

**ANNEXE 1**



Impacts de l'exploitation minière en  
haute mer sur les espèces  
migratrices :  
revue et lacunes dans les  
connaissances

Préparé par :  
**Andrew D Thaler, PhD**  
**Blackbeard Biologic : Science and**  
**Environmental Advisors**

**Préparé pour :** le Secrétariat de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS). Les informations générales ayant conduit à cette publication sont disponibles dans le document UNEP/CMS/COP15/Doc.25.2.3.

**Copyright :** © 2025 Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.

**Référence bibliographique :** Thaler, Andrew D., 2025. Impacts de l'exploitation minière en haute mer sur les espèces migratrices : revue et lacunes dans les connaissances. Secrétariat de la CMS, Bonn, Allemagne.

**Auteur :** Andrew D Thaler, PhD, Blackbeard Biologic : Science and Environmental Advisors

**Remerciements :** L'auteur remercie trois examinateurs externes pour leurs excellents commentaires : Dr Diva Amon (conseillère scientifique, Benioff Ocean Science Laboratory, Université de Californie), Dr Guillermo Ortuño Crespo (co-responsable du Groupe de spécialistes des hautes mers de la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN), et Dr Jeff Drazen (professeur, Département d'océanographie, Université d'Hawaï à Mānoa), ainsi que Mark Simmonds (conseiller désigné par la COP de la CMS pour la pollution marine), et Melanie Virtue et Jenny Renell du Secrétariat de la CMS.

Le présent rapport a été élaboré grâce à un financement fourni par le Gouvernement de l'Australie et le Gouvernement de la Principauté de Monaco dans le cadre du Programme des champions des espèces migratrices.

**Clause de non-responsabilité :** aucune intelligence artificielle générative n'a été utilisée dans la préparation ou la production de ce rapport.

**Mise en page :** Secrétariat de la CMS.

**Photo de couverture :** capsule ovigère de raie prélevée sur un gisement de sulfures polymétalliques dans les îles Galápagos. Crédit photo : Ocean Exploration Trust.

**Liste des acronymes :**

ABNJ	Zones ne relevant pas de la juridiction nationale
CCZ	Zone de Clarion-Clipperton
CMS	Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
DCS	Maladie de décompression
DEME	Dredging, Environmental and Marine Engineering NV
DISCOL	DIS-turbance and re-COL-onization experiment (Expérience de perturbation et de recolonisation)
DSM	Exploitation minière des grands fonds marins
AIEB	Aires marines d'importance écologique ou biologique
ZEE	Zone économique exclusive
DCP	Dispositif de concentration de poissons
GSR	Global Sea Mineral Resources
IBA	Zone importante pour la conservation des oiseaux et la biodiversité
AIFM	Autorité internationale des fonds marins
ISRA	Aire importante pour les requins et les raies
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
CBI	Commission baleinière internationale
OBIS	Système d'informations sur la biodiversité de l'océan
SONAR	SOund Navigation And Ranging
TMC	The Metals Company
ONU	Organisation des Nations Unies
CNUDM	Convention des Nations Unies sur le droit de la mer



## Table des matières

Résumé .....	1
Documents récents pertinents émanant d'organes intergouvernementaux .....	2
Résumé des recommandations .....	3
Exploitation minière des grands fonds marins .....	5
Technologies minières proposées .....	8
Autorité internationale des fonds marins .....	9
Portail DeepData de l'AIFM .....	10
Exploitation minière des grands fonds marins dans les eaux nationales.....	11
Impacts de l'exploitation minière des grands fonds marins .....	17
Impacts directs .....	17
Panaches .....	18
Bruit.....	21
Impacts indirects .....	22
Pêcheries d'importance commerciale .....	22
Radioactivité des nodules polymétalliques .....	22
Oxygène sombre .....	23
Patrimoine culturel subaquatique .....	23
Autres impacts .....	24
Mammalia (mammifères marins).....	25
Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées .....	31
Recommandations .....	33
Chondrichthyens (poissons cartilagineux).....	35
Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées .....	37
Recommandations .....	38
Actinopterygii (poisson osseux).....	39
Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées .....	40
Recommandations .....	40
Reptiles (tortues marines).....	41
Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées .....	43
Recommandations .....	44
Aves (oiseaux de mer) .....	45
Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées .....	47
Recommandations .....	48
Résumé final .....	48
Annexes.....	49
Références bibliographiques.....	50

