

## TRANSPORT MARITIME : QUELS IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Laurence Rouil

Ineris

Selon les récentes estimations de l'Agence Européenne de l'Environnement [1], le transport maritime reste l'un des rares secteurs d'activité pour lequel les émissions de polluants atmosphériques n'ont pas diminué au cours des dernières décennies. Le développement du trafic international, mais aussi une certaine inertie dans l'adoption de stratégies ambitieuses de maîtrise de ces émissions, expliquent cette situation. L'analyse de l'EEA souligne ainsi que les émissions d'oxydes d'azote (NOx) imputables au trafic maritime international ont augmenté de 26 % depuis 1990 et que ce secteur est désormais responsable de près d'un quart des émissions d'oxydes de soufre (SOx), alors que la plupart des secteurs d'activité « terrestres » (trafic routier, industrie, installations de combustion..) les a drastiquement réduites. D'après les travaux de l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), au rythme actuel, les émissions maritimes d'oxydes d'azote dépasseront les émissions terrestres en 2050.

Il est évident que ces émissions impactent la qualité de l'air le long des zones côtières et dans les villes portuaires. Une étude récente menée au niveau global [2] estime qu'en 2020, les émissions du transport maritime seraient responsables de près de 400 000 morts prématurées par an dans le monde, très largement dues à l'exposition des populations aux concentrations de particules fines (PM<sub>2,5</sub>) générées par cette source. Les particules peuvent être émises directement par les navires mais elles peuvent également résulter de la transformation chimique de gaz précurseurs tels que les oxydes de soufre ou les oxydes d'azote qui ont eux-mêmes des effets nocifs sur la santé et les écosystèmes. Ces chiffres sont déclinés au niveau de l'Europe par un certain nombre d'autres études, notamment Anderson *et al.* [3], et Brandt *et al.* [4] qui établissent que le nombre de morts prématurées en Europe attribuables au trafic maritime international serait de l'ordre de 50 000 par an.

#### Contexte réglementaire

La nécessité de réduire les émissions de polluants atmosphériques du secteur maritime a ainsi été établie, et l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a pris des dispositions dans l'annexe VI de la Convention Internationale sur la Prévention des Pollutions des navires (MARPOL) signée en septembre 1997 pour fixer des valeurs limites d'émissions relatives à la teneur en soufre des carburants (pour les SO) et aux moteurs des bateaux (pour les NO<sub>x</sub>) [5].

La valeur limite initialement établie dans la convention MARPOL pour la teneur en soufre dans les carburants était assez peu ambitieuse (4,5 %). Elle a été rendue progressivement plus sévère et un pallier important a été franchi le 1<sup>er</sup> janvier 2020 avec l'entrée en vigueur du « Cap Global 2020 pour le soufre » limitant la teneur en soufre des carburants utilisés pour le transport maritime à 0,5%. Pour respecter cette valeur limite les armateurs peuvent utiliser des combustibles bas-soufre ou bien équiper leur navire de système de dépollution, tels que les scrubbers, qui sont des systèmes de lavage des effluents. Il convient cependant de noter que pour les carburants utilisés par le transport routier, la teneur en soufre est limitée à 0,001 %.

La convention MARPOL prévoit également des dispositions particulières et plus ambitieuses pour les navires croisant dans des zones protégées appelées « zones à faibles émissions » (ou *Emissions Control Areas* -ECA- en anglais). Une distinction est faite entre les zones faibles émissions ciblant les oxydes de soufre (SECA) et celles ciblant les oxydes d'azote (NECA). Dans une zone SECA, la teneur en soufre du carburant ne peut excéder 0,1 % depuis 2015 (1,5 % initialement). La première zone SECA a été mise en place en 2006 en Mer Baltique, Manche-Mer du Nord ayant suivi en 2007. En 2010, l'OMI a désigné les eaux s'étendant à 200 miles des côtes états-uniennes et canadiennes comme la première zone basses émissions (zone ECA pour les SO<sub>x</sub> et pour les NO<sub>x</sub>). Enfin, plus récemment, la Chine a décidé de mettre en place une zone ECA à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020 dans ses eaux fluviales (Rivière du Yangtze et Rivière Xi Jiang) et à partir de 2022 le long de la côte du Hainan.

Dans une zone NECA les émissions de NO<sub>x</sub> sont réduites grâce à l'usage de moteurs plus vertueux (répondant aux normes dites « Tier III » qui imposent des émissions de NO<sub>x</sub> 80 % inférieures à celles des normes Tier I). En 2017, la mer Baltique et la Mer du nord ont été désignées comme zones NECA, mais les obligations ne s'appliqueront qu'à partir de 2021.

