritime au sein de l'ECA SO_x Med ont été décrits. Ces modes de navigation constituent la base de la modélisation de la consommation de carburant et de l'inventaire des émissions, qui représente un intrant de la modélisation de la qualité de l'air. Ainsi, la présente proposition répond au critère 3.1.6 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL.

8 Contrôle des sources terrestres

La présente section communique des données qui répondent au critère 3.1.7 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.7	Une description des mesures de contrôle que la ou les Parties soumettant la proposition ont prises pour remédier aux émissions de NO _x , SO _x et de particules provenant de sources à terre affectant les populations et les zones de l'environnement menacées et qui sont en place et déjà appliquées, ainsi que de celles qu'il est envisagé d'adopter en application des règles 13 et 14 de l'Annexe VI ; et
---------------	---

8.1 Identification des mesures terrestres en vigueur de lutte contre les émissions de SO_x et de PM dans les États riverains de la mer Méditerranée

La présente section procède à un examen systématique des politiques de qualité de l'air et de réduction de la pollution entreprises par chaque État riverain de la mer Méditerranée qui est Partie contractante à la Convention de Barcelone.

Tous les États riverains de la mer Méditerranée ont adopté des mesures de contrôle des émissions provenant de sources telluriques. La portée et la mise en œuvre de ces mesures varient d'une région à l'autre, les normes de l'Union européenne (UE) étant les plus strictes en matière de qualité de l'air ambiant et de réduction des émissions. Au total, les réglementations telluriques ont conduit les émissions provenant des transports et de sources non liées aux transports dans les États riverains de la mer Méditerranée à diminuer environ pour moitié depuis 1975, avec des réductions encore plus importantes dans certains pays.

Les mesures terrestres réglementent les sources fixes et mobiles de pollution tellurique. L'analyse des mesures terrestres se décline en trois phases. Premièrement, un examen systématique des politiques, lois et règlements en vigueur identifie l'ensemble des politiques, au niveau national, visant à réduire la pollution par les SO_x et les PM provenant de sources terrestres. Les sources de pollution tellurique comprennent les sources fixes, telles que les installations de production d'électricité et les usines industrielles, ainsi que les sources mobiles, telles que les camions, les voitures et les autobus. Les émissions telluriques incluent également les sources non ponctuelles, bien que celles-ci ne soient généralement pas pertinentes pour les émissions anthropiques de dioxyde de soufre (SO₂) et de PM_{2,5}. Deuxièmement, une analyse des données d'inventaire identifie les réductions sectorielles des émissions de SO₂ et de PM_{2,5}. Troisièmement, une analyse des données régionales provenant des stations de surveillance de la qualité de l'air permet de déterminer une conformité éventuelle aux normes relatives aux PM_{2,5}.

Le critère 3.1.7 de l'Appendice III de l'Annexe de MARPOL exige une description des mesures de contrôle prises par les parties présentant la proposition pour remédier aux émissions de SO_x et de PM d'origine tellurique affectant les populations humaines. La présente section expose une synthèse des politiques nationales et internationales, en décrivant les efforts terrestres de réduction des SO_x et des PM au sein des États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone, notamment ceux visant les transports et les sources fixes. Les mesures en vigueur sont rapportées sur le plan national, le cas échéant.

Les Parties contractantes à la Convention de Barcelone sont l'Albanie, l'Algérie, la Bosnie- Herzégovine, la Croatie, Chypre, l'Égypte, la France, la Grèce, Israël, l'Italie, le Liban, la Libye, Malte, Monaco, le Monténégro, le Maroc, la Slovénie, l'Espagne, la République arabe syrienne, la Tunisie, la Turquie et l'Union européenne. Huit pays sont à la fois Parties contractantes à la Convention de Barcelone et États membres de l'Union européenne : la Croatie, Chypre, la France, la Grèce, l'Italie, Malte, la Slovénie et l'Espagne.

Les descriptions au niveau national sont incluses dans les sections suivantes et résumées dans le **Tableau 8.1-1**, présentant les lois et règlements relatifs au contrôle des sources fixes et mobiles de SO_x et de PM_{2,5} ayant été édictés.

Tableau 8.1-1 : Mesures terrestres identifiées au niveau national de lutte contre les émissions de SO_x et de PM_{2,5}

Pays	État membre de l'Union européenne	Transport	Sources fixes
Albanie	Pays candidat	X	X
Algérie		X	
Bosnie-Herzégovine		X	X
Croatie	X	X	X
Chypre	X	X	X
Égypte		X	X
France	X	X	X
Grèce	X	X	X
Israël		X	X
Italie	X	X	X
Liban		X	X
Libye		X	
Malte	X	X	X
Monaco		X	X
Monténégro	Pays candidat	X	X
Maroc		X	X
Slovénie	X	X	X
Espagne	X	X	X
République arabe syrienne		X	
Tunisie		X	X
Turquie	Pays candidat	X	X

8.1.1 Albanie

L'Albanie a présenté sa candidature afin de devenir membre de l'Union européenne. Ce pays a priorisé l'adoption de mesures visant à aligner la législation nationale relative à la qualité de l'air sur les politiques de l'UE et a intégralement transposé la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe dans le droit national par l'adoption de la loi n° 162/2014 relative à la protection de la qualité de l'air ambiant et du Décret ministériel n° 352 du 29.04.2015 sur l'évaluation de la qualité de l'air et les exigences concernant certains polluants qui prescrit des méthodes de référence pour l'évaluation de la qualité de l'air. Le 21 mars 2007, la décision 147, relative à la teneur en soufre des carburants, a été adoptée. La décision susmentionnée a limité la teneur en soufre des carburants à 10 ppm, conformément aux normes de l'UE.

8.1.2 Algérie

En Algérie, la teneur moyenne en soufre du carburant pour l'essence de transport est de 100 - 150 ppm et le diesel est limité à 2 500 ppm¹¹. Cela équivaut aux normes européennes d'émission Euro 3/III pour l'essence et Euro 1/I pour le diesel. Seuls les véhicules neufs sortant d'usine sont admis à la vente sur le territoire algérien.

¹¹<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25233/FuelQualityEmissionStandardDevelopments.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

8.1.3 Bosnie-Herzégovine

Les normes de qualité de l'air ambiant en Bosnie-Herzégovine sont alignées sur celles de l'UE, bien que le cadre juridique pour la qualité de l'air soit en cours de développement (UN 2017). La loi sur la protection de l'air (OG FBiH n° 33/03, 4/10) prévoit un contrôle des émissions provenant de sources fixes, l'élaboration de plans de surveillance et le développement de réseaux de surveillance. En outre, l'article 18 de la loi susmentionnée, prévoit une évaluation continue des émissions dans les grandes installations de combustion.

8.1.4 Égypte

En Égypte, la Loi 4/1994¹² régit à titre principal la pollution atmosphérique. L'article 35 de cette loi dispose que les émissions de polluants ne doivent pas dépasser celles autorisées par la réglementation. La loi 4 ne précise pas directement ces normes qui sont plutôt prescrites par des règlements exécutifs. Le Projet de règlement exécutif pour la loi 9/2009 définit les normes de qualité de l'air ambiant pour lepays, comme le montre le **Tableau 8.1-2**.

Tableau 8.1-2 : Normes de qualité de l'air ambiant en Égypte

Polluant	Période	Norme
PM ₁₀	24 h	150 µg/m ³
	1 an	100 µg/m ³
PM _{2,5}	24 h	100 µg/m ³
	1 an	70 µg/m ³
SO ₂	1 h, industriel	300 µg/m ³
	1 h, urbain	350 µg/m ³
	24 h, industriel	125 µg/m ³
	24 h, urbain	125 µg/m ³
	1 an, industriel	50 µg/m ³
	1 an, urbain	60 µg/m ³

En 2004, le cadre stratégique national sur la qualité de l'air a été élaboré par l'Égypte en collaboration avec l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) afin d'améliorer la qualité de l'air urbain (World Bank 2013). L'Égypte a mis en œuvre une législation exigeant des convertisseurs catalytiques dans les véhicules importés et a approuvé l'utilisation du gaz naturel comprimé (GNC) comme carburant de transport en raison de son profil d'émissions polluantes moins élevé (Abbass, Kumar et El-Gendy, 2018). L'Égypte a mis en œuvre une stratégie afin de prendre en charge le problème de la combustion des déchets à l'air libre et, à partir de 1994, les émissions de l'industrie du ciment ont été régulées par la Loi 4/1994 (Abbass, Kumar et El-Gendy, 2018).

8.1.5 Union européenne

L'Union européenne a introduit sa première directive sur la qualité de l'air en 1970. Depuis, elle a mis en œuvre des politiques visant à améliorer la qualité de l'air, en contrôlant les émissions de polluants dans l'atmosphère, en améliorant la qualité des carburants de transport et en édictant des mesures intersectorielles de protection de l'environnement. Sa politique de qualité de l'air repose sur trois principes fondamentaux :

1. Normes de qualité de l'air ambiant ;
2. Engagements nationaux de réduction des émissions ; et
3. Normes d'émission et d'efficacité énergétique pour les sources clés de pollution atmosphérique.

¹² <http://www.ecaa.gov.eg/en-us/laws/envlaw.aspx>.

Les législations sur la qualité de l'air de la Croatie, de Chypre, de la France, de la Grèce, de l'Italie, de Malte, de la Slovénie et de l'Espagne sont intégralement alignées sur la législation de l'Union européenne, décrite dans la présente section.

Le Programme « Air pur pour l'Europe »¹³ vise à lutter à court terme contre la mauvaise qualité de l'air, par le biais d'une série de mesures portant notamment sur les émissions des véhicules légers à moteur diesel, le renforcement de la législation en vigueur, le renforcement des capacités techniques et l'élaboration de lignes directrices sur la qualité de l'air ambiant. À long terme, le programme « Air pour l'Europe » devrait permettre de réduire la mortalité prématurée de 37 % et les dommages causés aux écosystèmes par l'eutrophisation de 21 % à l'horizon 2025.

Huit pays sont à la fois Parties contractantes à la Convention de Barcelone et États membres de l'Union européenne. Ces pays sont la Croatie, Chypre, la France, la Grèce, l'Italie, Malte, la Slovénie et l'Espagne. Les législations nationales de ces pays transposent intégralement les dispositions légales de l'UE et sont totalement harmonisées avec ces dernières.

Récemment, l'UE a présenté le Pacte vert pour l'Europe (COM/2019/640 final), les ambitions de l'Europe en matière de climat pour 2030 (COM(2020) 562) ainsi que la Stratégie de mobilité durable et intelligente (COM(2020) 789 final, SWD(2020) 331 final). L'UE s'est en outre engagée à prendre des mesures sur un ensemble de thèmes environnementaux, notamment le changement climatique, la perte de biodiversité, l'économie circulaire, la santé des océans, y compris pour réduire la pollution provenant des navires. Dans le cadre du Pacte vert, la révision en cours des Directives sur la qualité de l'air ambiant (DQAA) permettra d'établir des normes de plus en plus strictes en matière de qualité de l'air et de transmettre des conseils pour en faciliter le respect. Un rapport récent de l'Agence européenne pour l'énergie dans le domaine de l'environnement souligne qu'une part importante de la charge de morbidité en Europe continue d'être attribuée à la pollution de l'environnement résultant de l'activité humaine¹⁴. Pour y remédier, l'UE adoptera en juin 2021 le Plan d'action « Zéro pollution ».

Les navires sont visés par les politiques de l'UE. Pour ceux de mer, la directive concernant une réduction de la teneur en soufre de certains combustibles liquides ((UE) 2016/802) exige que les navires transitant par des ports européens passent à 0,10 % S/m à l'amarrage pour les escales de plus de 2 heures. Cette obligation d'utiliser des carburants moins polluants dans les ports européens est en vigueur depuis 2005 (Directive 1999/32). Outre les exigences liées à l'amarrage, avant l'entrée en vigueur de l'OMI 2020, les navires à passagers en service régulier devaient utiliser des carburants à 1,50 % S/m. Concernant les ports, il convient de relever l'initiative maritime FuelEU¹⁵ et la révision de la directive sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs qui prévoit des dispositions obligatoires pour l'énergie terrestre et les carburants de substitution afin de réduire considérablement les émissions provenant des navires dans les ports ainsi que dans les zones côtières.

8.1.5.1 Normes européennes de qualité de l'air ambiant

La Directive concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (2008/50/CE) fixe des limites pour les concentrations atmosphériques d'espèces polluantes au sein de l'UE, y compris les SO₂, les PM₁₀ en suspension et les PM_{2,5}. Ces normes sont implicitement liées aux normes d'émission des sources fixes et de transport (EEA 2020b).

La Directive sur la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe exige que les États membres de l'Union européenne évaluent la qualité de l'air sur leur territoire et mettent en œuvre des plans visant à maintenir une qualité d'air conforme ou à réduire les émissions et à améliorer la qualité de l'air dans les régions où les normes ne sont pas respectées.

¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0918&from=EN>.

¹⁴ <https://www.eea.europa.eu/publications/healthy-environment-healthy-lives>.

¹⁵ <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12312-FuelEU-Maritime->.

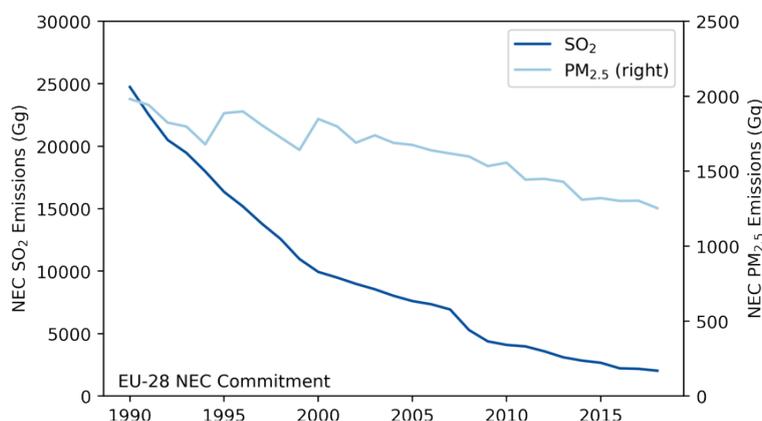
Les concentrations atmosphériques de PM₁₀, PM_{2,5} et SO₂ sont régies par les Directives de l'UE sur la qualité de l'air ambiant (2004/107/CE - 2008/50/CE) et sont soumises aux normes temporelles énoncées dans le **Tableau 8.1-3**.

Tableau 8.1-3 : Normes de concentration de polluants des Directives européennes sur la qualité de l'air ambiant

Polluant	Période	Concentration	Note
PM ₁₀	1 jour	Limite de 50 µg/m ³	Pour pas plus de 35 jours par an
	Année civile	Limite de 40 µg/m ³	
PM _{2,5}	Année civile	Limite de 25 µg/m ³	Obligation en matière d'exposition à la concentration
		20 µg/m ³	
SO ₂	1 heure	Limite de 350 µg/m ³	Pour pas plus de 24 heures par an
		500 µg/m ³	Seuil d'alerte pendant 3 heures dans une zone de 100 km ²
	1 jour	limite de 125 µg/m ³	Pour pas plus de 3 jours par an

8.1.5.2 Engagements nationaux de l'UE en matière de réduction des émissions

Des engagements nationaux de réduction des émissions ont été établis dans le cadre de la directive 2001/81/CE (dite directive NEC) fixant des plafonds d'émission nationaux pour chaque État membre. La Directive NEC oblige les États membres de l'Union européenne à élaborer des mesures de contrôle de la pollution atmosphérique pour respecter leurs engagements¹⁶. En vertu de ladite directive, les 28 États membres de l'UE se sont engagés à réduire les émissions de SO₂, en les faisant passer de 24 747 Gg¹⁷ en 1990 à 2 031,4 Gg en 2018, et les émissions de PM_{2,5} en les faisant passer de 1 981,7 Gg en 1990 à 1 253,5 Gg en 2018 (**Graphique 8.1-1**). Ces engagements représentent des réductions d'émissions de 91,8 % pour les SO₂ et de 36,7 % pour les PM_{2,5} (UNECE 2019).



Graphique 8.1-1 : Engagements relatifs aux seuils d'émissions nationales des 28 États membres de l'UE sur la période 1990-2018

¹⁶ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3>.

¹⁷ 1 Gg = 1 000 tonnes métriques.

Tous les États membres de l'Union européenne s'efforcent de respecter leurs engagements PEN pour les SO₂. Chypre est le seul État membre de l'Union européenne et Partie contractante à la Convention de Barcelone qui ne semble pas en mesure de respecter ses engagements en matière de SO_x – ou de PM_{2,5}, rejoint sur ce point-là par la Slovaquie - pour 2020 (Commission européenne, 2020). L'Espagne devrait pouvoir respecter ses engagements PEN en matière de PM_{2,5} pour 2020, dans le cadre de ses politiques et mesures en vigueur, ainsi que ses engagements pour 2030, en mettant en œuvre des mesures supplémentaires¹⁸. La Deuxième perspective de l'air pur¹⁹ a tracé des perspectives en matière de lutte contre la pollution atmosphérique au sein de l'UE jusqu'en 2030 et au-delà.

8.1.5.3 Normes d'émissions et d'efficacité énergétique

La Directive 98/70/CE de l'UE établit des normes initiales d'émission pour l'essence et les carburants diesel destinés à la propulsion des véhicules. En vertu des articles 3 et 4, la directive exige une teneur maximale en soufre de 10 mg/kg (10 ppm) pour l'essence et les carburants diesel dans les États membres de l'Union européenne.

Depuis le 1er janvier 2016, la Directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles (dite Directive IED) régit les grandes installations de combustion. Elle impose des exigences minimales pour les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de SO₂ et de poussière. Conformément à l'IED, les installations de combustion doivent utiliser les meilleures techniques disponibles (BAT / Best Available Technology) ou des techniques équivalentes afin de contrôler les émissions. Dans la mesure où les limites d'émissions sont liées aux BAT, qui sont actualisées au fil du temps, les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) représentent les seules dispositions normatives en la matière.

La Directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, fixe un objectif de 20 % de réduction des consommations d'énergie à l'horizon 2020. Elle a été révisée à la hausse en 2018 (Directive 2018/2002), avec un nouvel objectif d'efficacité énergétique de 32,5 % pour 2030, assorti d'une réduction annuelle de 1,5 % des ventes énergétiques nationales. En 2017, 16 États membres étaient alignés sur leurs trajectoires de consommation énergétiques, qui, devaient leur permettre d'atteindre leurs objectifs énergétiques finaux de 2020. Dans l'ensemble, la consommation finale d'énergie au sein des 28 États membres de l'UE était en 2017, inférieure de 5,7 % par rapport à celle de 2005²⁰.

Les politiques relatives aux grandes installations de combustion (GCI) ont contribué à la diminution de la consommation totale de combustible dans l'UE d'un cinquième, tandis que la capacité thermique a augmenté d'un dixième entre 2004 et 2015. Les infrastructures avec des GCI alimentées pour l'essentiel par des combustibles solides et liquides étaient généralement moins efficaces que les GCI avec une plus grande part de biomasse et de gaz naturel. Ces politiques ont entraîné une diminution de 77 % des émissions de SO₂ entre 2004 et 2015²¹.

8.1.6 Israël

La Loi israélienne sur l'assainissement de l'air²² est entrée en vigueur en janvier 2011 (ministère de la protection environnementale, 2019). La loi fournit un cadre global pour la réduction et la prévention de la pollution atmosphérique en établissant des limites d'émission, en créant un système d'autorisation des émissions, en publiant des données et des prévisions sur la qualité de l'air et en surveillant les polluants atmosphériques. La dite loi a limité la concentration moyenne de SO₂ dans l'air ambiant à 350 µg/m³ sur une heure, 50 µg/m³ sur une période de 24 heures et 20 µg/m³ par an. Les limites moyennes des PM₁₀ ont été fixées à 50 µg/m³ sur une année et à 130 µg/m³ sur 24 heures (Negev, 2020).

¹⁸ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7199e9c2-b7bf-11ea-811c-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_2&format=PDF.

¹⁹ https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/outlook.htm.

²⁰ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-11/assessment>.

²¹ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/industrial-reporting-under-the-industrial-2>.

²² <https://main.knesset.gov.il/Activity/Legislation/Laws/Pages/LawPrimary.aspx?t=lawlaws&st=lawlaws&lawitemid=2000055>.

Du côté du transport, les normes relatives aux émissions des véhicules sont comparables à celles de l'UE, avec une teneur en soufre du carburant diesel et de l'essence limitée à 10 ppm.

8.1.7 Liban

Dans le secteur des transports, le décret libanais 8442/2002 définit les normes relatives à la teneur en soufre pour l'essence à 0,05 % (500 ppm) en poids, et pour le gazole à 0,035 % (350 ppm). Il a été modifié par le décret n° 3795 en date du 30/06/2016 qui exige un test supplémentaire du rapport/pourcentage de Biodiesel (FAME) qui ne saurait excéder la limite maximale de 7 % volumétrique lors des essais en laboratoire applicables pour le carburant diesel conformément à la méthode de test ASTM D7371 ou ASTM D7963. Le dispositif normatif a été complété par trois lois (loi 341, loi 380, et loi 453) visant à réduire la pollution atmosphérique dans le secteur des transports en décourageant l'importation de vieux véhicules ainsi que par le Décret 8941/2012 (MoE 2017), édictant des mesures d'incitation aux transports publics.

Dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie, la décision MOE 8/1-2001 a fixé des limites pour les émissions des cheminées et des effluents des installations de combustion nouvelles et existantes et des établissements industriels.

Les normes de qualité de l'air ambiant pour le Liban sont présentées dans le **Tableau 8.1-4**.

Tableau 8.1-4 : Normes de concentration des PM₁₀ et SO₂ au Liban

Polluant	Période	Standard
PM ₁₀	24 h	80 µg/m ³
SO ₂	1 h	350 µg/m ³
	24 h	120 µg/m ³
	1 an	80 µg/m ³

8.1.8 Libye

Depuis quelques années la Libye connaît une période d'instabilité politique. Dans ce pays, la pollution atmosphérique a précédemment été réglementée par l'article 10-17 de la loi n°15 de 2003 (UNEP 2015a). La loi environnementale 15 prévoit pour les véhicules des tests de combustion interne et de qualité de carburant, alors que les gaz d'échappement ne sont pas testés. Le PNUE identifie une limite en teneur de soufre de 10 000 ppm en Libye, mais il note également que le combustible dominant sur le marché a une teneur de 1 500 ppm.

8.1.9 Monaco

À Monaco, la Loi n° 1.456 du 12/12/2017, reflète un souci de développement durable. Elle est intégrée dans le Code de l'environnement qui couvre tous les aspects de la pollution, de l'énergie et de la gestion de l'environnement (Principauté de Monaco, 2019). Dans le cadre du Protocole de Kyoto, Monaco s'est fixée pour objectif de diminuer sa consommation énergétique de 20 % d'ici à 2020 et de prendre en charge 20 % de sa consommation finale d'énergie par des sources renouvelables. Monaco souhaite en outre atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050, avec un objectif intermédiaire de 50 % d'ici à 2030, par rapport au niveau de 1990.

Le Chapitre V de la IIème partie du Code de la mer monégasque précise que tous les navires équipés de moteurs diesel doivent utiliser des carburants respectant la limite de teneur en soufre de 0,10 % m/m, ou être équipés d'EGCS en boucle fermée²³.

8.1.10 Monténégro

Le Monténégro, pays candidat à une entrée dans l'UE est en train de transposer la législation de l'UE dans son ordre juridique. Une fois membre de l'UE, ses politiques relatives à la qualité de l'air seront harmonisées avec le système législatif de l'UE.

En 2010, le Monténégro a adopté la loi sur la protection de l'air (OG 25/10, 40/11) pour définir un cadre pour la protection de l'air. La loi prévoit une série de mesures visant à améliorer la qualité de l'air, y compris la fixation de limites d'émission pour les sources fixes et mobiles et de plafonds nationaux d'émission pour des polluants spécifiques (UNECE, 2015). Lorsque les objectifs de qualité de l'air ne sont pas atteints, les autorités régionales doivent adopter des plans de qualité de l'air pour atténuer les émissions.

Le Monténégro a également promulgué en 2005 une loi sur la prévention et le contrôle intégrés de la pollution environnementale (OG 80/5, 54/09, 40/11), qui énonce les politiques permettant d'autoriser des sources potentielles de pollution environnementale.

8.1.11 Maroc

En 2018, la teneur maximale en soufre des carburants à essence au Maroc était de 50 ppm et de 15 ppm pour le diesel²⁴. Le Maroc a également mis en œuvre un ensemble d'initiatives de transport urbain visant à réduire les émissions de GES jusqu'à 50 MTM de CO₂e (équivalent dioxyde de carbone). Le pays a établi des stratégies qui comprennent notamment une extension des lignes de tramway, des changements modaux vers des systèmes de transport à faible émission de carbone et une augmentation des carburants alternatifs et des énergies renouvelables.

Bien qu'aucune donnée ne soit disponible sur les bénéfices découlant de ces programmes en matière de qualité de l'air, ils auront probablement des effets positifs et réduiront les émissions de GES.

8.1.12 République arabe syrienne

Le secteur de l'énergie de la République arabe syrienne a été lourdement touché par les conflits, qui ont endommagé et détruit ses infrastructures énergétiques, ses usines de production, ses installations de traitement et ses pipelines. En outre, le secteur de l'énergie a été affecté par les sanctions économiques imposées au pays. Parallèlement à ces événements, le pays a vu les émissions de CO₂ provenant du secteur de l'énergie chuter d'environ 75 MTM CO₂e en 2011 à environ 30.5 MTM CO₂e en 2016. De même, la demande d'énergie a plongé de plus de 50 %, passant de 25 MTM en 2011 à 10 MTM en 2016.

La République arabe syrienne a adopté des normes nationales de qualité de l'air ambiant en 2011 et en 2012 en vertu de la loi sur l'environnement n°12. Bien que les limites de teneur en soufre dans le carburant soient élevées dans le pays (6 500 ppm) (UNEP 2015b), la République arabe syrienne a mis en place une stratégie de transport pour réduire les émissions, améliorer la qualité du carburant et encourager l'utilisation d'autobus au gaz naturel et de véhicules alimentés par un autre carburant (République arabe syrienne, 2018).

²³ <https://journaldemonaco.gouv.mc/en/Journaux/2018/Journal-8393/Ordonnance-Souveraine-n-7.004-du-20-juillet-2018-relative-a-la-prevention-de-la-pollution-de-l-atmosphere-par-les-navires-et-completant-certaines-dispositions-du-Code-de-la-mer>.

²⁴ Voir la note de bas de page 11.

8.1.13 Tunisie

L'article 8 de la loi tunisienne no 88-91 sur la pollution atmosphérique et les émissions sonores dispose que tout établissement industriel, agricole ou commercial ainsi que toute personne ou entité exerçant des activités susceptibles de polluer l'environnement est tenu de supprimer ou de réduire les rejets. La Tunisie est membre de l'ISO et a adopté les normes de la série ISO 14 000²⁵.

En 2018, la teneur maximale en soufre des carburants à essence en Tunisie était inférieure à 10 ppm²⁶ et la teneur en soufre du diesel étant limitée à 50 ppm. La Tunisie restreint l'importation des véhicules de plus de 5 ans.

8.1.14 Turquie

Dans le secteur des transports, la norme Euro 6 est applicable en Turquie depuis 2017 et la teneur en soufre du carburant – alignée sur les directives de l'UE – est limitée à 10 ppm (UNEP 2015c).

Selon les informations communiquées par la Turquie aux fins d'élaboration du présent rapport, le ministère de l'environnement et de l'urbanisation (MoEU) a commencé à préparer des cartes stratégiques de qualité de l'air pour faciliter le processus décisionnel. Les plans d'action pour la qualité de l'air des provinces font l'objet d'un suivi électronique au titre des mesures prises pour la qualité de l'air.

Afin de se conformer aux réglementations de l'UE, la Turquie intègre progressivement les politiques relatives à la qualité de l'air dans sa législation nationale. Le Projet « Assistance technique pour la transposition de la Directive sur les grandes installations de combustion pour une meilleure qualité de l'air » a permis de déterminer l'état de conformité du pays et son besoin en termes de grandes installations de combustion dans le cadre de la directive sur les émissions industrielles (IED). Ce projet a débouché sur l'élaboration d'un inventaire des grandes installations de combustion en Turquie, une base de données numérique à des fins de rapport et une Analyse d'impact réglementaire (AIR).

Le Projet « Soutien à la mise en œuvre de la Directive sur la prévention et la réduction intégrées de la pollution (IPPC) en Turquie » a été conduit par le Ministère turc de l'environnement et de l'urbanisation (MoEU) de 2011 à 2014. Afin de déterminer l'état de conformité des installations en Turquie avec l'IED, des projets sectoriels (grandes installations de combustion, automobile, ciment, fer et acier, verre, et papier) ont été menés. Selon les informations communiquées par la Turquie aux fins d'élaboration du présent rapport, un examen du secteur de la gestion des déchets est en cours.

Le « Projet de détermination de la stratégie d'émissions industrielles de la Turquie conformément à la Directive sur la prévention et la réduction intégrées de la pollution » (Projet DIES) », a été lancé en 2020. Ce projet vise à accroître les capacités techniques et institutionnelles des autorités compétentes pour la mise en œuvre effective de l'approche IPPC en Turquie, conformément à la directive européenne sur les émissions industrielles.

²⁵ <http://www.infoprod.co.il/country/tunis2i.htm>.

²⁶ Voir note de bas de page 11.

8.2 Évaluation des réductions des émissions de SO_x et de PM conformément à des mesures terrestres

L'évaluation des abattements d'émissions, fondée sur des inventaires nationaux, utilise deux sources de données principales : la base de données sur les émissions pour la recherche atmosphérique mondiale (EDGAR)²⁷ (Crippa et al. 2020), et les données de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE)²⁸. L'AEE a consolidé des émissions nationales totales et sectorielles de polluants atmosphériques selon la méthode d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques de l'Union européenne aux fins de soumission à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD). Les polluants pertinents dans le cadre de cette analyse comprennent à la fois les SO_x et les PM_{2,5}. Les inventaires CPATLD de l'AEE représentent les estimations les plus récentes et précises disponibles pour les activités d'émissions des États membres de l'Union européenne. Les ensembles de données EDGAR et de l'AEE délimitent les inventaires de sorte qu'il est possible d'évaluer les émissions des sources fixes et mobiles.

Les données EDGAR sont à plusieurs titres utiles pour comparer les émissions dans la région de la mer Méditerranée. Premièrement, la source de données est cohérente, ce qui signifie que des méthodologies similaires sont appliquées à toutes les régions, réduisant ainsi le risque de biais ou d'inexactitudes lors de la comparaison des estimations d'émissions générées à l'aide de méthodes différentes. Deuxièmement, les données EDGAR couvrent une large séquence temporelle – elles s'étalent de 1975 à 2015. Bien que cette série de données ne couvre pas les années les plus récentes, elle permet l'analyse et la discussion des tendances à long terme des émissions. Troisièmement, l'ensemble de données est contrôlé et certifié : développé par le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne, et examiné par des pairs (Crippa et al. 2020) sur de nombreuses années, ce qui conduit à un niveau élevé de confiance quant à leur qualité. Les estimations d'émissions d'EDGAR sont calculées à l'aide d'une approche basée sur les facteurs d'émission, où les émissions propres à chaque secteur au niveau des pays sont estimées par espèce en fonction d'inventaires quadrillés géo-spatialement de l'activité humaine. Les données EDGAR sont utilisées pour décrire les tendances temporelles des émissions lorsque des inventaires nationaux ne sont pas disponibles. Lorsque les données d'inventaire du CPATLD de l'AEE sont disponibles, ces estimations des émissions sont présentées à l'aide de graphiques à lignes continues. Pour les États riverains de la mer Méditerranée, lorsque les données CPATLD de l'AEE ne sont pas disponibles, les estimations d'émissions d'EDGAR sont présentées à l'aide de graphiques en pointillés.

Les politiques de réduction des émissions terrestres et leurs réductions d'émissions connexes sont ensuite mises dans le contexte des changements de la qualité de l'air, à l'aide de données géospatiales au niveau des stations disponibles dans la base de données de 2018 sur la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)²⁹. Les données au niveau des stations de 2016, la plus récente année complète de données disponibles, sont représentées sur le plan géospatial, pays par pays, afin d'illustrer les domaines de conformité aux lignes directrices de l'OMS sur les PM_{2,5} ($\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et aux normes de l'UE ($\leq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les données des séries chronologiques pour les pays de l'Union européenne sont également évaluées en fonction des normes de l'UE et des lignes directrices de l'OMS.

²⁷ https://data.europa.eu/doi/10.2904/JRC_DATASET_EDGAR.

