



**TROUSSE D'OUTILS POUR RÉDUIRE
LES IMPACTS DE LA NAVIGATION
DANS LES AIRES MARINES PROTÉGÉES**

LES IMPACTS DE LA NAVIGATION SUR LES HABITATS BENTHIQUES

Octobre 2020

Rapport préparé pour le WWF-Canada par
Kristyn Lyons et Elissama De Oliveira Menezes

Table des matières

INTRODUCTION AUX HABITATS BENTHIQUES.....	3
Aperçu écologique	3
Politique sur les habitats benthiques au Canada	4
IMPACTS DE LA NAVIGATION SUR LES HABITATS BENTHIQUES	5
Mouillage	6
Impacts directs.....	6
Impacts indirects.....	6
Échouements et naufrages	7
Biocides.....	7
Impacts des naufrages sur les communautés	8
Hydrocarbures	9
Impacts sur les communautés	10
Rejets	11
Eaux de ballast	11
Eaux grises et eaux usées	11
Tableau 1. Résumé des impacts de la navigation sur les habitats benthiques marins.....	12
Futures recherches et lacunes	14
RÉFÉRENCES.....	15

© Kim Dunn / WWF-Canada

Photo en couverture : © Wild Wonders of Europe / Nils Aukan / WWF

INTRODUCTION AUX HABITATS BENTHIQUES

APERÇU ÉCOLOGIQUE

Les organismes marins vivent dans une grande diversité d'habitats, notamment les vasières, les mangroves, les estuaires, les marais salés, les zones intertidales, ainsi que la haute mer, les récifs coralliens et les forêts de varech, que l'on retrouve dans les océans du monde. Les habitats marins sont souvent divisés en deux catégories : côtiers et océaniques. La plupart des organismes marins vivent dans les habitats côtiers, dont nombreux sont benthiques, mais on trouve aussi d'importants habitats benthiques plus au large¹, comme les bouches hydrothermales en eaux profondes, les tubes calcaires des vers tubicoles, les lits de macroalgues, les suintements froids ou de méthane, les champs de pennatules, les jardins d'éponges et les coraux d'eau froide². Ces habitats, de même que les communautés qu'ils abritent et les écoservices qu'ils fournissent sont souvent négligés lorsqu'il est question de délimiter et de protéger les habitats marins importants³. Les habitats benthiques créent de la dimension dans des environnements sédimentés autrement homogènes⁴. Cette dimension accroît la biodiversité, fournit des habitats importants pour les poissons et les invertébrés (dont de nombreuses espèces importantes sur le plan écologique, économique et culturel) et soutient des chaînes alimentaires complexes⁵.



© Kim Dunn / WWF-Canada

¹ NPS, 2016.

² Doherty, Johnson et Cox, 2018; MacDiarmid, et coll., 2013.

³ Kritzer, et coll., 2016.

⁴ Huvenne, Bett, Masson, Bas et Wheeler, 2016.

⁵ MPO, 2009; Doherty, Johnson et Cox, 2018.

POLITIQUE SUR LES HABITATS BENTHIQUES AU CANADA

Bien qu'il n'existe actuellement aucune politique relative aux impacts de la navigation sur les habitats benthiques au Canada, Pêches et Océans Canada (MPO) offre de l'orientation en matière de politiques et de gestion pour d'autres secteurs de l'industrie extractive, notamment la pêche et le secteur pétrolier et gazier. Par exemple, la *Politique de gestion de l'impact de la pêche sur les zones benthiques vulnérables* définit un processus pour délimiter les zones benthiques vulnérables et fournit un ensemble de lignes directrices, dont bon nombre pourraient s'appliquer à la navigation⁶. Cette politique est complétée par le *Cadre d'évaluation du risque écologique (CERE) pour les communautés à prédominance de coraux d'eau froide et d'éponges*

qui vise à orienter le processus d'évaluation des risques pour les zones benthiques vulnérables en ce qui concerne la pêche⁷. Plus récemment, le MPO a rassemblé de la documentation à des fins d'exploration pétrolière et gazière dans laquelle il aborde les zones visées par des objectifs de conservation benthique définis et comprenant « des espèces benthiques (poissons et invertébrés démersaux), les habitats benthiques (aires de frai, d'alevinage et d'alimentation) et les zones benthiques vulnérables (ZBV) (coraux ou éponges, canyons, monts sous-marins et cheminées hydrothermales⁸) ». Comme les politiques en matière de pêche, certaines grandes lignes pourraient être appliquées dans le contexte des impacts de la navigation.



© Kim Dunn / WWF-Canada

6 MPO. 2009. *Politique de gestion de l'impact de la pêche sur les zones benthiques vulnérables*. dfo-mpo.gc.ca/reports-rapports/regs/sff-cpd/benthi-fra.htm#n6