## Résumé

L'exploitation minière des grands fonds marins désigne le processus d'extraction de minerais à partir de sulfures polymétalliques, de croûtes riches en cobalt et de nodules polymétalliques, généralement à des profondeurs comprises entre 1 000 et 6 000 mètres. L'exploitation minière des grands fonds marins constitue une industrie naissante, confrontée à de multiples obstacles juridiques, techniques et environnementaux avant de pouvoir passer à une production commerciale. Dans les zones ne relevant pas de la juridiction nationale (ABNJ), cette activité est supervisée par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM), entité des Nations Unies chargée à la fois de réglementer toutes les activités relatives aux ressources minérales et d'assurer la protection et la préservation du milieu marin contre les effets de ces activités.

Les impacts de l'exploitation minière des grands fonds marins sur le milieu marin demeurent mal connus et varient selon les groupes taxonomiques et les types d'écosystèmes. Les recherches menées jusqu'à présent se sont principalement concentrées sur les écosystèmes benthiques directement ciblés par les intérêts miniers. En revanche, l'attention portée à l'environnement océanique dans son ensemble — et plus particulièrement au domaine pélagique — reste limitée. Cela inclut les effets sur les espèces migratrices hautement mobiles<sup>1</sup> qui traversent les zones potentielles d'exploitation minière et les zones adjacentes affectées, qui interagissent avec les proies et les habitats associés à ces sites miniers, et qui dépendent de signaux acoustiques et chimiques pour leurs déplacements à travers l'océan.

La présente étude évalue l'état actuel des connaissances concernant les impacts potentiels de l'exploitation minière des grands fonds marins sur les espèces migratrices, en mettant l'accent sur celles inscrites à la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS), tout en tenant compte d'autres espèces migratrices importantes non couvertes par la Convention. Nous identifions les lacunes en matière de connaissances et formulons des recommandations pour des recherches complémentaires, de nouvelles initiatives et des stratégies d'atténuation.

Parmi les espèces marines inscrites à la CMS, 48 % des mammifères marins, 38 % des requins et des raies, 56 % des reptiles marins, et 4 % des poissons osseux occupent des aires de répartition qui se chevauchent avec des sites d'exploitation minière potentiels ou proposés en eaux profondes. En ce qui concerne les espèces d'oiseaux inscrites à la CMS, 7 % — dont la majorité des grands groupes d'oiseaux marins — présentent également des aires de répartition qui se superposent à ces sites.

Les principaux impacts potentiels de l'exploitation minière des grands fonds marins sur les espèces migratrices comprennent : (1) la production de panaches au niveau du fond marin, dans la colonne d'eau intermédiaire et, possiblement, à la surface de l'océan, entraînant l'enfouissement des habitats benthiques, la perturbation des signaux chimiques, la désorientation de la navigation et la modification du comportement des proies ; (2) la génération de bruit chronique et persistant modifiant l'environnement acoustique et pouvant interférer avec l'écholocation, la communication, la navigation et d'autres comportements dépendant du son ; (3) la présence accrue de navires et d'équipements de soutien aux activités minières, susceptible d'altérer le comportement des animaux — par exemple en modifiant l'utilisation de l'habitat, en attirant des espèces-proies ou en créant une pollution lumineuse ; (4) l'intensification du trafic

<sup>1</sup> L'article I (1)(a) de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) définit les espèces migratrices comme suit : « L'ensemble de la population ou toute partie géographiquement distincte de la population d'une espèce ou d'un taxon inférieur d'animaux sauvages dont une proportion significative des membres traverse de façon cyclique et prévisible une ou plusieurs frontières relevant de juridictions nationales. »

maritime dans des zones auparavant peu fréquentées, augmentant ainsi le risque de collisions avec les navires et, par conséquent, le risque de blessures ou de mortalité ; (5) la destruction d'habitats écologiquement significatifs — par exemple, des zones de reproduction ou d'alimentation — susceptible d'entraîner la perte d'habitats essentiels à la survie des espèces migratrices.