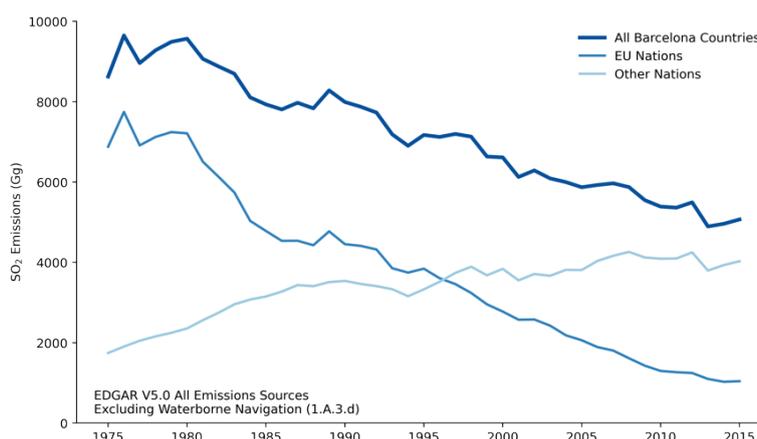
²⁸ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-3>.

²⁹ <https://www.who.int/airpollution/data/en/>.

8.3 Une évaluation des réductions des émissions de SO_x et de PM conformément à des mesures terrestres

Le Critère 3.1.7 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL (MEPC.176(58)) exige une description des mesures de contrôle prises par les parties qui présentent la proposition pour remédier aux émissions de NO_x, SO_x et de particules fines d'origine tellurique affectant les populations humaines. La présente section expose les résultats de l'analyse des tendances des émissions au niveau national, afin de décrire les efforts terrestres entrepris pour l'abattement des SO_x et des PM. Les tendances discutées dans le cadre de la présente section focalisent sur les émissions propres au transport terrestre³⁰ ainsi que sur les émissions de toutes les sources terrestres, à l'exclusion de la navigation maritime³¹ ou de l'aviation³².

Les données EDGAR indiquent que, dans l'ensemble, les émissions de SO_x provenant de toutes les sources, à l'exclusion des transports d'origine hydrique³³, diminuent au sein des États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone. Partant d'un pic de 9 567 Gg en 1980, les émissions de SO_x ont chuté à 5 068 Gg en 2015, soit une réduction globale de 47 % par rapport à leur pic. Toutefois, les réductions d'émissions ne sont pas uniformes dans la région, la tendance à la baisse étant due à des réductions plus importantes dans les États membres de l'Union européenne. Les émissions globales de SO_x provenant d'autres États riverains de la mer Méditerranée sont stables ou légèrement en augmentation depuis l'an 2000.

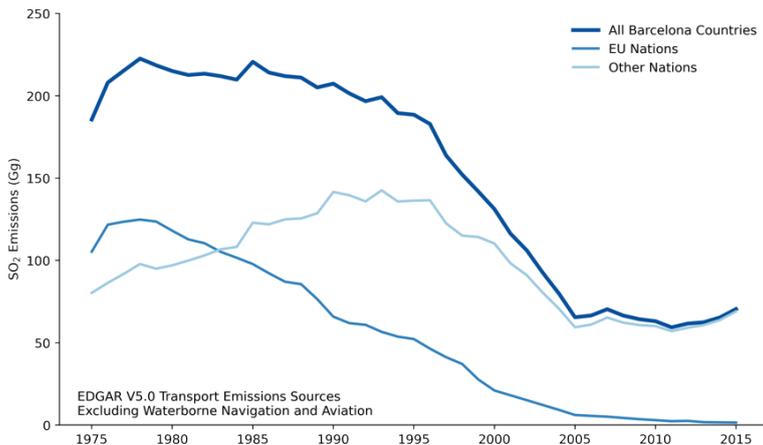


Graphique 8.3-1 : Totalité des sources d'émissions de SO_x parmi les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone

En examinant plus en détail le secteur des transports, à l'exclusion du transport maritime et de l'aviation, les données EDGAR montrent que les émissions globales de SO₂ liées au transport ont chuté ces dernières années dans les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone. Les émissions globales de SO₂ ont chuté de 222 Gg en 1978 à 70 Gg en 2015, soit une réduction globale de plus de 68 %.

³⁰ Secteurs 1.A.3.b, 1.A.3.c et 1.A.3.e. du GIEC.

³¹ Code du secteur des émissions du GIEC 1.A.3.d.³² Code du secteur des émissions du GIEC 1.A.3.a.³³ Code du secteur des émissions du GIEC 1.A.3.d.

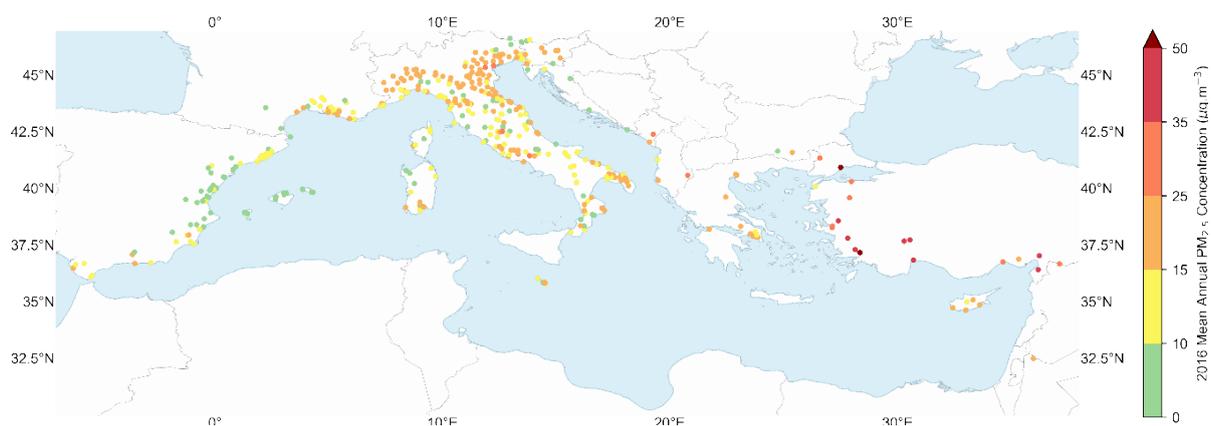


Graphique 8.3-2 : Émissions de SO₂ liées au transport au sein des États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone (à l'exclusion de la navigation et de l'aviation)

Les **Graphiques** 8.3-1 et 8.3-2 montrent une importante réduction globale des émissions de SO₂ parmi les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone, tant concernant les sources fixes que dans le secteur des transports. Ces résultats montrent que, au niveau régional, les États riverains de la mer Méditerranéens qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone prennent des mesures terrestres pour contrôler les sources telluriques des émissions de SO₂ et de PM_{2,5}. Les sections suivantes donnent un bref aperçu des tendances en termes d'émissions propres à chaque pays.

Comme le montre le **Graphique** 8.3-2, les émissions provenant du secteur des transports ont chuté dans toute la région, à la fois chez les États membres de l'Union européenne que dans les autres États riverains de la mer Méditerranée. Les émissions des États membres de l'Union européenne ont donc chuté à des niveaux très bas ces dernières années, et les émissions des autres États riverains de la mer Méditerranée ont diminué jusqu'en 2005 et n'ont pas augmenté depuis.

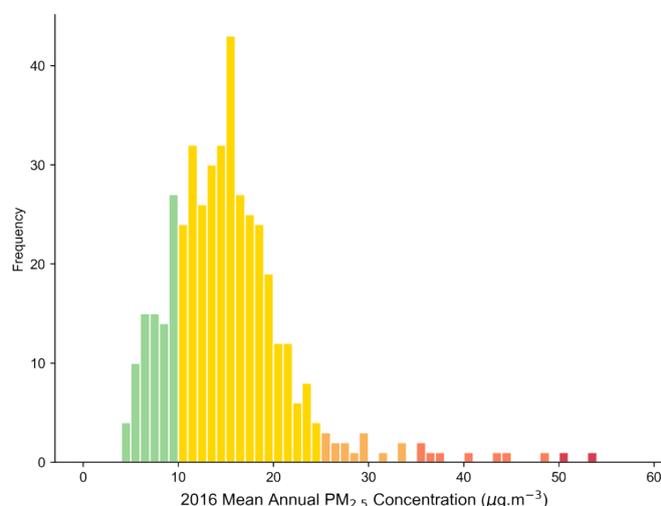
8.3.1 Observations régionales sur la qualité de l'air ambiant



Graphique 8.3-3 : Qualité moyenne annuelle de l'air (PM_{2,5} µg/m³) observée aux stations d'observation côtières (à moins de 100 km du littoral)

Le **Graphique 8.3-3** indique la qualité moyenne annuelle de l'air ambiant ($PM_{2,5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$) observée aux stations situées à moins de 100 km du littoral de la mer Méditerranée, à partir de la base de données de l'OMS sur la pollution de l'air ambiant par les concentrations de particules fines ($PM_{2,5}$)³⁴. Les sections suivantes présentent des observations, au niveau national, conformément aux données de l'OMS, lorsqu'elles sont disponibles, et ne se limitent pas seulement aux stations, se trouvant à moins de 100 km du littoral. Les données de l'OMS constituent l'ensemble d'observations le plus complet pour les États riverains de la mer Méditerranée, 2016 étant l'année de données la plus récente. Toutes les cartes présentées dans cette section se fondent sur la base de données de l'OMS sur la qualité de l'air ambiant. Tel que cela a préalablement été exposé, la qualité de l'air dans la région varie considérablement : de nombreuses stations côtières présentant des concentrations de $PM_{2,5}$ dépassants la valeur recommandée par l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les données des séries temporelles au niveau des pays présentées dans la présente section découlent des données collectées au niveau des stations fournies par l'Agence européenne pour l'environnement³⁵.

Le **Graphique 8.3-4** montre un histogramme des relevés de station concernant les concentrations annuelles de $PM_{2,5}$. La plupart des stations côtières d'observation indiquent des mesures ambiantes qui ne satisfont pas à la valeur seuil de l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et seulement 19,9 % des stations atteignent ce seuil. La valeur limite de l'UE est fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce que 94,4 % des stations ne respectent pas. Notamment, la répartition géographique des stations n'est pas uniforme, avec une concentration élevée de stations de surveillance chez les États riverains du nord et de l'ouest de la Méditerranée, et un nombre comparativement plus faible dans les États riverains du sud et de l'est de la Méditerranée. À ce titre, il est préférable de mesurer ces niveaux de qualité de l'air en tenant compte des différences d'échantillonnage entre les États riverains de la mer Méditerranée.



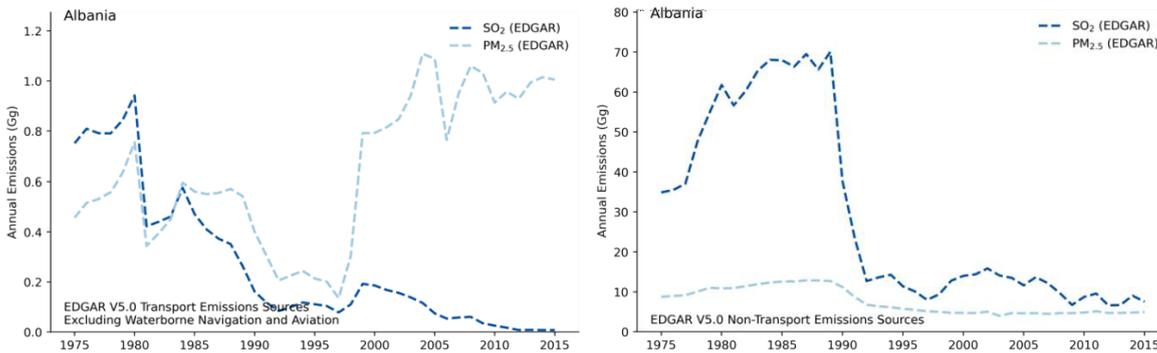
Graphique 8.3-4 : Histogramme de la qualité de l'air annuelle moyenne de l'OMS ($PM_{2,5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$) observée aux stations d'observation côtières (à moins de 100 km du littoral)

8.3.2 Albanie

Les émissions de SO_2 liées aux transports en Albanie ont atteint un sommet en 1980 à 0,94 Gg et sont par la suite descendues à des niveaux très bas (0,008 Gg en 2015). La tendance à la réduction des émissions de SO_2 est constante depuis 1999 et démontre un niveau élevé de contrôle des émissions de SO_2 provenant des sources de transport. En 2015, les émissions totales avaient diminué de plus de 99 % par rapport à leur pic de 1980.

³⁴ [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/concentrations-of-fine-particulate-matter-\(pm2-5\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/concentrations-of-fine-particulate-matter-(pm2-5)).

³⁵ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/aqereporting-8>.

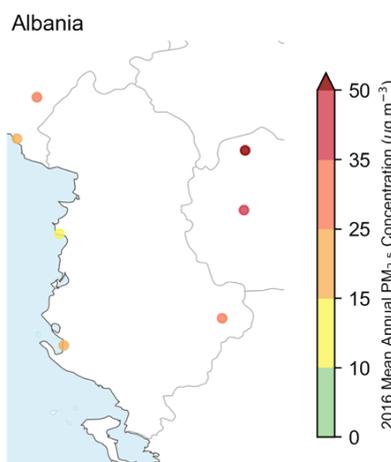


Graphique 8.3-5 : Émissions de SO₂ et de PM_{2.5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Albanie

En Albanie, les émissions de PM_{2.5} liées aux transports n’ont pas suivi la même trajectoire que les émissions de PM_{2.5}. Après 1997, les émissions de PM_{2.5} ont fortement augmenté, même si elles sont restées stables depuis le milieu des années 2000.

Toutes les sources d’émissions ont fortement chuté en Albanie après 1990 et sont restées stables depuis. Cette réduction des SO₂ s’est accompagnée d’une baisse similaire des PM_{2.5} non liées aux transports, qui sont également restées stables en Albanie depuis l’an 2000 environ (**Graphique 8.3-5**).

Les concentrations annuelles moyennes de PM_{2.5} de 2016 (**Graphique 8.3-6**) montrent que toutes les stations respectent la valeur limite de PM_{2.5} de l’UE (<25 µg/m³), bien que les trois stations dépassent la valeur guide de l’OMS en matière de PM_{2.5} (<10 µg/m³).

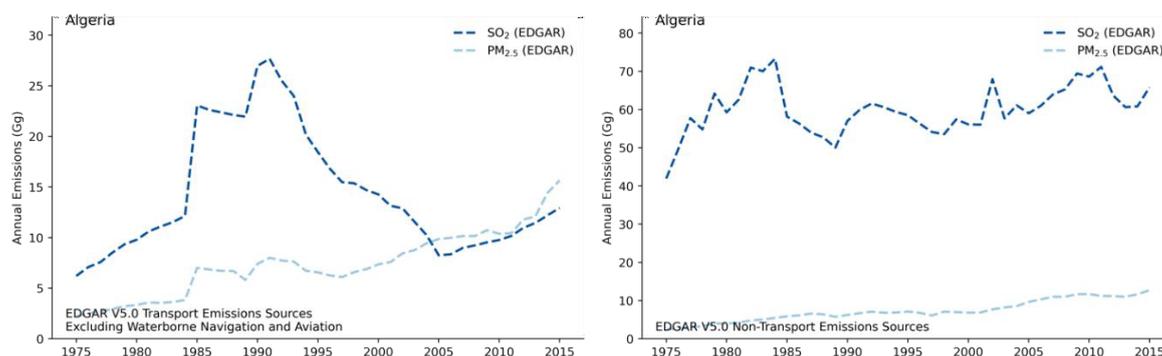


Graphique 8.3-6 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} en Albanie (2016)

8.3.3 Algérie

En Algérie, les émissions de SO₂ liées aux transports ont atteint leur sommet en 1991 avec 27,70 Gg. Elles sont par la suite descendues à 8,26 Gg – soit une réduction de 70 % sur cette période. La tendance des émissions de SO₂ est à la hausse depuis 2005 : on les relève à 12,93 Gg en 2015, ce qui équivaut à une réduction de 53,3 % par rapport au pic de 1991. Les PM_{2.5} liées aux transports ont également augmenté en Algérie depuis 1975.

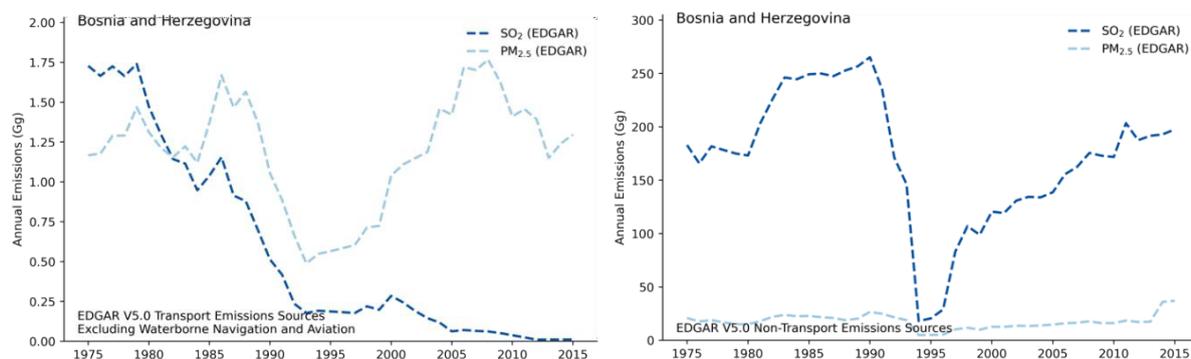
Toutes les émissions de SO₂ à la source ont par la suite diminué de 2012 à 2015, bien que la tendance générale des émissions de SO₂ et de PM_{2.5} en Algérie soit à la hausse (**Graphique 8.3-7**).



Graphique 8.3-7 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Algérie

8.3.4 Bosnie-Herzégovine

Les émissions de SO_2 liées aux transports en Bosnie-Herzégovine ont atteint leur pic en 1979 à 1,74 Gg et ont par la suite baissé à des niveaux très bas (0,01 Gg en 2015). La tendance à la réduction des émissions SO_2 est constante depuis 1999 et démontre un niveau élevé de contrôle des émissions de SO_2 provenant des sources de transport. En 2015, les émissions totales avaient diminué de plus de 99 % par rapport à leur pic de 1979. Les émissions de $PM_{2,5}$ liées aux transports ont diminué depuis 2010, bien qu'elles aient légèrement augmenté depuis 1975.



Graphique 8.3-8 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Bosnie-Herzégovine

Les émissions globales de $PM_{2,5}$ ont été faibles en Bosnie-Herzégovine depuis 1975, mais globalement, les émissions de SO_2 augmentent régulièrement depuis 1994 (**Graphique 8.3-8**).

Les concentrations annuelles moyennes de $PM_{2,5}$ depuis 2016 (**Graphique 8.3-9**) montrent qu'une station sur 5 en Bosnie-Herzégovine respecte la valeur limite de $PM_{2,5}$ de l'UE ($<25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais que les concentrations de toutes les stations dépassent la valeur guide de l'OMS en matière de $PM_{2,5}$ ($<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

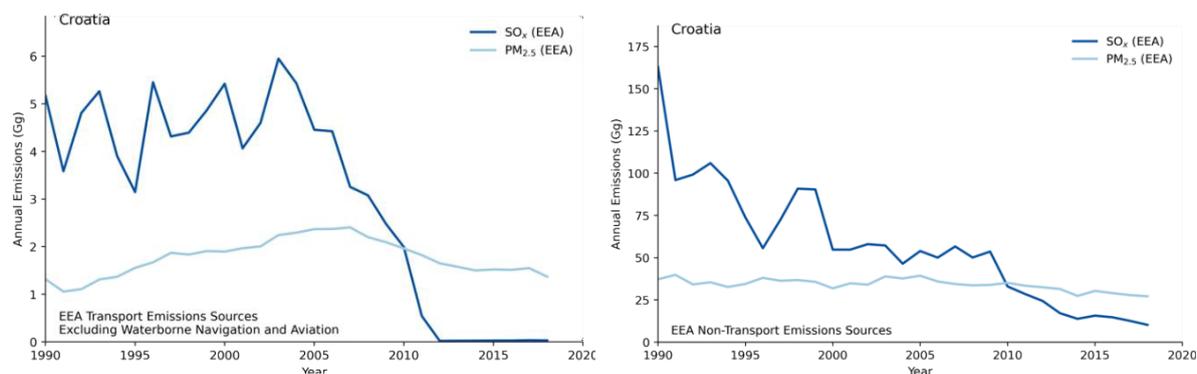


Graphique 8.3-9 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Bosnie Herzégovine (2016)

8.3.5 Croatie

Les émissions de SO_x liées aux transports ont atteint leur pic (au cours de cette série chronologique) en 2003 à 5,95 Gg et ont par la suite baissé à des niveaux très bas (0,03 Gg en 2018). La tendance des réductions de SO_x est constante depuis 2003 et démontre un niveau élevé de contrôle des émissions de SO_x provenant des sources de transport.

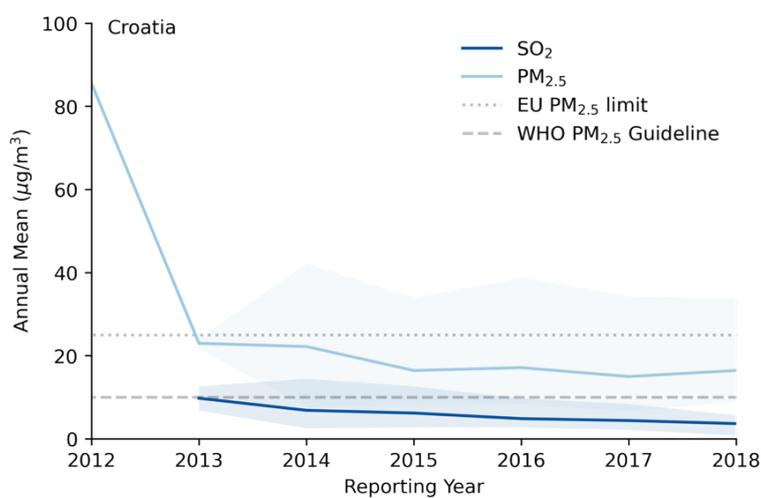
Les émissions de PM_{2,5} hors transports sont stables en Croatie depuis 1990 et les émissions de SO_x hors transport ont diminué d’environ 90 % par rapport aux niveaux de 1990. Les émissions de SO_x hors transports sont passées de 162,83 Gg en 1990 à 10,25 Gg en 2018 (**Graphique 8.3-10**).



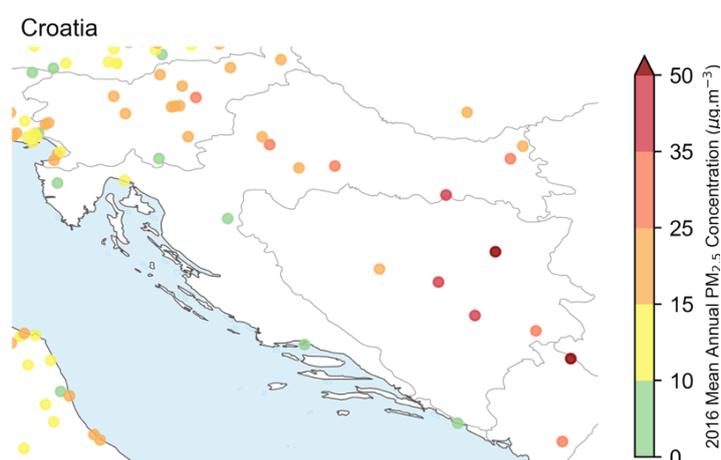
Graphique 8.3-10 : Émissions de SO_x et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Croatie

Les concentrations moyennes de PM_{2,5} dans l’air ambiant en Croatie (**Graphique 8.3-11**) sont conformes aux normes de qualité de l’air ambiant de l’UE depuis 2013, bien que l’intervalle de confiance de 95 % ait une limite supérieure à 25 µg/m³ depuis 2014, et que les concentrations moyennes à l’échelle du pays aient été supérieures aux recommandations de l’OMS depuis le début de collecte de la série de données (AEE 2020a).

Les mesures au niveau des stations, indiquées dans le **Graphique 8.3-12**, montrent que 4 stations sur 12 en Croatie sont conformes aux directives de l’OMS relatives aux PM_{2,5} et que 8 stations sur 12 sont conformes aux réglementations européennes de PM_{2,5}.



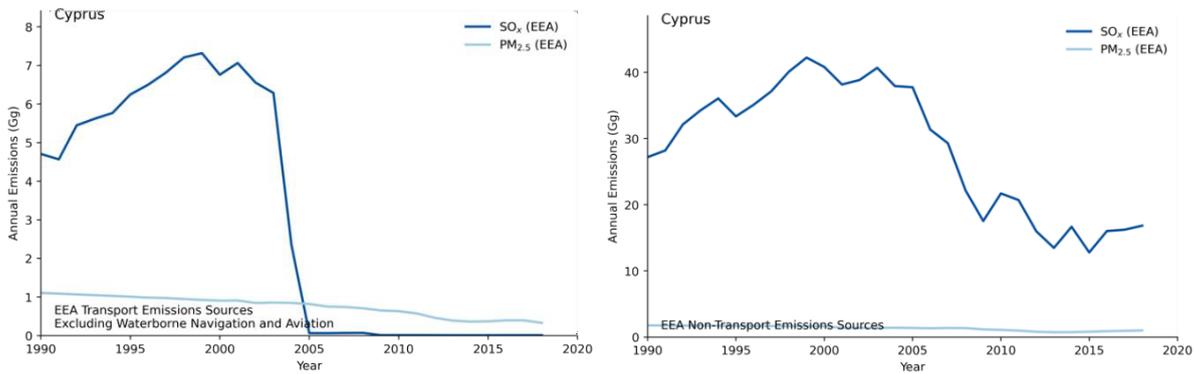
Graphique 8.3-9 : Concentrations annuelles moyennes de SO₂ et de PM_{2.5} en Croatie (les zones ombrées montrent une IC à 95 %)



Graphique 8.3-10 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} en Croatie (2016)

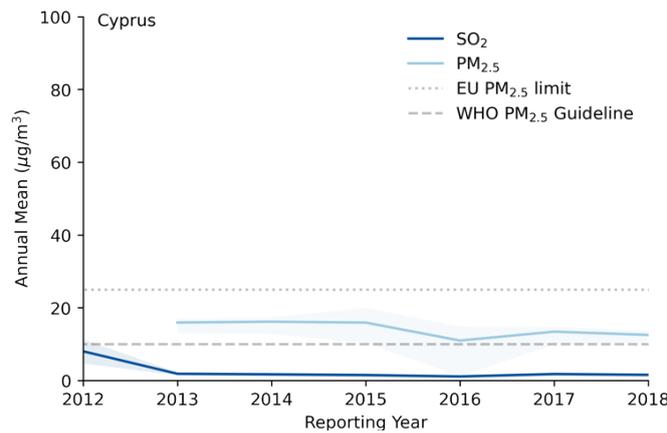
8.3.6 Chypre

Les émissions de SO_x liées aux transports en Chypre ont atteint leur pic en 1999 à 7,32 Gg et ont par la suite baissé à des niveaux faibles (0,01 Gg en 2018). La tendance des réductions des émissions de SO_x a connu une forte baisse à partir de l'an 2001. Ces résultats démontrent un contrôle des émissions de SO_x provenant des sources de transport.



Graphique 8.3-11 : Émissions de SO_x et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) à Chypre

Les émissions de SO_x hors transports ont également atteint un pic en 1999 à 42,23 Gg, puis ont diminué à 16,83 Gg en 2018 (Graphique 8.3-13).



Graphique 8.3-12 : Concentrations moyennes annuelles de SO₂ et de PM_{2,5} à Chypre (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)

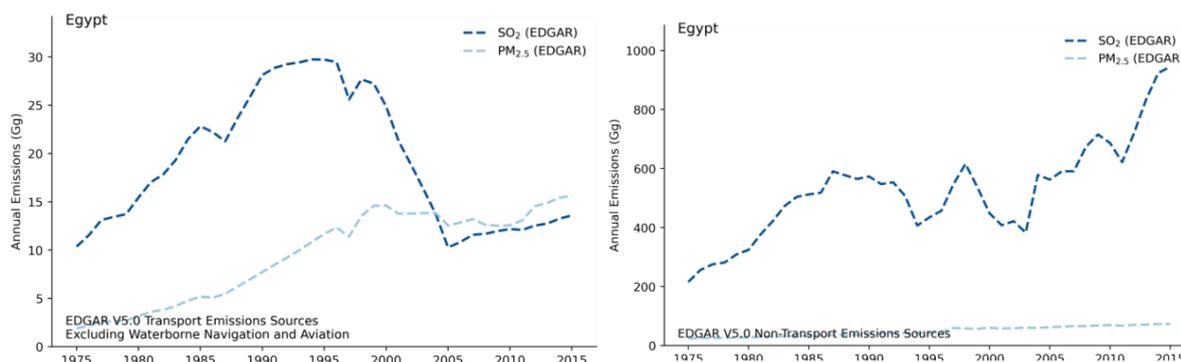
Comme le montre le **Graphique 8.3-14**, les concentrations moyennes au niveau national de SO₂ et de PM_{2,5} à Chypre sont conformes aux normes de qualité de l’air ambiant de l’UE, mais elles ne sont pas conformes aux lignes directrices de l’OMS. Les mesures au niveau des stations (**Graphique 8.3-15**), à l’appui des données annuelles, démontrent que Chypre ne disposait d’aucune station ayant des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} inférieures à 10 µg/m³ en 2016.



Graphique 8.3-13 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} à Chypre (2016)

8.3.7 Égypte

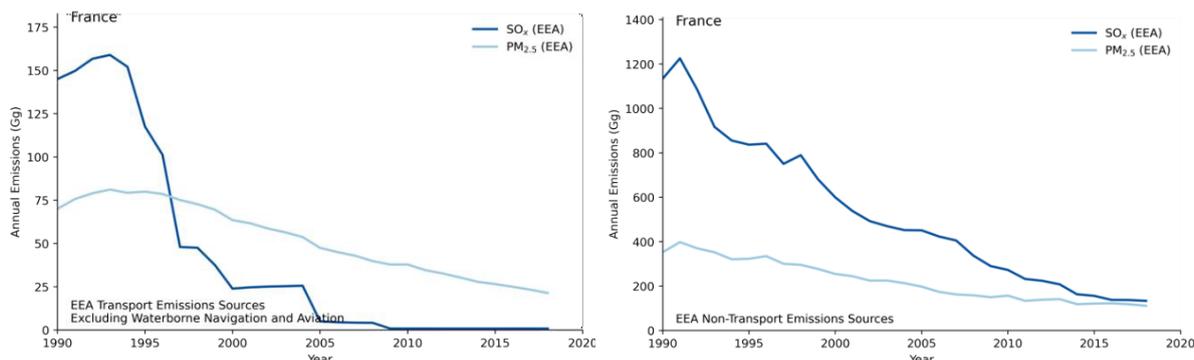
En Égypte, les émissions de SO₂ liées aux transports ont atteint un pic à 29,73 Gg en 1991, suivi d'une baisse à 10,28 Gg en 2005, soit une réduction de 65,4 % sur cette période. La tendance des émissions de SO₂ est à la hausse depuis 2005 – 13,59 Gg en 2015 - ce qui équivaut à une réduction de 54 % par rapport au pic de 1991. La tendance des émissions hors transports de SO₂ et de PM_{2,5} est à la hausse depuis 2004 en Égypte (**Graphique 8.3-16**).



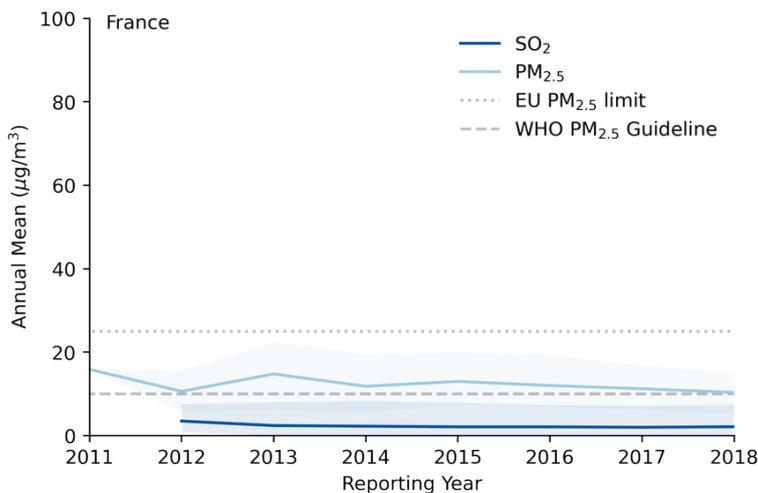
Graphique 8.3-14 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Égypte

8.3.8 France

En France, les émissions de SO_x liées aux transports ont atteint un pic de 158,94 Gg en 1993 et ont par la suite chuté à 0,84 Gg en 2018. La tendance à la réduction des émissions de SO_x est constamment à la baisse depuis 1993. Ces résultats démontrent un contrôle des émissions de SO_x provenant des sources de transport. En 2015, les émissions totales avaient diminué de plus de 80 % par rapport à 1991. Les émissions de SO_x provenant de sources non liées aux transports sont passées de 1 225,28 Gg en 1991 à 133,36 Gg en 2018 (**Graphique 8.3-17**).

