



HAL
open science

Bruit sous-marin

Laura Recuero Virto, Hervé Dumez, Pascal Galichon, Florent Le Courtois,
Manuel Muntoni

► **To cite this version:**

Laura Recuero Virto, Hervé Dumez, Pascal Galichon, Florent Le Courtois, Manuel Muntoni. Bruit sous-marin : Que pouvons-nous apprendre de l'étude de cas du port du Havre?. Ocean Policy Brief, 2020, 3. hal-03059745

HAL Id: hal-03059745

<https://hal.science/hal-03059745>

Submitted on 18 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Bruit sous-marin

Que pouvons-nous apprendre de l'étude de cas du port du Havre ?

RÉSUMÉ

L'impact du bruit sous-marin sur la vie marine suscite de plus en plus d'inquiétudes, en raison de l'augmentation constante du nombre et de la diversité des activités humaines en mer. En particulier, les niveaux de bruit chroniques provenant de la navigation commerciale ont augmenté de manière significative au cours des 60 dernières années et ils devraient continuer à augmenter dans les années à venir. En réponse à cette préoccupation, les Nations Unies ont signé un engagement volontaire pour réduire le bruit sous-marin (#OceanAction18553), qui reconnaît l'impact négatif que le bruit de la navigation peut avoir sur la vie marine. Dans ce policy brief, nous examinons le rôle des ports dans la réduction de ce type de bruit et illustrons nos résultats à l'aide du cas d'étude du port du Havre.



FIGURE 1. Les phoques communs mâles de l'estuaire de la Seine défendent leur territoire contre les autres mâles et attirent les femelles en utilisant des vocalises sous-marines ([écouter les sons des phoques communs](#)) (© P. Gourdan)

Ce numéro a été rédigé en collaboration avec l'Institut Interdisciplinaire de l'Innovation - Centre de Recherche en Gestion de l'Institut Polytechnique de Paris dans le cadre du projet « Pollution acoustique anthropique sous-marine due au transport maritime ».

REMERCIEMENTS

C. Aulert, Office français de la biodiversité (OFB), C. Boutry, Boluda Le Havre, A. Delcher, APPLH - Association des Pêcheurs Plaisanciers Le Havre, P. Dieulafait, Ecologie pour Le Havre, C. Fonti, CMA-CGM, P. Galichon, Grand Port Maritime du Havre, A. Gimard, OFB, P. Gobbe, APPLH, G. Gautier, Le Havre Plaisance, V. Guyet, Cellule de suivi du littoral normand, A. Leroy, Ecologie pour Le Havre, A. Maheut, Coopérative Maritime Havraise, C. Roux, CMA-CGM, E. Trebaul, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins et C. Vogel, Ifremer.

Le bruit sous-marin

L'océan est-il un monde silencieux ?

L'océan est rempli de sons qui peuvent provenir de sources naturelles, telles que les vagues déferlantes, la pluie, les tremblements de terre, la glace et la vie marine. Ils peuvent également provenir de diverses sources anthropiques liées à des activités telles que les communications, la navigation, la défense, la recherche, l'exploration et la pêche. Parmi ces sons anthropiques, certains sont le sous-produit d'activités industrielles telles que le trafic maritime, l'exploration et le forage pétroliers, le dragage ou le battage de pieux pour les infrastructures côtières et offshore comme, par exemple, la construction de parcs éoliens.



Laura Recuero Virto

Coordinatrice de recherche
Ocean University Initiative
i³-CRG, École Polytechnique



Hervé Dumez

Directeur
Institut interdisciplinaire de l'innovation
i³-CRG, École Polytechnique



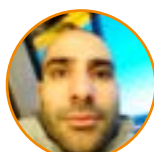
Pascal Galichon

Directeur en charge du développement
durable et du pilotage
Grand port maritime du Havre



Florent Le Courtois

Expert en pollution sonore sous-marine
SHOM (Service hydrographique et
océanographique de la Marine)



Manuel Muntoni

Chargé de mission référentiel priorités de
restauration écologique de l'estuaire de la
Seine.
Groupement d'intérêt publique Seine-Aval
(GIP Seine-Aval)

Qu'est-ce que le bruit sous-marin et pourquoi devrions-nous nous en soucier ?