Des lacunes importantes subsistent pour l'ensemble des impacts potentiels de l'exploitation minière des grands fonds marins sur les espèces migratrices. Le risque d'impacts graves et irréversibles sur la biodiversité, la connectivité écologique et le comportement des espèces appelle à la prudence et à des évaluations rigoureuses avant toute activité d'exploration ou d'exploitation. Compte tenu des lacunes actuelles dans la compréhension scientifique des effets que pourrait avoir l'exploitation minière des grands fonds marins sur les espèces migratrices, une approche de précaution s'impose. En l'absence de connaissances complètes, le principe de précaution garantit que l'intégrité de l'environnement demeure prioritaire, protégeant ainsi des espèces dont les cycles biologiques et les habitats restent encore partiellement connus.

Les modifications d'aires de répartition induites par les changements climatiques pourraient profondément transformer les schémas de migration de certaines espèces migratrices dans un avenir proche, créant de nouvelles incertitudes quant au chevauchement spatio-temporel entre ces espèces et cette industrie émergente. Cela exigera une réévaluation continue des impacts de l'exploitation minière des grands fonds marins, y compris des effets synergiques ou cumulatifs, sur certaines espèces au fil du temps.

#### Documents récents pertinents émanant d'organes intergouvernementaux

Lors de la 14<sup>ème</sup> Réunion de la Conférence des Parties (COP14), le Secrétariat de la CMS a présenté le document UNEP/CMS/COP14/Doc.27.2.4/Rev.1<sup>2</sup>, qui exprimait des préoccupations quant aux impacts négatifs potentiels de l'exploitation minière des grands fonds marins sur les espèces migratrices et leurs habitats, et proposait des projets de résolutions et de décisions. Ce document mettait en évidence la difficulté d'acquérir des données de référence provenant de sites miniers en eaux profondes, ainsi que le manque de connaissances scientifiques disponibles concernant ces sites, leur biodiversité et leurs écosystèmes associés.

Les impacts potentiels recensés dans le document UNEP/CMS/COP14/Doc.27.2.4/Rev.1 comprennent : la destruction directe des habitats benthiques ; les blessures infligées aux espèces marines par les activités minières d'exploration ou d'exploitation ; l'enfouissement et l'obstruction pouvant gêner la communication et l'alimentation ; les effets toxiques des panaches de sédiments ; ainsi que la perte ou la modification de la biodiversité. Les impacts indirects ou secondaires incluent les perturbations causées par l'augmentation du bruit et de la pollution lumineuse. Ces impacts pourraient avoir des répercussions écologiques à grande échelle, affectant l'ensemble des réseaux trophiques au-delà des limites spatiales et temporelles des opérations minières. Le document souligne notamment l'impact particulier du bruit et de la lumière sur les cétacés.

La décision 14.52 de la COP14 de la CMS a chargé le Conseil scientifique de « préparer un rapport sur l'état des connaissances relatives aux impacts des activités d'exploitation des ressources minérales des fonds marins sur les espèces migratrices, leurs proies et leurs écosystèmes, y compris l'identification des lacunes dans les connaissances devant être comblées ».

---

<sup>2</sup> Exploitation minière des fonds marins : <https://www.cms.int/en/document/deep-sea-mining>

La Commission baleinière internationale (CBI) a mis en place un groupe de correspondance intersessions sur l'exploitation minière des grands fonds marins afin d'évaluer les impacts potentiels de cette industrie sur les cétacés<sup>3</sup>. Le rapport de la CBI a conclu que les impacts directs sur les cétacés découleraient principalement de la production de bruit, un phénomène déjà bien documenté dans d'autres activités maritimes. Le rapport a également mis en évidence des impacts indirects potentiels liés aux panaches de sédiments, à la perturbation des écosystèmes et à la modification du comportement des proies.