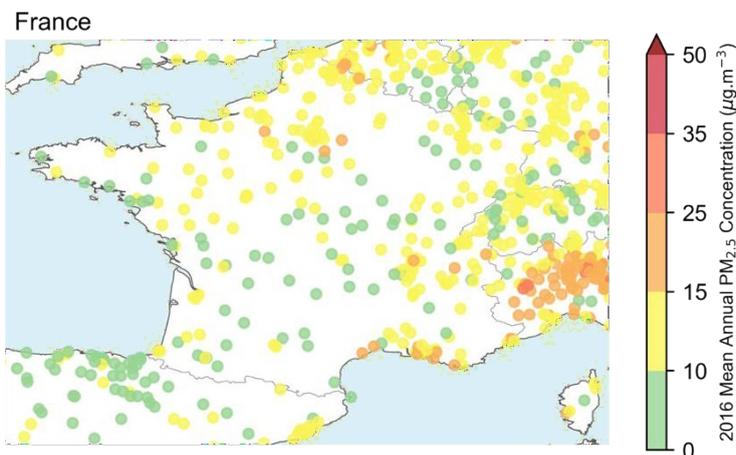


Graphique 8.3-15 : Émissions de SO_x et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en France



Graphique 8.3-16 : Concentrations moyennes annuelles de SO₂ et de PM_{2,5} en France (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)

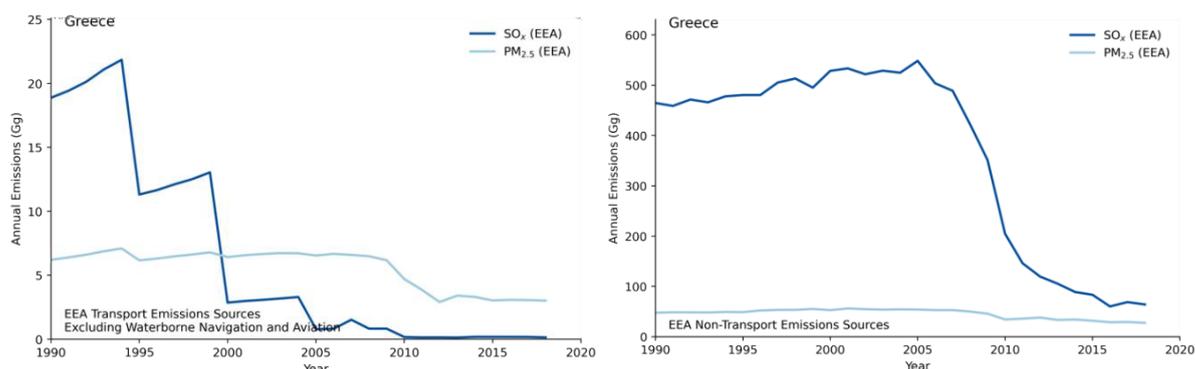
Comme le montre le **Graphique 8.3-18**, les concentrations moyennes nationales de SO₂ et de PM_{2,5} sont conformes aux normes de qualité de l'air ambiant de l'UE (AEE 2020a), mais ne sont pas conformes aux lignes directrices de l'OMS sur les PM_{2,5}. Les données au niveau des stations montrent qu'en 2016, toutes les stations en France répondaient aux normes de l'UE sur les PM_{2,5} mais que seulement 65 stations sur 282 (23 %) étaient conformes aux lignes directrices de l'OMS sur les PM_{2,5} préconisant une limite de 10 µg/m³. Notamment, les stations situées le long de la côte sud de la France ont présenté certaines des concentrations de PM_{2,5} les plus élevées du pays (**Graphique 8.3-19**).



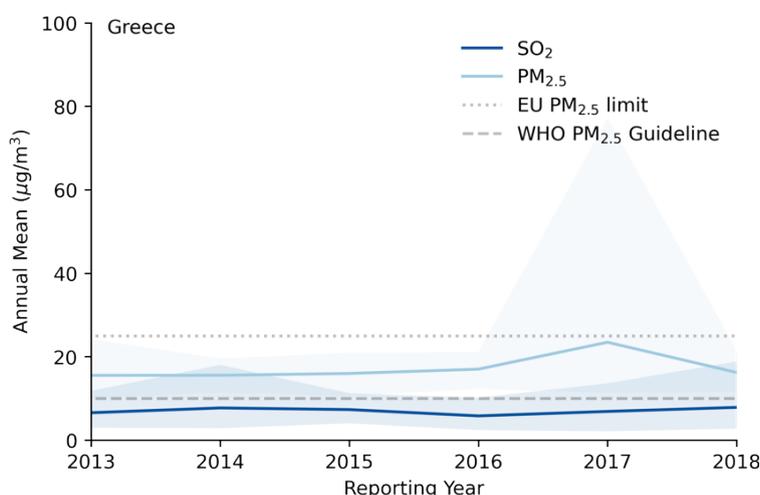
Graphique 8.3-17 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en France (2016)

8.3.9 Grèce

Les émissions de SO_x liées aux transports en Grèce ont atteint un pic en 1994 à 21,85 Gg et ont par la suite baissé à des niveaux faibles (0,14 Gg en 2018). Ces résultats démontrent un niveau élevé de contrôle des émissions de SO_x provenant des sources de transport. Les sources non liées aux transports ont progressivement augmenté jusqu'à leur pic à 548,41 Gg en 2005, après quoi les émissions ont rapidement chuté à 64,12 Gg en 2018 (**Graphique 8.3-20**).

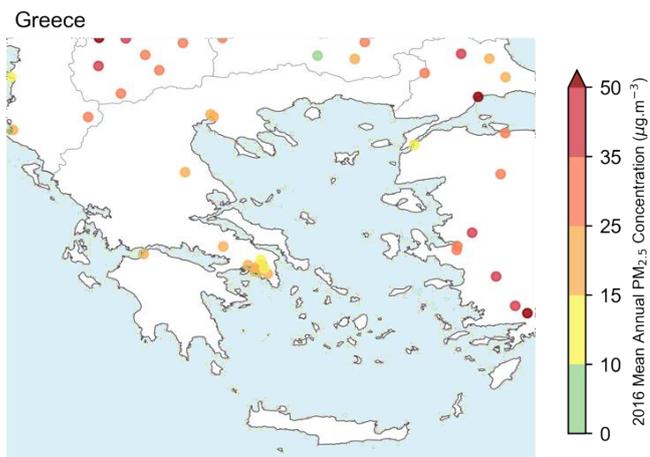


Graphique 8.3-18 : Émissions de SO_x et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Grèce



Graphique 8.3-19 : Concentrations moyennes annuelles de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Grèce (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)

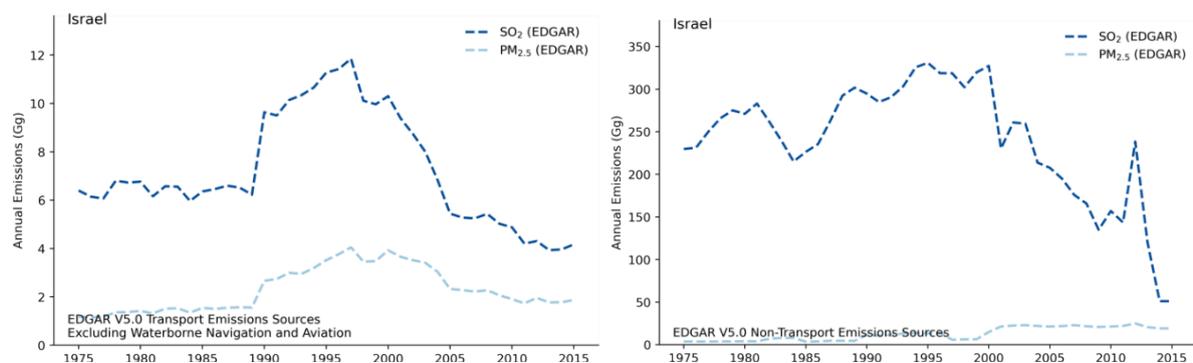
Comme le montre le **Graphique** 8.3-21, les concentrations moyennes au niveau national de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Grèce répondent aux normes de qualité de l'air ambiant de l'UE, bien que l'IC à 95 % pour 2017 ne respecte pas la norme de l'UE de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $PM_{2,5}$, et les concentrations de $PM_{2,5}$ ne répondent pas aux lignes directrices de l'OMS (AEE 2020a). Les données au niveau des stations (**Graphique** 8.3-22) montrent que toutes les stations en Grèce en 2016 répondaient aux normes de $PM_{2,5}$ de l'UE, mais qu'aucune station n'était conforme aux lignes directrices de l'OMS en la matière préconisant une limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Graphique 8.3-20 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ en Grèce (2016)

8.3.10 Israël

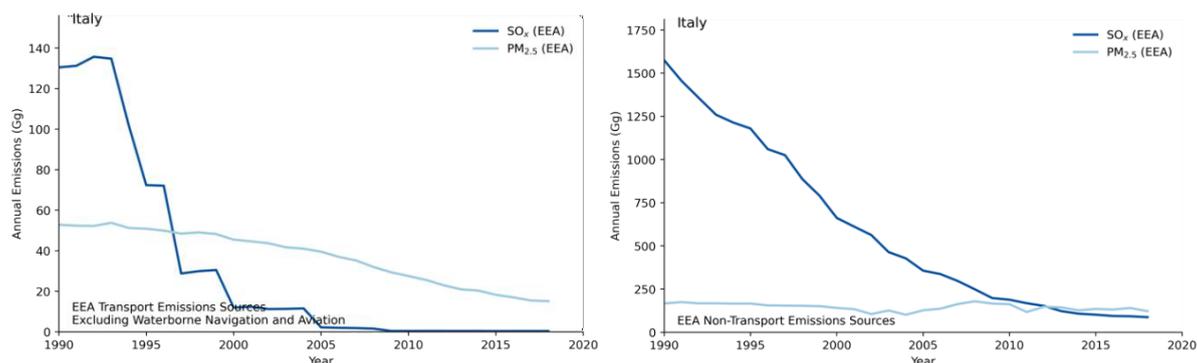
Avant 1990, les émissions de SO_2 en Israël étaient stables. De 1989 à 1997, ces émissions ont augmenté de 90 % pour atteindre 11,84 Gg. Depuis 1997, Israël a connu une baisse annuelle considérable et constante des émissions de SO_2 , qui ont chuté à 4,17 Gg en 2015, soit une baisse de 64,8 % depuis le pic de 1997. Les émissions de $PM_{2,5}$ et de SO_2 provenant de sources de transport ont toutes deux diminué en 2000 en Israël, et les émissions de SO_2 hors transports ont globalement diminué de plus de 80 % depuis 2000 (**Graphique 8.3-23**).



Graphique 8.3-21 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Israël

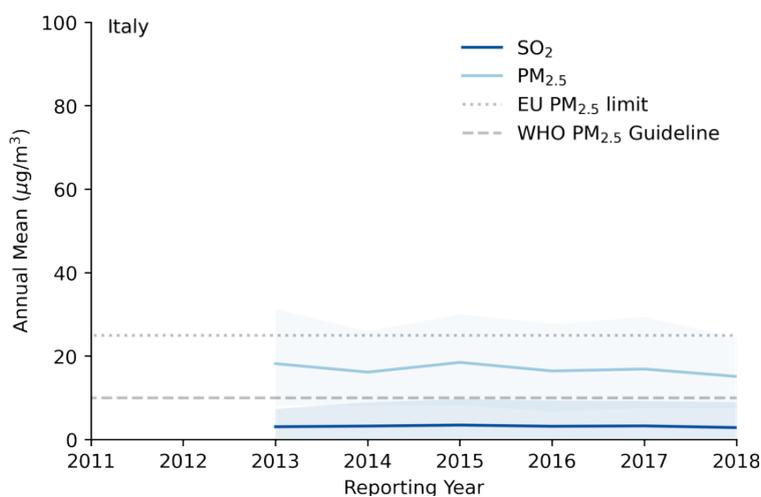
8.3.11 Italie

En Italie, les émissions de SO_x liées au transport ont atteint un pic à 135,71 Gg en 1992 et ont par la suite chuté à des niveaux très bas (0,41 Gg en 2018). La tendance annuelle de réduction des émissions de SO_x est constamment à la baisse depuis 1992. Ces résultats démontrent un niveau élevé de contrôle des émissions de SO_x provenant des sources de transport. En 2015, les émissions totales avaient diminué de plus de 99 % par rapport à 1979. Les émissions de SO_x provenant de sources non liées aux transports ont diminué de façon significative, passant de 1 574,99 Gg en 1990 à 87,60 Gg en 2018 (**Graphique 8.3-24**).

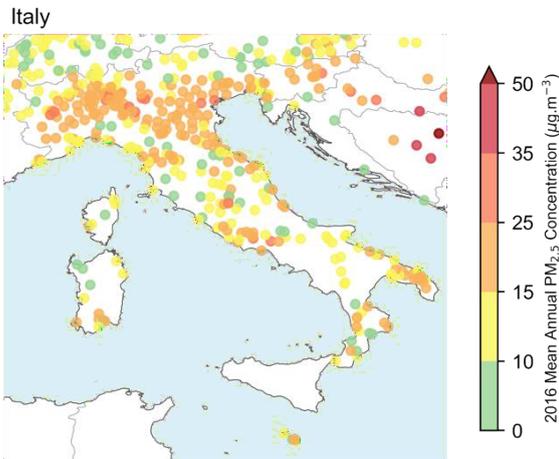


Graphique 8.3-22 : Émissions de SO_x et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Italie

Comme le montre le **Graphique 8.3-25**, les concentrations moyennes au niveau national de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Italie répondent aux normes de qualité de l'air ambiant de l'UE (AEE 2020a), bien que les moyennes annuelles au niveau national ne respectent pas les lignes directrices de l'OMS sur les $PM_{2,5}$. Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-26**) montrent qu'en 2016, 320 stations sur 334 (95,8 %) répondaient aux normes de l'UE en matière de $PM_{2,5}$, mais que seulement 36 stations sur 334 (10,85%) respectaient la valeur seuil de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ préconisée par l'OMS.



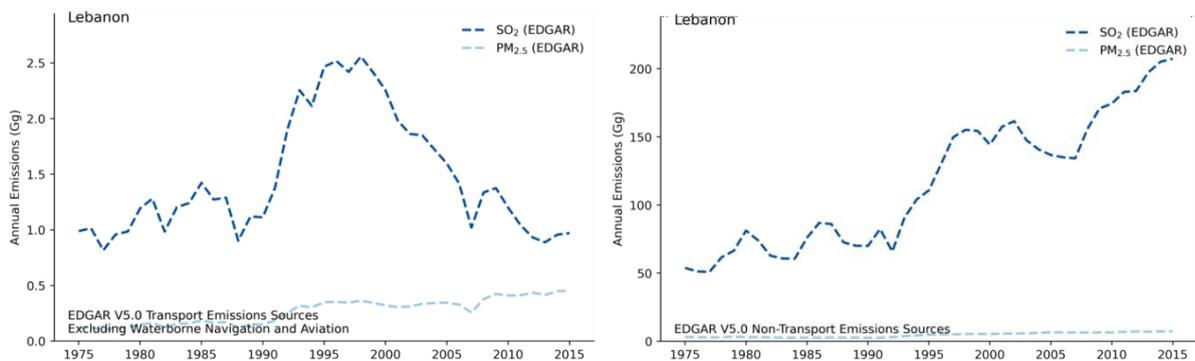
Graphique 8.3-23 : Concentrations moyennes annuelles de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Italie (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)



Graphique 8.3-24 : Relevé annuel de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Italie(2016)

8.3.12 Liban

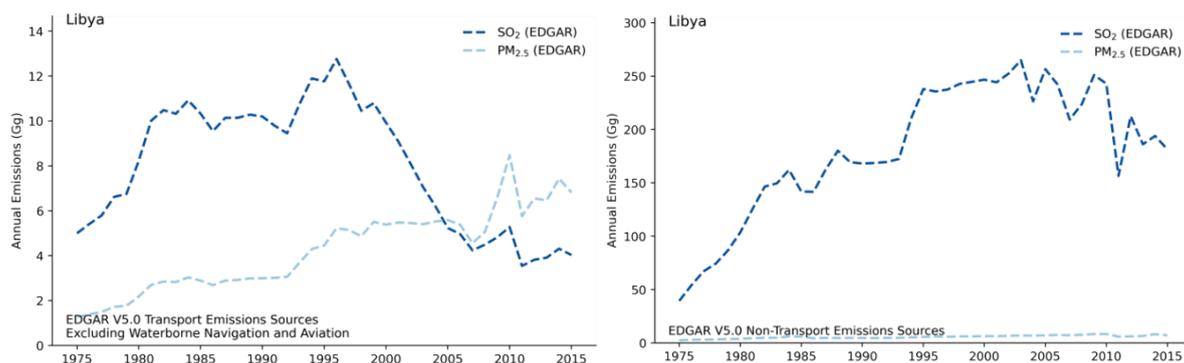
De 1988 à 1998, les émissions de SO₂ provenant des sources de transport ont augmenté de 184 %, passant de 0,90 Gg à 2,56 Gg. Depuis 1998, les émissions annuelles de SO₂ au Liban ont pour la plupart diminué, passant à 0,97 Gg en 2015, soit à peu près les mêmes niveaux que ceux des années 1990. Alors que les émissions de SO₂ dans les transports ont diminué, les émissions hors transports ont augmenté depuis 1975 (**Graphique 8.3-27**).



Graphique 8.3-25 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Liban

8.3.13 Libye

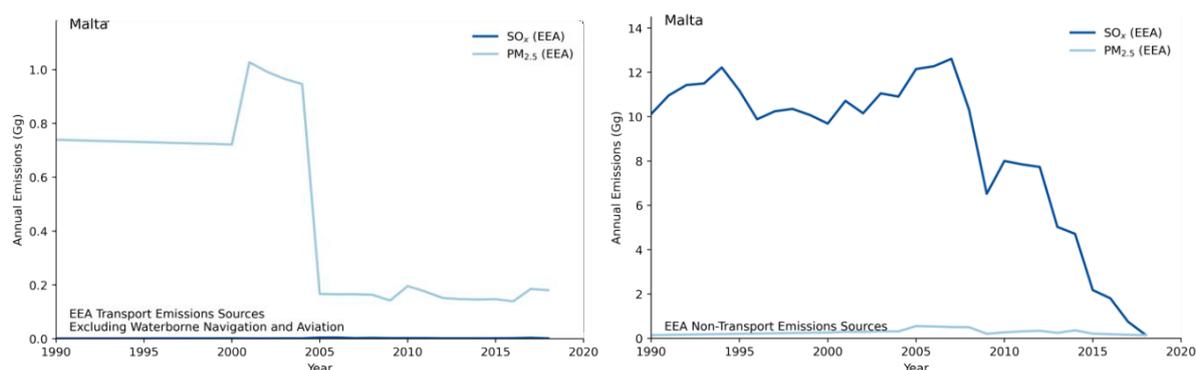
Les émissions de SO₂ liées aux transports en Libye ont connu une forte baisse depuis leur pic à 12,76 Gg en 1996. En 2015, ces émissions étaient tombées à 4,03 Gg, soit une baisse de 68 %. Les émissions de PM_{2,5} liées aux transports ont diminué depuis 2010, et les SO₂ et PM_{2,5} hors transports ont tous deux connu une baisse depuis le milieu des années 2000 (**Graphique 8.3-27**).



Graphique 8.3-26 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Libye

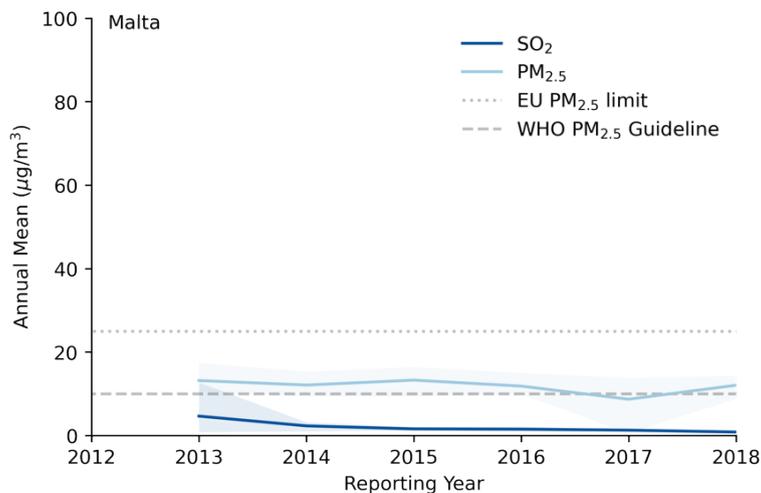
8.3.14 Malte

Les émissions de SO_x liées aux transports à Malte ont été de 0,005 Gg par an depuis 2005. Les émissions de SO_x hors transports ont chuté de 12,61 Gg en 2007 jusqu'à 0,15 Gg en 2018 (**Graphique 8.3-30**).



Graphique 8.3-27 : Émissions de SO_x et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) à Malte

Comme le montre le **Graphique 8.3-30**, les concentrations moyennes au niveau national de SO_2 et de $PM_{2,5}$ à Malte répondent aux normes de qualité de l'air ambiant de l'UE (AEE 2020a), mais, sauf pour 2017, dépassent les lignes directrices de l'OMS en la matière. Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-31**) montrent qu'en 2016, les 5 stations de Malte répondaient aux normes de l'UE en matière de $PM_{2,5}$ mais que seulement une seule se conformait aux lignes de directrices de l'OMS préconisant une valeur seuil de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Graphique 8.3-28 : Concentrations moyennes annuelles de SO_2 et de $PM_{2,5}$ à Malte (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)



Graphique 8.3-29 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ à Malte (2016)

8.3.15 Monaco

Aucune donnée n’était disponible auprès d’EDGAR ou de l’AEE concernant les estimations d’émissions de Monaco. Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-32**) montrent que l’unique station de surveillance signalée par l’OMS répondait aux normes de l’UE mais pas aux lignes directrices de l’OMS recommandant une valeur seuil de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les concentrations annuelles moyennes de $PM_{2,5}$.

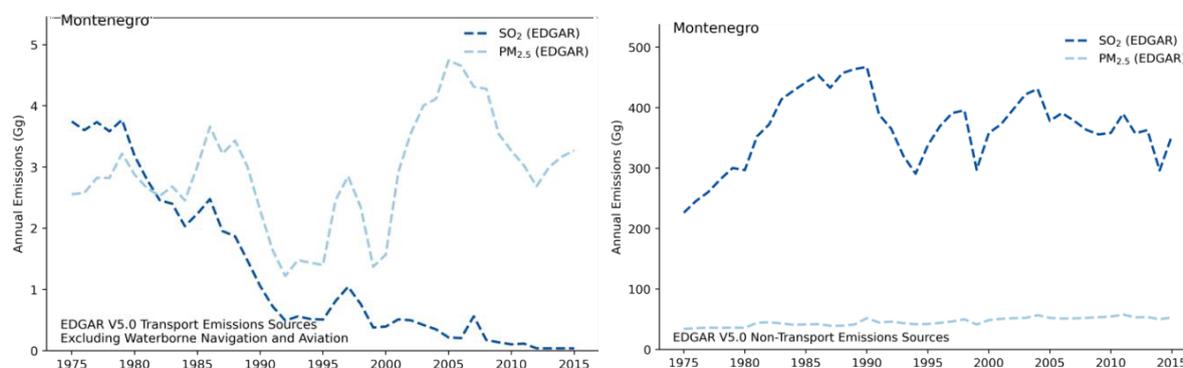
Monaco



Graphique 8.3-30 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ à Monaco (2016)

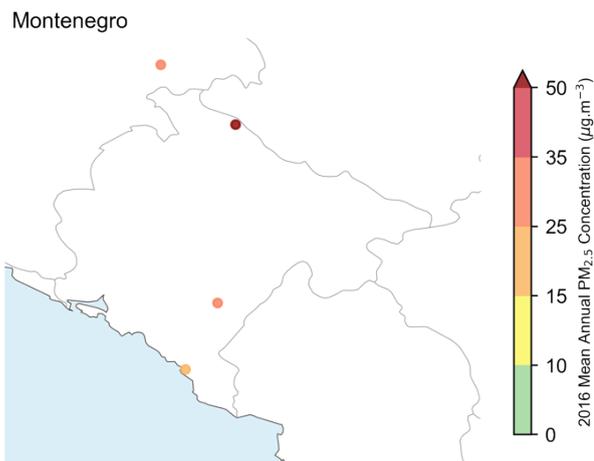
8.3.16 Monténégro

Les émissions de SO_2 liées aux transports au Monténégro ont atteint un pic en 1979 à 3,77 Gg et ont par la suite baissé à des niveaux très bas (0,039 Gg en 2015). La tendance annuelle globale des réductions des émissions de SO_2 dans les transports est à la baisse depuis 1978, à quelques exceptions près au début des années 1990 et en 2007. Ces résultats démontrent un niveau élevé de contrôle des émissions SO_2 provenant des sources de transport. En tout, dans le secteur des transports, les émissions en 2015 avaient diminué de 99 % par rapport à 1979. Les émissions de SO_2 hors transports ont diminué au Monténégro depuis 1991 (**Graphique 8.3-34**).



Graphique 8.3-31 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Monténégro

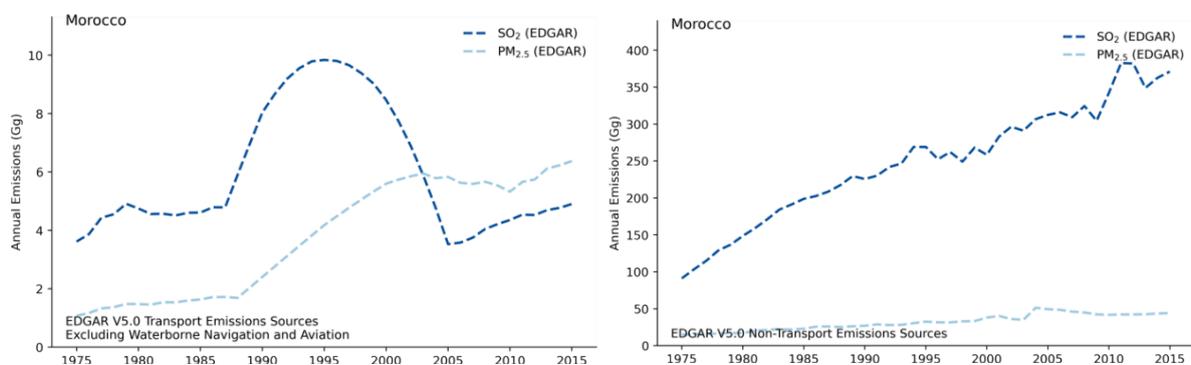
Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-34**) montrent qu’en 2016, 1 des 3 stations déclarantes du Monténégro répondait aux normes de l’UE en matière de $PM_{2,5}$ de $25 \mu g/m^3$.



Graphique 8.3-32 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ au Monténégro (2016)

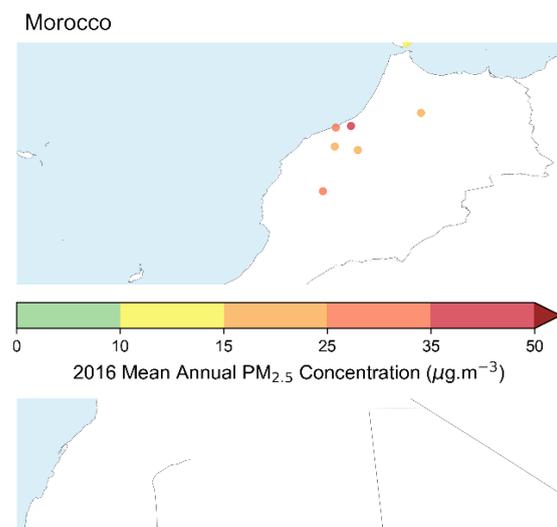
8.3.17 Maroc

Avant 1988, les émissions du secteur des transports au Maroc étaient stables. De 1989 à 1995, les émissions de SO_2 ont augmenté de 105 % pour atteindre 9,84 Gg. Depuis 1995, le Maroc a connu une forte baisse des émissions de SO_2 , chutant à 3,53 Gg en 2005, avant d’atteindre 4,9 Gg en 2015. Les $PM_{2,5}$ hors transports diminué au Maroc depuis 2004, bien que les émissions de SO_2 hors transports augmentent régulièrement au Maroc depuis 1975 (**Graphique 8.3-35**).



Graphique 8.3-33 : Émissions de SO_2 et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) au Maroc

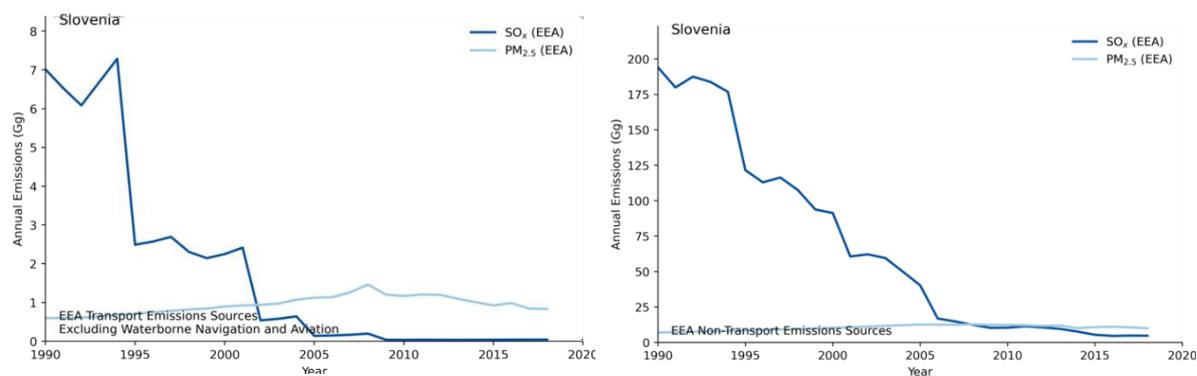
Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-36**) montrent qu’en 2016, aucune station au Maroc n’était conforme aux lignes directrices de l’OMS en matière de $PM_{2,5}$ et que 3 stations sur 6 répondaient à la norme de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



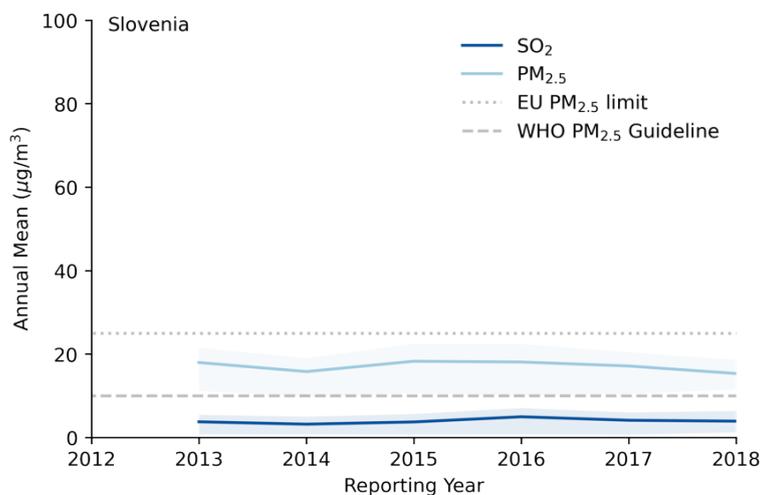
Graphique 8.3-34 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} au Maroc (2016)

8.3.18 Slovénie

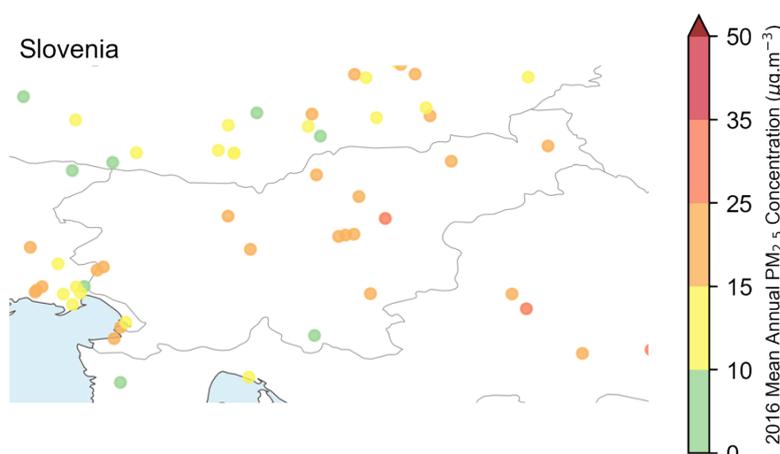
Les émissions de SO_x dans le secteur des transports ont diminué, passant de 7,29 Gg en 1994 à 0,04 Gg en 2018. Les émissions de PM_{2,5} dans le secteur des transports et hors transports ont chuté depuis 2009, avec d'importantes réductions globales de SO_x. Le SO_x hors transports sont passées de 194,04 Gg en 1990 à 4,74 Gg en 2018 (Graphique 8.3-37).