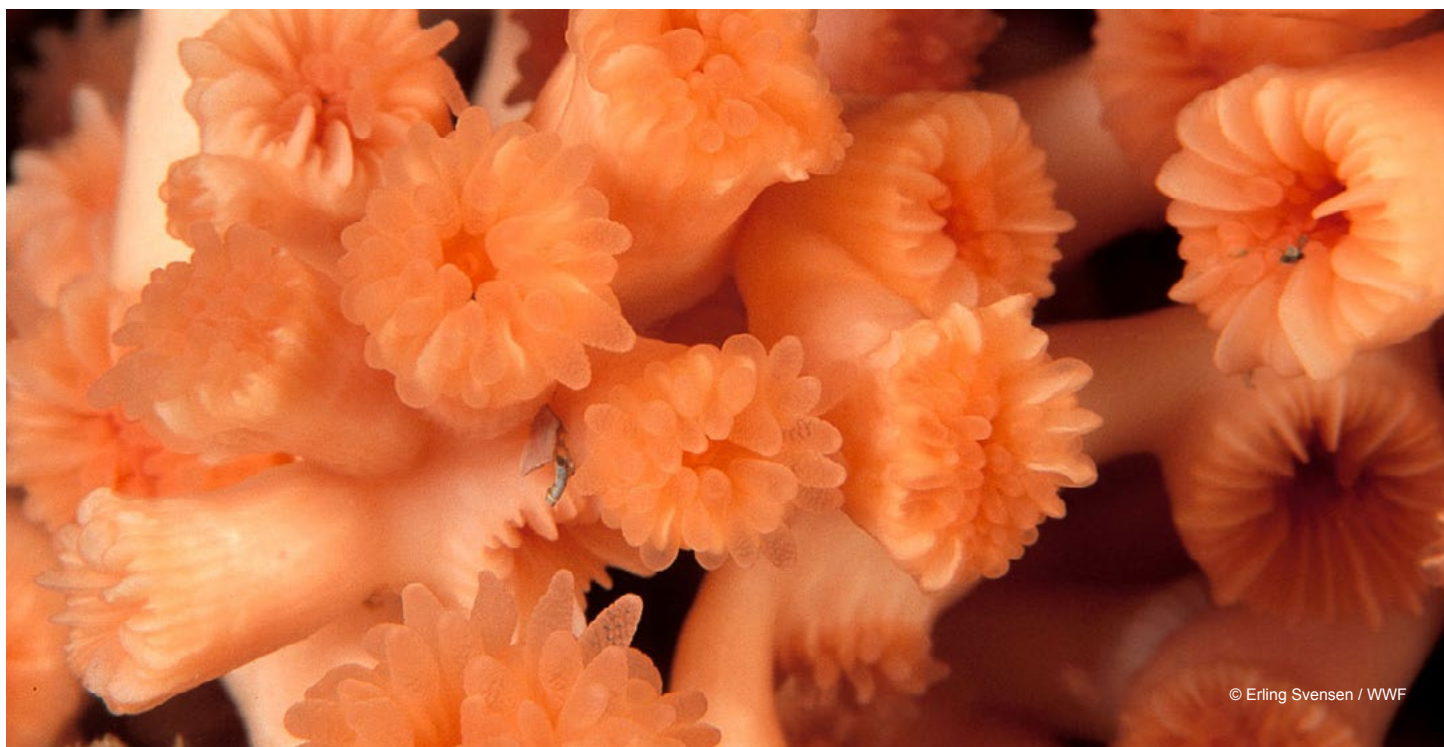
7 MPO. 2019. *Évaluation du risque écologique pour les communautés à prédominance de coraux d'eau froide et d'éponges* : dfo-mpo.gc.ca/reports-rapports/regs/sff-cpd/risk-ecolo-risque-fra.htm

8 Oak, T.G. 2020. *Activités d'exploration et de production pétrolières et gazières dans les zones pour lesquelles des objectifs de conservation des espèces et des habitats benthiques ont été définis : examen des impacts potentiels et des mesures d'atténuation* MPO, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2020/040, v 55 p.

IMPACTS DE LA NAVIGATION SUR LES HABITATS BENTHIQUES

La navigation peut avoir un impact négatif sur les habitats benthiques, à la fois directement et indirectement. Le mouillage, les échouements et les naufrages ont des impacts directs parce qu'ils causent des dommages physiques, mais les impacts peuvent aussi être indirects comme la remise en suspension des sédiments⁹. À l'inverse, certains aspects de la navigation, comme le rejet d'eaux grises et d'eaux usées, peuvent avoir des impacts indirects sur les

habitats benthiques en modifiant la composition chimique et la charge en nutriments de l'eau¹⁰, tandis que les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir un impact sur la structure des communautés benthiques¹¹. Le présent rapport propose un survol de la documentation disponible au sujet des impacts de la navigation sur les habitats benthiques, et résume toutes les activités et leurs impacts dans le tableau 1.



© Erling Svensen / WWF

⁹ Huvenne, Bett, Masson, Bas et Wheeler, 2016; Leatherbarrow, 2003.

¹⁰ VARD, 2018.

¹¹ Kotta, Aps et Herkül, 2008.

MOUILLAGE

Impacts directs

Le mouillage est une pratique courante tant dans la navigation commerciale que dans la navigation de plaisance. L'ancre, ainsi que les chaines et les câbles qui y sont reliés peuvent causer des dommages importants aux habitats benthiques, car ils sont entraînés sur le fond marin et peuvent s'enrouler autour des organismes des récifs coralliens¹². On a étudié pour la première fois les impacts du mouillage dans les années 1970 lorsque des chercheurs ont découvert que cette pratique avait endommagé environ 20 % d'un récif corallien en Floride¹³. Ces dommages constituent un impact direct, et maintenant largement étudié, du mouillage. Lorsqu'on abaisse l'ancre, celle-ci peut causer des dommages physiques aux habitats benthiques en écrasant les organismes enfouis dans les sédiments ou en brisant des morceaux de coraux et d'autres structures benthiques¹⁴. L'étendue des dommages causés par les ancres dépend de leur taille et du type utilisé¹⁵. Outre ces dommages, le mouillage a aussi des conséquences sur les herbiers marins. Quand l'ancre des bateaux est levée ou draguée dans le fond marin, elle peut arracher de larges bandes d'herbiers de zostères¹⁶, délogeant les rhizomes et les feuilles de ces herbes fragiles. On sait que les herbiers marins et les récifs coralliens se remettent très lentement des perturbations, bien que le rétablissement des herbiers marins pourrait varier selon l'espèce¹⁷. Des études montrent que certains herbiers marins prennent plus d'un an à se rétablir des impacts du mouillage, laissant l'habitat fragmenté et les organismes vulnérables pendant la période de rétablissement¹⁸. Les coraux et les éponges d'eau froide prennent

encore plus de temps à se rétablir des perturbations physiques en raison de leur longue durée de vie et de leur croissance lente. Une récente analyse documentaire du MPO souligne l'importance d'éviter les impacts, surtout dans le cas des coraux et des éponges d'eau froide¹⁹.

Impacts indirects

Les dommages physiques causés par le mouillage entraînent aussi des impacts indirects. Par exemple, les dommages causés aux habitats benthiques réduisent la complexité globale de l'habitat, surtout dans les habitats tridimensionnels comme les récifs coralliens²⁰. Les impacts indirects sur les espèces sont extrêmement nuisibles, en particulier pour les organismes qui dépendent des habitats touchés²¹. En Nouvelle-Zélande, des chercheurs ont observé une diminution de l'abondance d'un pinnidae (*Atrina zelandica*) en raison du mouillage²². Dans la mer Méditerranée, le mouillage menace les populations de deux moules endémiques, *Pinna nobilis* et *P. oceanica*, particulièrement dans les eaux peu profondes où la navigation de plaisance est courante²³. Par ailleurs, la destruction directe de l'habitat benthique, comme les herbiers marins, risque d'entraîner une réduction de la disponibilité de nourriture pour les organismes filtreurs de la zone environnante. En effet, les herbiers marins contribuent à augmenter la quantité de nourriture disponible pour ces organismes en réduisant la force du courant et en emprisonnant les particules de nourriture²⁴. Des espèces de poissons et d'invertébrés importantes sur le plan commercial et récréatif peuvent également subir les impacts indirects

12 Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro et Ferreira, 2017.