Le Comité scientifique de la CBI a recommandé que la Commission soutienne l'appel en faveur d'un moratoire sur l'exploitation minière des grands fonds marins, afin de permettre la poursuite des études sur les impacts environnementaux potentiels, et qu'elle collabore avec d'autres organes internationaux, notamment la CMS, pour étudier les effets de ces activités sur la faune et les écosystèmes marins et formuler des recommandations de recherche pour les études futures.

En mai 2025, le Conseil consultatif scientifique du Secrétaire général des Nations Unies a également publié une note soulignant les incertitudes entourant les impacts environnementaux de l'exploitation minière des grands fonds marins. Il a recommandé d'appliquer le principe de précaution et de développer une évaluation scientifique globale des impacts et des objectifs environnementaux, ainsi qu'une définition des atteintes à l'environnement, d'évaluer la nécessité du recours à l'exploitation minière des grands fonds marins et de promouvoir des stratégies alternatives de production de minéraux afin de réduire la dépendance à l'extraction de nouvelles ressources<sup>4</sup>.

## Résumé des recommandations

### *Recherche et collaboration*

1. Les Parties à la CMS devraient encourager la réalisation de recherches indépendantes d'observation sur les mammifères marins, les oiseaux de mer, les tortues marines, les requins et les raies, les poissons osseux ainsi que sur d'autres espèces migratrices, afin de mieux comprendre comment la présence de navires miniers influe sur la migration et le comportement des animaux.
2. Les Parties à la CMS devraient encourager l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) à veiller à ce que les entrepreneurs miniers et les expéditions de recherche soutenues par l'AIFM effectuent des observations régulières de surface et signalent tous les incidents où des mammifères marins, des oiseaux de mer, des tortues marines, des requins, des raies ou d'autres espèces migratrices sont observés dans les zones situées à proximité immédiate des opérations minières, à la surface ou près de celle-ci, ainsi que lorsque les navires sont en transit. Ces activités devraient également comprendre un suivi acoustique de la colonne d'eau dans son intégralité. Pour les mammifères marins, un plan d'intervention devrait être mis en place pour faire face à tout incident défavorable, le cas échéant.

<sup>3</sup> Report of the Intersessional Correspondence Group on Deep-Sea Mining : <https://archive.iwc.int/pages/view.php?ref=22070>

<sup>4</sup> Note du conseil scientifique consultative sur l'exploitation minière des fonds marins : <https://www.un.org/scientific-advisory-board/en/deep-sea-MINING>

3. Les Parties à la CMS devraient encourager l'AIFM à rendre accessibles toutes les données existantes sur la présence d'espèces migratrices issues des rapports des contractants, lorsque celles-ci ne figurent pas dans les données publiquement disponibles.
4. Les Parties à la CMS devraient encourager l'AIFM à veiller à ce que les contractants surveillent la présence potentielle d'espèces migratrices dans les zones où se déroulent des activités minières et effectuent des observations acoustiques régulières, en surface et en immersion.
5. Les Parties à la CMS devraient encourager l'AIFM à signaler les observations d'oiseaux de mer dans les zones situées à proximité immédiate des opérations minières, ainsi que lors des transits des navires.