Graphique 8.3-35 : Émissions de SO_x et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Slovénie



Graphique 8.3-36 : Concentrations moyennes annuelles de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Slovénie (les zones ombrées montrent un IC à 95 %)

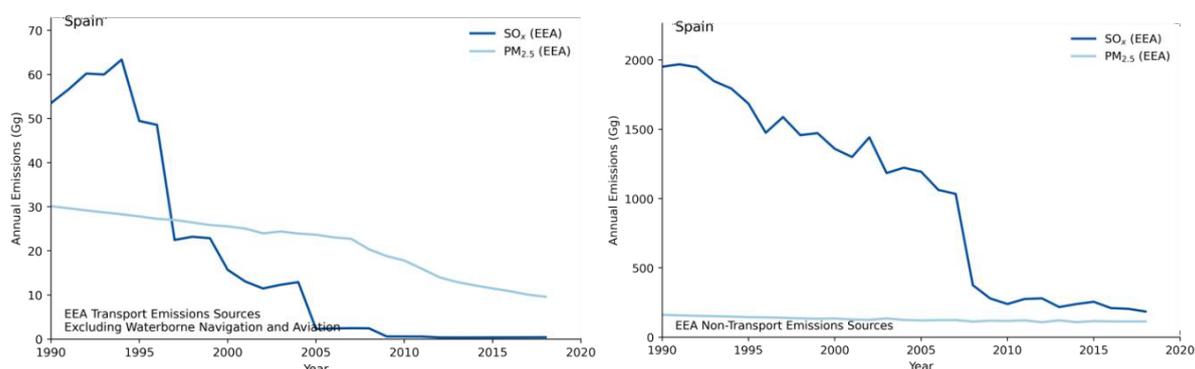


Graphique 8.3-37 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ en Slovénie (2016)

Comme le montre le **Graphique 8.3-38**, les concentrations moyennes de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Slovénie répondent aux normes de qualité de l’air ambiant de l’UE (AEE 2020a), mais dépassent les recommandations de l’OMS en matière de $PM_{2,5}$ ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-39**) montrent qu’en 2016 seulement 1 des 14 stations en Slovénie répondait aux lignes directrices de l’OMS en matière de $PM_{2,5}$ alors que 13 stations sur 14 répondaient aux normes de l’UE ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

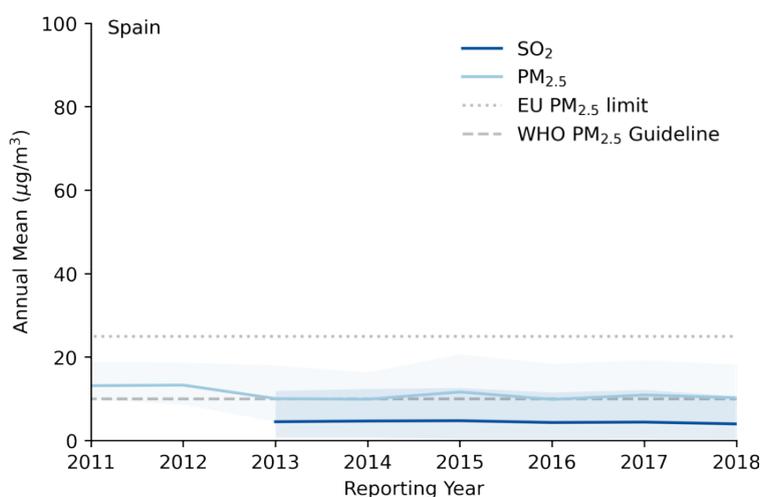
8.3.19 Espagne

Les émissions de SO_x dans le secteur des transports ont diminué en Espagne depuis leur pic à 63,36 Ggen 1994 pour chuter à 0,43 Gg en 2018. Les émissions de SO_x non liées aux transports ont considérablement diminué depuis le début des années 1990 (**Graphique 8.3-40**).

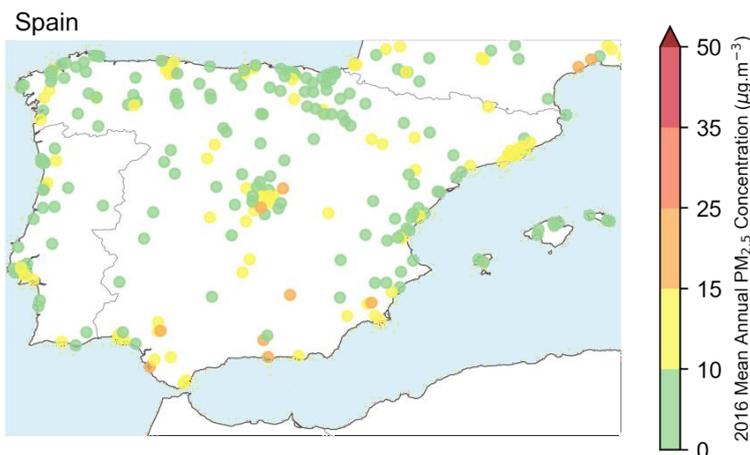


Graphique 8.3-38 : Émissions de SO_x et de $PM_{2,5}$ dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Espagne

Comme le montre le **Graphique 8.3-41**, les concentrations moyennes au niveau national de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Espagne répondent aux normes de qualité de l'air ambiant de l'UE (AEE 2020a) et sont légèrement supérieures aux lignes directrices de l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), avec une concentration annuelle moyenne de $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018. Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-42**) montrent qu'en 2016, 163 stations sur 252 (64,7 %) répondaient aux lignes directrices de l'OMS et que toutes les stations respectaient la valeur seuil de l'UE en matière de $PM_{2,5}$.



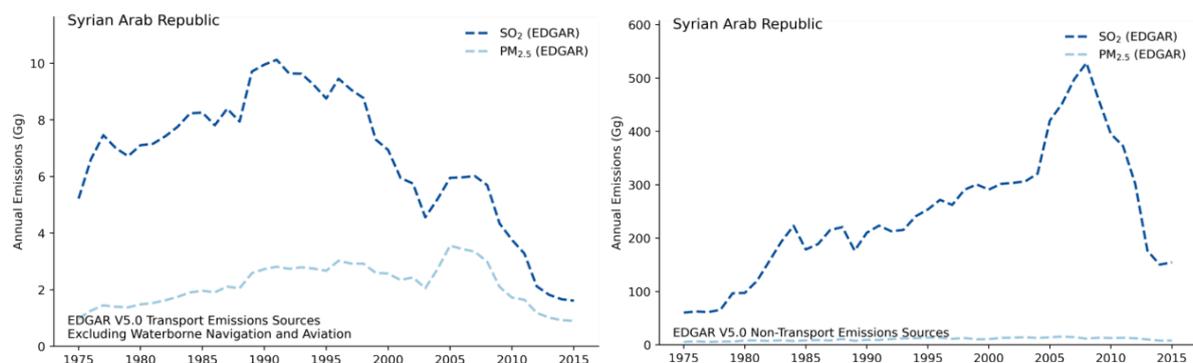
Graphique 8.3-39 : Concentrations moyennes annuelles de SO_2 et de $PM_{2,5}$ en Espagne (les zones ombrées montrent une IC à 95 %)



Graphique 8.3-40 : Relevé de l’OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Espagne (2016)

8.3.20 République arabe syrienne

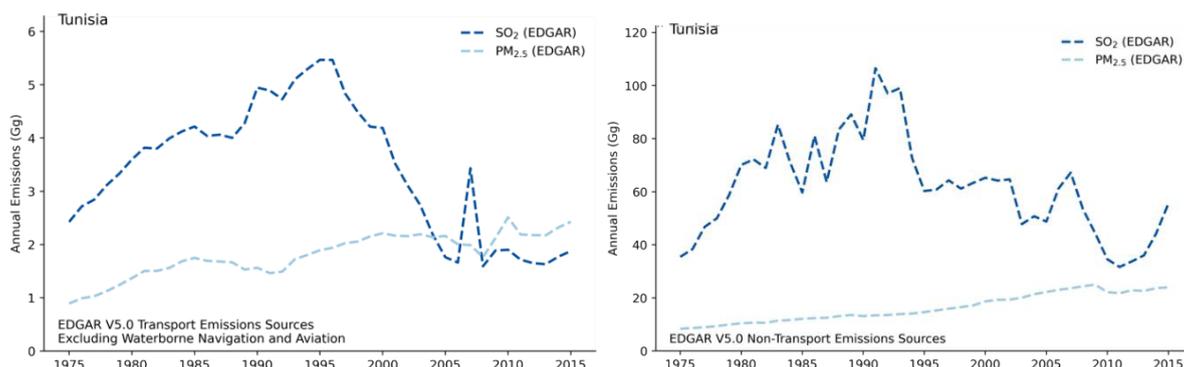
Les émissions dans le secteur des transports ont diminué de 84 % en République arabe syrienne depuis leur pic en 1991 (10,12 Gg). Les émissions de SO₂ du secteur des transports s’élevaient à 1,61 Gg en 2015. Les émissions de SO₂ et de PM_{2,5} liées aux transports et non liées aux transports ont considérablement diminué en République arabe syrienne depuis 2008 environ (**Graphique 8.3-43**).



Graphique 8.3-41 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans le secteur des transports (à gauche) et hors transports (à droite) en République arabe syrienne

8.3.21 Tunisie

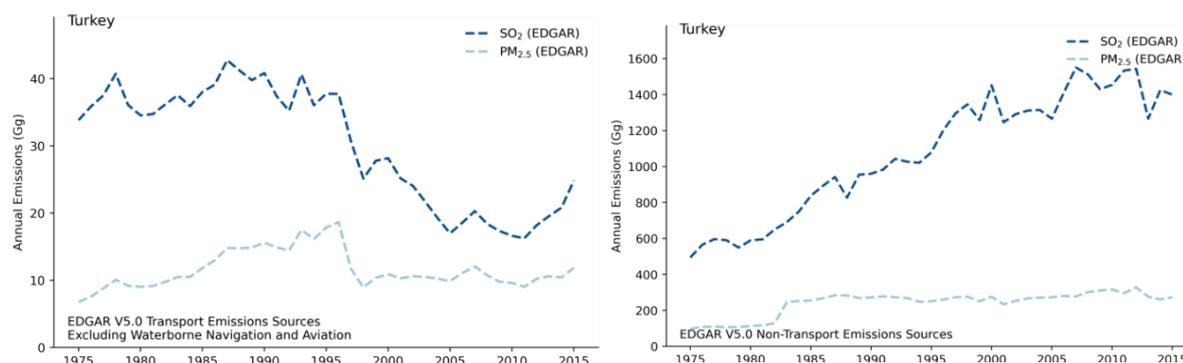
Les émissions dans le secteur des transports ont atteint un pic de 5,47 Gg en 1995 et ont depuis diminué de 65,6 % pour atteindre 1,88 Gg en 2015. Les émissions de SO₂ liées aux transports et hors transports ont considérablement diminué en Tunisie depuis leurs pics respectifs, bien que les émissions de PM_{2,5} aient continué à augmenter dans les deux cas (**Graphique 8.3-44**).



Graphique 8.3-42 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Tunisie

8.3.22 Turquie

Les émissions de SO₂ ont globalement diminué en Turquie depuis 1986, bien qu'elles aient légèrement augmenté de 2011 à 2015. Les émissions de SO₂ non liées aux transports ont stagné ou légèrement diminué depuis la fin des années 2000. De même, les émissions de PM_{2,5} liées aux transports et hors transports sont stables depuis la fin des années 1990 (**Graphique 8.3-45**).



Graphique 8.3-43 : Émissions de SO₂ et de PM_{2,5} dans les transports (à gauche) et hors transports (à droite) en Turquie



Graphique 8.3-44 : Relevé de l'OMS des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} en Turquie(2016)

Les données au niveau des stations (**Graphique 8.3-46**) montrent que seulement 1 des 87 stations signalées par l'OMS en Turquie répondait à ses lignes directrices en matière de PM_{2,5} et que 29 des 87(33 %) respectaient la valeur seuil de l'UE (25 µg/m³).

8.4 Résumé du contrôle des sources terrestres

Tous les États riverains de la mer Méditerranée ont adopté des mesures sous une forme ou une autre pour contrôler les émissions provenant de sources terrestres. L'étendue et la mise en œuvre de ces mesures varient d'une région à l'autre, les normes de l'Union européenne représentant les normes les plus strictes en matière de qualité de l'air ambiant et de réduction des émissions. Au total, les émissions provenant des transports et de sources non liées aux transports dans les États riverains de la mer Méditerranéens ont presque diminué de moitié (baisse > 46 %) depuis 1975.

Les politiques de qualité de l'air adoptées par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone ont permis de réduire les émissions et d'améliorer la qualité de l'air dans de nombreux endroits de la zone de la mer Méditerranée. Toutefois, les stations de surveillance côtière situées à proximité des principaux ports et des voies importantes de trafic maritime continuent de dépasser les normes de l'OMS, 80 % des stations de surveillance de la qualité de l'air de la région situées à moins de 100 km du littoral ne respectant pas la valeur limite 10 µg/m³ de l'OMS les PM_{2,5}.

9 Coûts relatifs à la réduction des émissions provenant des navires

La présente section expose les données venant étayer le respect du critère 3.1.8 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL, dont le libellé est le suivant :

Critère 3.1.8	Les coûts relatifs des mesures visant à réduire les émissions provenant des navires par rapport à ceux des mesures de contrôle à terre et les conséquences que ces mesures auraient, sur le plan économique, pour les navires qui effectuent des voyages internationaux.
---------------	--

9.1 Aperçu des coûts estimés en 2020

Le présent document a estimé les coûts de mise en conformité dans le cadre du scénario de l'ECA SO_x Med proposée en s'appuyant sur les meilleures données disponibles et sur des hypothèses prudentes concernant les prix du carburant et des EGCS, tel que cela sera exposé dans les développements qui vont suivre. Les résultats de l'analyse des coûts effectuée dans le cadre de la présente proposition démontrent qu'un changement de type de fuel-oil découlant de la désignation de l'ECA SO_x Med, impliquerait – par rapport à un simple respect des normes MARPOL - un coût supplémentaire, tous lesans, de 1,761 milliards de dollars US. L'utilisation d'EGCS représenterait un coût de 1,157 milliards de dollars supplémentaires par an. Ces valeurs dépendent fortement de l'écart de prix présumé entre unfuel-oil dont la teneur en soufre est limitée à 0,50 % m/m et un autre à 0,10 % m/m. Les écarts de prix sont décrits à la **Section 9.2**.

9.2 Coûts du carburant

La présente section expose, dans un contexte international, l'historique disponible des prix du carburant dans la zone de la mer Méditerranée. Elle porte sur les prix des HFO avec une teneur en soufre allant jusqu'à 3,50 % m/m, des LSFO avec une teneur en soufre maximale de 0,50 % m/m et conformément aux normes OMI 2020-MARPOL VI, ainsi que des fuel-oils dont la teneur en soufre maximale est de 0,10 % m/m, conformément aux normes MARPOL VI - ECA, dénommés VLSFO ou MGO. Les coûts de production et de transport sont intégrés dans les prix de vente utilisés dans ces analyses. Les prix des fuel-oils reflètent ici les prix des MGO déclarés, cet acronyme couvrant donc les fuel-oils conformes aux normes ECA SO_x Med, bien que les prix des MGO et VLSFO soient étroitement alignés. Enfin, sont également inclus dans le cadre de la présente analyse des données relatives aux écarts de prix ainsi qu'une comparaison avec les prix mondiaux du baril de pétrole.

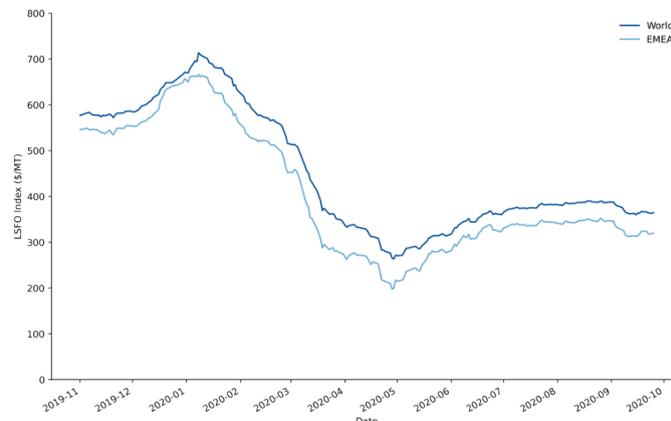
Le présent rapport utilise la terminologie employée par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans le cadre de ses statistiques, qui comprend les étiquettes des carburants des raffineries, par exemple gaz / diesel. Le terme gaz / diesel est utilisé dans ce rapport principalement car la disponibilité du carburant dépend nécessairement, pour ne pas essentiellement, de l'offre et de la demande de raffinage, y compris de la demande non maritime de gaz / diesel. Le gaz / diesel comprend tous les carburants marins distillés (DM) et les carburants non marins distillés du **Tableau 1.3-1**. Dans un souci de clarté, les statistiques élaborées par l'AIE pour le gaz et le diesel ne comprennent pas le gaz naturel ou les produits du gaz naturel, qui sont présentés dans des séries de données distinctes.

9.2.1 Fioul lourd à faible teneur en soufre (0,50 % S m/m)

Les historiques de prix décrits ci-dessous comprennent à la fois les moyennes de la zone Europe, Moyen-Orient et Afrique (EMEA) ainsi que celle mondiale. Les prix se fondent sur les indices fournis par Bunker Index³⁶.

³⁶ <https://bunkerindex.com>.

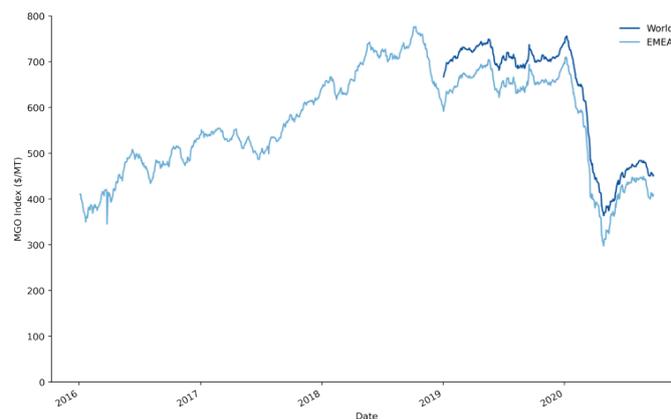
Le **Graphique 9.2-1** présente la série chronologique des prix du LSFO pour la moyenne de la zone EMEA ainsi que la moyenne mondiale. Les deux séries de données se suivent de près, avec des prix mondiaux, en moyenne, 46 \$/TM supérieurs aux prix de la zone EMEA. Bien que les séries chronologiques soient courtes, en raison de la disponibilité relativement récente sur le marché du LSFO, son prix dans la zone EMEA a beaucoup varié, oscillant de 197 \$/TM à 666 \$/TM. Depuis novembre 2011, le prix moyen du LSFO dans la zone EMEA est de 344 \$/TM.



Graphique 9.2-1 : Indices des prix mondiaux et de la zone EMEA

9.2.2 Marine Gas Oil (0,10 % S m/m)

Le **Graphique 9.2-2** présente l'évolution chronologique des prix de MGO pour la moyenne de la zone EMEA ainsi que la moyenne mondiale. À l'instar du LSFO, les prix moyens mondiaux de MGO sont généralement supérieurs à ceux de la zone EMEA. La différence entre le prix moyen mondial de MGO et celui de la zone EMEA est de 50 \$/TM, ce qui s'aligne étroitement avec la différence entre le prix mondial et celui de la zone EMEA concernant le LSFO. Les prix du MGO sont volatiles depuis 2016, oscillant entre 297 \$/TM et 777 \$/TM, avec un prix moyen de 443 \$/TM, et une fourchette de 2,6 entre les valeurs les plus basses et les plus élevées.



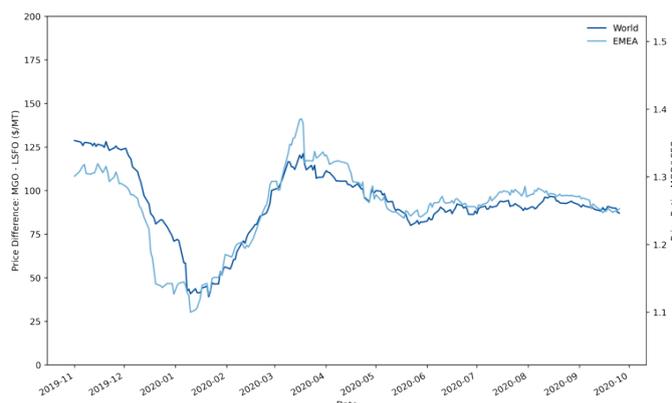
Graphique 9.2-2 : Indices des prix mondiaux et de la zone EMEA

Avant l'entrée en vigueur des normes de l'OMI relatives à une limite de la teneur en soufre dans les fuel-oils de 0,50 m/m, les prix du HFO étaient tout aussi volatiles. De 2008 à décembre 2019, les prix du HFO ont oscillé entre 152 \$/TM et 742 \$/TM, soit une fourchette de 4,9 entre les prix les plus bas et les plus élevés.

9.2.3 Écarts de prix

Bien que les coûts totaux soient utiles pour comprendre l'impact total des prix, les écarts de prix des carburants sont essentiels pour évaluer les coûts supplémentaires liés à l'ECA SO_x Med par rapport aux carburants avec une teneur en soufre maximale de 0,50 % m/m, c'est-à-dire le delta du prix entre 0,50

% S m/m et 0,10 % S m/m. Comme l'indique le **Graphique 9.2-3**, les données relatives aux prix du LSFO sont disponibles depuis novembre 2019. Les écarts de prix entre la zone EMEA et le reste du monde sont étroitement alignés depuis janvier 2020.



Graphique 9.2-3 : Différence de prix entre le MGO et le LSFO pour la zone EMEA et le reste du monde

L'écart de prix entre le MGO et le LSFO est stationnaire depuis juin 2020 : environ 95 \$/TM de plus pour la zone EMEA. Sur la période de disponibilité des données (novembre 2019 à octobre 2020), la différence moyenne est également de 95 \$/TM, ce qui correspond à la période de stabilisation des prix post-juin 2020.

Le rapport entre le prix du MGO et du LSFO, dans la zone EMEA a varié de 1,05 à 1,51, avec une valeur médiane de 1,29, c'est-à-dire que l'augmentation des prix entre le LSFO et le MGO se situe entre 5 % et 51 %, avec une valeur centrale de 29 %.

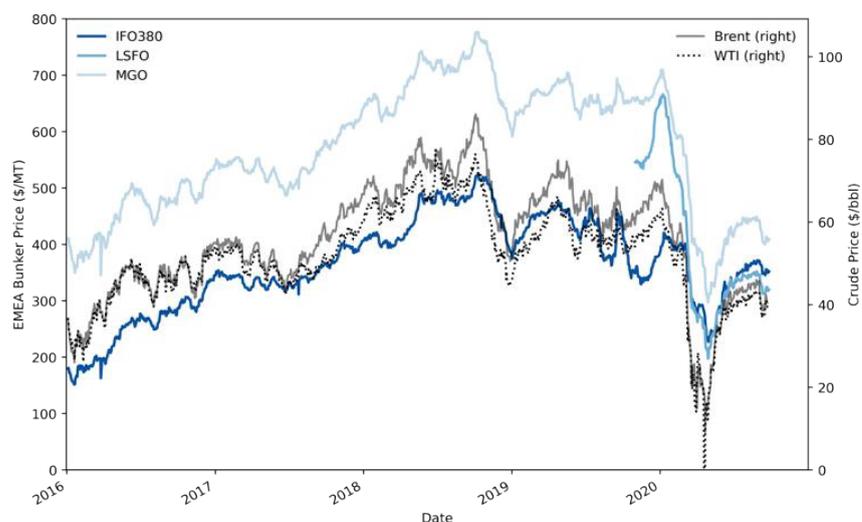
Le ratio des prix est particulièrement important à prendre en compte lors de l'évaluation des coûts de l'ECA SO_x Med proposée. Alors que les prix du carburant sont en constante évolution, à la suite des fluctuations des prix du pétrole brut, l'écart de prix entre MGO et LSFO est comparativement stable, après la période d'ajustement au début de 2020. Par conséquent, l'écart de prix entre les deux combustibles permet une analyse robuste des coûts marginaux de l'ECA SO_x Med proposée, c'est-à-dire des coûts supplémentaires liées à l'établissement des nouvelles normes.

9.2.4 Prix du baril brut

Les prix du baril brut, qui est une matière première pour les combustibles marins, ont également été analysés sur la base des données de l'Administration de l'information sur l'énergie américaine (EIA / U.S. Energy Information Administration)³⁷. Les résultats pour deux produits du secteur, le West Texas Intermediate (WTI) et le Brent, décrivent ensemble l'éventail des prix mondiaux du pétrole brut. Ces prix sont indiqués dans le **Graphique 9.2-4**, avec les prix du pétrole WTI et Brent par baril indiqués sur l'axe de droite. Il convient de noter que tous les axes sont mis à l'échelle³⁸ de sorte que l'un ou l'autre des axes puisse être utilisé pour toutes les séries de données, selon que le lecteur est intéressé par les prix du carburant en \$/TM ou \$/bbl.

³⁷ https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm.

³⁸ En supposant 1 baril = 0,1364 Mt.



Graphique 9.2-4. Prix mondiaux du pétrole (Brent, WTI) et des carburants marins (IFO 380, LSFO, MGO) en \$/TM (axe gauche) et \$/bbl (axe droit)

Les données du **Graphique 9.2-4** démontrent clairement la relation entre les prix mondiaux du pétrole et les combustibles de soute marins. Les coefficients de corrélation de Pearson pour les carburants de soute et les prix du pétrole brut sont exposés dans **Tableau 9.2-1**. Ces coefficients montrent un degré élevé de corrélation entre toutes les espèces du tableau et une forte corrélation entre les prix du carburant Brent et WTI et les prix des combustibles de soute.

Tableau 9.2-1 : Coefficients de corrélation de Pearson entre les prix des carburants de soute et le prix du pétrole brut

	IFO380	LSFO (0,50 % S m/m)	MGO (0,10 % S m/m)	Brent	WTI
IFO380	1,000	0,752	0,895	0,866	0,801
LSFO (0,50 % S m/m)	0,752	1,000	0,990	0,932	0,875
MGO (0,10 % S m/m)	0,895	0,990	1,000	0,961	0,913
Brent	0,866	0,932	0,961	1,000	0,972
WTI	0,801	0,875	0,913	0,972	1,000

Bien que l'écart de prix associé à la transition d'une teneur en soufre maximale de 0,50 % m/m à 0,10 % m/m soit équivalent à environ 95 \$/TM de carburant, le secteur du transport maritime a régulièrement fait face à la volatilité des prix du carburant – qui l'a poussé à fréquemment réajuster les tarifs de fret – supérieure à cet écart de prix.

9.2.5 Résumé statistique des prix du carburant

Les prix centraux des carburants pour 0,50 % S m/m et 0,10 % S m/m utilisés dans le cadre de cette analyse sont de 344 \$/TM et de 443 \$/TM, ce qui correspond aux valeurs médianes des séries de données communes disponibles pour les deux espèces de combustibles (**Tableau 9.2-2**). Ces prix seront utilisés comme estimations centrales pour la modélisation des frais de voyage, des tarifs de fret et des effets sur les prix des marchandises.

Tableau 9.2-2. Résumé statistique des prix des carburants marins évalués (dates incluses)

EMEA USD par tonne	> 0,50 % S m/m		0,50 % S m/m	0,10 % S m/m	
	IFO 380		LSFO	MGO / ULSFO	
Période chronologique	2008-04 à 2020-09	2019-11 à 2020-09	2019-11 à 2020-09	2016-01 à 2020-09	2019-11 à 2020-09
Minimum	152 \$	227 \$	197 \$	297 \$	297 \$
10e centile	269 \$	277 \$	263 \$	409 \$	363 \$
25e centile	342 \$	317 \$	308 \$	482 \$	403 \$
Médiane	450 \$	349 \$	344 \$	579 \$	443 \$
75e centile	594 \$	370 \$	541 \$	660 \$	642 \$
90e centile	645 \$	398 \$	608 \$	709 \$	666 \$
Maximum	743 \$	421 \$	666 \$	777 \$	710 \$

9.2.6 Disponibilité du carburant

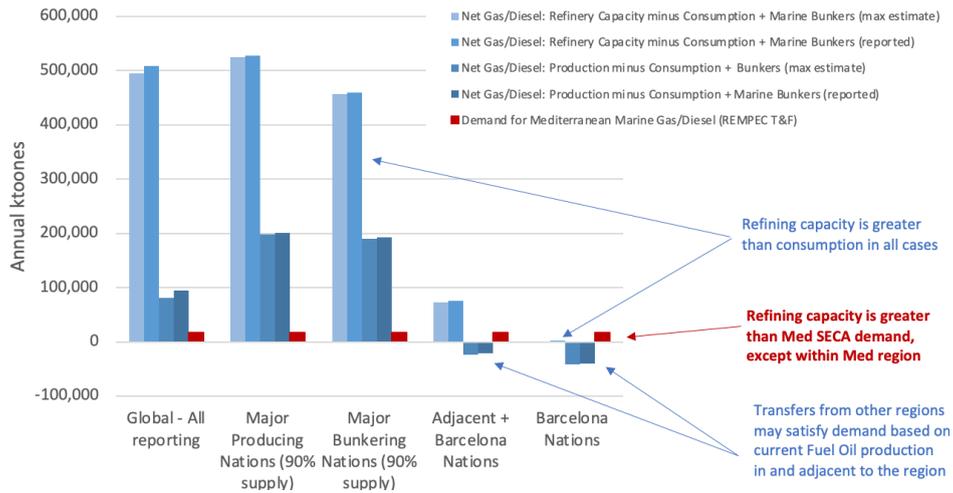
Le secteur du raffinage dispose d'une capacité de production suffisante pour répondre à la demande de fuel-oils respectant la valeur seuil de 0,10 % S m/m en vertu de l'ECA SO_x Med. L'offre disponible est suffisante pour répondre à la demande, même en tenant compte d'une gamme d'estimations et de taux de croissance pour l'utilisation du carburant de la flotte. Ces observations n'ont pas pris en compte l'autre voie de mise en conformité liée aux EGCS, susceptible de réduire davantage la demande de fuel-oils à 0,10 % S m/m. Par conséquent, l'adoption de cette technologie ou de carburants de substitution parmi les navires, lorsque cela est faisable d'un point de vue économique, renforce le bien-fondé de la première constatation, en diversifiant la demande pour y inclure des fuel-oils non conformes ainsi que d'autres carburants avec une teneur en sulfure intrinsèquement plus basse. Les projections de capacité excédentaire (ou de réserve) indiquent en outre que l'offre continuera d'être disponible, peut-être avec une capacité de réserve plus importante pour la production que celle précédemment évaluée dans les études antérieures.

La présente analyse aborde la question de la disponibilité des combustibles à l'échelle régionale, puis examine les principaux pays de soutage avec des ports adjacents à la zone de la mer Méditerranée. Elle considère ensuite les principaux pays de soutage, puis examine tous les pays qui sont les principaux producteurs de produits pertinents pour l'approvisionnement, avant d'évoquer la production mondiale et les capacités de production. La disponibilité potentielle de carburant sera ensuite examinée, à chaque échelle, avec l'idée sous-jacente que le transport maritime international dépend des marchés mondiaux pour la disponibilité de carburant dans la zone de la mer Méditerranée.