Le son est appelé "bruit" lorsqu'il peut avoir des effets négatifs sur la vie marine. Le son dans l'océan joue un rôle clé pour la vie marine. Les organismes marins dépendent des sons pour naviguer, trouver de la nourriture, éviter les prédateurs, se reproduire, trouver des partenaires, communiquer et créer une cohésion de groupe (Buscaino et al., 2016 ; Figure 1). De nombreuses espèces marines produisent des sons et perçoivent ceux qui les entourent. En particulier, les animaux marins utilisent le son pour recueillir des informations sur leur environnement. Les sons couvrent de vastes distances dans l'océan, car les pertes de transmission sont faibles par rapport à celles de l'air. Par exemple, les sons de basse fréquence (15-30 Hz) des baleines bleues et des rorquals communs ont été enregistrés sur des distances de 400 à 1600 kilomètres, ce qui montre leur capacité à communiquer à travers la mer (Sirovic et al., 2007) ([écouter les sons des baleines bleues](#)).



FIGURE 2. Le grand dauphin, que l'on trouve en Manche, voit son sifflement modifié lorsque les navires sont audibles et la cohésion des groupes avec les baleineaux est réduite ([écoutez les sons du grand dauphin](#)) (© P. Carzoo)

Le bruit provenant de sources anthropiques peut avoir une série d'effets négatifs sur la biodiversité et les écosystèmes marins, comme des effets de masquage par lesquels le bruit interfère avec des signaux biologiquement importants, ainsi que des perturbations comportementales (Figure 2). Par exemple, les marsouins communs, que l'on trouve en Manche, présentent de fortes réponses comportementales au bruit de haute fréquence produit par les navires à plus de 1 000 mètres de distance de ceux-ci en eaux peu profondes (Dyndo et al., 2015) ([écoutez les marsouins communs](#)).

De plus, le bruit provenant de sources anthropiques peut également provoquer une perte auditive temporaire ou permanente, des lésions tissulaires ou même la mort de la faune marine en raison de l'intensité des émissions sonores (Van der Graaf et al., 2012). Par exemple, les impacts du bruit provenant de la construction de parcs éoliens offshore comprennent des lésions tissulaires et même la mort de poissons (WWF, 2014). Les activités de sonar naval et d'étude sismique ont été corrélées avec des événements de mortalité des mammifères marins. En particulier, depuis les années 1950, 39 échouages massifs de baleines à bec de Cuvier ont été associés à des opérations navales en cours, dont la moitié en mer Méditerranée (Azzellino et al., 2011).

Pourquoi devrions-nous nous préoccuper du bruit sous-marin dû au transport maritime ?

Le transport maritime est la source la plus répandue et la plus persistante de bruit sous-marin. Dans certaines zones de l'océan, les niveaux de bruit ont considérablement augmenté au cours des 60 dernières années, principalement en raison de l'activité commerciale de transport maritime. La flotte mondiale de navires commerciaux a triplé au cours des 50 dernières années et le bruit dû à ce transport devrait continuer à augmenter dans les années à venir, en particulier à proximité des voies de navigation et dans l'hémisphère nord. Comparé au bruit persant et soudain produit, par exemple, par les sonars militaires, les canons à air sismique ou les battages de pieux, le transport maritime est une source de bruit fréquent, chronique et agrégé. Ce type de bruit peut entraîner un stress chronique qui peut affecter la santé des populations par des changements dans les taux de fertilité, de mortalité et de croissance (Wright et al., 2009 ; OMI, 2018). Il existe principalement des preuves de masquage et d'effets comportementaux du bruit sous-marin provenant du transport maritime sur les mammifères marins (OMI, 2018). En particulier, le bruit

TABLEAU 1. Options pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime (élaboration des auteurs)

DES OPTIONS AUX EFFETS GLOBAUX	
Conception : coque, hélice, moteur	Peut accroître l'efficacité énergétique et réduire le bruit sous-marin et l'émission de contaminants atmosphériques.
Conception : type de carburant (GNL, méthanol, piles à combustible, batterie hybride)	Pour réduire le bruit sous-marin et l'émission de polluants atmosphériques.
Conception : navires de plus grande taille	Pour réduire le bruit sous-marin et l'émission de polluants atmosphériques.
Opérationnelle : entretien du navire (coque, hélice)	Pour augmenter l'efficacité énergétique et réduire les émissions de bruit sous-marin et de polluants atmosphériques.
Opérationnelle : navires fonctionnant à la charge nominale	Pour accroître l'efficacité énergétique et réduire les émissions de bruit sous-marin et de polluants atmosphériques.
DES OPTIONS AUX EFFETS LOCAUX	
Opérationnelle : les navires réduisent leur vitesse, changent d'itinéraire, naviguent en convoi	Peut réduire le bruit sous-marin et augmenter les coûts de transport.
Opérationnelle : les navires utilisent des installations d'alimentation électrique à terre dans les ports	Pour réduire l'émission de bruit sous-marin et de polluants atmosphériques.

sous-marin provenant de la navigation commerciale peut entraver les communications des baleines à fanons, des bélugas, des grands dauphins, des globicéphales, des orques et des baleines à bec de Cuvier (Aguilar Soto, 2006 ; CDB, 2012).

