

ECAMED : étude de faisabilité technique de la mise en œuvre d'une zone de réduction des émissions des navires (ECA) en Méditerranée

Synthèse de l'étude

A ce jour, malgré les réglementations en vigueur depuis de nombreuses années dans plusieurs pays pour lutter contre la pollution atmosphérique, elle reste l'une des préoccupations environnementales les plus sensibles et les plus préjudiciables. Selon un rapport publié par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), en 2010, la pollution de l'air ambiant était toujours responsable d'environ 500 000 décès prématurés en Europe. Ce nombre représente une diminution de 11% par rapport à 2005 et donne une indication de l'efficacité des politiques de lutte contre la pollution atmosphérique mises en œuvre en Europe depuis plusieurs décennies, mais reste encore trop élevé.

En Europe, l'un des textes les plus importants en matière de gestion de la pollution atmosphérique est la directive dite des plafonds d'émission nationaux révisée en décembre 2016 (2016/2284 / UE). Cette directive définit les engagements de réduction d'émissions spécifiques à chaque pays à respecter par les pays européens en 2020 et 2030. Pour atteindre ces objectifs, des stratégies de réduction des émissions doivent être mises en œuvre dans divers secteurs d'activité: industrie, transports routiers et hors route, chauffage résidentiel, agriculture, etc.

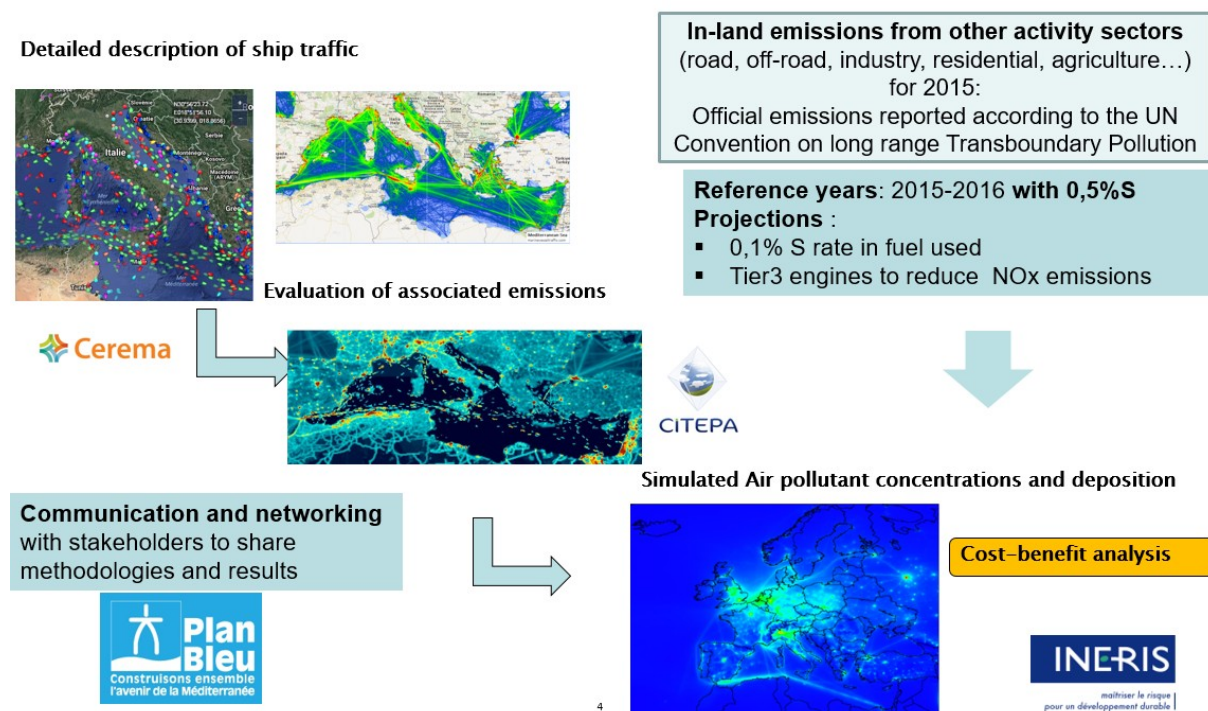
Bien que le transport maritime international soit une source importante d'émission de polluants atmosphériques, ce secteur n'est pas visé par cette législation. Toutefois, cela entraîne des impacts importants sur la qualité de l'air dans les villes portuaires. Un raison du transport à grande distance et de la chimie complexe, les émissions provenant du transport maritime peuvent également dégrader la qualité de l'air à l'intérieur des terres.