13 Vázquez-Luis, Borg, Morell, Banach-Esteve et Deudero, 2015.

14 Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro et Ferreira, 2017.

15 Milazzo, Badalamenti, Ceccherelli et Chemello, 2004.

16 Leatherbarrow, 2003.

17 Milazzo, Badalamenti, Ceccherelli et Chemello, 2004.

18 Leatherbarrow, 2003; Vázquez-Luis, Borg, Morell, Banach-Esteve et Deudero, 2015.

19 Oak, T.G. 2020. *Activités d'exploration et de production pétrolières et gazières dans les zones pour lesquelles des objectifs de conservation des espèces et des habitats benthiques ont été définis : examen des impacts potentiels et des mesures d'atténuation*. MPO, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2020/040, v 55 p.

20 Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro et Ferreira, 2017; La Manna, Donno, Sarà et Ceccherelli, 2015.

21 Hendriks, et coll., 2013; Milazzo, Badalamenti, Ceccherelli et Chemello, 2004.

22 Backhurst et Cole, 2000.

23 Vázquez-Luis, Borg, Morell, Banach-Esteve et Deudero, 2015.

24 Hendriks, et coll., 2013.

du mouillage si leur habitat est perturbé²⁵. En outre, la perte d'habitats causée par le mouillage peut conduire à l'établissement d'espèces envahissantes. Lorsqu'un habitat benthique est endommagé par le mouillage, la concurrence entre les espèces indigènes diminue, ce qui facilite l'implantation et la colonisation d'espèces envahissantes²⁶.

La remise en suspension des sédiments causée par le mouillage peut aussi constituer un problème majeur pour les espèces benthiques. Si trop de matières particulières s'accumulent dans la colonne d'eau, la santé des organismes risque de se dégrader et certains pourraient être asphyxiés²⁷. Enfin, les

sédiments en suspension peuvent empêcher en partie la lumière de pénétrer dans la colonne d'eau. Si la lumière ne peut plus atteindre le fond marin, la productivité primaire sera affectée. De plus, les sédiments remis en suspension peuvent libérer à nouveau des éléments nutritifs dans la colonne d'eau, modifiant ainsi la charge en nutriments des eaux environnantes et augmentant le risque de prolifération de végétaux planctoniques²⁸. La remise en suspension des sédiments peut potentiellement affecter les concentrations d'oxygène et l'échange de carbone organique en plus de perturber la distribution des espèces benthiques²⁹.

ÉCHOUEMENTS ET NAUFRAGES

Certains impacts d'un échouement (contact avec le fond marin) ou d'un naufrage sont semblables à ceux du mouillage. Par exemple, l'échouement et le naufrage causent des dommages physiques aux habitats benthiques en écrasant ou en creusant le fond marin, ce qui peut amener le déplacement d'organismes qui vivaient dans la zone touchée, ou à proximité, et remettre des sédiments en suspension. Des changements dans la composition et l'abondance des espèces peuvent également se produire³⁰. En outre, des algues envahissantes peuvent coloniser les zones où survient un échouement³¹, comme c'est le cas pour le mouillage.

Biocides

Un autre enjeu lié à l'échouement des navires est la libération potentielle de biocides dans l'environnement marin³². Dans une étude de 2002, Marshall et ses collègues abordent les dommages causés par l'échouement du navire *Bunga Teratai Satu* de Malaisie sur le récif de Sudbury, au large de la côte australienne en novembre 2000. Le navire

a causé des dommages physiques localisés qui ont entraîné la destruction d'environ 1500 m² du récif. C'est sans doute la peinture antisalissure de la coque du navire contenant un biocide extrêmement toxique pour les organismes marins qui a causé les pires dommages. À la suite de l'échouement, ce biocide a été dispersé par les courants océaniques et les hélices du navire, endommageant ou tuant les coraux durs et mous qui se trouvaient dans la zone de l'échouement³³. De plus, les biocides peuvent se fixer aux matières particulières de la colonne d'eau, pour finalement se déposer sur le fond marin sous forme de sédiments³⁴. En 2008, l'Organisation maritime internationale (OMI) a adopté la Convention internationale sur le contrôle des systèmes antisalissures nuisibles sur les navires pour contrôler l'utilisation des biocides nocifs³⁵. Malgré l'application de cette convention, les substances nuisibles sont toujours utilisées sur les navires dans de nombreux pays en développement³⁶.

25 La Manna, Donno, Sarà et Ceccherelli, 2015.

26 *Ibid.*

27 SCAS, 2015.

28 Leatherbarrow, 2003.

29 Thompson, et coll., 2017.

30 SCAS, 2015; Schroeder, Green, DeMartini et Kenyon, 2008.

31 Schroeder, Green, DeMartini et Kenyon, 2008.

32 Marshall, et coll., 2002; Sonak, 2009.

33 Marshall, et coll., 2002.

34 Sonak, 2009.

35 NOAA, 2008.

36 Costa, Zamprogno, Pedruzzi, Dalbem et Tognella, 2013.

Impacts des naufrages sur les communautés

Outre le risque d'écrasement des organismes dans les milieux benthiques, qui est inhérent au naufrage et à l'échouement³⁷, un naufrage peut engendrer des modifications dans les habitats benthiques. La présence d'une épave sur le fond marin peut changer la topographie, la morphologie et les caractéristiques des sédiments, soit les facteurs qui déterminent si une zone convient à des organismes benthiques donnés³⁸. La turbulence et la vitesse du courant peuvent également augmenter autour des épaves, et celles-ci peuvent modifier les processus hydrodynamiques propres au site qui à leur tour, modifient la teneur en matières organiques des eaux environnantes³⁹. Un naufrage peut aussi mener à la modification de la composition chimique de l'eau, puisque des produits chimiques provenant des métaux et des contaminants s'infiltrant dans l'environnement marin au fil du temps. Selon le contexte, ces impacts ont des effets variables et spécifiques sur les communautés benthiques.⁴⁰