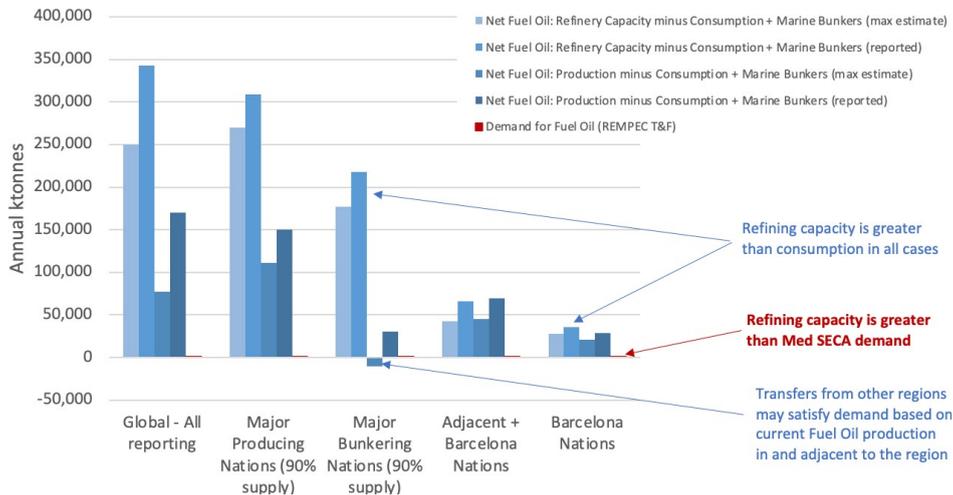
Le **Graphique 9.2-5** montre que la capacité du secteur du raffinage de produire du carburant gaz / diesel³⁹ est supérieure à la demande de consommation (y compris pour les combustibles de soute) à toutes les échelles, notamment parmi les États riverains de la mer Méditerranée. Tel qu'indiqué, aux échelles régionales des États riverains de la mer Méditerranée et des pays adjacents voisins, le **Graphique 9.2-5** montre que la production actuelle de gaz / diesel n'est pas suffisante pour répondre à la demande de consommation actuelle. Les États riverains de la mer Méditerranée qui sont parties contractantes à la Convention de Barcelone importent du gaz / diesel d'autres pays pour satisfaire la demande du marché en gaz / diesel. En d'autres termes, alors que les raffineries de ces pays ont la capacité de produire plus de distillats moyens, la configuration économiquement optimale, produit davantage d'autres produits de raffinage pour l'exportation, ce qui implique d'acheter du gaz / diesel sur le marché mondial. Il s'agit d'un comportement typique de maximisation des profits par les raffineries sur le marché mondial du pétrole. Le **Graphique 9.2-6** montre la capacité du secteur du

³⁹ Le présent rapport utilise la terminologie des statistiques de l'AIE qui comprennent les étiquettes de carburant des raffineries, p. ex., gaz / diesel. Le gaz / diesel inclut tous les carburants marins distillés (DM) et les carburants non marins distillés. Dans un souci de clarté, les statistiques déclarées par l'AIE pour le gaz / diesel ne comprennent pas le gaz naturel ou les produits du gaz naturel, qui sont présentés dans des ensembles de données distinctes.

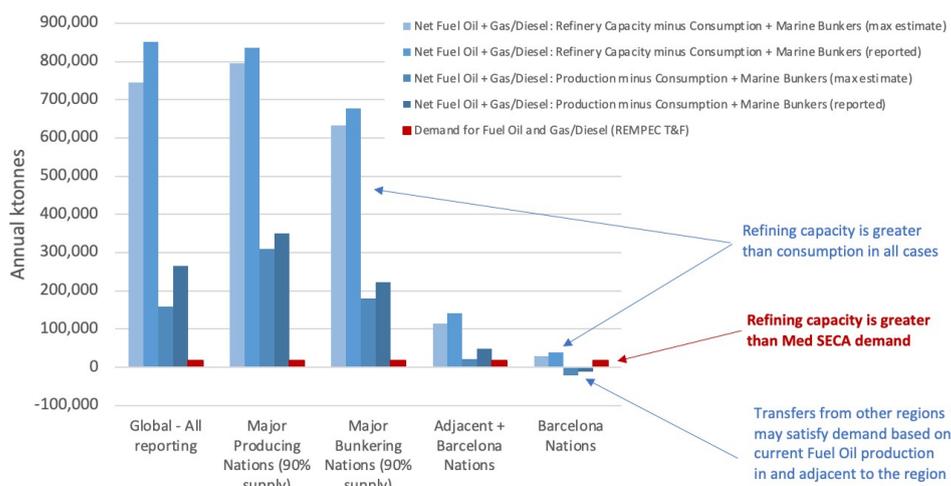
raffinage de produire du fuel-oil, qui excède la demande, conformément à l'état des sous-produits des carburants résiduels. La production de fioul en raffinerie ne parvient à répondre aux besoins de consommation, uniquement lorsque les estimations relatives aux carburants de soute sont maximisées. En combinant le fuel-oil et le gaz / diesel, les estimations de capacité des raffineries et les statistiques de production démontrent que l'offre dépasse la demande de consommation à toutes les échelles – mais que les États riverains de la mer Méditerranée doivent commercialiser leurs produits, comme indiqué au **Graphique 9.2-7**. Par conséquent, des quantités suffisantes de gaz / diesel et de fuel-oil sont disponibles pour élaborer des carburants respectant la valeur seuil de teneur en soufre de 0,10 % m/m, dans le cadre de l'ECA SO_x Med, en combinant des carburants distillés et des produits mélangés pour la production de fiouls résiduels à faible teneur en soufre.



Graphique 9.2-5. La capacité nette de raffinage pour produire du gaz / diesel est supérieure à la demande, suffisante pour l’approvisionnement découlant de l’ECA SO_x Med



Graphique 9.2-6. La capacité nette de raffinage pour produire du fuel-oil est supérieure à la demande, y compris pour les carburants de soute



Graphique 9.2-7. La capacité nette de raffinage pour produire du fuel-oil et du gaz / diesel est supérieure à la demande

9.3 Frais des navires

9.3.1 Analyse de l'adoption des systèmes de nettoyage des gaz d'échappement

Les EGCS représentent une possibilité de mise en conformité, aux fins de l'ECA SO_x Med proposée. Le **Tableau 9.3-1** indique qu'environ 5 900 navires - soit environ 18 % de la flotte opérant dans la zone de la mer Méditerranée - pourraient adopter des EGCS, sur un horizon d'investissement prudent de 100ans, avec un taux d'investissement de 15 %. Cet horizon d'investissement conservateur peut être considéré comme décrivant l'option d'investissement la moins coûteuse – il définit donc les conditions les plus favorables pour le financement de la technologie de nettoyage des gaz d'échappement. Cette conclusion est conforme à certaines estimations - mais pas à toutes - rapportées dans les médias du secteur ou d'autres études, fondamentalement liées aux conditions supposées de l'horizon d'investissement. Par conséquent, certaines analyses de sensibilité sont effectuées pour explorer davantage les conditions de faisabilité économique.

Tableau 9.3-1. Nombre de navires considérés pour les systèmes de nettoyage des gaz d'échappement

	Nombre de navires	Pourcentage total de flotte
EGCS	5 915	18 %
Pas d'EGCS	27 248	82 %

Le **Tableau 9.3-2** indique les taux d'investissement prévus pour les EGCS. Les décisions d'investissement sont généralement des informations commerciales confidentielles qui sont paramétrées sur une plage de durée de vie d'investissement. 39 navires sont identifiés comme opérant actuellement avec des EGCS dans la zone de la mer Méditerranée, et ce nombre ne devrait pas changer dans un horizon d'investissement d'un an. Si les coûts liés aux EGCS sont amortis sur 10 ans, les résultats montrent que l'installation de ces systèmes augmenterait d'un facteur de dix, de 39 à 464. En supposant un horizon d'investissement de 15 ans, les résultats indiquent que 3,7 % de la flotte pourrait investir dans des EGCS et économiser plus de 260 millions de dollars US.

Tableau 9.3-2. Analyse des dépenses d'équipement liées aux EGCS et années d'investissement pour le pourcentage de la flotte utilisant de tels systèmes

	Utilisation éventuelle d'un EGCS, équipement inclus		
Années d'investissement	Économies en termes de conformité pour l'ECA SO _x Med (en milliards de dollars)	Nombre d'EGCS	Pourcentage de flotte utilisant des EGCS
Aucun	0,61 \$	39 en 2020	0,0 %
1	0,00 \$	0	0,0 %
5	0,02 \$	53	0,2 %
10	0,10 \$	464	1,4 %
11	0,13 \$	632	1,9 %
12	0,15 \$	767	2,3 %
14	0,19 \$	1 010	3,0 %
15	0,26 \$	1 226	3,7 %
20	0,37 \$	1 888	5,7 %
25	0,47 \$	2 702	8,1 %
30	0,53 \$	4 155	12,5 %
50	0,60 \$	5 726	17,3 %
100	0,61 \$	5 915	17,8 %

Le **Tableau 9.3-3** montre que les EGCS sont envisageables pour les navires qui passent la plus grande partie de leur temps au sein de la Zone maritime méditerranéenne (et / ou dans d'autres régions SECA). Les EGCS nécessitent des investissements en équipement accrus mais utilisent des carburants à moindre coût. La faisabilité économique augmente avec davantage d'opérations rentables utilisant des carburants à un prix plus bas. Ces résultats confirment les travaux publiés précédemment (23). Ils indiquent que dans le cadre d'un scénario EGCS assorti d'un horizon d'investissement limité (100 ans), 5 900 navires (~18 % de la flotte méditerranéenne) pourraient investir dans des EGCS alors que la majorité de la flotte (82 %) pourrait considérer qu'un changement de carburant représente l'option la moins coûteuse.

Tableau 9.3-3. Utilisation des EGCS par type de navire conformément au scénario d'ECA SO_xMed proposée

Type de navire	Pas d'EGCS		Adoption d'un EGCS	
	Moyenne des heures [h] d'opérations en Méditerranée	Nombre de navires	Moyenne des heures [h] d'opérations en Méditerranée	Nombre de navires
Navires de fret	1 356	6 875	5 172	458
Navires-conteneurs	756	1 146	3 464	915
Navires de croisière	879	62	4 400	118
Bateaux de pêche	1 472	1 000	3 683	268
Divers	1 202	6 749	4 148	1 183
Navires à passagers	1 513	649	3 457	294
Navires mixtes	2 213	177	6 404	361
Navires de service	1 265	652	3 910	207
Bateaux-citernes	1 049	3 586	5 096	723
Inconnu	370	5 875	2 469	1 190
Porte-véhicules	749	477	5 597	198
Total général	1 039	27 248	4 027	5 915

Des études sont en cours afin de déterminer d'éventuels effets négatifs des déversements d'EGCS, en particulier concernant les effluents non traités, sur le milieu marin et le biote. Ces impacts défavorables peuvent entraîner des conséquences à court et à long terme en modifiant les équilibres des écosystèmes. Des études accessibles au public fournissent de nouvelles preuves qui confirment les inquiétudes au sujet des effluents non traités des EGCS. Elles soulignent que si les EGCS peuvent améliorer la qualité de l'air dans les villes portuaires et en mer, ces systèmes déplacent également la pollution atmosphérique vers le plan d'eau de mer (Schmolke et al. 2020). « Si un navire individuel avec un épurateur installé est susceptible de présenter un risque local limité pour la santé des écosystèmes marins, une communauté maritime mondiale employant des épurateurs pour respecter les limites d'émissions atmosphériques représente un sérieux problème » (Hassellöv et al. 2020). Les eaux de lavage des EGCS, sont acides avec des concentrations élevées de métaux et d'autres contaminants (Teuchies, Cox, Van Itterbeeck, Meyslman & Blust, 2020). Une augmentation de l'acidité, c'est-à-dire une diminution du pH, a été relevée, avec des variations de pH plus importantes se produisant dans les zones au trafic dense sur l'échelle des changements de pH liés au climat (Dulière, Baetens & Lacroix, 2020). Sous l'angle de la méthodologie des coûts, ces derniers ne sont pas bien différenciés entre les systèmes d'EGCS en boucle fermée et en boucle ouverte. Les taux d'installation exposés ci-dessus s'appuient sur des estimations de coûts qui pourraient s'avérer très optimistes si les futurs EGCS nécessitent une conception plus couteuse pour les opérations fermées ou hybrides. Par conséquent, rien n'indique que cette approche quantitative de l'évaluation des impacts socio-économiques produira des résultats en termes de taux d'installation plus élevés.

9.3.2 Carburants alternatifs

Les carburants alternatifs et les systèmes d'alimentation avancés peuvent offrir une solution de rechange économiquement viable aux fins d'une mise en conformité aux normes SECA, en particulier si les coûts nets de ces systèmes sont inférieurs à ceux découlant d'un passage à un carburant SECA. Bien sûr, d'autres raisons, au-delà des seules économies réalisées au sein d'une SECA, peuvent motiver la décision d'investir dans des navires utilisant des carburants avancés. Néanmoins, le présent document examine uniquement les critères de décision afférents aux technologies avancées de l'énergie et des carburants dans le cadre de l'évaluation des coûts de mise en conformité aux normes SECA. En outre, certains carburants alternatifs sont susceptibles d'impliquer d'autres compromis en matière d'environnement, au-delà de la simple conformité aux normes SECA grâce à une très faible teneur en soufre du carburant : ces derniers méritent d'être pris en considération mais dépassent la portée du présent document.

Un grand nombre de carburants et de configurations d'alimentation peuvent être envisagés. Notamment : a) du gaz naturel liquéfié (GNL) ; b) des carburants marins à base de méthanol ; c) du combustible hydrogène ; d) des systèmes de propulsion hybrides qui peuvent inclure un « *wind assist* » (assistant de vent), des piles à combustible, des technologies de stockage de l'énergie, etc. Étant donné que le GNL est un combustible actuellement utilisé sur un nombre important de navires et types de navires, prendre le GNL comme exemple dans le cadre d'une étude de faisabilité, c'est s'assurer la plus importante quantité de données disponibles.

L'augmentation des coûts d'installation est comparée aux économies de carburant basées sur la différence de prix entre le MGO et le GNL. Cette analyse s'applique aux navires plus vieux, sélectionnés car en 2020, il se trouve à l'âge typique de remplacement, qu'ils peuvent même avoir dépassé. Par conséquent, cette analyse s'applique aux navires en fin de vie devant être remplacés ainsi qu'à ceux récemment construits lorsqu'ils intègrent la flotte. Si les coûts nets de mise en conformité d'un navire aux normes SECA sont inférieurs à ceux liés à l'utilisation du GNL, ce navire est considéré comme potentiellement éligible. La partie de la flotte qui est remplacée ou admissible au remplacement en 2020 en raison de son âge est évaluée tout comme la partie des navires pour lesquels le GNL serait économiquement réalisable.

L'approche peut être considérée comme un outil de dépistage de la faisabilité économique d'une conversion au GNL, que l'on sait techniquement avérée étant donné l'expérience passée des flottes. D'autres analyses des infrastructures, de l'approvisionnement énergétique et des conditions économiques régionales seraient nécessaires pour la sélection de carburants alternatifs par un exploitant de flotte ou un port spécifique.

Les économies moyennes de carburant pour les navires pourraient être supérieures à 30 %, compte tenu des coûts plus élevés du combustible MGO et ceux moins élevés du GNL utilisés dans ce document (**Tableau 9.3-4**). Lorsque pour un navire, la prime moyenne d'installation de GNL est inférieure à la valeur actuelle de l'horizon d'investissement potentiel provenant des économies de coûts de carburant, ce navire devient un candidat possible pour des carburants alternatifs et le présent document en identifie 3 900 se trouvant dans cette situation, notamment certains navires de service plus petits, des navires de pêche, etc. (**Tableau 9.3-5**). Il est manifeste que la conversion de ces navires interconnectés opérant sur le plan local est susceptible d'impliquer des décisions d'investissement en termes d'infrastructure et de flotte qui ne sont pas consignées ici. Ces décisions sont présentées dans un résumé des grands navires de transport commercial et de croisière considérés comme éligibles à un changement de carburant conformément aux conditions et hypothèses appliquées dans le présent document. Les taux d'adoption de la flotte indiqués dans le **Tableau 9.3-4** excluent les navires de pêche, les navires à passagers, les navires de service, les types de navires divers et inconnus. Le **Tableau 9.3-5** présente un résumé du nombre global de flotte, combinant tous les navires. Conformément aux conditions de saisie essentielles, environ 11 % à 12 % de la flotte opérant dans la zone de la mer Méditerranée pourrait envisager des carburants alternatifs afin de réaliser des économies en termes de mise en conformité avec l'ECA SO_x Med proposée.

Tableau 9.3-4. Résumé de l'analyse de faisabilité économique des carburants alternatifs pour les principaux types de navires dans la zone de la mer Méditerranée

Type de navire	Nombre de navires possibles	Pourcentage du type de navire	Âge moyen	Économies moyennes sur le coût du carburant (pourcentage)	Prime moyenne d'installation du GNL (en millions de dollars)	Fenêtre investissement en équipement (en millions de dollars)
Navires de fret	890	12 %	33	32 %	1,0 \$	2,5 \$
Navires-conteneurs	130	6 %	28	33 %	4,0 \$	11,9 \$
Croiseurs	45	25 %	37	37 %	5,5 \$	20,0 \$
Navires mixtes	220	41 %	35	40 %	3,9 \$	19,0 \$
Bateaux citernes	260	6 %	30	36 %	1,3 \$	4,1 \$
Porte-véhicules	79	12 %	33	39 %	2,6 \$	12,0 \$
Total 1	1 624	11 %				

Tableau 9.3-5. Nombre de navires pris en compte pour un éventuel changement de carburant et nombre de flottes susceptibles de réduire les coûts de mise en conformité aux normes

Catégorie de faisabilité	Nombre de navires	Pourcentage total de la flotte
Âge de récupération (> 20 ans) vers 2020	19 700	59,3 %
Coût du carburant alternatif possible	3 900	11,8 %
Autres critères nécessaires	15 800	47,5 %

La faisabilité économique du passage à un carburant alternatif sera sensible à plusieurs intrants, principalement à l'écart entre le carburant conforme à la norme SECA et le carburant alternatif (le GNL dans le cadre de cette analyse). Le **Tableau 9.3-6** illustre ceci par une analyse de sensibilité qui présente une fourchette de prix du carburant GNL allant de gratuit (0 \$) à un prix égal au combustible SECA. Comme illustré, les taux d'adoption de la flotte de près de 17 % à 0 % dépendent des économies nettes liées à l'installation de systèmes d'alimentation et à l'utilisation de carburants alternatifs. La ligne ombrée représente les résultats de cette analyse en utilisant les prix du carburant décrits à la **Section**

9.2. Les économies de coûts liées à la mise en conformité avec les normes découlant de l'ECA SO_x Med, par l'adoption de carburants alternatifs, économiquement viables pourraient être de l'ordre de 1.4 milliards de dollars par an, selon les prix des carburants énumérés à la **Section 9.2.**

Tableau 9.3-6. Analyse des coûts liés au prix du GNL et au différentiel de prix GNL-MGO pour le pourcentage de la flotte (tous les types de navires) adoptant un carburant alternatif

Prix du GNL ¹	Prix GNL-MGO	Coût proposé pour l'ECA SO _x Med avec une alternative au GNL (en milliards de dollars par an)	Économies proposées pour l'ECA SO _x Med avec du GNL (en milliards de dollars par an)	Pourcentage d'adoption de la flotte ²
0 \$	858 \$	13,4 \$	2,2 \$	16,7 %
50 \$	808 \$	13,5 \$	2,1 \$	16,1 %
100 \$	758 \$	13,7 \$	2,0 \$	15,5 %
200 \$	658 \$	13,9 \$	1,7 \$	14,0 %
300 \$	558 \$	14,2 \$	1,4 \$	12,3 %
327 \$	531 \$	14,2 \$	1,4 \$	11,8 %
350 \$	508 \$	14,3 \$	1,3 \$	11,3 %
400 \$	458 \$	14,4 \$	1,2 \$	10,2 %
450 \$	408 \$	14,6 \$	1,1 \$	9,2 %
600 \$	258 \$	14,9 \$	0,7 \$	5,1 %
700 \$	158 \$	15,2 \$	0,4 \$	2,5 %
800 \$	58 \$	15,5 \$	0,2 \$	0,2 %
858 \$	0 \$	15,6 \$	0,0 \$	0,0 %

9.3.3 Comparaison des coûts inhérents à un navire

Les coûts de mise en conformité pour différents types de navires peuvent également être estimés. Le **Tableau 9.3-7** présente les résultats de ces coûts pour MARPOL VI, l'ECA SO_x Med proposée et l'ECA SO_x Med proposée avec les EGCS. Les résultats mettent en lumière que les coûts par navire sont les plus élevés pour les plus gros navires puissants, qui comprennent les navires de croisière, les navires mixtes, les bateaux citernes et les transporteurs de véhicules. Les colonnes représentent les coûts totaux pour chaque scénario ; les augmentations annuelles des coûts correspondent à la différence entre les prix des colonnes, par exemple, pour les navires à passagers, la différence entre le coût moyen proposé de l'ECA SO_x Med et le coût moyen de MARPOL VI serait d'environ 550 000 \$ par an. Tel qu'indiqué dans le **Tableau 9.3-7**, l'augmentation supplémentaire du coût moyen par navire par rapport à une mise en conformité aux normes MARPOL 2020 est modeste et n'imposerait probablement pas un fardeau exorbitant sur les opérateurs du secteur.

Tableau 9.3-7. Résumé des coûts moyens annuels de mise en conformité par type de navire

Type de navire	Nombre de navires	Coût moyen pour MARPOLVI 2020	Coût moyen pour l'ECA SO _x Med proposée	ECA SO _x Med proposée + Coût moyen de l'EGCS
Navires de fret	7 333	290 000 \$	327 000 \$	325 000 \$
Divers	7 932	48 400 \$	54 000 \$	52 200 \$
Navires à passagers	943	70 600 \$	79 300 \$	74 100 \$
Bateaux citernes	4 309	681 000 \$	763 000 \$	750 000 \$
Inconnu	7 065	24 500 \$	27 400 \$	26 300 \$
Navires de service	859	110 000 \$	123 000 \$	118 000 \$
Bateaux de pêche	1 268	30 500 \$	34 100 \$	32 900 \$
Transporteurs de véhicules	675	1 550 000 \$	1 760 000 \$	1 650 000 \$
Bateaux de croisière	180	3 280 000 \$	3 830 000 \$	3 540 000 \$
Navires mixtes	538	2 920 000 \$	3 280 000 \$	2 970 000 \$
Navires-conteneurs	2 061	2 340 000 \$	2 640 000 \$	2 540 000 \$

9.4 Coût pour le secteur du transport maritime en comparaison avec les mesures terrestres

Le critère 3.1.8 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL exige une description des coûts afférents à la réduction des émissions provenant des navires par rapport aux contrôles terrestres. La présente section expose les résultats de l'expérience internationale des coûts de contrôle de réduction de la pollution. Aucune information détaillée sur les coûts de contrôle n'est disponible au niveau national, et l'analyse des résultats d'études internationales montre que la fourchette des coûts de contrôle, sur une base de pollution par unité, est généralement harmonieuse, ce qui indique que les expériences internationales concernant les coûts de contrôle sont similaires.

9.4.1 Analyse coût / bénéfice

Il existe une grande variété de choix technologiques et opérationnels afin de réduire la pollution. Pour la réduction du soufre, ces options relèvent de quatre grandes catégories : l'utilisation de carburants à faible teneur en soufre, la désulfuration du carburant, les processus de combustion et la désulfuration des gaz d'échappement. Les coûts de ces technologies et les réductions d'émissions connexes peuvent être estimés de diverses façons. Tout d'abord, les estimations d'ingénierie portent spécifiquement sur les coûts de technologie et d'exploitation, ainsi que sur les changements consécutifs des niveaux d'émissions. Les approches d'ingénierie sont utiles lorsqu'elles sont appliquées à des usines spécifiques, mais peuvent représenter un problème lorsqu'elles sont appliquées de façon générale à une industrie, en raison des compositions nombreuses et variées d'usines individuelles. Une autre méthode d'estimation des coûts de mise en conformité à la réglementation environnementale consiste à réaliser une enquête au sein de l'industrie, en demandant aux opérateurs quels sont leurs coûts directs en équipement et d'exploitation. Néanmoins, cette méthodologie est remise en cause, en raison de problèmes liés à la taille de l'échantillon, au taux de réponse et à la difficile détermination avec précision des coûts associés aux différentes espèces de pollution.

Un rapport de 1999 de l'IIASA pour la Commission européenne (Commission européenne, 1999), estime que les coûts liés à la réduction des SO₂ oscillent entre 586 \$ à 860 \$/TM SO₂. Des travaux récents en Chine (Zhang et al. 2020) estiment que la réduction des émissions potentielles de 19,2 millions de tonnes de SO₂, par le biais d'un passage à des énergies renouvelables coûterait 92,5 milliards de CNY (yuan chinois) – une réduction de 4 818 CNY/TM SO₂ équivalent à une réduction d'environ 730 \$/TM SO₂ ont été réduits.

L'Agence de protection de l'environnement américaine (EPA / Environmental protection Agency) est en train de mettre à jour son Manuel relatif aux coûts de contrôle de la pollution atmosphérique. La Section 5 de ce manuel identifie les technologies et les coûts les plus récents pour supprimer les gaz acidifiants – comme le SO_x - des émissions. Le manuel de l'EPA fournit un exemple d'ingénierie de rentabilité, semblable au MAC, d'une unité FGD humide (désulfuration des gaz de combustion) sur une installation à charbon de 500 MW, à un coût de 681 \$/TM SO_2 et à un coût de 945 \$/TM SO_2 pour une unité FGD sèche sur une installation de taille similaire. Pour un absorbeur de tour humide, le manuel de l'EPA estime le coût à 636 \$/TM SO_2 . Ces exemples d'ingénierie se résument à cela : des calculs pour des exemples d'installations spécifiques, mais ils s'alignent bien avec d'autres estimations de la doctrine pour fournir une référence supplémentaire concernant les coûts de réduction d'émissions.

9.4.2 Prix fictifs de la pollution

Une autre approche pour estimer les coûts des contrôles de la pollution consiste à mesurer les coûts indirects et les coûts révélés. En utilisant des techniques économétriques pour identifier les coûts de réduction de la pollution révélés plutôt que déclarés, les coûts de réduction qui sont plus indicatifs du coût total de la conformité réglementaire peuvent être estimés. Une approche de ce type, largement appliquée, consiste à utiliser des prix fictifs.

Le prix fictif représente le coût d'opportunité des réductions progressives des espèces de polluants. Les prix fictifs pour la réduction des émissions de SO_2 des centrales à charbon aux États-Unis, vont de 1 806 \$ à 18 018 \$/TM SO_2 (Swinton 1998 ; Färe et al) et de 2 044 \$ à 21 749 \$/TM SO_2 pour les procédés industriels aux États-Unis, en Corée et en Chine (Coggins et Swinton 1996 ; Turner 1995 ; Boyd, Molburg, et Prince 1996 ; Lee, Park, et Kim 2002 ; Tu 2009 ; He et Ou 2017).

CE Delft publie un manuel sur les prix fictifs (CE Delft 2010) qui détermine des prix fictifs pour les SO_2 oscillant entre de 6 461 \$ et 12 943 \$/TM SO_2 et pour les PM_{10} entre 2 300 \$– 50 000 \$/TM PM_{10} . Le manuel CE Delft sur les prix environnementaux estime que les coûts environnementaux – non pas les coûts de diminution – des SO_2 est de 24 900 €/TM SO_2 , tandis que le coût environnemental des $\text{PM}_{2,5}$ est de 79 500 €/TM SO_2 (CE Delft 2018), valeurs qui dépassent largement les coûts de la réduction des émissions au sol.

Une étude réalisée en 2014 sur les économies de l'OCDE a révélé que les prix fictifs pour la réduction des PM_{10} étaient très variables, allant de 5 079 \$/TM PM_{10} à 295 832 \$/TM PM_{10} (en 2005), avec une moyenne et une médiane de 99 500 \$/TM PM_{10} et de 82 161 \$/TM PM_{10} , respectivement (Dang et Mourougane, 2014).

Tableau 9.4-1. Coûts marginaux de réduction des SO₂ (\$/TM) adaptés à partir de Mekaroonreung et Johnson (2012)

Étude	Prix moyen de la réduction de SO ₂
(Färe et al. 2005)	76-142
(Mekaroonreung et Johnson 2012)	201-343
(Coggins et Swinton 1996)	292
(EPA 2009) - Stationnaire	300-6 000
(Mekaroonreung et Johnson 2012)	509-2 020
(Commission européenne 1999)	586-860
(Zhang et al. 2020)	730
(Turner 1995)	826
(Färe et al. 2005)	1 117-1 974
(Boyd, Molburg, and Prince 1996)	1 703
(Lee, Park, et Kim 2002)	3 107
(EPA 2009) – Sur route	6 400-6 600
(CE Delft 2010)	6 461-12 943

Le **Tableau 9.4.1** indique l'éventail de coûts de diminution des émissions de SO₂, déterminé par la doctrine et dont il est question ci-dessus. Cet éventail est large, oscillant entre 76 \$/TM SO₂ à 6 600 \$/TM SO₂. Un éventail de cette ampleur est conforme à la doctrine car il représente un ensemble de mesures technologiques et opérationnelles possibles pour réduire les émissions de SO₂, ainsi qu'un ensemble de secteurs, y compris les sources fixes et mobiles, concernant lesquels les technologies de réduction peuvent considérablement varier.

9.4.3 Analyse du rapport coût-bénéfice des applications antérieures à l'ECA

Le rapport sur l'application de l'ECA nord-américaine (EPA 2009) énumère un ensemble de contrôles de sources terrestres. Les coûts de contrôle s'étendent sur une longue plage de temps : ils doivent ainsi être plutôt considérés comme descriptifs que comme normatifs vis-à-vis des coûts actuels de diminution qui sont probablement différents en raison des changements de politique au cours des dernières années ainsi que des améliorations technologiques. Le rapport indique des coûts compris entre 11 000 \$ et 16 000 \$/TM PM₁₀ (2006) pour les applications de moteurs diesel et à essence non routiers et une fourchette entre 4 000 \$ et 46 000 \$/TM PM₁₀ (2006) pour les moteurs diesel stationnaires. Les coûts des locomotives et des embarcations portuaires oscillent entre 9 300 \$/TM PM₁₀ (2006) pour les nouvelles constructions et 50 000 \$/TM PM₁₀ (2006) pour les rénovations. Les coûts de réduction des émissions estimés par l'EPA sont généralement inférieurs aux coûts de réduction des émissions de PM₁₀. Les coûts de réduction des SO_x de source fixe varient de 300 \$ à 6 000 \$/TM SO_x, alors que les coûts de réduction des SO_x sur route sont estimés à 6 400 \$/TM SO_x pour les moteurs diesel lourds et à 6 600 \$/TM SO_x pour les moteurs à essence / diesel légers.

9.4.4 Rapport coût-bénéfice de l'ECA SO_x Med

Les résultats de la littérature grise et de l'examen par des pairs indépendants ont permis de constater que les plages de coûts de réduction des émissions de PM₁₀ et de SO_x sont larges et se recoupent. Les coûts affectés à la suppression d'une espèce unique (de SO_x ou de PM) ne peuvent pas être traités de façon totalement indépendante car les espèces de polluants PM et SO_x sont entremêlées. Par conséquent, bien que les coûts soient attribués à un seul polluant, en réalité, des co-réductions à la fois des SO_x et PM surviendront probablement avec toute mesure de diminution. Comme le montre le **Tableau 9.4-2**, les coûts marginaux de réduction de l'ECA SO_x Med proposée sont alignés sur les coûts marginaux de réduction des SO_x et PM, pour les deux scénarios de référence et l'ECA SO_x Med avec les EGCS.

Tableau 9.4-2 : Rapport coût / bénéfice de l'ECA SO_x Med aux termes de l'étude de faisabilité technique et économique

Type de bénéfice	MARPOL VI	ECA SO _x Med proposée	ECA SO _x Med Proposée avec des EGCS
Cible de contrôle			
Emissions de SO _x réduites	7 730 \$/TM SO _x	13 400 \$/TM SO _x	8 750 \$/TM SO _x
Emissions de PM _{2,5} réduites	80 300 \$/TM PM _{2,5}	155 000 \$/TM PM _{2,5}	101 000 \$/TM PM _{2,5}

L'étude de faisabilité technique et économique visant à examiner la possibilité de faire reconnaître la mer Méditerranée, en tout ou partie, comme zone(s) de contrôle des émissions (ECA(s)) d'oxydes de soufre (SO_x) en vertu de l'Annexe VI de MARPOL (Corbett & Carr, 2019) (ci-après dénommée l'étude de faisabilité technique et économique) a constaté que le rapport coût / bénéfice de l'ECA SO_x Med est d'environ 8 750 - 13 400 \$/TM SO_x (**Tableau 9.4-2**). À titre de comparaison, le rapport coût / bénéfice de l'ECA nord-américaine a été estimée à 1 200 \$/TM SO_x. Toutefois, il faut se rappeler que l'ECA nord-américaine a été mise en œuvre à un moment où la limite préconisée de soufre dans le carburant était fixée à 3,50 % S m/m, et donc descendre à 0,10 % S m/m représentait une réalisation plus considérable que l'ECA SO_x Med.