#### *Atténuation des dommages*

6. Les Parties à la CMS devraient exiger des entrepreneurs de l'exploitation minière des grands fonds marins qu'ils mettent tout en œuvre pour minimiser le bruit lorsque des mammifères marins ou d'autres espèces migratrices tributaires d'un environnement acoustique sain sont présents. Il conviendrait d'envisager de restreindre les activités minières durant les périodes où les mammifères marins sont connus pour migrer vers la zone, en particulier pendant les périodes de reproduction ou d'alimentation.
7. Les Parties à la CMS devraient exiger des contractants qu'ils fassent tout leur possible pour éviter l'intensification du trafic maritime dans les zones où migrent des mammifères marins, des tortues marines ou d'autres espèces migratrices vulnérables aux collisions avec les navires, et qu'ils adoptent des politiques de déviation et de vitesse de navigation sécuritaire lorsque ces chevauchements sont inévitables.
8. Les Parties à la CMS devraient exiger des contractants menant des activités d'exploration ou d'exploitation sur la dorsale médio-atlantique de tenir compte des impacts potentiels sur les anguilles européennes lors de leur migration vers les zones de frai de la mer des Sargasses, ainsi que sur d'autres espèces migratrices.
9. Les Parties à la CMS devraient interdire l'exploitation minière des grands fonds marins sur les monts sous-marins essentiels à l'alimentation et à la reproduction des espèces migratrices, ainsi que sur les sulfures polymétalliques où des zones de nurserie de chondrichthyens ont été identifiées.
10. Les Parties à la CMS devraient exiger des contractants qu'ils limitent la durée pendant laquelle les navires demeurent stationnaires afin de réduire l'effet d'agrégation des poissons, lequel perturbe l'écologie spatiale et comportementale des espèces migratrices.

## Exploitation minière des grands fonds marins

L'exploitation minière des grands fonds marins désigne le processus d'extraction de minerais à partir du fond océanique au-delà des limites du plateau continental, à des profondeurs généralement comprises entre 1 000 et 6 000 mètres. Différents acteurs utilisent des expressions comme exploitation minière des grands fonds ou exploitation des ressources minérales des fonds marins pour décrire certains aspects de cette industrie en émergence. Dans le présent rapport, le terme « exploitation minière des grands fonds marins » est employé pour désigner les activités d'exploration et d'exploitation de trois types de gisements : sulfures polymétalliques, croûtes riches en cobalt, nodules polymétalliques, dans les zones océaniques profondes. Ces minerais sont extraits au moyen de diverses techniques proposées, dont les impacts varient selon le fond marin, la colonne d'eau et la surface. Ces gisements se trouvent principalement sur le fond marin dans les zones ne relevant pas de la juridiction nationale. Environ 81 % des nodules polymétalliques, 56 % des sulfures polymétalliques et 46 % des croûtes riches en cobalt se situent dans ces zones (Petersen et al., 2016).

**Les sulfures polymétalliques** se forment par l'activité géochimique des sources hydrothermales (fissures situées dans les profondeurs du plancher océanique, par lesquelles l'eau de mer est expulsée à travers un réseau de stockworks sous forme de panaches surchauffés chimiquement enrichis). Ils sont présents dans les océans du monde entier, notamment aux marges de plaques actives, dans les bassins d'arrière-arc et au niveau de points chauds volcaniques. Lorsque ce fluide hydrothermal entre en contact avec l'eau froide, les métaux lourds en suspension précipitent et se déposent sur les parois, formant ainsi des cheminées hydrothermales en croissance. Les sulfures polymétalliques sont riches en métaux précieux tels que le cuivre, l'or et le nickel, ainsi qu'en fer, zinc, plomb et baryum<sup>5</sup>. Les sulfures polymétalliques constituent, en superficie, le plus petit type de gisement des grands fonds marins. La superficie totale des champs hydrothermaux actifs dans le monde est approximativement équivalente à celle de l'île de Manhattan (approximately 50 km<sup>2</sup>; Menini and Van Dover, 2019), et les champs produisant des sulfures polymétalliques n'en représentent qu'une fraction. Les sulfures polymétalliques sont relativement fréquents dans la ceinture de feu du Pacifique, sur la dorsale médio-indienne, la dorsale est-pacifique et la dorsale médio-atlantique (Thaler and Amon, 2019).