Comment réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime ?

Un certain nombre d'options de conception et d'exploitation peuvent être mises en œuvre pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime (Tableau 1). La plupart de ces options combinent une réduction des nuisances avec une augmentation de l'efficacité énergétique et/ou une diminution des émissions de polluants atmosphériques. Toutes les options de conception et certaines des options opérationnelles énumérées dans le tableau 1 permettent de réduire le bruit sous-marin au niveau global. Certaines options opérationnelles liées au trafic maritime et aux installations d'alimentation électrique à terre réduisent le bruit sous-marin au niveau local. Les modifications de conception des coques et des hélices peuvent avoir un impact important sur la réduction du bruit sous-marin, bien que certaines d'entre elles doivent être intégrées au stade de la construction. Les options opérationnelles peuvent être mises en œuvre à court terme.

TABLEAU 2. Actions des ports pour favoriser la réduction du bruit sous-marin dû au transport maritime (élaboration des auteurs)

DES OPTIONS AUX EFFETS GLOBAUX
Taxes portuaires appliqués en fonction des performances en matière de bruit sous-marin Remises pour les navires ayant de meilleures performances ou taxes différenciées en fonction des émissions.
DES OPTIONS AUX EFFETS LOCAUX
Équipement d'atténuation du bruit sous-marin pour protéger la faune locale Dispositifs destinés à déplacer la faune marine, tels que les dissuasifs acoustiques, ou à agir comme une barrière de bulles d'air.
Critères de bruit sous-marin dans la sélection des fournisseurs de services portuaires Opérateurs de terminaux, opérateurs de remorquage, dragueurs.
Conception adéquate des ports et des barrières, installations énergétiques à terre Relocalisation des activités les plus bruyantes, barrières physiques contre la propagation du bruit, énergie terrestre, systèmes de recharge électrique, installations de stockage pour les carburants de substitution, etc.
Réduction du temps d'attente des navires dans les ports grâce à une collaboration tout au long de la chaîne logistique maritime Amarrage, accostage, mouillage, manutention de la cargaison ; pouvant conduire à des avantages mutuels, par exemple par la réduction des compensations habituellement versées par les ports pour le temps d'attente.

Quelles mesures les ports peuvent-ils prendre pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime ?

Même s'il n'existe pas de solution universelle optimale, car chaque port a ses propres caractéristiques et sa propre faune locale, il existe un ensemble de mesures qu'ils peuvent mettre en œuvre pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime (Tableau 2). La plupart de ces actions permettent de réduire les niveaux de bruit générés à proximité d'un port. Certaines actions sont liées aux performances acoustiques des navires et réduisent le bruit sous-marin au niveau global.

Le port du Havre

Quel est le rôle du Havre en tant que plaque tournante commerciale ?

Le port du Havre est le premier port français pour le trafic de conteneurs et le 5^{ème} plus grand port d'Europe du Nord. Il dispose d'infrastructures bien développées et offre un accès nautique aisé. Situé sur la rive droite de l'estuaire de la Seine, Le Havre est l'un des ports de l'axe de la Seine avec Rouen et Paris. Ces ports opèrent dans un environnement très compétitif et leur positionnement stratégique s'est amélioré depuis la réforme portuaire française de 2011 et avec l'extension du port du Havre, Port 2000. La stratégie française de développement portuaire vise à accroître encore les performances des ports en intégrant mieux les ports maritimes, les ports intérieurs, les plateformes multimodales et les centres logistiques, ce qui permettra ainsi d'ancrer davantage le pôle portuaire du Havre/Rouen dans l'économie de la vallée de la Seine.

Quels sont les défis environnementaux auxquels le Havre est confronté ?

Les ports d'Europe du Nord partagent des préoccupations environnementales similaires. Au port du Havre, les principales préoccupations sont la qualité de l'eau et le développement portuaire. La qualité de l'air est également un problème en raison des émissions atmosphériques générées (voir encadré page suivante).

Le bruit constitue un autre défi environnemental. Au Havre, les navires produisent du bruit aérien dans un endroit très proche des zones résidentielles. Une source importante de bruit dans le port provenait autrefois des dragues à godets qui ont disparu après la Seconde Guerre mondiale. Le bruit sous-marin serait une source de préoccupation si des travaux et des extensions du port étaient entrepris. Cependant, ceux-ci seraient soumis à des exigences environnementales, puisque le port est situé dans une zone humide qui est couverte par un solide cadre réglementaire.