Des changements dans la géomorphologie et dans la teneur en matières organiques des fonds marins risquent de perturber les communautés environnantes. En effet, certaines études montrent que l'accumulation de sédiments a une incidence négative sur les communautés en aval⁴¹. À l'inverse, certaines matières libérées lors d'un naufrage favorisent la croissance d'espèces benthiques qui peuvent alors concurrencer les espèces locales. Dès lors, un changement dans la composition de la communauté benthique peut se produire, les espèces opportunistes ayant le potentiel de devenir les espèces dominantes de la communauté. De tels changements sont difficiles, voire impossibles, à inverser. Des coraux touchés mettent des décennies, voire des siècles, à se remettre des perturbations liées à un naufrage⁴². Par ailleurs, certaines entreprises écotouristiques ou des entreprises qui souhaitent se débarrasser facilement d'un navire encombrant peuvent décider de le faire couler pour créer un récif artificiel. En 2011, Smith et ses collègues ont constaté que, dans la plupart des cas, toute augmentation de

la biodiversité observée à la suite d'un acte volontaire de couler un navire serait temporaire, car il est peu probable que les différences sédimentologiques perdurent après l'érosion de l'épave⁴³. Enfin, une étude montre que certains coraux ont la capacité d'étendre leur aire de distribution en colonisant des structures artificielles comme les épaves et les plateformes pétrolières et gazières. Mais les impacts de ce phénomène devraient être examinés au cas par cas⁴⁴.

Les échouements et les naufrages peuvent également libérer dans l'environnement de l'eau de ballast, du carburant, des hydrocarbures, des déchets et des marchandises⁴⁵. Les sections ci-dessous expliquent de quelle façon les hydrocarbures et les rejets perturbent les habitats benthiques lorsqu'ils se retrouvent dans l'eau.



© Anna Olafsdottir / WWF-Canada

37 Davies, Duffy, Bennie et Gaston, 2014.

38 Ruuskanen, et coll., 2015.

39 *Ibid.*

40 Davis, Carlson et Caselle, 2018.

41 Ruuskanen, et coll., 2015.

42 Davis, Carlson et Caselle, 2018.

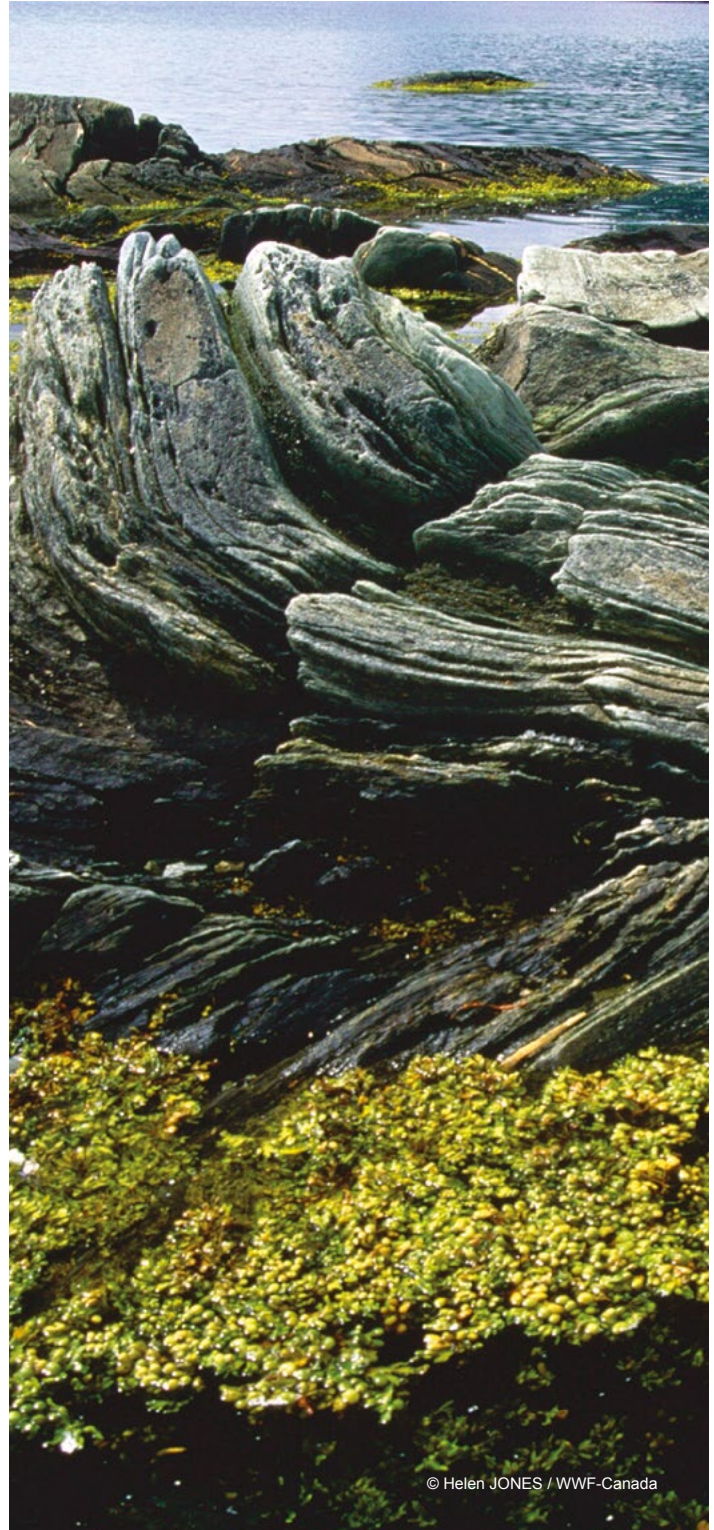
43 Smith, Kregting, Fern et Fraser, 2011.

44 Coolen, et coll., 2015.

45 SCAS, 2015.

HYDROCARBURES

Les déversements d'hydrocarbures résultant de la navigation se produisent souvent en raison des grandes quantités d'hydrocarbures transportées⁴⁶. Bien que les conséquences d'un déversement d'hydrocarbures puissent être dévastatrices pour les organismes marins, la sévérité des impacts dépend des propriétés et de la toxicité des hydrocarbures, du volume déversé, ainsi que de l'écosystème et des espèces touchés⁴⁷. Lorsque des hydrocarbures contaminent les côtes, les impacts sur les organismes des habitats côtiers sont immédiats, alors que ceux sur les habitats sublittoraux sont plus subtils et moins connus⁴⁸. Les mouvements des marées et les courants océaniques transportent les hydrocarbures déversés vers différents habitats, souvent des zones benthiques⁴⁹. Les impacts des hydrocarbures sur les organismes benthiques dépendent largement de la mobilité de ceux-ci. En effet, de nombreux organismes benthiques sont sédentaires, donc ils ne peuvent échapper aux impacts d'un déversement si leur habitat est touché⁵⁰. Les organismes qui ne peuvent quitter une zone contaminée subiront des impacts d'une manière ou d'une autre, mais l'ampleur de ceux-ci sera déterminée par la façon dont ils utilisent leur habitat et leur cycle de vie⁵¹. Le mode d'alimentation des organismes benthiques influence également l'ampleur des impacts d'un déversement. Par exemple dans une étude de 2008, Kotta et ses collègues soulignent, que les suspensivores dépendent de la productivité pélagique, que les brouteurs benthiques dépendent de la production de microalgues et de macroalgues, et que les dépositivores se nourrissant de débris de sédiments. Ainsi, comme les différents groupes interfonctionnels réagissent différemment aux changements et aux facteurs environnementaux, on peut s'attendre à ce que la réponse des organismes benthiques aux déversements d'hydrocarbures⁵² varie grandement de l'un à l'autre.