#### Quelles améliorations attendre de la mise en place de zones basses émissions ?

En France, Le plan national français de réduction des émissions de polluants atmosphériques (également appelé PREPA), adopté en 2017 dans la loi française, envisage la mise en place de nouvelles zones à faibles émissions en Méditerranée. Dans cette perspective, une étude de faisabilité a été réalisée [6] pour évaluer les bénéfices potentiels de cette décision. L'étude a permis de réaliser une description et une quantification précise du trafic maritime en Méditerranée afin d'estimer les émissions en polluants atmosphériques associées et de définir des projections d'émissions dans l'hypothèse de la mise en place d'une réglementation basses émissions de SO<sub>x</sub> et basses émissions de NO<sub>x</sub>. Un modèle de qualité de l'air, CHIMERE, co-développé par l'Ineris et le CNRS a été mis en œuvre pour évaluer et quantifier les impacts de ces scénarios prospectifs sur les concentrations de polluants atmosphériques, traduits en termes de bénéfices sanitaires (réduction de la mortalité et de la morbidité) par le modèle ARP développé par [7] sur la base des relations doses-réponses établies par l'organisation mondiale de la Santé dans le cadre de l'étude HRAPIE [8]. L'étude montre que la mise en œuvre d'une SECA-NECA (avec 100% des navires équipés de moteurs aux normes Tier III) apportera de nouvelles améliorations avec une réduction allant jusqu'à 1 µg/m<sup>3</sup> (11 %) de la moyenne annuelle des concentrations de particules

fines (PM<sub>2,5</sub>) par rapport au Cap Global de 2020 et une réduction additionnelle de la moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) allant jusqu'à 28 µg/m<sup>3</sup> (70 %). Le bassin méditerranéen est, du fait de sa situation géographique particulière, particulièrement impacté par de forts niveaux d'ozone et des pics estivaux. Une diminution de ces derniers est globalement attendue (sauf dans les zones de plus fortes émissions telles que la Grèce), les oxydes d'azote étant précurseurs de la formation d'ozone.

En termes sanitaires, la mise en œuvre d'une SECA-NECA induit des bénéfices significatifs, avec environ 40 % de décès prématurés évités supplémentaires par rapport à l'impact du cap global 2020. L'Algérie, l'Égypte, l'Italie, la Grèce et la Turquie en sont les principaux bénéficiaires. Ces bénéfices représenteraient un gain économique de 8 à 14 milliards d'euros (selon les hypothèses de calcul).

Les coûts induits par les mesures SECA et/ou NECA ont également été estimés. Ils reflètent la hausse du coût des carburants bas-SO<sub>x</sub> et l'équipement des navires en moteurs de type Tier III (à basses émissions de NO<sub>x</sub>). Les surcoûts de ces mesures seraient de l'ordre de 1,5 à 2,7 milliards d'euros, soit à minima 3 fois moins que les bénéfices sanitaires qu'elles génèrent.

L'étude mentionne, mais ne quantifie pas, les bénéfices supplémentaires générés par la réduction des dépôts soufrés et azotés et des dépôts d'ozone sur les écosystèmes méditerranéens. À titre d'exemple, l'étude ECAMED montre que la réduction des émissions d'oxydes d'azote émis par les navires pourrait réduire de près de 40 % les dépôts eutrophisants<sup>1</sup> sur les écosystèmes côtiers.

### Quels enseignements pour le futur ?

Les conclusions de l'étude française sur la Méditerranée, ECAMED, ont été confirmées par d'autres travaux similaires menés pour la Commission Européenne [9] et par les REMPEC, centre régional de l'Organisation Maritime Internationale pour la Méditerranée. Ce panel d'études permet de tirer des conclusions robustes quant à la nécessité, les prévisions économiques faisant état d'une croissance globale du secteur<sup>2</sup>, et la possibilité d'agir pour limiter l'impact du transport maritime.

Ainsi, il est possible de résumer les enjeux de la façon suivante :

- Les bénéfices sanitaires et environnementaux attribués à la mise en œuvre de mesures visant à maîtriser les émissions de polluants atmosphériques du secteur maritime sont importants ;
- La délimitation de zones basses émissions (ECA) par l'OMI sont des outils efficaces pour réduire ces émissions, en visant notamment les oxydes de soufre et les oxydes d'azote, connus pour leurs impacts négatifs sur la santé humaine et les écosystèmes (acidification et eutrophisation) et précurseurs de la formation chimique de polluants secondaires tels que les particules fines et l'ozone ;
- La mise en place de zones SECA et/ou NECA améliore donc la qualité de l'air et les bénéfices sanitaires qui en découlent (en termes de mortalité et de morbidité) excèdent les coûts de mise en œuvre ;
- Ces bénéfices sont d'autant plus importants que les actions de réduction des émissions visent les oxydes de soufre et les oxydes d'azote de manière concomitante.