Les bonnes pratiques : l'indice environnemental des navires

Cinq ports du nord-ouest de l'Europe (Hambourg, Brême, Anvers, Rotterdam et Le Havre) ont mis au point un indicateur simple pour classer l'impact environnemental des navires. L'Indice environnemental des navires a été établi en 2011 dans le cadre d'un programme international développé par l'Association internationale des ports (IAPH).

Depuis 2019, 57 ports utilisent cet indicateur qui évalue les émissions atmosphériques (NO_x , SO_x et CO_2). Sur la base de cet indicateur, chaque port peut décider de la manière dont il récompense les propriétaires de navires. Certains ports proposent des réductions des taxes portuaires pour les navires qui obtiennent les scores les plus élevés par cet indicateur. D'autres ports, comme le port du Havre, incitent les armateurs à améliorer leurs performances en matière de réduction du bruit en réduisant le niveau des taxes.

L'indicateur est régulièrement mis à jour afin d'inclure d'autres préoccupations environnementales telles que la qualité de l'eau. Bien que l'inclusion du bruit sous-marin ne soit pas actuellement en discussion, le bruit aérien pourrait être introduit en tant que nouvelle composante de l'indicateur. En effet, le port du Havre a participé avec 17 autres ports au projet NEPTUNES qui vise à soutenir l'atténuation du bruit des navires de haute mer et a élaboré des lignes directrices pour une labellisation de leurs pratiques, basée sur les performances des navires en matière de réduction du bruit.

Pourquoi se concentrer sur Le Havre pour étudier les mesures que les ports peuvent prendre pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime ?

Le Havre est un port important situé sur plusieurs routes maritimes menant à l'océan Atlantique, à la mer du Nord et à la mer Baltique, et même jusqu'à l'océan Arctique. La densité du trafic maritime dans la région est l'une des plus élevées au monde.

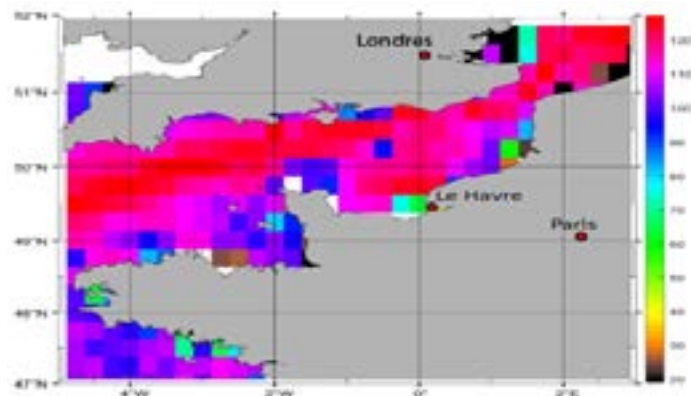


FIGURE 3. Contribution du trafic maritime au bruit ambiant (dB re 1 μPa) pour l'hiver 2016 dans la bande d'un tiers d'octave centrée sur 125 Hz (© Shom)

Que savons-nous du bruit sous-marin lié au transport maritime près du Havre ?

La navigation en Manche est principalement composée de grands navires commerciaux qui peuvent émettre des niveaux de bruit élevés. Dans cette zone, l'activité des navires est l'une des plus denses au monde et est presque continue. Le paysage sonore est dominé par le bruit basse fréquence produit par les navires. Cependant, en raison de la géomorphologie de la zone entourant le port, principalement caractérisée par des eaux peu profondes, le bruit est rapidement atténué. Cela se traduit par des niveaux de bruit élevés dans la bande d'un tiers d'octave centrée sur 125 Hz, l'une des bandes de fréquences de la directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin » (DCSMM), mais ils ne se propagent pas loin.

La figure 3 montre les niveaux de bruit moyens pour l'hiver 2016, compilés à l'aide d'outils de modélisation du bruit et validés par des mesures *in situ*. Les cellules rouges à violettes (125 à 110 dB re 1 μPa) indiquent une zone soumise à une haute pression. Il s'agit donc d'une zone qui peut présenter un risque de perte auditive pour les baleines à fanons (Mysticètes), bien qu'il soit peu probable qu'elles soient présentes dans cette zone. Les cellules bleues couvrent les zones plus éloignées des voies de navigation, où les niveaux de bruit des bateaux diminuent rapidement (110 à 90 dB re 1 μPa , dans les zones bleues). Dans les cellules vertes, près des côtes, les niveaux de bruit sont presque négligeables en raison de la forte absorption (moins de 90 dB re 1 μPa).

Les comparaisons des simulations de niveaux de bruit entre 2016 et 2012 indiquent que la part du transport maritime dans le bruit ambiant à basse fréquence pourrait avoir diminué en Manche. Cela pourrait être lié au fait que la navigation commerciale a diminué en termes de nombre de bateaux depuis 2008, même si les navires sont de taille plus importante.