© Helen JONES / WWF-Canada

46 Stevens, et coll., 2012.

47 Etkin, 2009.

48 Kotta, Aps et Herkül, 2008.

49 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012.

50 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012; Kotta, Aps et Herkül, 2008.

51 Abdulla et Linden, 2008.

52 Kotta, Aps et Herkül, 2008.

Impacts sur les communautés

Malgré la variabilité de la réaction des organismes benthiques aux déversements d'hydrocarbures, certains impacts à l'échelle de la communauté ont été fréquemment observés. Par exemple, certains hydrocarbures peuvent étouffer les organismes ou devenir toxiques lorsqu'ils sont ingérés. Ces effets peuvent modifier les caractéristiques de l'habitat et potentiellement mener à la détérioration d'espèces importantes formant cet habitat, un contexte susceptible d'avoir des impacts indirects sur d'autres formes de vie benthique⁵³. Les déversements d'hydrocarbures contribuent également à réduire l'activité alimentaire de la macrofaune, à bloquer le processus de photosynthèse chez certaines espèces de phytoplanctons, à perturber le métabolisme des organismes benthiques, à réduire la biomasse et la diversité des espèces benthiques et à diminuer la densité des petits invertébrés benthiques⁵⁴. La composition de la communauté peut également changer. Des espèces plus tolérantes aux impacts des

déversements d'hydrocarbures pourraient prospérer tandis que les plus vulnérables connaîtront une diminution de population⁵⁵. Ces impacts risquent d'altérer la fonction des communautés benthiques et de provoquer des changements majeurs lorsqu'ils sont combinés à d'autres facteurs de stress⁵⁶. Enfin, ces effets peuvent persister pendant de longues périodes. En effet, les conséquences des déversements d'hydrocarbures sur les communautés benthiques pourraient se faire sentir pendant 20 ans⁵⁷, et des résultats de recherches montrent que le niveau de toxicité reste élevé après cinq ans⁵⁸.

Toutefois, même si on a observé des impacts négatifs importants sur de nombreux habitats benthiques à la suite d'un déversement, d'autres ont fait preuve de résilience⁵⁹. Une saisonnalité importante, une exposition élevée, une forte action des vagues et des temps de génération courts aident les communautés benthiques à se remettre plus rapidement des déversements d'hydrocarbures, et donc à devenir plus résilientes⁶⁰.



© Andrew S. Wright / WWF-Canada

53 *Ibid.*

54 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012; Lee et Lin, 2013.

55 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012.

56 Abdulla et Linden, 2008.

57 Kotta, Aps et Herkül, 2008.

58 Polmear, Stark, Roberts et MicMinn, 2015.

59 Abdulla et Linden, 2008.

60 Kotta, Aps et Herkül, 2008.

REJETS

Les rejets par les navires, notamment les eaux usées, les eaux grises, les eaux de ballast, les déchets, les marchandises et les eaux de cale constituent une menace pour les organismes marins⁶¹. Cette menace est connue des scientifiques et des gestionnaires, mais les impacts et les risques pour certains organismes et les communautés benthiques ne sont pas clairs. Malgré ce que l'on sait sur les rejets, ceux-ci font partie des activités normales de navigation et par conséquent, se produisent régulièrement.⁶²

Eaux de ballast

Les menaces qui pèsent sur les organismes marins varient en fonction de la substance rejetée par les navires. L'échange des eaux de ballast constitue une menace majeure pour les écosystèmes marins et d'eau douce. L'eau transportée par les navires peut contenir des espèces non indigènes risquant de coloniser les environnements dans lesquels elles sont rejetées, et modifiant par le fait même les écosystèmes régionaux et locaux⁶³. L'exemple le plus connu est la propagation de la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*), un bivalve originaire d'Europe. Ce mollusque a été introduit en Amérique du Nord à la fin des années 1980 et, bien que la date et la méthode soient incertaines, on sait qu'il est arrivé par bateau et a été libéré lors de l'échange des eaux de ballast. Maintenant bien connue comme bio-salissure à prolifération rapide, la moule zébrée a causé de nombreux problèmes aux sociétés de transport maritime et aux écosystèmes⁶⁴.

Eaux grises et eaux usées

Le rejet des eaux grises et des eaux usées par les navires peut également poser des problèmes majeurs aux organismes marins. Les eaux usées rejetées dans les environnements marins peuvent contenir des bactéries pathogènes, des virus, des champignons, des matières organiques et des produits chimiques⁶⁵. L'augmentation de la teneur en matière organique favorise la croissance des algues qui bloquent la lumière pénétrant jusqu'au fond marin, ce qui perturbe les organismes benthiques qui assurent la photosynthèse et les coraux qui entretiennent des relations symbiotiques avec les algues (zooxanthelles). La diminution de lumière atteignant le fond marin entraînerait une réduction de la croissance de ces coraux. De plus, les eaux usées brutes ou partiellement traitées peuvent affaiblir les coraux face à d'autres facteurs de stress⁶⁶ et contaminer les bancs coquilliers⁶⁷. À l'instar des eaux usées, les eaux grises contiennent des niveaux élevés de nutriments et des substances réduisant la teneur en oxygène qui causent des problèmes semblables⁶⁸. En outre, les eaux grises provenant des machines à laver des navires transportent dans l'océan des microplastiques qui perturbent tous les maillons du réseau alimentaire. Elles peuvent aussi contenir d'autres polluants, comme des pesticides⁶⁹.