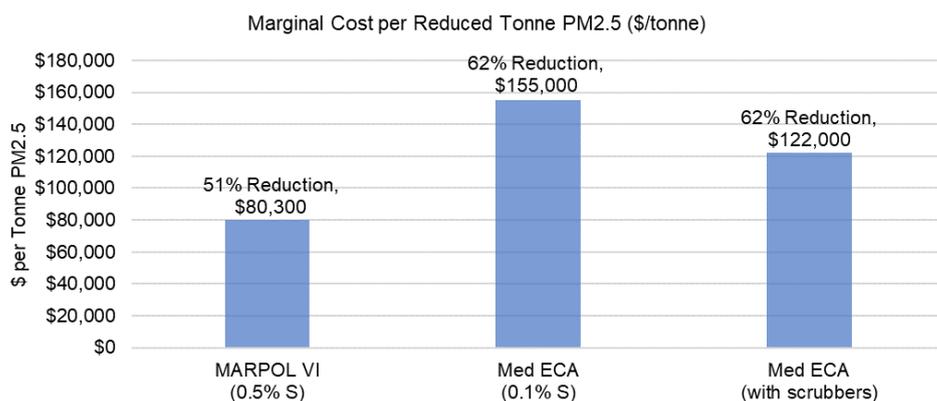
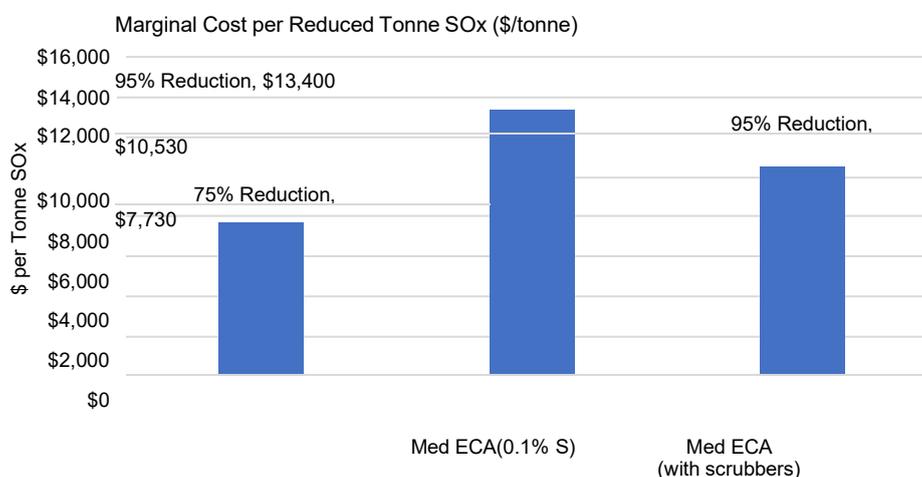
Le rapport coût / bénéfice de l'ECA SO_x Med est estimé dans l'étude de faisabilité technique et économique à 1,58 millions de dollars par mortalité évitée. Des études parallèles de la France (Rouil et al., 2019) et de la Commission européenne (Cofala et al., 2018) relèvent des ratios coût / bénéfice de 3 et 4,8 respectivement. Le rapport coût-bénéfice de l'ECA SO_x Med se trouve à l'extrémité supérieure de plusieurs des coûts de réduction des sources fixes identifiés. Toutefois, comme l'ont révélé les ratios coût / bénéfice, les avantages pour la santé et l'environnement de l'ECA SO_x Med proposée, supplantent de loin les coûts.

9.5 Rapport coût / bénéfice des avantages quantifiés

À l'instar des analyses en matière de SECA précédentes, le même coût a été assigné à chacune de ces dimensions, ce qui sur-affecte le coût par bénéfice unitaire étant donné que le même coût atteint tous ces avantages. Le **Tableau 9.5-1**, le **Graphique 9.5-1** et le **Graphique 9.5-2**, récapitulent ces résultats. Par exemple, il est indiqué que l'ECA SO_x Med proposée sans EGCS coûte environ 1,58 M\$ par décès annuel évité, si tous les coûts de l'ECA SO_x Med sont affectés aux estimations de mortalité évitée. Ce coût s'élève à 1,035 M\$/décès évité dans le cadre d'un scénario d'EGCS.

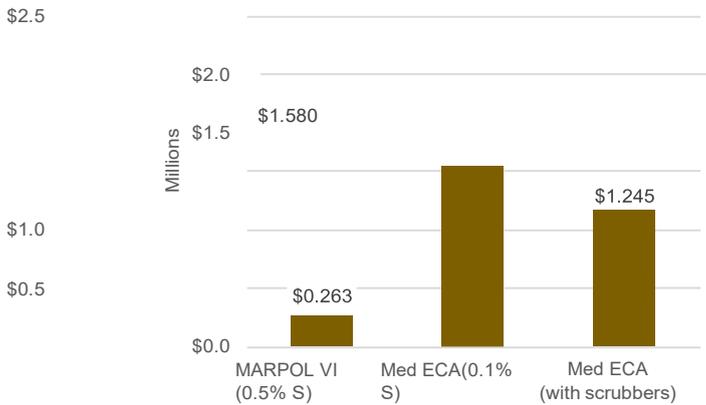
Tableau 9.5-1. Rapport coût / bénéfice des avantages quantifiés

Type d'avantage	MARPOL VI	ECA SO _x Med proposée	ECA SO _x Med proposée avecEGCS
Cible de contrôle			
Emissions de SO _x réduites	7 730 \$/TM SO _x	13 400 \$/TM SO _x	8 750 \$/TM SO _x
Émissions de PM _{2,5} réduites	80 300 \$/TM PM _{2,5}	155 000 \$/TM PM _{2,5}	101 000 \$/TM PM _{2,5}
Résultat en termes de santé			
Mortalité évitée	0,263 M\$/Δ Mortalité	1,580 M\$/Δ Mortalité	1,035 M\$/Δ Mortalité
Asthme évité	14 k\$/Δ Morbidité	763 k\$/Δ Morbidité	500 k\$/Δ Morbidité



Graphique 9.5-1. Rapport coût / bénéfice des réductions de SO_x et de PM_{2,5} sur la base des prix retenus dans le cadre du présent document

Cost per Avoided Premature Death

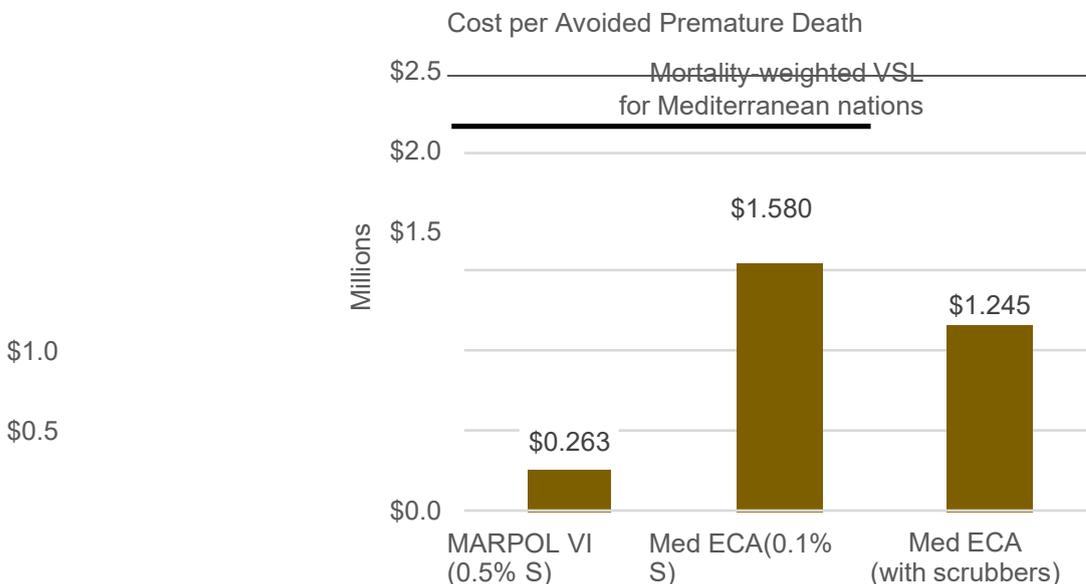


Graphique 9.5-2. Rapport coût / bénéfice des résultats pour la santé en termes de décès prématurés évités et de cas d'asthme infantile évités

9.5.1 Analyse du rapport coût / bénéfice en matière de mortalité (cancer du poumon et causes cardiovasculaires)

Une analyse du rapport coût / bénéfice doit comparer les avantages nets monétisés au titre de l'ensemble des diminutions et coûts pour toutes les mesures de mise en conformité. Aucune proposition antérieure de désignation d'une SECA dans le cadre de MARPOL VI n'a présenté d'analyses qui monétisaient tous les avantages. Les propositions antérieures visant à désigner des SECA régionales dans le cadre de MARPOL VI ont généralement présenté des preuves de rentabilité pour des avantages principalement ciblés ou renvoyé à un concept dénommé « charges critiques », qui se définit comme la quantité maximale de dépôts atmosphériques de polluants qu'un écosystème peut assimiler sans effets indésirables à long terme.

La Valeur d'une vie statistique (VVS) représente la valeur monétaire de petits changements apportés aux risques de mortalité, qui est mise à l'échelle pour refléter la valeur associée à un décès attendu au sein d'une population importante. La présente analyse a identifié une ressource clé, publiée dans la littérature approuvée par les pairs en 2017, qui examine l'état de pratique de la VVS, en incluant quasiment tous les États riverains de la mer Méditerranée (26), tel que décrit dans le **Graphique 9.5-3**.



Graphique 9.5-3. Comparaison du coût de l'ECA SO_x Med par décès évité et de la VVS pondérée méditerranéenne

10 Impacts économiques sur le transport maritime engagé dans le commerce international

10.1 Taux de fret et tarif passager

10.1.1 Évaluation des taux de fret

Les taux de fret comprennent les coûts de carburant pour le voyage et bien plus encore. Les taux de fret représentent le coût de l'acheminement du point d'origine au point de destination, y compris la manutention du fret, l'entreposage pendant le transport, et les modes de transfert intermédiaire. Les coûts du carburant de voyage sont divisés par la charge de fret (en tonnes nettes ou en EVP nettes, selon le cas). Le modèle de coût multiplie par deux (2) cette valeur pour tenir compte des coûts de carburant associés à un trajet retour à vide. L'analyse de sensibilité permet de régler cet ajustement de retour à vide entre une valeur minimale de zéro (voyage de retour de recettes entièrement chargé) et deux (aucun retour de recettes). L'utilisation de l'ajustement de retour vide garantit donc une analyse plus robuste (par exemple, pour estimer les impacts de coût qui pourraient mieux mettre à l'épreuve les hypothèses nulles).

Lorsqu'un scénario décrit un mouvement de fret de port à port, ces approches décrivent les coûts nets en fonction des coûts de voyage et des coûts de transfert. Lorsqu'un scénario décrit les mouvements de fret du point d'origine au point de destination qui nécessitent des modes de transport terrestre, le modèle additionne les coûts à travers la branche hydrique et la ou les branche(s) de mode terrestre de l'itinéraire. Le modèle fournit des taux généralisés en coûts par distance de cargaison (tonne-kilomètre ou t-km de cargaison). Ces taux généralisés permettent une application efficace pour acheminer les scénarios et faciliter l'analyse de sensibilité.

Les taux de fret proviennent de la base de données statistiques sur les coûts de transport maritime (CTM) tenue à jour par la Direction des statistiques et des données de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

« La base de données sur les coûts de transport maritime (CTM) contient des données datant de 1991 jusqu'à la dernière année disponible des coûts de transport maritime bilatéral. Les frais de transport sont disponibles pour 43 pays importateurs (y compris l'UE15 en tant qu'union douanière) de 218 pays d'origine au niveau détaillé (6 chiffres) du système harmonisé de 1988 ».

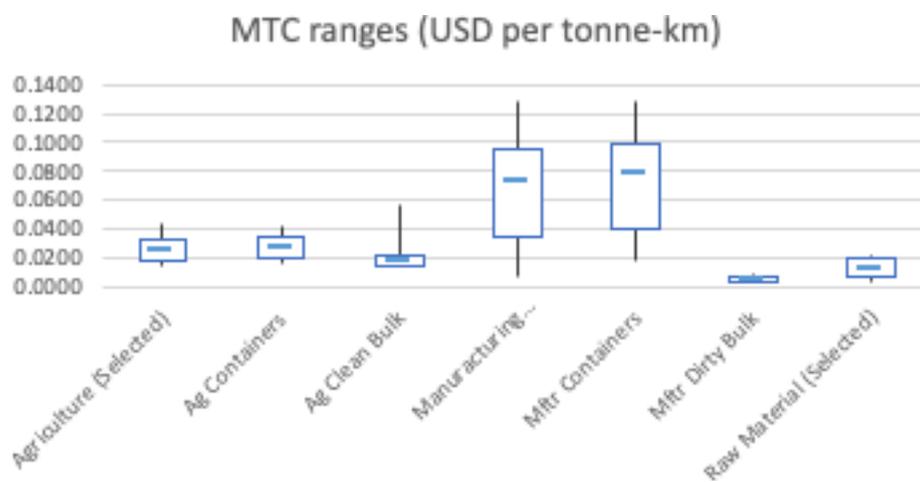
La base de données repose sur les modalités / vise les finalités suivantes : *« une combinaison de tarifs d'expédition effectivement facturés des données avec les statistiques COMTRADE de l'ONU ont été utilisées pour estimer les coûts de transport réel au niveau du produit. Les tarifs d'expédition ont été collectés auprès de sources sélectionnées, telles que : La Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED), Containerisation International, Drewry Shipping Consultants, le Conseil international des céréales (CIC) et le Baltic Exchange ».*

À cet égard, les données relatives aux CTM ont été extraites pour l'agriculture, la fabrication et les matières premières rattachées aux pays et groupes de pays énumérés dans le **Tableau 10.1-1**. Nous avons tenté d'inclure toutes les données disponibles pour les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone, ou leur groupe de pays représentatif.

Tableau 10.1-1. Liste des pays (et groupe de pays de l'UE 15) pour lesquels les données CTM ont été examinées

Pays ou groupe de pays	
Albanie	Malte
Algérie	Monténégro
Égypte	Slovénie
Union européenne (UE 15)	République arabe syrienne
Israël	Tunisie
Liban	Turquie
Libye	

À l'aide des CTM rapportés par OCDE.Stat, nous avons mis à jour les taux de fret déclarés en 2020 en dollars et converti les unités en coûts par tonne-km afin que ces coûts puissent être appliqués pour les distances de route et communiquer des coûts de transport maritime de fret. Le **Graphique 10.1-1** présente les taux médians de fret (marqueurs en tirets), dans des tracés de boîtes à moustache représentant les 25^e et 75^e centiles (boîtes) et les 10^e et 90^e centiles (moustaches). **Tableau 10.1-2** présente le taux moyen de fret par marchandise sélectionnée dans les données extraites. Le **Tableau 10.1-3** présente un résumé statistique des taux de fret, y compris les gammes supérieures et inférieures. Le graphique illustre le fait que les taux de fret en conventionnel sont généralement plus élevés que les taux de fret en vrac (bien qu'ils se chevauchent), et que les taux de vrac propre sont plus élevés que les taux de vrac sale. S'ensuit une certaine attente que les marchandises ayant des tarifs de fret plus élevés soient moins influencées que les marchandises associées à des tarifs de fret plus bas par les coûts de voyage (ou l'influence des écarts de coût de carburant de voyage).



Graphique 10.1-1. Tracé des CTM pour les groupes de marchandises et les types de navires

Tableau 10.1-2. Résumé des CTM par type de navire pour une gamme de produits sélectionnés

Marchandise	CTM par type de navire (Moyenne en USD par tonne-km)		
	Vrac propre	Conteneurs	Vrac sale
Agriculture générale	0,0397	0,0299	
07, Légumes comestibles et certaines racines et tubercules		0,0257	
08, Fruits comestibles, noix, écorces d'agrumes, melons		0,0354	
09, Café, thé, maté et épices		0,0278	
10, Céréales	0,0246		
12, Graines oléagineuses, fruits oléagineux, céréales, graines, fruits, etc.	0,0549		
19, Céréales, farine, amidon, préparations et produits laitiers		0,0286	
22, Boissons, spiritueux et vinaigre		0,0211	
Fabrication générale		0,0794	0,0060
31, Engrais			0,0060
47, Pâte de bois, matières fibreuses cellulosiques, déchets, etc.		0,0164	
48, Papier et carton, pâtes		0,0308	
52, Coton		0,0486	
61, Vêtements, accessoires, tricot ou crochet		0,1252	
62, Articles vestimentaires, accessoires, non tricotés ou crochet		0,1501	
64 Chaussures, guêtres et articles similaires, leurs pièces		0,1483	
73, Articles en fer ou en acier		0,0354	
84, Réacteurs nucléaires, chaudières, machines, etc.		0,0522	
85, Équipement électrique et électronique		0,0616	
87, Véhicules autres que chemin de fer, tramway		0,0702	
95, Jouets, jeux, articles de sport		0,0873	
Matière première générale			0,0128
25, Sel, soufre, terre, pierre, plâtre, chaux, et ciment			0,0116
72, Fer et acier			0,0142

Tableau 10.1-3. Analyse de sensibilité des CTM par groupe de produits et type de navire

USD par tonne-km	Agriculture			Fabrication			Matière première
	Combiné	Conteneurs	Vrac propre	Combiné	Conteneurs	Vrac sale	
Minimum	0,0100	0,0100	0,0132	0,0000	0,0000	0,0042	0,0023
10e centile	0,0145	0,0172	0,0139	0,0075	0,0188	0,0042	0,0040
25e centile	0,0180	0,0199	0,0152	0,0343	0,0393	0,0043	0,0073
Médiane	0,0253	0,0266	0,0173	0,0740	0,0784	0,0060	0,0128
75e centile	0,0334	0,0339	0,0213	0,0957	0,0982	0,0074	0,0199
90e centile	0,0434	0,0421	0,0570	0,1287	0,1289	0,0086	0,0214
Maximum	0,2461	0,1044	0,2461	0,4348	0,4348	0,0096	0,0233

10.1.2 Évaluation du tarif passager

Les tarifs passagers pour le transport maritime dans le cadre du présent document se rapportent aux services de traversier. Nous n'évaluons pas le service de passagers des bateaux de croisière parce que ces excursions se rapportent davantage à l'hôtellerie et aux voyages de vacances. Les facteurs typiques influençant le choix du mode de transport sont les suivants :

- Le transport maritime de passagers est généralement un « mode Premium », plus cher que le transport routier par véhicule personnel ou collectif. (Peut-être à un prix similaire ou supérieur à celui du rail)
- Le transport maritime de passagers est souvent un complément du transport ferroviaire et routier, proposant une connexion via navire mixte. (Le transport maritime de passagers est rarement en concurrence avec les modes terrestres)
- Les coûts de déplacement par unité de passager sont généralement supérieurs au coût par unité de fret. Par conséquent, l'effet prévu du prix plus élevé du carburant 0,10 % S m/m sera nécessairement inférieur aux effets de prix évalués par unité de cargaison.

Par conséquent, l'analyse focalise sur les régions éloignées et les communautés insulaires où un transfert modal n'est pas envisageable car les connexions intermodales n'existent pas ou sont limitées. À ce titre, tous les mouvements de marchandises et de passagers doivent se faire par mer ou par air. Les coûts du transport aérien sont plus élevés que tous les autres modes de transport, et pour de nombreux types de marchandises, le transport aérien est impossible.

Les ferries, y compris les navires mixtes circulent le long de nombreux itinéraires en mer Méditerranée, comme l'illustrent le **Graphique 10.1-2** et le **Graphique 10.1-3**. Au vu des importantes émissions rapportées dans les deux graphiques, les navires mixtes sont de loin, les plus importants émetteurs de CO₂ et consomment donc de bien plus grandes quantités de carburant.

Un ensemble de dix itinéraires de ferries dans la mer Méditerranée, dont quatre itinéraires nationaux et deux itinéraires internationaux sont analysés. Tous les itinéraires de ferry examinés se trouvent entre le continent et des îles. Les prix d'un aller simple pour un adulte ont été récupérés sur les informations tarifaires publiés pour chacun des itinéraires indiqués dans le **Tableau 10.1-4**. Les navires mixtes desservant chaque route ont été identifiés et les catégories représentatives de navires exposées dans le rapport final de la quatrième étude de l'OMI sur les GES 2020 (MEPC 75/7/15) (Faber et al. 202AD) ci-après dénommée la quatrième étude de l'OMI sur les GES 2020, pour la consommation de carburant, ont été appariées aux caractéristiques des ferries (p. ex., tonnes brutes).

Tableau 10.1-4 : Itinéraires de ferry, distances, prix, nombre de passagers

Itinéraire du ferry	Distance (MN)	Coût aller simple (EUR)	Coût (EUR/p-km)	Coût (USD/p-km)	Passagers
Naples - Cagliari	282	42,41 ⁴⁰	0,0812 €	0,0967 \$	1 845
Barcelone - Porto Torres	307	35 ⁴¹	0,0616 €	0,0733 \$	2 794
Marseille - Alger	421	198 ⁴²	0,2539 €	0,3023 \$	2 400
Pirée - Paros	107	33 ⁴³	0,1665 €	0,1982 \$	1 715
Pirée - Kos	203	52,5 ⁴³	0,1396 €	0,1662 \$	2 000
Pirée - Rhodes	256	61,5 ⁴³	0,1297 €	0,1544 \$	2 000
La Valette - Pozzallo	53	68 ⁴⁴	0,6928 €	0,8247 \$	1 120
Mykonos - Naxos	26	14,5 ⁴⁵	0,3011 €	0,3585 \$	2 400
Famagouste - Mersin	112	42,93 ⁴⁶	0,2070 €	0,2464 \$	343
Barcelone - Gênes	352	49 ⁴⁷	0,0752 €	0,0895 \$	2 230

⁴⁰ <https://en.tirrenia.it/ferry-sardinia/naples-cagliari/index.html>.

⁴¹ <https://www.grimaldi-lines.com/>.

⁴² <https://www.corsicalinea.com/>.

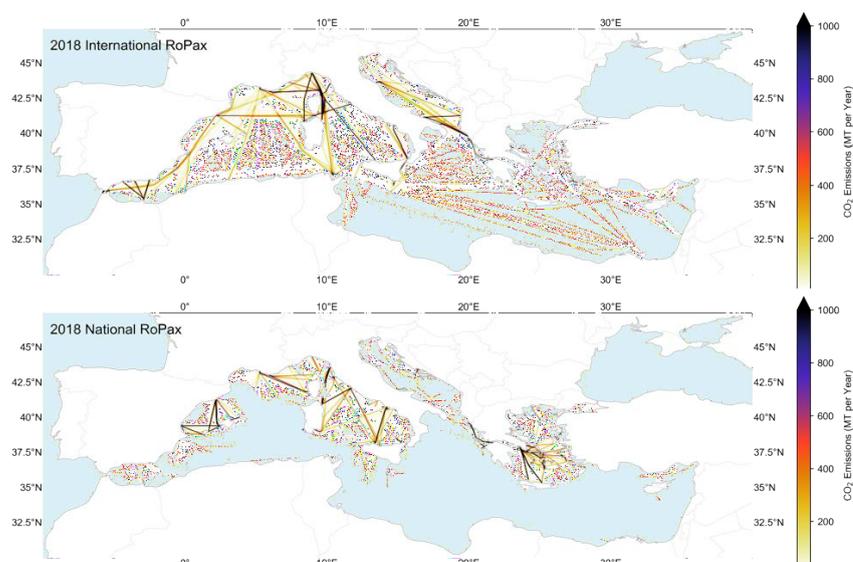
⁴³ <https://www.ferryhopper.com/>.

⁴⁴ <http://www.virtuferries.com>.

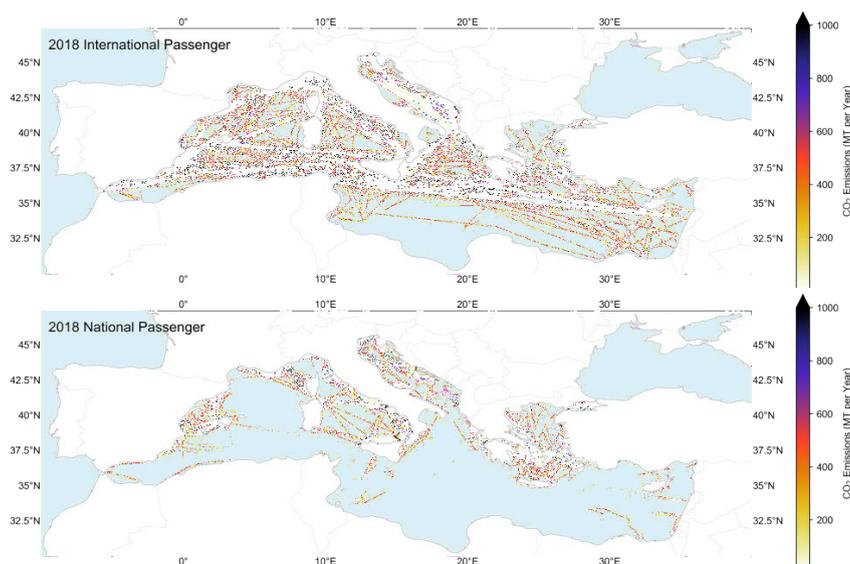
⁴⁵ <http://www.bluestarferries.com>.⁴⁶

<https://www.akgunlerbilet.com/>.

⁴⁷ <https://www.gnv.it>.



Graphique 10.1-2 : Activité internationale et nationale des navires mixtes



Graphique 10.1-3 : Activité internationale et nationale des navires à passagers

10.2 Taux de fret et tarifs passagers terrestres

Les coûts d'exploitation des modes de transport terrestre varient selon le type de transport, le pays et l'itinéraire. À l'aide d'une analyse des coûts d'exploitation des transports dans l'Union européenne et aux États-Unis réalisée dans le cadre d'une collaboration en matière de recherche financée par la Commission européenne (Maibach, Peter, et al., 2006), la présente analyse a actualisé les coûts pour l'année 2020, les a convertis en dollars américains et a sélectionné certains coûts représentatifs d'États riverains de la mer Méditerranée, concernant lesquels elle a communiqué des données (**Tableau 10.2- 1**).

Tableau 10.2-1. Coûts moyens par passager-km (rail), tonne-km de fret (rail, route – LDV/HDV)

Pays	Rail		Route			
	Passager (en 2020 USD/p-km)	Fret (en 2020 USD/t-km)	Bus (en 2020 USD/p-km)	Autocars (en 2020 USD/p-km)	Fret LDV (en 2020 USD/t-km)	Fret HDV (en 2020 USD/t-km)
Grèce	0,3410 \$	0,3875 \$	0,0930 \$	0,0930 \$	4,2160 \$	0,1395 \$
Espagne	0,1860 \$	0,1085 \$	0,1395 \$	0,1085 \$	6,7115 \$	0,1860 \$
France	0,3100 \$	0,0930 \$	0,2325 \$	0,2325 \$	9,2535 \$	0,2635 \$
Italie	0,3100 \$	0,1550 \$	0,1705 \$	0,1395 \$	8,5250 \$	0,1860 \$
Slovénie	0,1240 \$	0,1085 \$	0,0465 \$	0,0310 \$	4,6190 \$	0,2015 \$
UE 25*	0,2635 \$	0,1705 \$	0,1705 \$	0,1395 \$	7,8275 \$	0,2170 \$

Pays	Rail		Route			
	Passager (en 2020 USD/p-km)	Fret (en 2020 USD/t-km)	Bus (en 2020 USD/p-km)	Autocars (en 2020 USD/p-km)	Fret LDV (en 2020 USD/t-km)	Fret HDV (en 2020 USD/t-km)
Max	0,3875 \$	0,4495 \$	0,2000 \$	0,1900 \$	12,9270 \$	0,2945 \$
Médiane	0,3100 \$	0,1550 \$	0,1100 \$	0,1000 \$	6,8045 \$	0,2015 \$
Moyenne	0,2550 \$	0,2015 \$	0,1064 \$	0,0968 \$	6,9680 \$	0,2071 \$
Min	0,0620 \$	0,0620 \$	0,0200 \$	0,0100 \$	2,4335 \$	0,1085 \$

10.3 Distances entre paires Origine – Destination

La présente section traite de l'ensemble des distances d'itinéraire paires origine - destination (O-D) identifiées. Les paires O-D ont été sélectionnées sur la base d'un ensemble de critères, en évaluant d'abord le niveau de trafic maritime observé entre l'origine et la destination en fonction des observations du Système d'identification automatique (SIA), puis en examinant la viabilité économique d'un itinéraire en fonction des horaires commerciaux publiés entre l'origine et la destination, soit indépendamment, soit dans le cadre d'une chaîne de voyage, appelant plusieurs autres ports en chemin.

Les distances d'itinéraire pour les routes d'eau, de chemin de fer et de route sont indiquées dans le **Tableau 10.3-1**. Toutes les paires O-D ont été choisies au titre d'une route d'eau viable entre les deux ports, mais toutes ne disposaient pas de connexions de chemin de fer ou de route viables entre les ports. Dans les cas où aucune route ou un chemin de fer viable n'était disponible, la distance est indiquée comme non disponible (ND). Les routes O-D comprennent les liaisons maritimes courtes, les itinéraires des pays insulaires, les itinéraires intra-méditerranéens et les itinéraires transitant par la Méditerranée. Veuillez noter que, bien que les paires de ports O-D soient identifiées, ces routes sont destinées à être représentatives et non normatives. Les itinéraires à l'intérieur, à destination, à travers et autour de la mer Méditerranée sont nombreux et variés, la totalité des paires O-D étant impossible à modéliser.

Tableau 10.3-1 : Distances en eau, sur route et sur rail entre les paires origine - destination (km)

Origine	Destination	Distance eau (km)			Distance ferroviaire (km)	Distance sur route (km)
		In-Med	Ex-Med	Total		
Port Saïd	Gibraltar	3 591	0	3 591	S/O	7 431
Algesiras	Fos-sur-Mer	1 367	0	1 367	1 997	1 781
Algesiras	Koper	3 126	0	3 126	3 283	3 007
Gênes	Gioia Tauro	909	0	909	1 277	1 348
Koper	Port franc de Malte	1 422	0	1 422	S/O	1 955
Koper	Singapour	2 471	9 325	11 795	S/O	12 987
Port Saïd	Koper	2 471	0	2 471	S/O	3 498
Lisbonne	Djeddah	3 591	1 917	5 508	S/O	8 602
Le Pirée	Limassol	983	0	983	S/O	2 633
Port Saïd	Beyrouth	432	0	432	S/O	710
Shanghai	Rotterdam	3 591	15 964	19 555	15 267	10 881
Shanghai	Fos-sur-Mer	2 895	13 386	16 281	15 983	11 671
Port Saïd	Fos-sur-Mer	2 895	0	2 895	S/O	4 413
Singapour	New York	3 591	15 177	18 768	S/O	S/O
Tanger	Oran	485	0	485	1 022	745
Tanger	Tunis	1 515	0	1 515	2 531	2 221
Thessalonique	Le Pirée	500	0	500	597	580
Xiamen	Beyrouth	432	12 323	12 755	13 966	S/O

10.4 Prix des produits de base

Les prix des matières premières sont disponibles auprès de la CNUCED, tel qu'indiqué dans le **Tableau 10.4-1**. Ces prix représentent une gamme de produits communs à différents points d'extrémité économiques, des matières premières à la fabrication, en passant par la construction et la production textiles, jusqu'aux prix alimentaires. Les produits sont indiqués dans leurs prix unitaires en USD et convertis en prix par tonne métrique aux fins de comparaisons unitaires entre les produits. Les conversions de masse unitaire sont simples et la masse d'une feuille de contreplaqué de Lauan de 91 cm x 182 cm x 4 mm a été estimé à 3 kg.