La région du Havre est l'habitat de plusieurs mammifères marins. Les populations de phoques communs et de phoques gris vivent dans cette zone (Figure 4). Comme leurs vocalises sont à basse fréquence (principalement en dessous de 1000 Hz), le bruit des navires peut masquer leur communication. Cette zone abrite également des populations de marsouins communs, principalement en hiver.



FIGURE 4. Phoque dans le bassin de Port 2000, août 2019 (© GMPH)

La directive de l'Union européenne

La directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin » (DCSMM) est l'une des premières réglementations internationales à reconnaître le bruit sous-marin comme source de pollution. Les pressions anthropiques des émissions impulsives et continues sont évaluées respectivement selon les critères 1 et 2 du descripteur 11. Ce descripteur a été évalué en 2012 dans le cadre du processus d'évaluation initiale et à nouveau en 2017 lors du deuxième cycle d'évaluation afin de suivre les progrès réalisés. La DCSMM exige que les pressions ne dépassent pas les niveaux qui affectent les populations de la faune marine. Ces niveaux doivent encore être identifiés par la collaboration entre les États membres, mais d'importants progrès méthodologiques ont été réalisés dans l'évaluation des pressions.

Quelles sont les autres sources locales de bruit sous-marin ?

Le rôle joué par la Manche pendant la Seconde Guerre mondiale et sa dynamique hydro-morphologique expliquent que des mines sous-marines sont constamment découvertes dans cette zone. Les mines sous-marines non explosées constituent des menaces majeures pour la sécurité des activités humaines et pour la vie marine. Une fois découvertes, les mines sous-marines sont déclenchées dans des conditions contrôlées. Une quarantaine de détonations ont été réalisées en 2016 sur les côtes françaises, entre Cherbourg et Dunkerque. Les données relatives aux émissions impulsives sont consignées dans le registre des bruits de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR).

Le développement d'infrastructures telles que les ports, les digues et les berges le long de l'estuaire de la Seine a commencé dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, principalement motivé par le développement urbain, agricole et industriel des vallées (figure 5) (Fisson et al., 2014)¹.

Ces changements ont eu des conséquences importantes sur la structure morphologique de l'estuaire et la qualité de ses habitats. Par exemple, depuis 1875, la superficie des vasières intertidales situées à l'embouchure de l'estuaire, près du Havre, a été divisée par cinq (Delsinne, 2005), ce qui a eu des conséquences importantes sur la fonction de nurserie de ce secteur pour les populations marines de la Manche (Rochette et al., 2010).



FIGURE 5. Évolution de l'estuaire de la Seine entre 1750 et 2015. Depuis le début du XIX^{ème} siècle, un développement industriel et urbain intense a entraîné un degré élevé d'intervention humaine sur l'estuaire. La construction d'infrastructures telles que des ports, des digues ou des berges a entraîné une modification hydro-morphologique profonde du profil du fleuve (© GIP Seine-Aval, 2015)

Quels sont les autres types de pressions environnementales dans la région du Havre ?

Les estuaires sont des zones de transition entre les écosystèmes d'eau douce et marin et sont soumis à la dynamique des marées. En raison de leur position entre terre et mer, les estuaires fournissent un accès sécurisé par la navigation et accueillent généralement un grand nombre d'activités humaines. Par conséquent, ils sont exposés à des niveaux élevés de pression anthropique (McLusky et Elliott, 2004).

Parmi les changements induits par l'anthropisation de la vallée de la Seine, la détérioration de la qualité de l'eau est l'une des principales pressions sur le fonctionnement écologique de l'estuaire. En effet, le développement de centres industriels, la prédominance du secteur agricole et la présence d'environ 17 millions de personnes dans le bassin versant expliquent qu'au début des années 1980, la Seine était considérée

¹ Pour une revue plus récente des indicateurs environnementaux dans l'estuaire de la Seine, voir le GIP Seine-Aval (2017).



FIGURE 6. L'estuaire de la Seine et ses activités industrielles, portuaires et urbaines (rive droite de l'embouchure de l'estuaire, vue sur Port 2000 et la ville du Havre derrière) (© GMPH)

comme l'un des fleuves les plus pollués au monde. En particulier, les digues artificielles construites en bordure du chenal du fleuve ont considérablement réduit la connectivité latérale entre le chenal principal et le lit de crue, dont dépendent plusieurs espèces pour les différentes phases de leur cycle de vie (reproduction, nurserie, abri). De plus, la réduction de la capacité dépurative de l'estuaire est supposée être le résultat de l'endiguement du fleuve, responsable de la diminution du temps de résidence des eaux dans l'estuaire.