61 Transport Canada, 2010; World Shipping Council, 2019.

62 World Shipping Council, 2019.

63 *Ibid.*

64 Griffiths, Schloesser, Leach et Kovalak, 1991.

65 Aronson, Thatje, McClintock et Hughes.

66 Thomas, 2007.

67 Nowlan et Kwan, 2001.

68 *Ibid.*

69 De Falco, Di Pace, Cocca et Avella, 2019; Kanhai, Gardfeldt, Krumpfen, et coll., 2020.

Tableau 1. Résumé des impacts de la navigation sur les habitats benthiques marins

Facteur de stress	Impacts directs	Impacts indirects
Mouillage	Écrasement, déplacement ou autres dommages physiques causés à des organismes benthiques ⁷⁰	• Réduction de la complexité des habitats⁷¹ • Déclin d'organismes étroitement associés à des coraux ou à des herbiers marins⁷² • Réduction de la nourriture disponible pour les organismes filtreurs⁷³ • Risque de prolifération d'espèces envahissantes dans une zone touchée⁷⁴
	Remise en suspension de sédiments ⁷⁵	• Risque d'asphyxie des organismes benthiques, impact sur leur santé⁷⁶ • Diminution de la lumière vers les fonds marins pouvant avoir un impact sur la productivité primaire⁷⁷ • Augmentation de la charge en nutriments dans la colonne d'eau entraînant une prolifération du phytoplancton⁷⁸
Échouement	Dommages physiques aux organismes benthiques ⁷⁹	• Déplacement des organismes, modification de la composition des communautés, remise en suspension des sédiments et augmentation du risque de colonisation de la zone touchée par des espèces non indigènes⁸⁰
	Libération de biosalissures ⁸¹	• Répercussions négatives sur la santé des coraux et d'autres organismes benthiques⁸²
Naufrage	Dommages physiques aux organismes benthiques ⁸³	• Modification de la composition chimique de la colonne d'eau, entraînant un décalage et des répercussions sur des organismes comme les coraux⁸⁴
	Impact sur la vitesse du courant et la turbulence à proximité de l'épave ⁸⁵	• Modification de la composition chimique de la colonne d'eau, rendant les habitats moins propices pour certains organismes⁸⁶
	Produits chimiques ⁸⁷	• Modification de la composition de la communauté en raison du développement d'organismes plus résistants⁸⁸

70 Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro et Ferreira, 2017; Leatherbarrow, 2003.

71 Giglio, Ternes, Mendes, Cordeiro et Ferreira, 2017; La Manna, Donno, Sarà et Ceccherelli, 2015.

72 Vázquez-Luis, Borg, Morell, Banach-Estève et Deudero, 2015.

73 Hendriks, et coll., 2013.

74 La Manna, Donno, Sarà et Ceccherelli, 2015.

75 SCAS, 2015.

76 *Ibid.*

77 Leatherbarrow, 2003.

78 *Ibid.*

79 SCAS, 2015; Schroeder, Green, DeMartini et Kenyon, 2008.

80 *Ibid.*

81 Marshall, et coll., 2002; Sonak, 2009.

82 Marshall, et coll., 2002.

83 Davis, Carlson et Caselle, 2018.

84 Davies, Duffy, Bennie et Gaston, 2014.

85 Ruuskanen, et coll., 2015.

86 *Ibid.*

87 Davies, Duffy, Bennie et Gaston, 2014.

88 *Ibid.*

Facteur de stress		Impacts directs	Impacts indirects
Hydrocarbures		Asphyxie des organismes ou empoisonnement si ingérés ⁸⁹	• Détérioration des espèces formant des habitats, entraînant des répercussions sur les caractéristiques de ceux-ci et sur les autres formes de vie benthique⁹⁰ • Réduction de l'activité trophique de la macrofaune, interruption du processus de photosynthèse, impact sur le métabolisme des organismes, réduction de la biomasse et de la diversité de la faune benthique et diminution de la densité des invertébrés⁹¹ • Changement de composition des communautés⁹²
Rejets	Échange des eaux de ballast	Introduction potentielle d'espèces non indigènes ⁹³	• Modification de la composition d'habitats dans des écosystèmes voisins⁹⁴
	Eaux usées et eaux grises	Augmentation de la teneur en matières organiques de l'eau ⁹⁵	• Croissance potentielle des algues, bloquant la lumière du soleil vers le fond marin et nuisant à la photosynthèse des organismes benthiques⁹⁶ • Vulnérabilité accrue des coraux à d'autres facteurs de stress⁹⁷ • Contamination des bancs coquilliers⁹⁸



89 Kotta, Aps et Herkül, 2008.

90 *Ibid.*

91 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012; Lee & Lin, 2013.

92 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012.

93 World Shipping Council, 2019.

94 Griffiths, Schloesser, Leach et Kovalak, 1991; World Shipping Council, 2019.

95 Aronson, Thatje, McClintock et Hughes.

96 Thomas, 2007.

97 *Ibid.*

98 Nowlan et Kwan, 2001.

FUTURES RECHERCHES ET LACUNES

Malgré toutes les menaces que pose la navigation sur les habitats benthiques, on constate un manque général de connaissances sur leurs impacts potentiels. Outre celles décrites ci-dessus, d'autres menaces, comme la pollution lumineuse, le bruit anthropique et le déversement chronique d'hydrocarbures, pourraient avoir des effets dévastateurs sur les communautés benthiques. De plus en plus de preuves montrent que le bruit océanique peut perturber une grande variété d'espèces, même si les recherches ont surtout étudié jusqu'à présent ses conséquences sur les mammifères marins et les conséquences du bruit des canons à air sismiques, des sonars et du battage de pieux, plutôt que l'exposition au bruit chronique résultant de la navigation⁹⁹. Les activités des espèces et la fonction des écosystèmes peuvent être affectées par le bruit anthropique chronique, mais les connaissances sur le sujet sont encore limitées¹⁰⁰. Par ailleurs, certaines recherches montrent que la lumière artificielle peut avoir une incidence sur la biomasse et la composition de la communauté des producteurs primaires benthiques dont la perturbation pourrait entraîner des conséquences importantes pour les communautés benthiques. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer de quelle façon les organismes sont affectés et comment assurer une meilleure gestion¹⁰¹. Par ailleurs, les impacts du déversement chronique d'hydrocarbures sur les habitats benthiques sont rarement abordés dans la littérature. Une étude révèle qu'un site situé près d'une raffinerie de pétrole était dépourvu d'espèces présentes dans d'autres zones similaires¹⁰². Malgré cette constatation, les impacts du déversement chronique d'hydrocarbures sur les habitats benthiques, en général, sont peu étudiés. En conclusion, il faudrait approfondir les recherches sur les impacts de la navigation sur les habitats benthiques en particulier, afin que les autorités de réglementation et les gestionnaires maritimes puissent mieux en comprendre les risques.