Les technologies permettant d'atteindre les objectifs de réduction des polluants atmosphériques existent et s'accompagnent parfois de débats technico-économiques. Ainsi le déploiement de zones

1 L'eutrophisation des écosystèmes qualifie l'accumulation des nutriments dans un milieu. Ces nutriments (composés eutrophisants) concernent principalement l'azote et le phosphore. L'excès de ces nutriments peut avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et la biodiversité, puisqu'il favorise le développement de quelques espèces à croissance rapide au détriment des autres

2 De l'ordre de 3,8 % par an jusqu'en 2023 d'après la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement [https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2018\\_fr.pdf](https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2018_fr.pdf)

SECA fait-il l'objet de considérations quant à la disponibilité future et donc le coût de carburants bas-soufre. Les projections de l'OCDE [10] sont cependant raisonnablement optimistes d'autant plus qu'elles intègrent d'autres solutions pour réduire les émissions de dioxydes de soufre, telles que les systèmes de lavage des effluents (dits scrubbers) ou le recours à des carburants alternatifs très faiblement émetteurs (gaz naturel liquéfié par exemple).

Enfin, il convient de mentionner le développement de stratégies locales, notamment dans les villes portuaires, visant à l'électrification des ports pour supprimer les émissions des navires en stationnement. En France, le plan « Escale zéro fumées » a été lancé en Septembre 2019 par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

On assiste donc à une prise de conscience réelle des enjeux de pollution atmosphérique liés au trafic maritime domestique et international. Cependant, même si des solutions existent, le chemin diplomatique à parcourir reste considérable. En décembre 2019, lors de sa 21<sup>e</sup> Conférence des Parties, La Convention de Barcelone sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée a affirmé sa volonté de saisir l'OMI sur la mise en place d'une zone basses émissions en Méditerranée, mais seulement en 2022 et en ciblant uniquement les oxydes de soufre.

#### Références

- [1] EEA, 2019. Emissions of air pollutants from transport, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>
- [2] Sofiev M, Winebrake JJ, Johansson L, et al. Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. *Nat Commun* 2018 ; 9 : 406. doi: 10.1038/s41467-017-02774-9.
- [3] Andersson C, Bergstrom R, Johansson C. Population exposure and mortality due to regional background PM in Europe—Long-term simulations of source region and shipping contributions. *Atmos Environ* 2009 ; 43 : 3614-20. doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.03.040.
- [4] Brandt J, Silver JD, Christensen JH, et al. Assessment of past, present and future health-cost externalities of air pollution in Europe and the contribution from international ship traffic using the EVA model system. *Atmos Chem Phys* 2013 ; 13 : 7747-64. doi: 10.5194/acp-13-7747-2013
- [5] IMO (International Maritime Organization) Amendments to MARPOL Annex VI (accessed on 23 May 2019); Available online: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Res\\_MEPC\\_286%2871%29\\_Tier%20III%20ECA%20and%20BDN.pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Res_MEPC_286%2871%29_Tier%20III%20ECA%20and%20BDN.pdf).
- [6] ECAMED. A technical feasibility study for the implementation of an emission control area in the Mediterranean sea, Ineris, CITEPA, Cerema and Plan Bleu report. 2019 ; <https://www.ineris.fr/fr/ineris/actualites/ecamed-conclusions-etude-faisabilite-technique-mise-oeuvre-zone-reduction>
- [7] Holland M. Implementation of the HRAPIE Recommendations for European Air Pollution CBA work. 2014; <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CBA%20HRAPIE%20implement.pdf>
- [8] WMO. HRAPIE: Health Risks of air pollution in Europe, recommendations for concentration-response function for cost benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. 2013 ; [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/238956/Health\\_risks\\_air\\_pollution\\_HRAPIE\\_project.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf)
- [9] Cofala J, Amann M, Borken-Kleefeld J, et al. Final Report The potential for cost-effective air emission reductions from international shipping through designation of further Emission Control Areas in EU waters with focus on the Mediterranean Sea. IIASA Research Report. 2018 ; [https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/news/190131\\_SR13\\_shipping.html](https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/news/190131_SR13_shipping.html)
- [10] OECD. Reducing Sulphur emissions from ships: the impact of international regulation. OECD/IFT report ; 2016.