Au début des années 1980, la prise de conscience de ces questions environnementales a conduit à la mise en place d'un cadre réglementaire strict. Des mesures visant à améliorer la qualité de l'eau ont également été mises en œuvre. Ainsi, les rejets industriels ont été divisés par quatre. Cependant, une grande diversité de micropolluants, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des organochlorés, des biphényles polychlorés (PCB) et des métaux, sont toujours présents dans l'estuaire, en particulier dans ses sédiments. Plusieurs effets négatifs sur la santé des organismes ont été observés (Fisson, 2017). Malgré cela, la qualité de l'eau s'est remarquablement améliorée, comme montré par l'augmentation significative de la concentration en oxygène dissous enregistrée depuis la première décennie du XXI^{ème} siècle. Les événements d'hypoxie, entraînés par une importante charge en nutriments combinée à des températures élevées et de faibles débits, ont disparu depuis la mise en place des réglementations concernant le rejet des eaux usées et l'installation de stations d'épuration.

Un autre problème concernant la qualité de l'eau est la charge importante en nutriments, en particulier d'azote, déversée dans la zone côtière par la Seine. Ce phénomène affecte la croissance des organismes planctoniques et peut exacerber l'apparition d'efflorescences d'algues toxiques, entraînant ainsi une perte économique importante pour la pêche locale.

Peut-on établir des relations de cause à effet entre les pressions anthropiques et l'état environnemental de la région du Havre ?

Dans un estuaire, les pressions anthropiques et les processus estuariens naturels sont inextricablement liés, ce qui rend difficile l'évaluation de hiérarchies de cause à effet claires (Figure 6). En effet, les estuaires sont des milieux soumis à des contraintes fortes, aussi bien naturelles (en raison du degré élevé de variabilité de leurs caractéristiques physico-chimiques) qu'anthropiques. En réponse à ce stress, les communautés estuariennes sont adaptées à cette forte variabilité spatiale et temporelle.

Plusieurs auteurs ont observé des similitudes entre les communautés appartenant à des zones naturellement très stressées et les communautés vivant dans des zones soumises à de fortes pressions anthropiques comme les estuaires. Cette difficulté à identifier le stress anthropique dans les estuaires est appelée « Paradoxe de la qualité des estuaires » (Elliott et Quintino, 2007), un concept très pertinent compte tenu de la demande accrue d'études des effets des impacts anthropiques sur les écosystèmes estuariens, notamment au regard de la Directive cadre sur l'eau.

Des essais prometteurs ont été réalisés afin de gagner une meilleure compréhension de l'effet des changements morphologiques induit par de nouvelles infrastructures sur le fonctionnement de l'écosystème de l'estuaire de la Seine à travers l'analyse des réseaux écologiques (Tecchio et al., 2016). Les indices de réseau ont partiellement saisi la combinaison des changements sur le fonctionnement de l'estuaire, mais ils ne peuvent pas encore être considérés comme un outil pleinement opérationnel. Un supplément de travail reste à faire pour intégrer les variations temporelles des facteurs physiques (e.g. hydrodynamique) afin de mieux discriminer les différents facteurs qui jouent un rôle dans l'estuaire au cours de la même période de temps.

Questions politiques

Une solution à long terme à l'impact des émissions sonores sous-marines des navires commerciaux sur la faune marine serait que les États membres de l'organe spécialisée des Nations Unies pour la navigation commerciale, l'Organisation maritime internationale, adoptent un engagement international juridiquement contraignant. À court terme, compte tenu des incertitudes sur les impacts biologiques des émissions sonores sous-marines du trafic maritime, tant au niveau de l'individu qu'au niveau des populations, il conviendrait d'adopter l'approche de précaution.

Dans le port du Havre, en ce qui concerne la réduction du bruit sous-marin provenant du trafic maritime, les solutions ayant des effets locaux (Tableaux 1 et 2) ne semblent pas être les plus appropriées, car aucune incidence concernant l'impact du bruit sur la faune marine n'a été documentée. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas d'impact sur la faune marine locale, mais qu'il n'y a pas de donnée pour le moment. Leur collecte est une étape nécessaire pour comprendre l'influence du bruit lié aux activités portuaires au niveau local. En particulier, la collecte de données est nécessaire pour comprendre l'interaction entre le bruit et la faune à des fins de suivi et d'évaluation.

En ce qui concerne les solutions ayant des effets globaux pour réduire le bruit sous-marin dû au transport maritime, telles que les taxes portuaires ou la priorité dans l'attribution des créneaux de mouillage, elles ne seront probablement pas mises en œuvre à court terme au Havre non plus, car le bruit sous-marin n'est pas perçu comme un problème majeur par les acteurs locaux.