**Les croûtes riches en cobalt** (également appelées croûtes ferromanganésifères) sont des croûtes épaisses et riches en métaux qui se forment sur les flancs exposés des monts sous-marins. Elles s'accumulent sur le substrat dur mis à nu par les courants océaniques sur les versants de ces monts, où les minéraux précipitent à partir de l'eau de mer au fil de millions d'années (He et al., 2011). Les croûtes riches en cobalt figurent parmi les gisements les plus superficiels ciblés pour l'exploitation, se formant à des profondeurs comprises entre 400 et 4 000 mètres. Les gisements contiennent jusqu'à 2,5 % de cobalt (Hein et al., 1986), ainsi que d'autres métaux stratégiques tels que le titane, le tellure, le nickel, le manganèse, le platine, le scandium et divers éléments métalliques des terres rares (Roberts, 2000). Ces croûtes peuvent atteindre 25 centimètres d'épaisseur, et certaines estimations évaluent leur surface totale à près de 2 % du plancher océanique<sup>6</sup>.

**Les nodules polymétalliques** sont les gisements les plus abondants et les plus largement répartis parmi les minerais des grands fonds marins. Autrefois appelés nodules de manganèse, ces petites concrétions sphériques de la taille d'une pomme de terre sont dispersées sur la plaine abyssale, à des profondeurs comprises entre 3 500 et 6 500 mètres. Les nodules polymétalliques

<sup>5</sup> Seabed Mining in Areas Beyond National Jurisdiction : Issues for Congress : <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47324>

<sup>6</sup> ISA Report on Cobalt-Rich Crusts : <https://www.isa.org/im/wp-content/uploads/2022/06/eng9.pdf>

sont riches en manganèse, cobalt, nickel et cuivre (Kuhn et al., 2017). Contrairement aux autres gisements, ces nodules reposent à la surface des sédiments. Ils s'accumulent au fil de millions d'années, lorsque les métaux présents dans l'eau de mer se déposent autour d'un noyau, tel qu'une dent de requin, une coquille de ptéropode, un os, une frustule de diatomée ou tout autre petit objet dur (Wang et al., 2012). Le processus chimique favorisant la formation de ces nodules est encore mal compris, mais certaines études suggèrent qu'elle est médiée par des microorganismes qui assurent la biominéralisation (Wang et al., 2009).

**D'autres gisements minéraux** sont également considérés comme des cibles potentielles pour l'exploitation minière des grands fonds marins, notamment les vases enrichies en éléments de terres rares et les phosphorites marines. Ces gisements peuvent se trouver dans des régions généralement considérées comme appartenant aux grands fonds marins. Les vases enrichies en éléments de terres rares peuvent apparaître sur le plancher océanique profond, au large des plaines alluviales des fleuves, où les métaux en suspension issus de l'érosion se déposent dans les profondeurs océaniques. Ces vases peuvent être riches en néodyme, molybdène, yttrium et autres éléments rares utilisés en faibles quantités dans les technologies électroniques modernes (Tanaka et al., 2020). Les phosphorites se forment sur le fond océanique et contiennent de nombreux minéraux essentiels à l'agriculture. Elles ont suscité un vif intérêt à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, mais n'ont fait l'objet que d'une attention limitée au cours des dernières années (Hein et al., 2016).

Bien que ces autres gisements minéraux puissent devenir des cibles futures pour l'exploitation minière des grands fonds marins, telle qu'elle est actuellement structurée, l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) – organisme des Nations Unies chargé de réglementer toutes les activités liées aux ressources minérales dans les zones ne relevant pas de la juridiction nationale – s'intéresse principalement à l'exploration et à l'exploitation des sulfures polymétalliques, des croûtes riches en cobalt et des nodules polymétalliques.