En 2007, une étude épidémiologique publiée par (Corbett et al.) indiquait qu'environ 60 000 décès prématurés survenant chaque année près des côtes d'Europe, d'Asie de l'Est et d'Asie du Sud pourraient être imputés aux émissions des navires et au transport maritime. Plusieurs études montrent que les émissions des navires de navigation dans les mers européennes pourraient rester stables de 2000 à 2030 et être aussi importantes que les émissions européennes continentales en 2030.



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, le Ministère français de la transition écologique et solidaire (MTES) a souhaité évaluer la faisabilité de la mise en œuvre d'une NECA (zone de contrôle des émissions de NOx) ou / et d'une SECA (zone de contrôle des émissions de SOx) dans les pays riverains de la Méditerranée.

Dans ce cadre, l'INERIS, le CITEPA, le CEREMA et Plan Bleu ont mis en place un projet de partenariat, coordonné par l'INERIS, pour mener à bien cette étude de faisabilité sur la base d'informations scientifiques. Ses objectifs étaient d'évaluer le coût et les avantages pour la qualité de l'air de la mise en œuvre d'une zone de contrôle des émissions (ECA) en mer Méditerranée. C'est le projet ECAMED. Des outils de modélisation des émissions et de la qualité de l'air ont été utilisés pour élaborer un tel diagnostic, comme le montre le schéma ci-dessous.



L'objectif de cette étude est de documenter et de quantifier les bénéfices pour la qualité de l'air dans les pays méditerranéens induits par des stratégies de réduction des émissions. Elles sont caractérisées par ses réductions des facteurs d'émission associés au transport maritime qui pourraient être réalisées à l'avenir :

- ♣ Réduction de la teneur en soufre dans les carburants utilisés de 0,5% (ce taux sera obligatoire conformément au règlement MARPOL en 2020) à 0,1%. Cela permettra de réduire les émissions de SO_x et de particules des navires. C'est la définition du scénario SECA;
- ♣ Réduction des émissions de NO_x en équipant une certaine quantité (50% ou 100%) de moteurs avec la technologie SCR ou d'autres techniques (pour se conformer aux technologies de nettoyage TIER III). C'est le scénario NECA.
- ♣ La combinaison des deux donne le scénario dénommé SECA-NECA (ou ECA)

Ces hypothèses ont été appliquées aux données d'activités établies pour les années en cours (2015-2016). Aucune projection concernant l'activité future du trafic, le contenu de la flotte ou les taux de renouvellement des moteurs n'a été établie et utilisée.

Par conséquent, l'impact net des stratégies de réduction des émissions sur la pollution atmosphérique et ses effets néfastes est évalué dans cette analyse coûts-bénéfices, en ne prenant pas en compte l'influence de l'évolution future de l'activité de transport maritime. En tout état de cause, les analystes tablent plutôt sur une augmentation de trafic. On peut donc faire l'hypothèse que l'étude a tendance à minorer l'impact de la zone SECA-NECA.

La première étape du projet consistait à élaborer une description détaillée du trafic maritime en Méditerranée, avec un inventaire des routes de navigation, et pour chaque navire repéré, sa localisation à fréquence temporelle élevée (15 min) et ses caractéristiques (type et âge du navire, type et âge du moteur, puissance du moteur, carburant utilisé, facteur de charge du moteur, phase de navigation). Des bases de données rassemblant les informations extraites du système d'identification automatique (AIS) croisées avec le registre Lloyd's, FAirplay ont permis de reconstruire à très haute résolution environ 85% des trajectoires de navires à fort tonnage naviguant en mer Méditerranée pour les années 2015 et 2016.

Les facteurs d'émission de polluants atmosphériques sont associés à chaque phase navire / moteurs / carburant utilisé / facteurs de chargement / navigation. La deuxième étape consistait à coupler les données sur les activités de transport maritime avec des facteurs d'émission afin d'estimer les émissions de polluants atmosphériques associées au trafic maritime pour les années 2015 et 2016. Ainsi, un inventaire de référence des émissions des transports maritimes a été élaboré pour 2015 et 2016 (appelé REF_1516), qui est représentatif de la situation actuelle. L'application de facteurs d'émission représentatifs des scénarios de réduction des émissions visés dans le projet a permis de créer des inventaires d'émission pour ces scénarios.