Dans ce contexte, il serait utile de promouvoir un programme qui identifie clairement les synergies entre l'efficacité énergétique, la qualité de l'air (y compris le bruit atmosphérique) et la réduction du bruit sous-marin. En effet, l'indice environnemental des navires déjà utilisé au port du Havre inclut les émissions de polluants atmosphériques. Ces derniers sont une préoccupation majeure au niveau local pour les populations situées à proximité des grands ports. Ils sont donc proactifs dans la mise en place d'actions visant à réduire cette pollution locale et ces efforts pourraient également être utilisés pour réduire le bruit sous-marin (Tableau 2).

Le cas du port du Havre est très intéressant dans la mesure où, comme la plupart des ports, il souffre de divers types de pollution locale dont il est difficile de mettre en évidence les liens de cause à effet. Il existe peu ou pas de données sur les impacts du bruit sous-marin sur la faune marine au niveau local. Il n'y a pas souvent de mammifères marins en danger critique d'extinction à proximité et la population locale (et donc l'autorité portuaire) est principalement concernée par la qualité de l'air et de l'eau. De plus, la population locale dépend souvent économiquement des activités du port et a donc intérêt à les préserver. Une bonne compréhension des effets sur le bruit sous-marin des différentes options disponibles pour améliorer l'efficacité énergétique, la qualité de l'air et de l'eau aiderait les ports à choisir les solutions qui contribuent également à réduire le bruit sous-marin. Ces solutions pourraient ensuite être étendues à un grand nombre de ports, grâce à l'élaboration d'indices environnementaux et à la notation des sociétés de classification.



Domaines de recherche futurs

Identifier explicitement les synergies entre l'efficacité énergétique, la qualité de l'air (y compris le bruit atmosphérique) et la réduction du bruit sous-marin

Si des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique et la qualité de l'air sont déjà prises, le bruit sous-marin n'est généralement pas encore perçu comme un problème environnemental majeur par les ports ou les armateurs. Toutefois, certaines préoccupations ont été exprimées concernant des espèces en danger critique d'extinction pour lesquelles il existe des informations sur l'impact potentiel du bruit sous-marin. Une meilleure compréhension des synergies entre l'efficacité énergétique, la qualité de l'air et le bruit sous-marin pourrait fournir des informations utiles aux décideurs. En particulier, les actions sur l'efficacité énergétique et la qualité de l'air qui ont également un impact sur le bruit sous-marin pourraient être prioritaires. Des exemples de ces synergies sont présentés dans le tableau 1.

Cartographie de la vulnérabilité au bruit sous-marin par port

Ces cartes seraient utiles tant pour les ports que pour les armateurs. Les différentes fréquences, et donc les composantes des navires, ont un impact sur différentes faunes marines. Les décisions de chaque port dépendront souvent de la présence locale de la faune.

L'expérience de la lutte contre le bruit de l'aviation pourrait fournir quelques indications

Il existe des différences mais aussi des similitudes importantes entre le bruit de l'aviation et les émissions sonores des navires. Les exigences locales concernant la qualité sonore de l'air à proximité des aéroports ont renforcé la pression mondiale sur l'industrie aéronautique pour qu'elle adopte les technologies de silencieux existantes. L'expérience acquise en matière de lutte contre le bruit de l'aviation pourrait fournir des indications sur les enseignements tirés, le processus, la mise en place de mesures incitatives, les outils et les critères de suivi, entre autres facteurs.