Tableau 10.4-1. Certains prix d'aliments, de boissons et de produits de base (2019) énumérés par la CNUCED

Marchandise	Unité	Coût unitaire	Prix (\$/TM)
Saumon, frais, de pisciculture, prix à l'exportation, Norvège	(\$/kg)	6,94	6 940,0 \$
Bananes, Amérique centrale et du Sud, FOT, prix à l'importation aux États-Unis	(\$/kg)	1,14	1 140,0 \$
Café, autres Arabicas doux, ex-dock EU	(\$/lb)	125,52	2 767,2 \$
Thé, Kenya Mombasa / Nairobi, prix de vente aux enchères	(\$/kg)	2,2	2 200,0 \$
Tabac, non manufacturé, valeur unitaire d'importation aux États-Unis	(\$/TM)	4 578,65	4 578,7 \$
Roche phosphatée, Khouribga, 70 % BPL, contrat, FAS Casablanca	(\$/TM)	87,95	88,0 \$
Zinc, Prime Western, livré, Amérique du Nord	(\$/lb)	124,13	2 736,6 \$
Caoutchouc, TSR 20, New York CIF	(\$/TM)	1 662,17	1 662,2 \$
Contreplaqué, Afrique et Asie du Sud-est, Lauan, 3 plis, 91 cm x 182 cm x 4 mm, en gros Tokyo*	(\$/feuille)	500,93	1 669,8 \$
Laine fine, 19 microns, prix aux enchères AWEX, Australie	(\$/TM)	14 183,23	14 183,2 \$

* il est estimé qu'une feuille de contreplaqué de 4 mm = 3 kg

10.5 Modélisation des effets socio-économiques

La présente section décrit l'approche méthodologique pour présenter la consommation de carburant et les changements dans les coûts de carburant, identifier les voies et les couloirs de navigation principaux, évaluer le potentiel de changement modal et les coûts économiques influent sur les tarifs de fret maritime et communiquer des signes économiques éventuels liés à un changement modal.

Les méthodes utilisées par la présente analyse se fondent sur les principes économiques suivants :

- i) les changements de coûts peuvent se répercuter sur les tarifs que les fournisseurs présentent aux demandeurs, c'est-à-dire que les coûts des fournisseurs sont transmis aux acheteurs intégrés aux prix du marché ; et
- ii) la demande peut être affectée lorsque le signal de prix change conjointement à l'élasticité de la demande pour le service de transport et / ou pour le produit livré.

Trois étapes d'analyse sont disponibles pour évaluer l'impact socio-économique des changements de prix résultant de l'adoption de carburants ECA SO_x Med conformes aux limites de 0,10 % S m/m. La présente section décrit chacune de ces trois étapes. Tout d'abord, l'effet relatif du prix du carburant est évalué en termes de frais de voyage, se rapportant au modèle de coût EERA (**Section 10.5.1**). La deuxième étape consiste à examiner comment les taux de fret, qui comprennent généralement les services et le transport, en sus des frais de voyage d'origine hydrique, peuvent être affectés par les changements des frais de voyage. Pour ce faire, nous assemblons des données publiées sur les taux de fret et évaluons la façon dont les frais de voyage sont répercutés dans les taux de fret (**Section 10.5.2**). Troisièmement, les taux de fret intégrés dans les prix d'achat d'une marchandise ou d'un produit doivent être évalués en fonction de la variation directe potentielle des prix du produit et de la possibilité d'effets indirects sur la demande de consommation (**Section 10.6**).

10.5.1 Évaluation des frais de voyage

L'EERA a appliqué son modèle aux coûts des navires et des modes alternatifs dans le cadre de scénarios de fluctuations du coût du carburant (Winebrake et al., 2010)^{48,49}. L'évaluation de l'évolution des coûts du carburant pour le transport maritime permet une comparaison avec les statistiques de ceux liés aux modes de transport terrestres, y compris le transport par camion et par chemin de fer.

Les données relatives à la consommation de carburant et au prix du carburant sont utilisées dans le modèle de coût pour éclairer les taux de fret basés sur les coûts. Les carburants marins peuvent représenter 30 à 50 % des frais de voyage en fonction des dépenses d'équipement des navires. Les carburants marins ont également fait preuve d'une grande volatilité au cours des dernières années, en grande partie liée à la fluctuation des prix du pétrole brut. Pour le fret routier, le carburant représente environ 20 à 25 % des frais de déplacement des camions⁵⁰ et environ 40 à 45 % des coûts ferroviaires⁵¹. En outre, les taux de fret fondés sur les coûts de transport incluent la répartition par cargaison des frais de transfert liés au chargement / déchargement (manutention de fret) et à l'entreposage ; les taux de fret articulés autour d'un système de prime en fonction de la demande seraient plus élevés que les taux de fret se basant sur les coûts. En outre, les taux de fret varient selon les marchandises en fonction de la densité des cargaisons, de l'utilisation de l'espace de la charge utile, du transport de denrées périssables, etc. Ce qui est important, c'est de noter que le fait d'ajouter davantage d'éléments de coût réduit les effets du prix du carburant. Les prix des carburants indiqués dans la **Section 9.2.5** sont appliqués dans un cas de base (en utilisant les prix du carburant à 0,50 % S m/m) et dans le cadre de l'ECA SO_x Med (en utilisant les prix du carburant à 0,10 % S m/m). Ce coût supplémentaire du carburant est ensuite rajouté aux frais estimés du voyage pour apprécier le coût du nouveau voyage dans des conditions d'ECA SO_x Med.

En utilisant un ratio de prix du carburant de 1,29 (qui représente une différence de 29 % des prix observés entre 0,50 % de carburant S m/m et 0,10 % de carburant S m/m au cours des derniers mois de 2020), les coûts typiques du carburant représentent environ 22 % à 38 % des coûts quotidiens de voyage pour les navires porte-conteneurs et moins pour les navires de transport en vrac (**Tableau 10.5-1**).

On relève que les frais de voyage par tonne-km estimés selon le modèle de coût de l'EERA, coïncident avec d'autres travaux, comme le Tableau 6 du Rapport COMPETE (Maibach, Martin & Sutter, 2006) ; (Maibach, Martin et al. 2006) qui indique les coûts du transport maritime à courte distance par tonne- km. L'analyse de sensibilité de l'impact sur les coûts est présentée dans le **Tableau 10.5-2** où le prix de base du carburant varie de 150 \$ à 700 \$ la tonne de carburant (colonne de gauche), et le ratio de prix du carburant ECA SO_x Med entre 0,10 % S m/m et 0,50 % S m/m varie d'identique au double du prix du carburant de base.

⁴⁸ <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/study-impacts-compliance-eca-fuel-sulfur-limits-us>.

⁴⁹ <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/designation-north-american-emission-control-area-marine#Great-lakes>.

⁵⁰ <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc114409.pdf>.

⁵¹ https://ec.europa.eu/ten/transport/studies/doc/compete/compete_report_en.pdf et documents connexes https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/studies/ten_t_en.

Tableau 10.5-1. Estimation du coût quotidien du carburant de voyage et augmentation du coût en utilisant un ratio ECA carburant / prix de 1,29

Navire	Prix du carburant	Conteneur2 800 EVP	Conteneur4 800 EVP	Conteneur10 000 EVP	Vrac 30 000 DWT
Frais de voyage de base USD par tonne-km		0,0022 \$	0,0021 \$	0,0012 \$	0,00079 \$
Coût du carburant en pourcentage des frais quotidiens de voyage	Cas de base (Prix médian en 2020)	37 %	56 %	53 %	25 %
	Cas ECA SO _x Med 1,29 x Base	43 %	62 %	59 %	30 %
Augmentation des frais de voyage USD par tonne-km		0,0025 \$	0,0026 \$	0,0014 \$	0,00084 \$
Variation en pourcentage des frais voyage avec le carburant conforme aux normes ECA SO_x Med		10,6 %	16,2 %	15,2 %	7,1 %

Tableau 10.5-2. Rapport entre l'augmentation des frais de voyage (valeurs du tableau en pourcentage), le prix de base du carburant (colonne) et le ratio du prix du carburant ECA (ligne) en utilisant comme exemple le conteneur EVP du Tableau 10.5-1

Ratio de prix / Prix de base	1	1,2	1,29	1,4	1,6	1,8	2
150 \$	0,0 %	6,5 %	9,4 %	13,1 %	19,6 %	26,1 %	32,7 %
200 \$	0,0 %	7,9 %	11,3 %	15,7 %	23,6 %	31,4 %	39,3 %
250 \$	0,0 %	8,9 %	12,9 %	17,9 %	26,8 %	35,8 %	44,7 %
300 \$	0,0 %	9,8 %	14,2 %	19,7 %	29,5 %	39,4 %	49,2 %
344 \$	0,0 %	10,5 %	15,2 %	21,1 %	31,6 %	42,1 %	52,7 %
350 \$	0,0 %	10,6 %	15,3 %	21,2 %	31,8 %	42,5 %	53,1 %
400 \$	0,0 %	11,3 %	16,2 %	22,6 %	33,8 %	45,1 %	56,4 %
450 \$	0,0 %	11,9 %	17,1 %	23,7 %	35,6 %	47,4 %	59,3 %
500 \$	0,0 %	12,4 %	17,8 %	24,7 %	37,1 %	49,4 %	61,8 %
550 \$	0,0 %	12,8 %	18,4 %	25,6 %	38,4 %	51,2 %	64,0 %
600 \$	0,0 %	13,2 %	19,0 %	26,4 %	39,6 %	52,8 %	66,0 %
650 \$	0,0 %	13,6 %	19,5 %	27,1 %	40,7 %	54,2 %	67,8 %
700 \$	0,0 %	13,9 %	20,0 %	27,7 %	41,6 %	55,5 %	69,4 %

10.5.2 Évaluation des taux de fret maritime

Alors que les augmentations des frais de voyage sont estimées entre 7,1 – 16,2 %, l'augmentation en pourcentage des taux de fret associée à l'ECA SO_x Med proposée est modeste, oscillant entre 0,3 % à 1,4 % dans les estimations moyennes, selon le produit (**Tableau 10.5-3**). Les effets sur les produits de base peuvent varier de manière plus considérable dans la gamme de prix observée pour le groupe de produits, tel qu'illustré au **Tableau 10.5-4**.

Tableau 10.5-3. Augmentation en pourcentage des CTM en raison de la hausse des coûts du carburant par groupe de marchandise et type de navire

USD par tonne-km	Agriculture			Fabrication			Matière première
	Combiné	Conteneurs	Vrac propre	Combiné	Conteneurs	Vrac sale	
10e centile	2,5 %	2,1 %	0,4 %	4,9 %	1,9 %	1,3 %	1,4 %
25e centile	2,0 %	1,8 %	0,4 %	1,1 %	0,9 %	1,3 %	0,8 %
Médiane	1,4 %	1,4 %	0,3 %	0,5 %	0,5 %	0,9 %	0,4 %
75e centile	1,1 %	1,1 %	0,3 %	0,4 %	0,4 %	0,8 %	0,3 %
90e centile	0,8 %	0,9 %	0,1 %	0,3 %	0,3 %	0,6 %	0,3 %

Tableau 10.5-4. Impact du coût du carburant sur les CTA par type de navire pour une gamme de produits sélectionnés

Marchandise	CTM par type de navire (Moyenne USD par tonne-km)		
	Vrac propre	Conteneurs	Vrac sale
Agriculture générale	0,1 %	0,9 %	
07, Légumes comestibles et certaines racines et tubercules		1,0 %	
08, Fruits comestibles, noix, écorces d'agrumes, melons		0,7 %	
09, Café, thé, maté et épices		0,9 %	
10, Céréales	0,2 %		
12, Graines oléagineuses, fruits oléagiques, céréales, graines, fruits, etc., ne	0,1 %		
19, Céréales, farine, amidon, préparations et produits laitiers		0,9 %	
22, Boissons, spiritueux et vinaigre		1,2 %	
Fabrication générale		0,3 %	0,9 %
31, Engrais			0,9 %
47, Pâte de bois, matières fibreuses cellulosiques, déchets, etc.		1,6 %	
48, Papier et carton, pâtes		0,8 %	
52, Coton		0,5 %	
61, Vêtements, accessoires, tricot ou crochet		0,2 %	
62, Articles vestimentaires, accessoires, non tricotés ou en crochet		0,2 %	
64, Chaussures, guêtres et articles similaires, leurs pièces		0,2 %	
73, Articles en fer ou en acier		0,7 %	
84, Réacteurs nucléaires, chaudières, machines, etc.		0,5 %	
85, Équipement électrique et électronique		0,4 %	
87, Véhicules autres que chemin de fer, tramway		0,4 %	
95, Jouets, jeux, articles de sport		0,3 %	
Matière première générale			0,4 %
25, Sel, soufre, terre, pierre, plâtre, chaux, et ciment			0,5 %
72, Fer et acier			0,4 %

10.5.3 Possibilité de changement modal

La présente analyse ne relève aucune preuve concluante quant à une quelconque pression exercée pour un changement de mode de transport par le biais des frais de voyage associés à l'ECA SO_x Med proposée.

Comme le montrent le **Tableau 10.1-2** et le **Tableau 10.2-1**, les CTM maritimes sont inférieurs aux coûts terrestres, par chemin de fer ou par camion. Les navires bénéficient d'importantes économies d'échelle, déplaçant efficacement des dizaines de milliers de conteneurs ou des tonnes de fret le long de routes hydriques. L'ECA SO_x Med proposée implique une modification des CTM de l'ordre de 0,3

% à 1,4 % par tonne-km de cargaison. Le changement de coût total maximum estimé, pour le transit complet de la Méditerranée depuis l'entrée du canal de Suez à Port Saïd jusqu'au détroit de Gibraltar, est de 1,31 \$ la tonne de cargaison (**Tableau 10.5-5**). Pour les segments d'itinéraire plus courts à l'intérieur de la Méditerranée, la variation estimée des coûts est proportionnellement plus faible. Il en va de même concernant les changements de l'échelle des coûts par rapport aux modifications des distances de transit des navires dans l'ECA SO_x Med proposée.

Tableau 10.5-5 : Taux de fret de base entre les paires origine – destination (USD/tonne de fret)

Origine	Destination	Agriculture	Fabrication	Matière première	Changement de coût avec des carburants respectant la limite de 0,10 % S m/m
Port Saïd	Gibraltar	90,86 \$	265,66 \$	46,11 \$	1,31 \$
Algesiras	Fos-sur-Mer	34,58 \$	101,11 \$	17,55 \$	0,50 \$
Algesiras	Koper	79,10 \$	231,27 \$	40,14 \$	1,14 \$
Gênes	Gioia Tauro	23,01 \$	67,27 \$	11,68 \$	0,33 \$
Koper	Port franc de Malte	35,99 \$	105,22 \$	18,26 \$	0,52 \$
Koper	Singapour	298,46 \$	872,61 \$	151,46 \$	0,90 \$
Port Saïd	Koper	62,51 \$	182,77 \$	31,72 \$	0,90 \$
Lisbonne	Djeddah	139,37 \$	407,46 \$	70,72 \$	1,31 \$
Pirée	Limassol	24,88 \$	72,75 \$	12,63 \$	0,36 \$
Port Saïd	Beyrouth	10,92 \$	31,92 \$	5,54 \$	0,16 \$
Shanghai	Rotterdam	494,81 \$	1 446,68 \$	251,10 \$	1,31 \$
Shanghai	Fos-sur-Mer	411,96 \$	1 204,44 \$	209,06 \$	1,05 \$
Port Saïd	Fos-sur-Mer	73,24 \$	214,14 \$	37,17 \$	1,05 \$
Singapour	New York	474,90 \$	1 388,45 \$	241,00 \$	1,31 \$
Tanger	Oran	12,28 \$	35,90 \$	6,23 \$	0,18 \$
Tanger	Tunis	38,33 \$	112,07 \$	19,45 \$	0,55 \$
Thessalonique	Pirée	12,65 \$	36,99 \$	6,42 \$	0,18 \$
Xiamen	Beyrouth	322,74 \$	943,58 \$	163,78 \$	0,16 \$

Compte tenu de ces coûts plus élevés propres aux navires intégrés dans les taux de fret et en les comparant au mode terrestre le moins coûteux, tous les itinéraires étudiés montrent que la route hydrique reste l'option la moins coûteuse par rapport à la route alternative entièrement terrestre la moins coûteuse (**Tableau 10.5-6**).

L'analyse de l'augmentation des taux de fret maritimes nécessaires pour rompre avec l'alternative d'un transport intégralement sur terre à moindre coût, c'est-à-dire le point à partir duquel le changement modal devient économiquement faisable, est présentée dans le **Tableau 10.5-7**. Ces estimations montrent que les taux de fret maritime doivent être entre 1,6 fois à 32,3 fois plus chers pour que l'alternative terrestre devienne économiquement réalisable. Les rapports sont généralement plus faibles pour les marchandises fabriquées, normalement transportées en mode conteneurisé, allant de 1,6 à 4,3. Ainsi, les coûts de transport conteneurisé devraient être entre 1,6 fois et 4,3 plus chers pour que les modes de transport intégralement sur terre deviennent réalisables. Les taux de rentabilité des matières premières et de l'agriculture sont considérablement plus élevés, ce qui rend moins réaliste le passage du mode des navires en vrac aux alternatives de transport intégralement sur terre que pour les marchandises conteneurisées.

Compte tenu des variations estimées des prix du carburant associées à l'ECA SO_x Med proposée, les recherches effectuées ne relèvent aucune preuve concluante venant étayer un potentiel changement de modal.

Tableau 10.5-6 : Coûts de transport plus élevés entre les paires O-D par rapport au mode terrestre (USD/tonne de fret)

Origine	Destination	Agriculture	Fabrication	Matière première	Coût du transport terrestre	Mode alternatif
Port Saïd	Gibraltar	92,17 \$	266,97 \$	47,42 \$	1 151,81	Route
Algesiras	Fos-sur-Mer	35,08 \$	101,61 \$	18,05 \$	276,06	Route
Algesiras	Koper	80,24 \$	232,41 \$	41,28 \$	466,09	Route
Gênes	Gioia Tauro	23,34 \$	67,60 \$	12,01 \$	197,94	Rail
Koper	Port franc de Malte	36,51 \$	105,74 \$	18,78 \$	303,03	Route
Koper	Singapour	299,36 \$	873,51 \$	152,36 \$	2 012,99	Route
Port Saïd	Koper	63,41 \$	183,67 \$	32,62 \$	542,19	Route
Lisbonne	Djeddah	140,68 \$	408,77 \$	72,03 \$	1 333,31	Route
Pirée	Limassol	25,24 \$	73,11 \$	12,99 \$	408,12	Route
Port Saïd	Beyrouth	11,08 \$	32,08 \$	5,70 \$	110,05	Route
Shanghai	Rotterdam	496,12 \$	1 447,98 \$	252,41 \$	2 366,39	Rail
Shanghai	Fos-sur-Mer	413,02 \$	1 205,50 \$	210,11 \$	2 477,37	Rail
Port Saïd	Fos-sur-Mer	74,30 \$	215,20 \$	38,22 \$	684,02	Route
Singapour	New York	476,21 \$	1 389,75 \$	242,30 \$	AUCUN	
Tanger	Oran	12,45 \$	36,07 \$	6,41 \$	115,48	Route
Tanger	Tunis	38,88 \$	112,63 \$	20,00 \$	344,26	Route
Thessalonique	Le Pirée	12,83 \$	37,17 \$	6,60 \$	89,90	Route
Xiamen	Beyrouth	322,89 \$	943,74 \$	163,94 \$	2 164,73	Rail

Tableau 10.5-7 : Seuil de rentabilité des taux de fret entre les paires origine – destination (USD/tonne de fret)

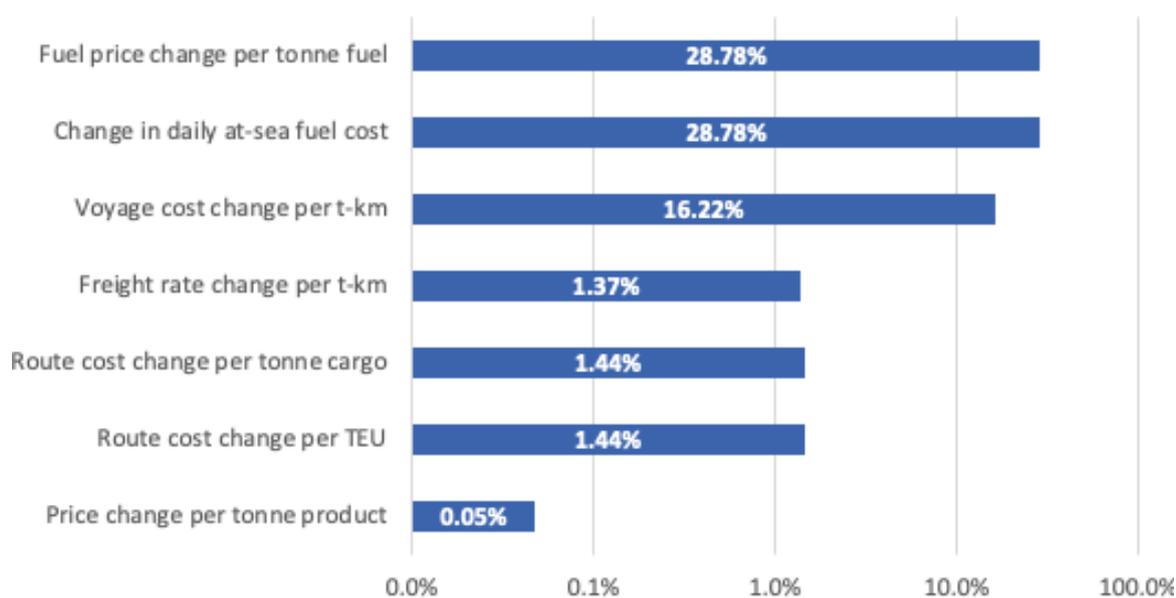
Origine	Destination	Taux de seuil de rentabilité CTM (USD/t-km)	Seuils de rentabilité des taux de fret spécifiques à un itinéraire nécessaires pour égaliser les coûts du mode terrestre		
			Agriculture	Fabrication	Matières premières
Port Saïd	Gibraltar	0,3207	12,7	4,3	25,0
Algesiras	Fos-sur-Mer	0,2020	8,0	2,7	15,7
Algesiras	Koper	0,1491	5,9	2,0	11,6
Gênes	Gioia Tauro	0,2177	8,6	2,9	17,0
Koper	Port franc de Malte	0,2130	Non applicable		
Koper	Singapour	0,1707	6,7	2,3	13,3
Port Saïd	Koper	0,2195	8,7	3,0	17,1
Lisbonne	Djeddah	0,2421	9,6	3,3	18,9
Pirée	Limassol	0,4150	Non applicable		
Port Saïd	Beyrouth	0,2550	10,1	3,4	19,9
Shanghai	Rotterdam	0,1210	4,8	1,6	9,4
Shanghai	Fos-sur-Mer	0,1522	6,0	2,1	11,9
Port Saïd	Fos-sur-Mer	0,2363	9,3	3,2	18,4
Singapour	New York	AUCUN	Non applicable		
Tanger	Oran	0,2380	9,4	3,2	18,5
Tanger	Tunis	0,2272	9,0	3,1	17,7
Thessalonique	Pirée	0,1798	7,1	2,4	14,0
Xiamen	Beyrouth	0,1697	6,7	2,3	13,2

10.6 Effets sur les prix des marchandises et des produits

10.6.1 Impact du prix du carburant sur le service de fret vers les régions éloignées et communautés de l'île

L'analyse des impacts des régions éloignées et des communautés insulaires s'articule autour de l'analyse des changements de taux du fret maritime. Le déplacement modal n'est pas une option pour les régions éloignées ou insulaires, car les connexions intermodales n'existent pas ou sont limitées. Ainsi, tous les mouvements de marchandises doivent se faire par mer ou par air. Les coûts supplémentaires du transport maritime de marchandises sont discutés à la **Section 10.5.3**, et nous ne trouvons aucune preuve venant étayer la possibilité d'un changement modal. L'examen réalisé en **Section 10.6** fournit la preuve que le transport de marchandises desservant les îles et les régions éloignées ne sera pas affecté de façon disproportionnée par la variation des coûts découlant de la désignation de l'ECA SO_x Med.

Un exemple utilisant un produit de base, le café, transporté par un navire porte-conteneur, peut démontrer l'effet en cascade des changements de prix du carburant. Dans le **Tableau 10.6-1** et dans le **Graphique 10.6-1**, nous suivons le changement du prix à la tonne du carburant de 99 \$ la tonne : de 344 \$ pour un carburant respectant la valeur seuil de 0,50 % S m/m à 443 \$ pour un carburant respectant celle de 0,10% S m/m. Le prix du carburant augmente d'environ 29 %, ce qui représente une augmentation d'environ 16 % des frais quotidiens de voyage en mer (Voir le **Tableau 10.5-1** dans la **Section 10.5.1**). L'ajout de l'augmentation des frais de voyage aux taux de fret médians (voir le **Tableau 10.5-3** dans la **Section 10.5.2**) augmente les taux de fret pour le transport de cargaisons agricoles comme le café d'environ 1,4 %. Étant donné que le café par tonne coûte plus de 2 700 \$ la tonne (voir le **Tableau 10.4.1** dans la **Section 10.4**) la variation du prix du carburant par tonne de café est inférieure à un dixième de pour cent (0,05 %).



Graphique 10.6-1. Exemple pour le prix du café de carburant intégré dans les frais de voyage, les taux de fret, les coûts routiers et les prix des produits

Tableau 10.6-1. Exemple pour le café de la manière dont le prix du carburant modifie les frais de voyage, les taux de fret, le coût de l'itinéraire et le prix du produit

Différents contextes pour l'effet de prix	Changement de prix / coût	Unité	Pourcentage du coût
Changement du prix du carburant par tonne de carburant	99 \$	USD/tonne	28,78 %
Changement du coût quotidien du carburant en mer	20 356 \$	USD/jour	28,78 %
Changement des frais de voyage par t-km	0,00036 \$	USD/t-km	16,22 %
Changement des taux de fret par t-km	0,00036 \$	USD/t-km	1,37 %
Changement de coût d'itinéraire par tonne de cargaison	1,31 \$	USD/tonne de fret	1,44 %
Changement du coût d'itinéraire par EVP	13,08 \$	USD/EVP	1,44 %
Changement du prix par tonne de produit	1,31 \$	USD/tonne de produit	0,05 %

10.6.2 Impact du prix du carburant sur le service aux passagers dans les régions éloignées et communautés de l'île

L'analyse des impacts des régions éloignées et des communautés insulaires s'articule autour de l'analyse des changements relatifs aux coûts des passagers. Le déplacement modal n'est pas une option pour les régions éloignées ou insulaires, car les connexions intermodales n'existent pas ou sont limitées. Par conséquent, tous les mouvements de passagers doivent se faire par mer ou par air. Sur la base des données développées à la **Section 10.1.2**, nous évaluons si le transport de passagers desservant les îles et les régions éloignées peut être affecté de manière disproportionnée par la variation des coûts associés à l'ECA SO_x Med.

Les ferries, y compris les navires mixtes, circulent le long de nombreux itinéraires en mer Méditerranée, tel qu'illustré par le **Graphique 10.1-2** et le **Graphique 10.1-3**. Comme l'indique l'intensité des émissions consignées dans les deux graphiques, les navires mixtes émettent beaucoup plus de CO₂ et consomment donc de plus grandes quantités de carburant. La présente section analyse un ensemble de dix itinéraires de ferries dans la mer Méditerranée. Les itinéraires de ferries analysés ont été choisis au titre des trajets entre le continent et les îles, inter-îles et le long de la côte. Les prix d'un aller simple pour un adulte unique ont été récupérés à partir des tarifs publiés pour chacun des itinéraires indiqués dans le **Tableau 10.6.2**.

Ces estimations montrent que le prix des ferries est susceptible d'augmenter de 0,8 à 2,1 € par billet, soit une hausse de 0,8 % à 5,0 % par passager. La doctrine indique que l'élasticité-prix de la demande pour le voyage en ferry est significative et rigide, avec un coefficient de 0,3 (Adler, Dehghani & Gihring, 2010). Ainsi, en utilisant l'équation d'élasticité de la demande (Équation 1), nous pouvons estimer que la demande de transport par ferry peut être affectée à hauteur de 0,25% sur le trajet Marseille-Alger, de 1,49% sur le trajet Naples-Cagliari, et de 1,45% sur le trajet Famagusa-Mersin, toutes choses égales par ailleurs. L'interprétation de ces coefficients démontre la relation inélastique entre le transport par ferry et les prix des billets, la demande changeant de façon disproportionnée et moins que les augmentations de prix estimées.

Tableau 10.6-2 : Les itinéraires, les distances, les prix et le prix des billets de ferry changent avec le passage à un carburant respectant la valeur limite de 0,10 % S m/m

Itinéraire du traversier	Distance (MN)	Coût aller simple (EUR)	Passagers	Modification du prix du billet (EUR)	% de changement
Naples - Cagliari	282	42,41	1 845	2,1	5,0 %
Barcelone - Porto Torres	307	35	2 794	1,4	4,0 %
Marseille - Alger	421	198	2 400	1,6	0,8 %
Le Pirée - Paros	107	33	1 715	0,8	2,5 %
Le Pirée - Kos	203	52,5	2 000	1,1	2,1 %
Le Pirée - Rhodes	256	61,5	2 000	1,1	1,8 %
La Valette - Pozzallo	53	68	1 120	0,2	0,3 %
Mykonos - Naxos	26	14,5	2 400	0,02	0,1 %
Famagusa - Mersin	112	42,93	343	0,6	1,5 %
Barcelone - Gênes	352	49	2 230	1,7	3,5 %

Parmi les routes étudiées, le trajet inter-îles entre Mykonos et Naxos représente le plus petit changement de prix, en termes absolus, et le plus petit changement de prix en pourcentage.

Alors que le tableau ci-dessus inclut les variations de prix estimées sur un ensemble de routes entre des paires de ports spécifiques, les routes ont été sélectionnées pour être représentatives de l'ensemble possible de trajets effectués par les ferries en Méditerranée. Les trajets indiqués dans le **Tableau 10.6-2** comprennent à la fois les routes continent – île et les routes inter-îles, représentatives de toute la Méditerranée – elles peuvent être utilisées pour comparer les changements attendus des coûts entre les routes avec des paramètres similaires.

Les trajets en ferry le long de la côte, comme la route Barcelone – Gênes, sont présentés dans le **Graphique 10.1-2**. L'économie des coûts de transport terrestre signifie que le transport hydrique par ferry propose en général le trajet le plus économique, pour des distances de transport équivalentes. Les données du **Tableau 10.2-1** montrent que le transport en autocar coûte en général environ 0,10 \$ par p-km. Les données du **Tableau 10.6-2** montrent qu'un trajet en ferry sur la route Barcelone – Gênes coûte 0,0895 dollars par p-km (en supposant que 1 dollar = 0,84 euros), avec des changements de prix estimés qui devraient porter le coût du voyage à 0,0926 dollars par p-km. Tel qu'indiqué, cet écart de prix par rapport à l'ECA SO_x Med proposée est faible en termes de prix absolu et de prix par p-km, et il est peu probable qu'il induise un changement modal vers une voie alternative terrestre.

Pour les îles et les régions éloignées, le transport aérien offre la seule option au transport maritime pour le transit des passagers à destination et en provenance de ces régions. Les prix des vols sont généralement plus variables que les prix des ferries, répondant de manière dynamique aux changements de la demande en réaffectant les ressources aux itinéraires à forte demande et prioritaires. D'autre part, les ferries effectuent généralement des opérations de transit, avec des horaires et des ressources fixes permettant des prix plus stables.

Un examen des tarifs aériens⁵² entre les îles grecques montre que les prix des vols entre Athènes et Paros, Kos et Rhodes étaient respectivement de 97 \$, 66 \$ et 57 \$ (80,6 €, 54,9 € et 47,4 €). Les vols au départ d'Athènes et à destination de Paros et Kos sont plus chers que les lignes de ferry respectives, tandis que le ferry de Rhodes est plus cher que le tarif aérien correspondant. Il est important de tenir compte du fait que la sélection du mode de transport pour les passagers dépend d'un ensemble de facteurs en plus du prix, y compris la durée du trajet, la disponibilité de l'itinéraire, la commodité et la capacité (à savoir le transport de véhicules). Compte tenu du prix de trajet, les variations estimées des prix des ferries en raison de l'ECA SO_x Med n'induisent pas de passage modal dans une quelconque des routes étudiées.

10.7 Élasticité de la demande par rapport au prix pour les biens et produits de base

L'élasticité de la demande par rapport au prix (DEP) mesure l'évolution de la quantité d'un bien demandé lorsque le prix de ce bien change : elle peut ainsi être considérée comme le rapport entre le pourcentage de variation de la demande en quantité et le pourcentage de variation du prix du bien. La DEP est évaluée sur la base de la formule en équation où $e_{(p)}$ représente l'élasticité de la demande par rapport au prix, Q la quantité du bien demandé et P le prix du bien.

Équation 1 : Élasticité de la demande par rapport au prix

$$e_{(p)} = \frac{dQ/Q}{dP/P}$$

⁵² Aller simple, classe économique, passager unique, billet 21 jours à l'avance, vol le moins cher du jour en mars 2021.