Le CAP 2020 mondial pour le soufre de l'OMI nommé REF_MGO réduira les émissions (par rapport à REF_1516) comme suit:

- 80% pour les oxydes de soufre
- 72% pour les particules
- 30% pour le carbone suie
- 5% pour les oxydes d'azote

La mise en œuvre d'une SECA réduira les émissions (par rapport à REF_1516) comme suit:

- 95% pour les oxydes de soufre
- 80% pour les particules
- 51% pour le carbone suie
- NOx de 5% pour les oxydes d'azote

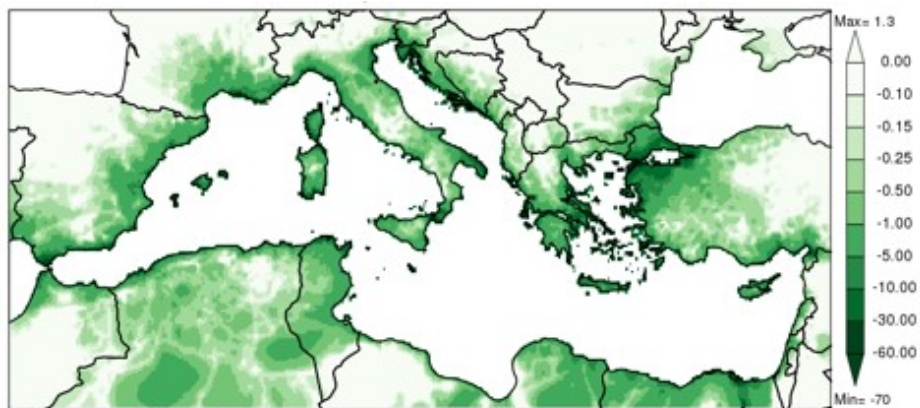
La mise en œuvre d'un NECA réduira les émissions (comparées à REF_1516) d'oxydes de soufre:

- de 38% lorsque 50% des navires seront de niveau III
- de 77% lorsque 100% des navires seront de niveau II.

Pour simuler l'impact des scénarios de réduction des émissions sur la qualité de l'air (c'est-à-dire sur les concentrations de polluants dans l'air ambiant), un modèle de transport de produits chimiques (CTM) doit être utilisé. Les CTM sont des modèles numériques tridimensionnels complexes qui résolvent la dynamique, la chimie et les processus de perte (dépôts) qui entraînent la dispersion et la

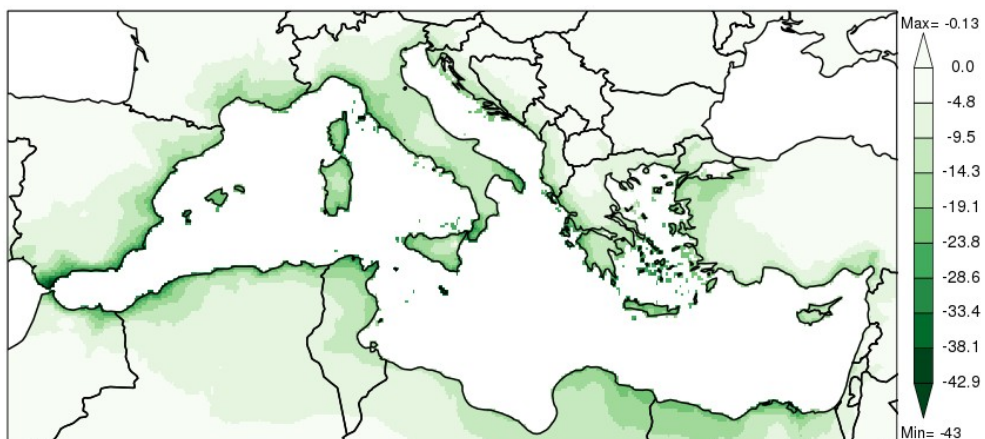
transformation des polluants atmosphériques dans l'air ambiant. L'INERIS développe en collaboration avec le CNRS le modèle de qualité de l'air CHIMERE depuis plus de 15 ans.