© Mike Strong and Maria-Ines Buzeta / WWF-Canada

99 Chen, et coll., 2017.

100 Solan, et coll., 2016.

101 Grubisic, et coll., 2017.

102 Egres, Martins, Oliveira et Lana, 2012.

RÉFÉRENCES

- Abdulla, A. and Linden, O. (Eds.). 2008. Direct Physical Effects of Marine Vessels on Benthic Habitats and Species. *Maritime Traffic Effects on Biodiversity in the Mediterranean Sea* (Vol. 1). Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation.
- Aronson, R.B., Thatje, S., McClintock, J.B. and K.A. Hughes. (n.d.). Anthropogenic Impacts on Marine Ecosystems in Antarctica. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), pp 87-107. doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05926.x
- Backhurst, M.K. and Cole, R.G. 2000. Biological Impacts of Boating at Kawau Island, North-eastern New Zealand. *Journal of Environmental Management*, 60, pp 239-251. doi.org/10.1006/jema.2000.0382
- Chen, F., Shapiro, G.I., Bennett, K.A., Ingram, S.N., Thompson, D., Vincent, C., Russell, D.J.F. and C.B. Embling. 2017. Shipping Noise in a Dynamic Sea: A Case Study of Grey Seals in the Celtic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), pp 372-383. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.054
- Coolen, J.W., Lengkeek, W., Lewis, G., Bos, O.G., Walraven, L.V. and U.V. Dongen. 2015. First Record of *Caryophyllia smithii* in the Central Southern North Sea: Artificial Reefs Affect Range Extensions of Sessile Benthic Species. *Marine Biodiversity Records*, 8. doi.org/10.1017/S1755267215001165
- Costa, M.B., Zamprogno, G.C., Pedruzzi, F.C., Dalbem, G.B. and M.M. Tognella. 2013. Assessing the Continuous Impact of Tributyltin from Antifouling Paints in a Brazilian Mangrove Area Using Intersex in *Littoraria angulifera* (Lamarck, 1822) as Biomarker. doi.org/10.1155/2013/769415
- CSAS. 2015. *Séquences des effets du transport maritime : un aperçu*. Pêches et Océans Canada. waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/364434.pdf
- Davies, T.W., Duffy, J.P., Bennie, J. and K.J. Gaston. 2014. The Nature, Extent, and Ecological Implications of Marine Light Pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6), pp 347-355. doi.org/10.1890/130281
- Davis, K., Carlson, P.M. and J. Caselle. 2018. Herbivorous Fish Populations Respond Positively to a Shipwreck Removal and Associated Alteration of Benthic Habitat. *Frontiers in Marine Science*, 5. doi.org/10.3389/fmars.2018.00406
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M. and M. Avella. 2019. The Contribution of Washing Processes of Synthetic Clothes to Microplastic Pollution. *Scientific Reports*, 9, p 6633. doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x
- Doherty, B., Johnson, S.D. and S.P. Cox. 2018. Using Autonomous Video to Estimate the Bottom-Contact Area of Longline Trap Gear and Presence–Absence of Sensitive Benthic Habitat. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75(5), pp 797-812. doi.org/10.1139/cjfas-2016-0483
- Egres, A.G., Martins, C.C., Oliveira, V.M. and P.D. Lana. 2012. Effects of an Experimental in situ Diesel Oil Spill on the Benthic Community of Unvegetated Tidal Flats in a Subtropical Estuary (Paranaguá Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 64(12), pp 2681-2691. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.10.007
- Etkin, D.S. 2009. Worldwide Analysis of In-Port Vessel Operational Lubricant Discharges and Leakages. *Environmental Research Consulting*, pp 1529-1553.
- Giglio, V.J., Ternes, M.L., Mendes, T.C., Cordeiro, C.A. and C.E. Ferreira. 2017. Anchoring Damages to Benthic Organisms in a Subtropical Scuba Dive Hotspot. *Journal of Coastal Conservation*, 21(2), pp 311-316. doi.org/10.1007/s11852-017-0507-7
- Griffiths, R.W., Schloesser, D.W., Leach, J.H. and W.P. Kovalak. 1991. Distribution and Dispersal of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes Region. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(8), pp 1381-1388. doi.org/10.1139/f91-165
- Grubisic, M., Singer, G., Bruno, M.C., Grunsven, R.H., Manfrin, A., Monaghan, M.T. and F. Hölker. 2017. Artificial Light at Night Decreases Biomass and Alters Community Composition of Benthic Primary Producers in a Sub-Alpine Stream. *Limnology and Oceanography*, 6(62), pp 2799-2810. doi.org/10.1002/lno.10607
- Hendriks, I.E., Tenan, S., Tavecchia, G., Marbà, N., Jordà, G., Deudero, S., Álvarez, E. and C.M. Duarte. 2013. Boat Anchoring Impacts Coastal Populations of the Pen Shell, the Largest Bivalve in the Mediterranean. *Biological Conservation*, 160, pp 105-113. doi.org/10.1016/j.biocon.2013.01.012
- Huvenne, V.A., Bett, B.J., Masson, D.G., Bas, T.P. and A.J. Wheeler. 2016. Effectiveness of a Deep-Sea Cold-Water Coral Marine Protected Area, Following Eight Years of Fisheries Closure. *Biological Conservation*, 200, pp 60-69. doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.030
- Kanhai, L.D., Gardfeldt, K., Krumpfen, T., et al. 2020. Microplastics in Sea Ice and Seawater Beneath Ice Floes from the Arctic Ocean. *Scientific Reports*, 10, p 5004. doi.org/10.1038/s41598-020-61948-6
- Kotta, J., Aps, R. and K. Herkül. 2008. Predicting Ecological Resilience of Marine Benthic Communities Facing a High Risk of Oil Spills. *Environmental Problems in Coastal Regions VII*, I, pp 101-110. doi.org/10.2495/CENV080091
- Kritzer, J.P., DeLucia, M.B., Greene, E., Shumway, C., Topolski, M.F., Thomas-Blate, J., Chiarella, L.A., Davy, K.B. and Smith, K. 2016. The Importance of Benthic Habitats for Coastal Fisheries. *BioScience*, 66(4), pp 274-284. doi.org/10.1093/biosci/biw014
- La Manna, G., Donno, Y., Sarà, G. and G. Ceccherelli. 2015. The Detrimental Consequences for Seagrass of Ineffective Marine Park Management Related to Boat Anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 90(1-2), pp 160-166. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.001
- Leatherbarrow, K.E. 2003. Monitoring Environmental Impacts of Recreational Boat Anchoring on Eelgrass (*Zostera marina* L.) and Benthic Invertebrates in the Gulf Islands National Park Reserve of Canada. Calgary, Alberta, Canada: University of Calgary.
- Lee, L.H. and Lin, H.J. 2013. Effects of an Oil Spill on Benthic Community Production and Respiration on Subtropical Intertidal Sandflats. *Marine Pollution Bulletin*, 73(1), pp 291-299. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.05.006
- MacDiarmid, A., Bowden, D., Cummings, V., Morrison, M., Jones, E., Kelly, M., David, A.M. and A. Rowden. 2013. *Sensitive Marine Benthic Habitats Defined*. mfe.govt.nz/sites/default/files/sensitive-marine-benthic-habitats-defined.pdf
- Marshall, P., Christie, C., Dobbs, K., Green, A., Haynes, D., Brodie, J., Michalek-Wagner, K., Smith, A., Storrie, J. and E. Turak. 2002. Grounded Ship Leaves TBT-Based Antifoulant on the Great Barrier Reef: An Overview of the Environmental Response. *Spill Science & Technology Bulletin*, 7(5-6), pp 215-221. doi.org/10.1016/S1353-2561(02)00040-3

- Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G. and R. Chemello. 2004. Boat Anchoring on Posidonia Oceanica Beds in a Marine Protected Area (Italy, Western Mediterranean): Effect of Anchor Types in Different Anchoring Stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299(1), pp 51-62. doi.org/10.1016/j.jembe.2003.09.003
- Ministère des Pêches et des Océans 2009. *Politique de gestion de l'impact de la pêche sur les zones benthiques vulnérables*. Canada. dfo-mpo.gc.ca/reports-rapports/regs/sff-cpd/benthi-fra.htm
- Ministères des Pêches et des Océans, 2019. *Évaluation du risque écologique pour les communautés à prédominance de coraux d'eau froide et d'éponges* : dfo-mpo.gc.ca/reports-rapports/regs/sff-cpd/risk-ecolo-risque-fra.htm
- NOAA. 2008. *Harmful Ships' Paint Systems Outlawed as International Convention Enters into Force*. gc.noaa.gov/documents/091608-imo-anti-fouling.asp.htm
- Nowlan, L., & Kwan, I. (2001). *Cruise control- regulating cruise ship pollution on the Pacific coast of Canada*. wcel.org/sites/default/files/publications/CruiseControl.pdf
- NPS. 2016. *Ocean Habitats*. nps.gov/subjects/oceans/ocean-habitats.htm
- Polmear, R., Stark, J.S., Roberts, D. and A. MicMinn. 2015. The Effects of Oil Pollution on Antarctic Benthic Diatom Communities Over 5 Years. *Marine Pollution Bulletin*, 90(1), pp 33-40. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.035
- Ruuskanen, A.T., Kraufvelin, P., Alvik, R., Díaz, E.R., Honkonen, J., Kanerva, J., Karell, K., Kekäläinen, P., Lappalainen, J., Mikkola, R., Mustasaari, T., Nappu, N., Nieminen, A., Roininen, J. and K. Svahnback. 2015. Benthic Conditions around a Historic Shipwreck: Vrouw Maria (1771) in the Northern Baltic proper. *Continental Shelf Research*, 98, pp 1-12. doi.org/10.1016/j.csr.2015.02.006
- Schroeder, R.E., Green, A.L., DeMartini, E.E. and J.C. Kenyon. 2008. Long-Term Effects of a Ship-Grounding on Coral Reef Fish Assemblages at Rose Atoll, American Samoa. *Bulletin of Marine Science*, 82(3), p 20.
- Smith, A.M., Kregting, L., Fern, S. and C.I. Fraser. 2011. Sedimentology of a Wreck: The Rainbow Warrior Revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 62(11), pp 2412-2419. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.08.028
- Solan, M., Hauton, C., Godbold, J.A., Wood, C.L., Leighton, T.G. and P. White. 2016. Anthropogenic Sources of Underwater Sound Can Modify How Sediment-Dwelling Invertebrates Mediate Ecosystem Properties. *Scientific Reports*, 6(1), p 20540. doi.org/10.1038/srep20540
- Sonak, S. 2009. Implications of Organotins in the Marine Environment and their Prohibition. *Journal of Environmental Management*, 90, S1-S3. doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.012
- Stevens, T., Boden, A., Arthur, J.M., Schlacher, T.A., Rissik, D. and S. Atkinson. 2012. Initial Effects of a Moderate-Sized Oil Spill on Benthic Assemblage Structure of a Subtropical Rocky Shore. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109, 107-115. doi.org/10.1016/j.ecss.2012.05.032
- Thomas, E. 2007. *Spatial Analysis of Cruise Lines and Critical Benthic Habitats*. Duke University. hdl.handle.net/10161/303
- Thompson, C.E., Williams, M.E., Amoudry, L., Hull, T., Reynolds, S., Panton, A. and G.R. Fones. 2017. Benthic Controls of Resuspension in UK Shelf Seas: Implications for Resuspension Frequency. *Continental Shelf Research*. doi.org/10.1016/j.csr.2017.12.005
- Transports Canada. 2010. *Rejets dans l'eau*. https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/navigation-dans-arctique/rejets-dans-eau
- VARD. 2018. *Canadian Arctic Greywater Report: Estimates, Forecasts, and Treatment Technologies*. Toronto. d2akrl9rvxl3z3.cloudfront.net/downloads/ward_360_000_01_dfr_rev2_29_05_2018.pdf
- Vázquez-Luis, M., Borg, J.A., Morell, C., Banach-Esteve, G. and S. Deudero. 2015. Influence of Boat Anchoring on *Pinna nobilis*: A Field Experiment Using Mimic Units. *Marine and Freshwater Research*, 66(9), 786. doi.org/10.1071/MF14285
- World Shipping Council. 2019. *Vessel Discharges*. worldshipping.org: worldshipping.org/industry-issues/environment/vessel-discharges

Pour plus d'information à propos de ce rapport
ou des autres composantes de la Trousse d'outils,
veuillez contacter **Kim Dunn**
kdunn@wwfcanada.org



Pour que la nature,
les espèces et les humains
cohabitent en harmonie.

wwf.ca/fr

WWF® et ©1986 Symbole du Panda sont des marques déposées du WWF.
Tous droits réservés.