L'élasticité de la demande par rapport au prix est généralement négative : lorsque le prix d'un bien augmente, la quantité demandée diminue, en vertu de la loi de la demande. Traditionnellement, bien que les estimations de l'élasticité de la demande par rapport au prix soient généralement négatives, les coefficients de l'élasticité de la demande par rapport au prix sont généralement présentés comme positifs, en omettant le signe négatif sur le coefficient. Pour les marchandises qui présentent une demande élastique, la variation de quantité demandée est proportionnelle, ou plus que proportionnelle, à la variation de prix, et l'élasticité est supérieure ou égale à 1. Pour les marchandises qui présentent une demande inélastique, la variation de la quantité demandée change moins que proportionnellement à la variation du prix, et l'élasticité est inférieure à 1.

Le Département de l'agriculture des États-Unis (USDA / United States Department of Agriculture) donne accès à un ensemble de produits présentant une demande élastique par le biais de sa base de données sur l'élasticité des produits et des aliments. Ces données comprennent les élasticités pour 115 pays, y compris pour 8 groupes de produits dans 13 pays qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone. Ces produits et leur élasticité sont présentés dans **Tableau 10.7-1** et le **Graphique 10.7-**

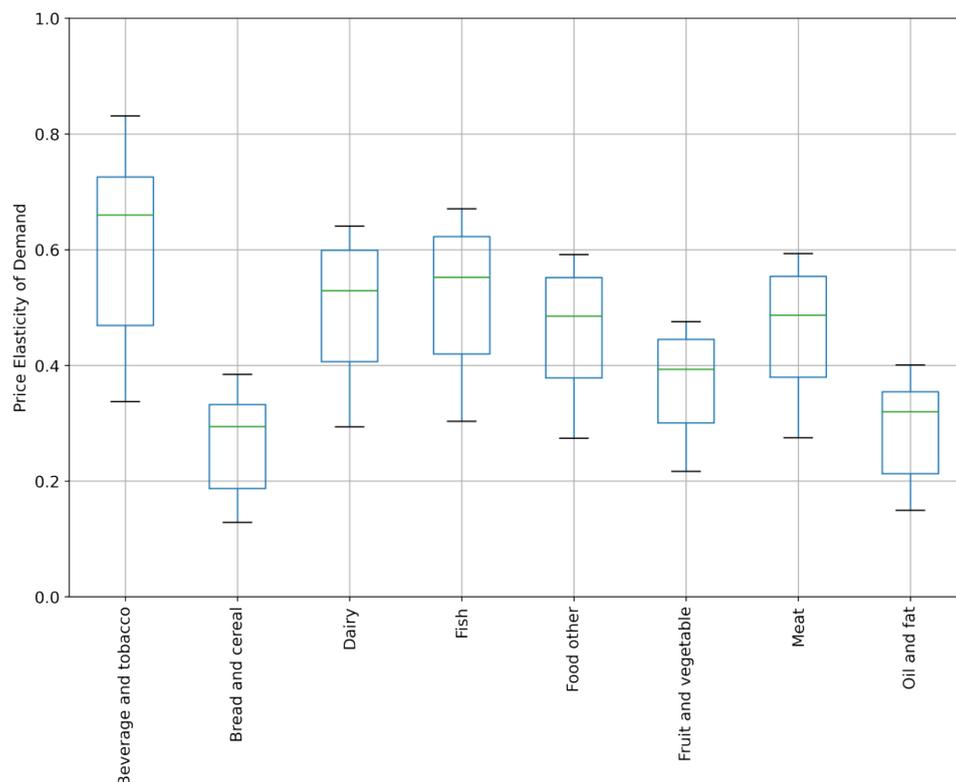
1. Les données relatives à l'élasticité de l'USDA sont complétées par des estimations compilées par Fally et Sayre, 2018 pour des produits supplémentaires (**Tableau 10.7-2**). Aux fins de la présente analyse, l'élasticité de la limite supérieure est supposée être une estimation prudente de l'effet maximal possible sur la demande de biens et de produits de base conformément aux coûts accrus associés à l'ECA SO_x Med proposée.

Tableau 10.7-1. Élasticité de la demande en fonction du prix de 8 groupes de produits alimentaires et de boissons dans les États riverains de la mer Méditerranée qui sont Parties contractantes à la Convention de Barcelone (source : USDA)

	Boissons et tabac	Pain et céréales	Produits laitiers	Poisson	Autre nourriture	Fruits et légumes	Viande	Huile et graisses
Quantité	13 000	13 000	13 000	13 000	13 000	13 000	13 000	13 000
Moyenne	0,594	0,259	0,493	0,512	0,456	0,366	0,457	0,281
Standard	0,171	0,091	0,126	0,133	0,113	0,094	0,114	0,090
Min	0,337	0,129	0,294	0,303	0,274	0,217	0,275	0,150
25 %	0,469	0,187	0,407	0,420	0,379	0,300	0,380	0,213
50 %	0,660	0,294	0,529	0,552	0,485	0,393	0,487	0,320
75 %	0,726	0,332	0,599	0,623	0,552	0,445	0,554	0,354
Max	0,831	0,385	0,641	0,671	0,591	0,476	0,593	0,401

Tableau 10.7-2. Élasticité de la demande en fonction du prix pour certains produits consommables et durables (Fally et Sayre, 2018)

Marchandise	Élasticité de la demande en fonction du prix
Bananes	-0,566 à -0,738
Cobalt	-0,029 à -0,5
Café	-0,07 à -0,54
Coton	-0,684
Manganèse	-0,1
Nickel	-0,038



Graphique 10.7-1 : Élasticité de demande en fonction du prix pour 8 groupes de produits disponibles dans les États riverains de la mer Méditerranée côtiers qui sont Parties contractantes à la Barcelone Convention

Tel qu'indiqué dans le **Tableau 10.5-5**, l'augmentation maximale des prix, le long de la route de Port Saïd à Gibraltar, une traversée complète de la Méditerranée, par tonne de cargaison est de 1,31 \$. En supposant que cette augmentation de prix de 1,31 \$/tonne soit entièrement répercuté sur le prix payé par l'utilisateur final du groupe de produits étudiés, l'évolution estimée de la demande est indiquée dans le **Tableau 10.7-3**. En appliquant l'élasticité maximale par groupe de produits, nous montrons que la plus grande variation de la demande concerne la roche phosphatée, où une baisse de la demande de l'ordre de 0,759 % est envisagée. La roche phosphatée, un ingrédient principal des engrais, est le coût par tonne métrique le plus bas sur la liste, donc les changements prévus dans le prix de trajet, par tonne de cargaison ont le plus grand effet sur le prix de la marchandise en termes de variation en pourcentage.

Toutes les variations estimées de la demande sont inférieures à 1 % et inférieures à 0,1 % dans l'ensemble des cas étudiés à l'exception de la roche phosphatée et de la banane. Comme nous l'avons vu précédemment, toutes les élasticités montrent une demande inélastique pour les marchandises et les produits examinés. Compte tenu de la demande inélastique et des variations relativement faibles des prix des produits de base estimées avec l'ECA SO_x Med, la variation prévue de la demande de biens et de produits de base est généralement très faible.

Tableau 10.7-3 : Variation estimée de la demande de produits de base selon la variation estimée de l'élasticité de la demande en fonction du prix

Marchandise	Prix (\$/TM)	Nouveau prix	% de changement de prix	Élasticité maximale	% de demande de changement
Saumon, frais	6 940,0	6 941,31	0,019 %	0,671	0,013 %
Bananes	1 140,0	1 141,31	0,115 %	0,738	0,085 %
Café	2 767,2	2 768,55	0,047 %	0,831	0,039 %
Thé	2 200,0	2 201,31	0,060 %	0,831	0,049 %
Tabac	4 578,7	4 579,96	0,029 %	0,831	0,024 %
Roche phosphatée	88,0	89,26	1,489 %	0,509	0,759 %
Zinc	2 736,6	2 737,90	0,048 %	0,5	0,024 %
Caoutchouc	1 662,2	1 663,48	0,079 %	0,91	0,072 %
Contreplaqué	1 669,8	1 671,08	0,078 %	0,91	0,071 %
Laine fine	14 183,2	14 184,54	0,009 %	0,684	0,006 %

10.8 Discussion sur les coûts totaux

En utilisant les prix des carburants les plus récents, les coûts supplémentaires estimés de l'ECA SO_x Med seraient de 1,761 milliards de dollars par an.

Parmi les États riverains de la mer Méditerranée, le débit des navires porte-conteneurs en 2019 était de 73,892 millions d'EVP. Par exemple, si tous les coûts supplémentaires de l'ECA SO_x Med étaient supportés par les navires porte-conteneurs, qui représentent 35 % de la consommation totale de carburant en Méditerranée, le coût supplémentaire par EVP serait de 8,30 \$/EVP ou de 0,83 \$/TM, en partant d'un postulat de 10 TM par EVP. Cet exemple montre les limites supérieures des coûts par tonne de fret conteneurisé, et est très cohérent par rapport aux résultats du **Tableau 10.5-5** dans la **Section**

10.5.3 qui rapportent des augmentations de coûts d'itinéraire spécifiques en moyenne 7,30 \$/EVP ou 0,73 \$/TM.

Les variations estimées des coûts de transport auront des effets transitoires à court et à long terme. À court terme, la variation de prix associée aux carburants respectant la limite de teneur en soufre de 0,10

%/m, affectera le marché de la même manière que les changements observés dans les prix des carburants ayant déjà eu lieu, en ajustant les taux de fret pour tenir compte de l'évolution des prix des carburants. Ces taux de fret sont intégrés dans les prix du marché pour les produits décrits à la **Section**

10.6. L'analyse montre que ces coûts ne sont pas importants, mais ils sont calculables, et la théorie économique suggère une gamme de réponses du marché autres que la baisse de la demande ou la substitution. On peut s'attendre à ce que les changements de coûts à long terme entraînent un ajustement du marché, qui pourrait inclure une réduction des coûts ailleurs dans la chaîne d'approvisionnement, des améliorations de l'efficacité de la manutention du fret et des innovations dans les procédures et technologies de transport, intermodal et de manutention du fret.

10.9 Résumé des coûts de réduction des émissions des navires

En conclusion, l'ECA SO_x Med permettra de réaliser efficacement des réductions d'émissions de SO_x et de PM aux coûts ayant été indiqués. Elle aura un impact économique raisonnable sur l'industrie maritime internationale. Par conséquent, la présente proposition répond au critère 3.1.8 de l'Appendice III de l'Annexe VI de MARPOL.

11 Références

Ces références renvoient à des références de l'étude de faisabilité technique et économique.

1. M. Sofiev et al., Des carburants plus propres impliquant des bénéfices pour la santé publique dans le cadre de compromis climatiques. *Nature Communications* **9**, 406 (2018).
2. Organisation internationale de normalisation (ISO). « Produits pétroliers (classe F) – Spécifications pour les carburants marins, ISO 8217 :2017 » sixième édition (ISO, Genève, Suisse, 2017).
3. Center for International Earth Science Information Network – CIESIN – Columbia University. (NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Palisades, NY 2016).
4. JJ Corbett et al. Mortalité due aux émissions provenant des navires : une évaluation globale. *Environmental Science and Technology-Colombus* **41**, 8512 (2007).
5. J.J. Winebrake, J.J. Corbett, E.H Green, A. Lauer, V. Eyring, Diminuer les impacts sur la santé de la pollution provenant du transport maritime océanique : Une évaluation des carburants renouvelables à faible teneur en soufre. *Environmental Science & Technology* **43**, 4776-4782 (2009).
6. B. Ostro, in *Le Fardeau environnemental des séries de maladies* (OMS, 2004), vol 5.
7. D.W Dockery et al., Corrélation entre la pollution de l'air et la mortalité dans six villes américaines. *New England Journal of Medicine* **329**, 1753-1759 (1993).
8. F. Laden, J Schwartz, F.E Speizer, D.W. Dockery, Réduction en fines particules, pollution de l'air et mortalité : suivi étendu de l'étude les six villes Harvard. *American journal of respiratory and critical care medicine* **173**, 667-672 (2006). **173**, 667-672.
9. C.A. Pope, 3rd et al. Cancer du poumon, mortalité cardiopulmonaire, et exposition à long terme aux particules fines de pollution atmosphérique. *Jama* **287**, 1132-1141 (2020).
10. J. Lepeule, F. Laden, D. Dockery, J. Schwartz, Exposition chronique aux fines particules et mortalité : un suivi étendu de l'étude les six villes Harvard de 1974 à 2009. *Environmental health perspectives* **120**, 965 (2012).
11. X.y Zheng et al. Association entre les polluants de l'air, salles d'urgence pour asthmatiques, les visites et les admissions à l'hôpital dans les séries d'études : un examen systématique et une méta-analyse. *PLoS One*, 10, e0138146(2015).
12. Nations Unies, Perspectives de la population mondiale : Révision de 2015, conclusions clés et tableaux de progression. New York : Nations-Unies, Département des affaires sociales et économiques. *Population Division* (2015).
13. Organisation mondiale de la Santé, W. H. Organization, Ed. (2018).
14. Organisation mondiale de la Santé, W.H. Organization, Ed. (2018).
15. Global Asthma Network. Rapport mondial de 2014 sur l'asthme (Auckland, Nouvelle-Zélande, 2014).
16. H. Liu et al. Santé et impacts climatiques des navires navigants sur l'océan dans l'Est de l'Asie. *Nature climate change* **6**, 1037 (2016).
17. J Lepeule, F. Laden, D. Dockery, J Schwartz, Exposition chronique aux fines particules et mortalité : un suivi étendu de l'étude les six villes de Harvard de 1974 à 2009. *Environ Health Perspect* **120**, 965-970 (2012).
18. R.T Burnett et al., Une fonction risque intégrée aux fins d'estimation du fardeau mondial des maladies attribuables à une exposition aux particules fines. *Environ Health Perspect* **122**, 397-403 (2014).
19. Organisation mondiale de la Santé, Pollution de l'air ambiant : une évaluation mondiale des expositions et du fardeau de la maladie. (OMS, 2016).
20. Bunker Index. (Bunker Index. Royaume-Uni, 2018), vol. 2018.
21. Fonds monétaire international (collecté auprès de la FRED, Banque des réserves fédérales de St Louis, 2018), vol. 2018.
22. Bureau des statistiques du travail des États-Unis (collecté auprès de la FRED, Banque des réserves fédérales de St Louis, 2018), vol. 2018.
- 23 E.W Carr, J.J. Corbett, Conformité des navires dans les zones de contrôle des émissions : Coûts technologiques et instruments de politique. *Environmental Science & Technology* **49**, 9584-9501 (2015).

24. S. De Bruyn et al. Manuel sur les prix fictifs : évaluation et estimation des émissions et impacts environnementaux. *CE Delft, Delft, the Netherlands [online] URL : [http://www.cedelft.eu/publicatie/shadow_prices_handbook_%3A_valuation_and_weighting_of_emissions_and_environmental_impacts/1032 Ecology and Society](http://www.cedelft.eu/publicatie/shadow_prices_handbook_%3A_valuation_and_weighting_of_emissions_and_environmental_impacts/1032_Ecology_and_Society)* **21**, 10 (2010).
25. P. Hammingh et al. Efficacité des mesures de contrôle d'émissions internationales sur la qualité de l'air néerlandais pour le transport maritime dans la mer du Nord
26. W.K. Viscusi, C.J Masterman, Élasticités de revenus et valeurs globale d'une vie statistique. *Journal de l'analyse coût-bénéfice*.

Ces références renvoient à des références autres que celles de l'étude de faisabilité technique et économique.

Abbass, Rana Alaa, Prashant Kumar, and Ahmed El-Gendy. 2018. « Une vue d'ensemble des stratégies de surveillance et de réduction pour la santé et des émissions liées au changement climatique au Moyen-Orient et au Maghreb » *Atmospheric Environment* 175 (Novembre 2017) : 33–43. Source : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.11.061>.

Adler, T., Dehghani, Y., & Gihring, C. (2010). Estimation de l'élasticité-prix de la demande en Ferry Transportation Research Record, (2176), 59–66. Source : <https://doi.org/10.3141/2176-07>

Arvis, J.-F., Vesin, V., Carruthers, R., Ducruet, C., & de Langen, P. (2019). Réseaux maritimes, efficacité portuaire, et connectivité Hinterland en Méditerranée - Washington, D.C : World Bank Group. Source : <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1274-3>

Boyd, Gale, J Molburg, and Raymond Prince. 1996. « Méthodes alternatives d'estimation des coûts d'abattement marginaux : Fonctions distances non paramétriques » Argonne National Lab., IL(United States). *Decision and Information Sciences*.

CE Delft. 2010. « Manuel sur les prix fictifs – Évaluation et mesures des émissions et impacts environnementaux » n° Mars 1–140. Source : http://www.ce.nl/?go=home.downloadPub&id=1032&file=7788_defMainReportMaKfMV_12_71765427.pdf.

———. 2018. « Manuel sur les prix environnementaux – Version EU28 Version – Méthodes et nombres pour l'évaluation des impacts environnementaux » CE Delft, 175.

https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/CE_Delft_7N54_Environmental_Prices_Handbook_EU28_version_Def_VS2020.pdf.

Ceuster, G. De, Herbruggen, B. van, & Logghe, S. (2006). TREMOVE : Description de modèle et niveau de référence, version 2.41, Projet de rapport (TRANSPORT & MOBILITY LEUVEN,Ed.). Bruxelles, Belgique : Commission européenne. Source : <http://www.tremove.org/>.

Cofala, Janusz, Markus Amann, Jens Borken-Kleefeld, Adriana Gomez-Sanabria, Chris Heyes, Gregor Kiesewetter, Robert Sander, et al. 2018. « Rapport final sur les éventuelles réductions d'émissions rentables du secteur du transport maritime international par la désignation d'une zone de contrôle des émissions dans les eaux de l'UE et notamment la mer Méditerranée » IIASA - Air Quality and Greenhouse Gases (AIR).

Coggins, Jay S, and John R Swinton. 1996. « Le prix de la pollution : une double approche pour évaluer les autorisations d'émission de SO₂ » *Journal of Environmental Economics and Management* 30 (1) : 58–72.

Corbett, James J., James J. Winebrake, Erin H. Green, Prasad Kasibhatla, Veronika Eyring, et Axel Lauer. 2007. « Mortalité due aux émissions provenant des navires : une évaluation mondiale » *Environmental Science and Technology* 41 (24) : 8512–18. Source : <https://doi.org/10.1021/es071686z>.

Corbett, J. J., & Carr, E. W. (2019). REMPEC WG.45/INF9 Étude de faisabilité technique et économique visant à examiner la possibilité de faire reconnaître la mer Méditerranée, en tout ou partie, comme une ECA de SO_x en vertu de l'Annexe VI de MARPOL. La Valette, Malte. Source :

<https://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/2019/rempec-wg-45-inf-9-technical-and-feasibility-study-to-examine-the-possibility-of-designating-the-mediterranean-sea-or-parts-thereof-as-sox-eca-under-marpol-annex-vi-english-only>.

- Crippa, Monica, Efisio Solazzo, Ganlin Huang, Diego Guizzardi, Ernest Koffi, Marilena Muntean, Christian Schieberle, Rainer Friedrich, and Greet Janssens-Maenhout. 2020. « Profils haute résolution temporaire dans la Base de données des émissions pour une recherche atmosphérique globale » Données scientifiques. Source : <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0462-2>.
- Dang, T, and A Mourougane. 2014. « Estimation des prix fictifs de pollution dans des pays sélectionnés de l'OCDE » OECD Green Growth Papers 2014–02 (August).
- Dulière, V., Baetens, K., & Lacroix, G. (2020). « Impact potentiel des effluents des eaux de lavage des épurateurs sur l'acidification de l'eau dans le sud de la mer du Nord ». Source : http://biblio.naturalsciences.be/library-1/rbins-staff-publications-2020/Scrubber_report.2020.
- EEA. 2020a. « Rapport numérique sur la qualité de l'air (e-rapport QA) » 2020. Source : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/air-reporting-8>.
- . 2020b. « L'environnement européen – État et perspectives. Connaissances nécessaires à une transition vers une Europe durable ». Source : <https://doi.org/10.15196/TS600305>.
- EPA. 2009. « Proposition de désignation d'une zone de contrôle des émissions d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre et de particules fines : Document de support technique ». U.S. Environmental Protection Agency.
- EU. 2016. « Plafonds d'émission nationaux » (PEN) Directive (2016/2284/EU).
- EU. (2020). Tableau des prix des produits de base (100). Source : https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/commodity-price-dashboard_092020_en.pdf.
- Commission européenne. 1999. « Évaluation économique d'une directive sur des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques ».
- . 2020. « Engagements nationaux de réduction des émissions » Directive Statut 2020 – Messages clés 1–16.
- Commission européenne (2017). Étude sur les couloirs infrastructureux du Core network, 2^{ème} phase, Rapport final. Bruxelles, Belgique.
- Commission européenne (2018). Analyse en profondeur au soutien du COM(2018) 773 : Une planète propre pour tous – Une vision européenne stratégique à long terme pour une économie prospère, moderne, compétitive et neutre pour le climat. Bruxelles, Belgique. Source : https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/depth-analysis-support-com2018-773-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision_en.
- Commission européenne (2020). COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS. Accroître les ambitions de l'Europe en matière de climat pour 2030 – Investir dans un avenir climatiquement neutre, dans l'intérêt de nos concitoyens. Bruxelles, Belgique. Source : https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/communication-com2020562-stepping-europe's-2030-climate-ambition-investing-climate_en.
- Faber, J., Hanayama, S., Yuan, S., P., Z., H., P., Comer, B., ... Yuan, H. (2020). MEPC 75/7/15 Quatrième Étude IMO GHG 2020 – Rapport final. Londres, RU. Source : <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>.
- Färe, Rolf, Shawna Grosskopf, Dong-Woon Noh, et William Weber. 2005. « Caractéristiques d'une technologie polluante : théorie et pratique ». *Journal of Econometrics* **126** (2) : 469–92.
- Hassellöv, Ida Maja, David R. Turner, Axel Lauer, et James J. Corbett. 2013. « Navires contribuant à l'acidification de l'océan » *Geophysical Research Letters*. Source : <https://doi.org/10.1002/grl.50521>.
- Hassellöv, I.-M., Koski, M., Broeg, K., Marin-Enriquez, O., Tronczyński, J., Dulière, V., ... Parmentier, K. (2020). *PERSPECTIVES-DOCUMENT DE RÉFÉRENCE (ICES) : IMPACT DES SYSTÈMES DE NETTOYAGE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT (ÉPURATEURS) SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN (AD HOC)*. Copenhague, Denmark : International Council for the Exploration of the Sea. Source : <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7487>.
- International Transport Forum, Kirstein, L., Halim, R., & Merk, O. (2018). *Decarbonising Maritime Transport*. Paris, France. Source : <https://doi.org/10.1787/b1a7632c-en>.

- Korinek, J. (2008). Clarification des coûts commerciaux dans le transport maritime. Organization for Economic Co-operation and Development, (2011), 1–41. Source : https://www.oecd-ilibrary.org/trade/clarifying-trade-costs_220157847513.
- He, Ling Yun, and Jia Ou. 2017. « Émissions polluantes, politique environnementale et frais liés aux abattements marginaux » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (12). Source : <https://doi.org/10.3390/ijerph14121509>.
- Lee, Jeong-Dong, Jong-Bok Park, and Tai-Yoo Kim. 2002. « Estimation des prix fictifs des polluants en tenant compte de l'inefficacité de la production / de l'environnement- Une approche fonctionnelle, distante, directionnelle et non paramétrique ». *Journal of Environmental Management* 64 (4) : 365–75.
- Maibach, M., Martin, P., & Sutter, D. (2006). Annexe 1 pour compléter le rapport final : Analyse des coûts opérationnels en UE et aux EU. Karlsruhe, Germany.
- Mekaroonreung, Maethee, and Andrew L Johnson. 2012. « Estimation des prix fictifs des SO₂ pour les usines à charbon américaines : une approche des moindres carrés convexe et nonparamétrique ». *Energy Economics* 34 (3) : 723–32.
- Ministry of Environmental Protection. 2019. « Loi relative à un air pur, 2008 ». 2019.
- MoE. 2017. « Stratégie nationale du Liban aux fins de gestion de la qualité de l'air 2015 - 2030 ». Negev, Maya.
2020. « Politique relative à la pollution de l'air en Israël » *Atmosphere* 11 (10). Source : <https://doi.org/10.3390/atmos11101065>.
- Pope, C Arden, Richard T Burnett, Michael J Thun, Eugenia E Calle, Daniel Krewski, Kazuhiko Ito, et George D Thurston. 2002. « Cancer du poumon, mortalité cardiopulmonaire, et exposition à long terme aux fines particules polluant l'air » *Lung Cancer, Jama* 287 (9) : 1132–41.
- Principauté de Monaco. 2019. « L'environnement dans la Principauté de Monaco ».
- Rouïl, Laurence, Catherine Ratsivalaka, Jean-Marc André, and Nadine Allemand. 2019. « ECAMED : Une étude technique de faisabilité pour la mise en place d'une zone de contrôle des émissions (ECA) en mer Méditerranée » 94. Source : <https://www.ineris.fr/en/ineris/news/ecamed-conclusions-technical-feasibility-study-implementing-emissions-control-area-eca>.
- Schmolke, S., Ewert, K., Kaste, M., Schöngaßner, T., Kirchgeorg, T., & Marin-Enriquez, O. (2020). *Protection de l'environnement dans le cadre du trafic maritime – Eaux de lavage des épurateurs* Hamburg, Germany. <https://doi.org/ISSN 1862-4804>.
- Sofiev, Mikhail, James J Winebrake, Lasse Johansson, Edward W Carr, Marje Prank, Joana Soares, Julius Vira, Rostislav Kouznetsov, Jukka-Pekka Jalkanen, et James J Corbett. 2018. « Des carburants plus propres pour les navires afin de récolter des bénéfices pour la santé publique dans le cadre de compromis environnementaux » *Nature Communications* 9 (1) : 406. Source : <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02774-9>.
- Swinton, John R. 1998. « À quel prix réduisons-nous la pollution ? Prix fictifs pour les émissions de SO₂ » *The Energy Journal* 19 (4).
- République arabe de Syrie. 2018. « Contributions déterminées nationalement en vertu de l'Accord de Paris sur le climat ».
- Teuchies, J., Cox, T. J. S., Van Itterbeeck, K., Meysman, F. J. R., & Blust, R. (2020). L'impact des déversements d'épurateurs sur la qualité de l'eau dans les estuaires et les ports » *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 103. Source : <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00380-z>.
- Tu, Z G. 2009. « Les prix fictifs des émissions industrielles de SO₂ : un nouveau cadre analytique » *China Econ Quart* 9 (1) : 259–82.
- Turner, Judi A. 1995. « Évaluation des coûts de diminution de la pollution dans le secteur de l'énergie électrique américain : une approche axée sur les capacités de production » University of North Carolina at Chapel Hill.
- UMAS, L. R. and. (2020). Évaluation technico-économique des carburants zéro carbone. London, UK. Source : <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/techno-economic-assessment-of-zero-carbon-fuels/>.
- UN. 2017. « Fiche d'orientation sur la qualité de l'air en Bosnie-Herzégovine » 1–8.
- UNECE. 2015. Évaluation de la performance environnementale : Monténégro. Troisième évaluation. Environmental Performance Reviews Series No. 41.
- . 2019. « Protocoles Commission économique des Nations-Unies pour l'Europe » 2019.

UNEP. 2015a. « Vue d'ensemble de la qualité de l'air dans la Jamahiriya arabe libyenne » <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17040/Libya.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

———. 2015b. « Vue d'ensemble de la qualité de l'air dans la République arabe syrienne » <https://www.unenvironment.org/resources/policy-and-strategy/air-quality-policies-syria>.

———. 2015c. « Vue d'ensemble de la qualité de l'air en Turquie » <https://www.unenvironment.org/resources/policy-and-strategy/air-quality-policies-turkey>.

Viana, M, N Fann, A Tobías, X Querol, D Rojas-Rueda, A Plaza, G Aynos, J A Conde, L Fernández, and C Fernández. 2015. « Bénéfices environnementaux et sanitaires découlant d'une désignation de la mer de Marmara et des détroits turcs en tant que zone de contrôle des émissions (ECA) ». *Environmental Science & Technology* **49** (6) : 3304–13. Source : <https://doi.org/10.1021/es5049946>.

Winebrake, J. J., J. J. Corbett, E. H. Green, A. Lauer, and V. Eyring. 2009. « Diminuer les impacts sanitaires de la pollution découlant des activités maritimes océaniques : évaluation des carburants à faible teneur en soufre » *Environmental Science and Technology* **43** (13) : 4776–82. Source : <https://doi.org/10.1021/es803224q>.

Winebrake, J. J., Corbett, J. J., Comer, B., Green, E., Silberman, J. A., & Korfmacher, K. (2010). « Analyse des impacts de catégorie 3 des règles marine relatives aux activités maritimes dans les grands lacs ». Pittsford, NY : Energy and Environmental Research Associates.

World Bank. 2013. « La République arabe d'Égypte pour le meilleur et pour le pire : la pollution de l'air dans le Grand Caire » Rapport (April 2013) : **150**.

Zeebroeck, B. Van, Ceuster, G. De, & Herbruggen, B. Van. (2006). TREMOVE 2 : Modèle maritime et lancement (TRANSPORT & MOBILITY LEUVEN, Ed.). Bruxelles, Belgique. Commission européenne. Source : <http://www.tmleuven.be/methode/tremove/home.htm>.

Zhang, Fenfen, Jia Xing, Yang Zhou, Shuxiao Wang, Bin Zhao, Haotian Zheng, Xiao Zhao, et al. 2020. « Estimation des abattements potentiels des émissions polluantes en Chine et coûts y afférents ». *Journal de gestion environnementale* **260** (Janvier) : 110069. Source : <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110069>.

ANNEXE 2

Description de l'ECA SO_x Med proposée

La zone d'application de l'ECA SO_x Med proposée comprend les eaux intérieures de la mer Méditerranée, telles que définies par l'Organisation hydrographique internationale.

Plus précisément, l'ECA SO_x Med comprend toutes les eaux bordées par les côtes de l'Europe, de l'Afrique et de l'Asie, et

- a. L'entrée occidentale du détroit de Gibraltar, définie comme une ligne reliant les extrémités du cap Trafalgar, en Espagne (36°11'N, 6°02'O) et du cap Spartel, au Maroc (35°48'N, 5°55'O) ;
- b. Les Dardanelles, définies comme une ligne reliant Mehmetcik Burnu⁵³ (40°03'N, 26°11'E) et Kumkale Burnu (40°01'N, 26°12'E) ; et
- c. L'entrée nord du canal de Suez.

⁵³ Burnu (turc) = Cap.

ANNEXE 3**Graphique de l'ECA SO_x Med proposée**

La zone d'application de l'ECA SO_x Med proposée comprend les eaux intérieures de la mer Méditerranée, telles que définies par l'Organisation hydrographique internationale et indiquées dans le graphique ci-dessus.

ANNEXE 4

Amendements proposés à la règle 14.3 et à l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL désignant l'ECA SO_x Med en tant que nouvelle zone de contrôle des émissions

La zone proposée pour la désignation ECA, la zone de la mer Méditerranée, comprend la mer Méditerranée proprement dite, avec les golfes et les mers qu'elle comprend, limitée du côté de la mer Noire par le parallèle 41°N, et limitée à l'ouest, dans le détroit de Gibraltar, par le méridien 005°36'W, telle que définie dans la règle 1.11.1 de l'Annexe I de MARPOL.

Il est proposé de modifier le paragraphe 3 de la règle 14 et le paragraphe 1 de l'Appendice VII de l'Annexe VI de MARPOL comme suit (voir le texte souligné) :

Règle 14

Oxydes de soufre (SO_x) et particules

Le texte existant du paragraphe 3 est remplacé par ce qui suit :

“3 Aux fins de la présente règle, les zones de contrôle des émissions sont :

- .1 la zone de la mer Méditerranée, telle que définie dans la règle 1.11.1 de l'Annexe I, la zone de la mer Baltique, telle que définie dans la règle 1.11.2 de l'Annexe I, et la zone de la mer du Nord, telle que définie dans la règle 1.14.6 de l'Annexe V ;
- .2 la zone de l'Amérique du Nord, telle que délimitée par les coordonnées indiquées dans l'Appendice VII de la présente Annexe ;
- .3 la zone maritime caraïbe des États-Unis, telle que délimitée par les coordonnées indiquées dans l'Appendice VII de la présente Annexe ; et
- .4 toute autre zone maritime, y compris toute zone portuaire, désignée par l'Organisation conformément aux critères et procédures décrits dans l'Appendice III de la présente Annexe.”

Appendice VII

Zones de contrôle des émissions (règle 13.6 et règle 14.3)

Le texte existant du paragraphe 1 est remplacé par ce qui suit :

“1 Les limites des zones de contrôle des émissions désignées en vertu des règles 13.6 et 14.3, autres que les zones de la mer Méditerranée, de la mer Baltique et de la mer du Nord, sont décrites dans le présent Appendice.”