CHIMERE a été mis en oeuvre par l'INERIS pour simuler tous les scénarios envisagés dans ECAMED et évaluer leur impact par rapport à la situation actuelle ou au cap mondial du soufre 2020. La législation en 2020 (utilisation de carburant à 0,5% de soufre) réduira considérablement les concentrations ambiantes de dioxyde de soufre et de particules fines (PM) dans les pays méditerranéens. Cependant, la simulation 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 $1\mu\text{g} / \text{m}^3$ (11%) de la moyenne annuelle des concentrations de particules fines ($\text{PM}_{2,5}$) par rapport à la législation de 2020 et une réduction de la moyenne annuelle de dioxyde d'azote (NO_2) allant jusqu'à $28\mu\text{g} / \text{m}^3$ (70%) par rapport à la législation de 2020.



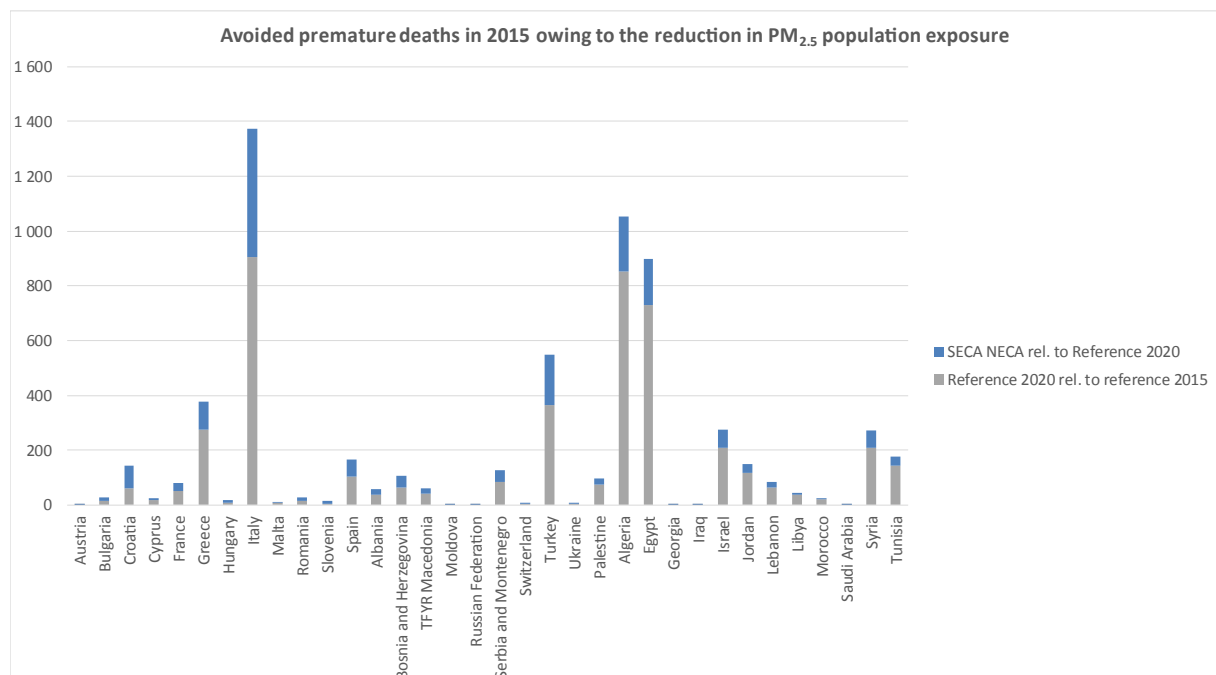
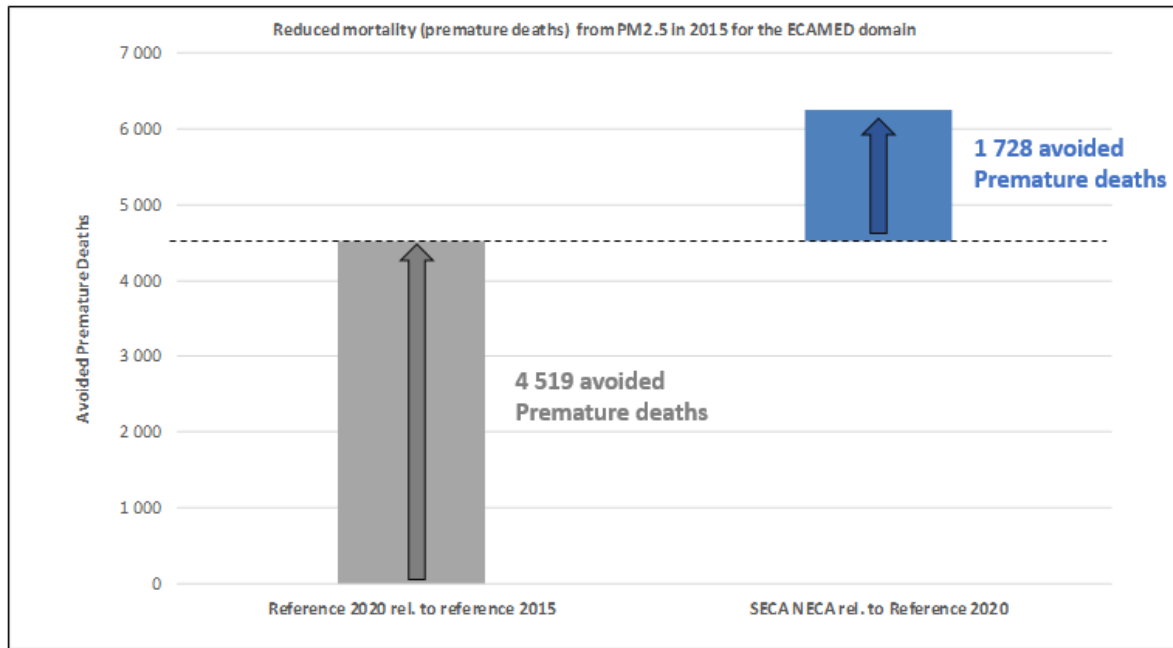
Différences de concentration moyenne annuelle relative de NO_2 entre les scénarios SECA-NECA et REF_MGO (en). Focus sur les territoires terrestres