SOURCES ET LECTURES COMPLÉMENTAIRES

- Aguilar Soto, N., Johnson, N., Madsen, P. T., Tyack, P. L., Bocconcelli, A., Borsani, J. F., 2006. Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? *Marine Mammal Science* 22: 690–699.
- Azzellino, A. et al., 2011. Risk mapping for sensitive species to underwater anthropogenic sound emissions: Model development and validation in two Mediterranean areas. *Marine Pollution Bulletin* 63, 56–70.
- Berkowitz, H. and Dumez, H. (eds), 2017. *Racket in the oceans: why underwater noise matters, how to measure and how to manage it*. Paris: Observatory for Responsible Innovation / Palaiseau (France): i3-CRG (CNRS – École polytechnique).
- Buscaino et al., 2016. Temporal patterns in the soundscape of the shallow waters of a Mediterranean marine protected area. *Scientific Reports* 6: 34230.
- CBD, 2012. Scientific synthesis on the impacts of underwater noise on marine and coastal biodiversity and habitats. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSSTA), 16th meeting, UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12. Montreal: Convention on Biological Diversity.
- Delsinne, N., 2005. Évolution pluri-millénaire à pluri-annuelle du prisme sédimentaire d'embouchure de la Seine. Facteurs de contrôle naturels et d'origine anthropique. (phd thesis). University of Caen.
- Dyndo, M., Wiśniewska, D. M., Rojano-Doñate, L., Madsen, P. T., 2015. Harbour porpoises react to low levels of high frequency vessel noise. *Scientific reports*, 5, 11083. doi:10.1038/srep11083.
- Elliott, M., Quintino, V., 2007. The Estuarine Quality Paradox, *Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas*. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 640–645. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.02.003>.
- Fisson, C., 2017. Industrialisation de l'estuaire de la Seine : Quel héritage pour la qualité des eaux ? Fascicule 3.6 (Fascicule Seine-Aval No. 3.6). GIP Seine-Aval.
- Fisson, C., Leboulenger, F., Lecarpentier, T., Moussard, S., Ranvier, G., 2014. L'estuaire de la Seine : état de santé et évolution. Fascicule Seine-Aval 3.1. 55p.
- GIP Seine-Aval, 2017. Indicateurs environnementaux pour le suivi de la DTA de l'estuaire de la Seine. Rapport du GIP Seine-Aval pour la DREAL de Normandie, 20p.
- IMO, 2014. Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life. London: IMO subcommittee on Ship Design and Equipment.
- IMO, 2018a. Further information related to impacts of underwater noise on marine life. Submitted by International Whaling Commission. Marine Environment Protection Committee, 72nd session, agenda item 16, MEPC 72/INF.9, 19 January 2018. International Maritime Organization, London, UK.
- Kinda, G. B., Le Courtois, F., Stéphan, Y., 2017. Ambient noise dynamics in a heavy shipping area. *Marine pollution bulletin*, 124(1), 535-546.
- Le Courtois, F., Kinda, G. B., Stéphan, Y., 2018. Evaluation du bon état écologique au titre du descripteur 11. Shom.
- McLusky, D.S., Elliott, M., 2004. *The Estuarine Ecosystem*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198525080.001.0001>.
- Merchant, N., et al., 2019. Impulsive noise pollution in the Northeast Atlantic: Reported activity during 2015-2017. *Marine pollution bulletin*, in press.
- Merk, O., et al., 2011. "The Competitiveness of Global Port-Cities: the Case of the Seine Axis (Le Havre, Rouen, Paris, Caen) - France", OECD Regional Development Working Papers, 2011/07, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5kg58xppgc0n-en>.
- NEPTUNES, 2019. Best practice guide version 1.0. Mitigation of noise from ships at berth.
- Rochette, S., Rivot, E., Morin, J., Mackinson, S., Riou, P., Le Pape, O., 2010. Effect of nursery habitat degradation on flatfish population: Application to *Solea solea* in the Eastern Channel (Western Europe). *J. Sea Res.*, Proceedings of the Seventh International Symposium on Flatfish Ecology, Part I 64, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2009.08.003>.
- Sirovic, A., Hildebrand, J.A., Wiggins, S.M., 2007. Blue and fin whale call source levels and propagation range in the Southern Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122(2) 1208-15.
- Tecchio, S., Chaalali, A., Raoux, A., Tous Rius, A., Lequesne, J., Girardin, V., Lassalle, G., Cachera, M., Riou, P., Lobry, J., Dauvin, J.-C., Niquil, N., 2016. Evaluating ecosystem-level anthropogenic impacts in a stressed transitional environment: The case of the Seine estuary. *Ecol. Indic.* 61, 833–845. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.036>.
- Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., André, M., Brensing, K., Dalen, J., Dekelin, R.P.A., Robinson, S., Tasker, M.L., Thomsen, F. and Werner, S. 2012. European Marine Strategy Framework Directive-Good environmental status (MSFD GES): Report of the technical subgroup on underwater noise and other forms of energy. Brussels: European Commission.
- Wright, A.J. (ed.), 2009. Report of the workshop on assessing the cumulative impacts of underwater noise with other anthropogenic stressors on marine mammals: From ideas to action. Monterey, California, USA, 26th-29th August, 2009. *Okeanos - Foundation for the Sea*, Auf der Marienhöhe 15, D-64297 Darmstadt.
- WWF, 2014. Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea, WWF, Norway.

OCEAN UNIVERSITY INITIATIVE

L'Ocean University Initiative a été initiée par les collectivités Bretonnes. Elle est mise en œuvre par l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) avec pour but de créer les conditions de la mise en place d'un institut de l'Université des Nations Unies dédié à l'océan et aux littoraux, et pour moyens la réalisation d'actions de préfiguration dans trois domaines : la recherche, la formation et la communication.

OCEAN University Initiative
UBO - IUEM
Rue Dumont d'Urville
29280 PLOUZANÉ

Coordinateur : Denis Bailly
contact@ocean-univ.org
ocean-univ.org

UNE INITIATIVE PORTÉE PAR