Il est également possible de représenter les différences d'impact sur les dépôts de composés soufrés et azotés sur les territoires (figure ci-dessous). Les dépôts de soufre et d'azote ont des effets néfastes sur les écosystèmes tels que l'acidification ou l'eutrophisation, phénomène préjudiciable à la préservation de la biodiversité. L'intensité des dépôts eutrophisants est directement liée aux émissions d'oxydes d'azote. L'étude démontre que de ce point de vue également, les bénéfices liés à la mise en place d'une ECA sur la mer Méditerranée existent : elle permet de réduire de 30 à 40% les dépôts azotés sur les écosystèmes côtiers.



Différences relatives (en %) des dépôts moyens annuels de composés azotés entre les scénarios SECA-NECA et REF_MGO sur les écosystèmes terrestres

La réduction des concentrations de polluants atmosphériques est traduite en termes d'impact sur la santé à l'aide de fonctions concentration-réponse permettant de lier les niveaux d'exposition de polluants à des impacts spécifiques sur la santé appelés « end-points ». La méthodologie mise en œuvre pour réaliser l'évaluation d'impact sur la santé du scénario étudié était celle adoptée par la Commission européenne pour la réglementation de la qualité de l'air. Les impacts des scénarios sur chaque critère de mortalité et de morbidité ont été évalués selon la méthodologie ayant conduit au type de résultat présenté ci-dessous: la mise en œuvre d'une SECA-NECA apporte des avantages supplémentaires, avec environ 40% de décès prématurés évités supplémentaires par rapport à l'impact du Législation de 2020. L'Algérie, l'Egypte, l'Italie, la Grèce et la Turquie en sont les principaux bénéficiaires.



Réduction de la mortalité en PM_{2,5} (décès prématurés) - par pays

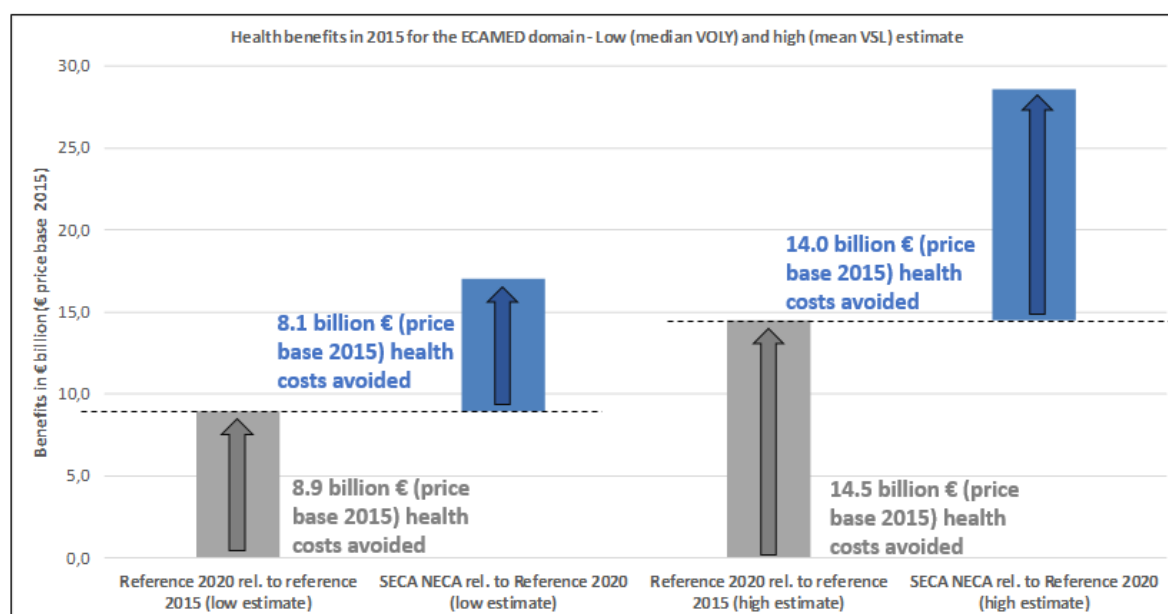
La figure ci-dessous illustre les résultats monétisés des bénéfices (impact sur la santé associé à la valeur monétaire) agrégés sur tous les effets sur la santé et sur l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée. Des estimations hautes et basses sont proposées: une estimation basse qui utilise la réduction de l'espérance de vie comme critère de mortalité et une estimation élevée qui utilise le nombre de décès prématurés comme indicateur de mortalité. Les conclusions sont robustes pour les deux indicateurs:

- ♣ Les avantages supplémentaires attribués à la mise en œuvre d'une SECA-NECA sont significatifs,
- ♣ En termes monétaires, ils sont du même ordre que les avantages attendus de la mise en œuvre du Cap mondial du soufre en 2020.

Ces résultats encourageants peuvent s'expliquer par plusieurs raisons:

- ♣ Réduction supplémentaire de l'exposition aux PM_{2,5} due non seulement à la réduction des émissions de SO_x, mais également à la réduction des émissions de NO_x, car les NO_x sont également des précurseurs de la formation de particules,
- ♣ Bénéfices supplémentaires liés à une réduction de l'exposition au NO₂ et à l'ozone.

Ces résultats soulignent le besoin essentiel de développer des stratégies combinées SECA et NECA afin de maximiser les bénéfices possibles pour la santé.



Bénéfices monétaires agrégés associés à la mise en œuvre d'un SECA-NECA en mer Méditerranée (estimations des valeurs basses et élevées)

Ces chiffres doivent être mis en perspective avec le coût des scénarios (mise en œuvre d'une SECA-NECA) pour estimer objectivement les avantages nets des mesures de réduction des émissions. Ce travail a été réalisé grâce à une analyse approfondie des coûts associés aux changements de carburant utilisés par le secteur du transport maritime (passage à 0,1% de teneur en soufre) et à la transition vers des moteurs plus propres qui limitent les émissions de NO_x grâce aux techniques de

réduction catalytique sélective. Pour chaque scénario, une étude de sensibilité était nécessaire pour prendre en compte les incertitudes de cette évaluation.

Les conclusions de cette étude de coûts sont illustrées par les histogrammes ci-dessous, qui incluent également les avantages monétarisés pour la santé (à droite) aux fins de comparaison. Pour les coûts (trois premières barres) comme pour les avantages, des estimations basses et hautes sont données.

Nous concluons donc que les bénéfices pour la santé de la mise en œuvre d'une SECA-NECA en Méditerranée sont au moins trois fois plus élevés que les coûts, ce qui démontre la pertinence de cette stratégie pour la protection de la santé des citoyens dans les pays méditerranéens.