# Exploration minérale dans la zone

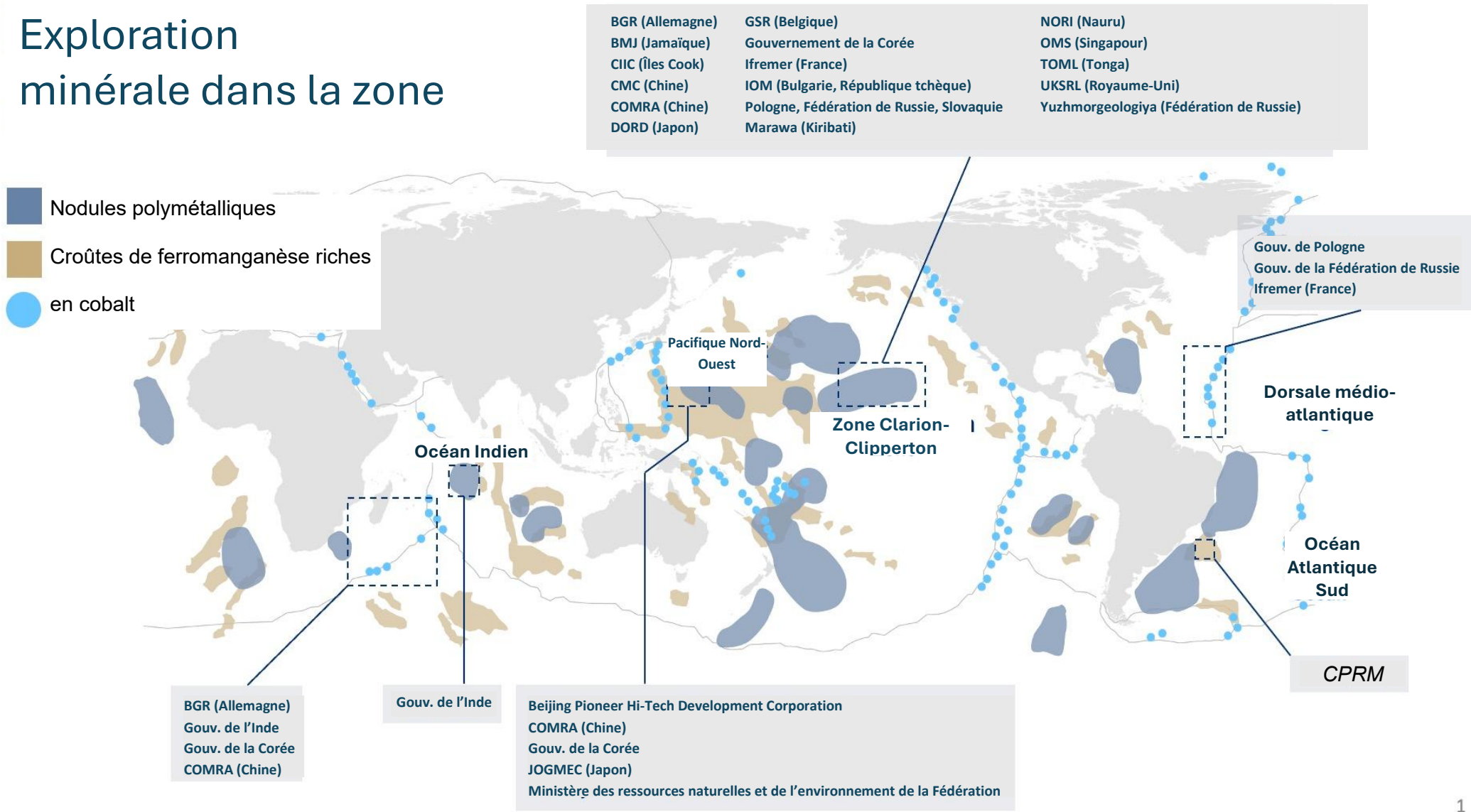


Figure 1 : Localisation des ressources minérales des fonds marins et des contrats d'exploitation délivrés par l'AIFM. Avec l'aimable autorisation de l'UICN : <https://iucn.org/resources/issues-brief/deep-sea-mining>

### Technologies minières proposées

Les technologies d'exploitation minière des grands fonds marins, en particulier celles utilisées pour l'extraction des nodules polymétalliques, ont évolué au cours des cinquante dernières années. Les premiers outils miniers, développés au début des années 1970, reposaient sur un système de chaluts de fond et de collecteurs montés sur traîneaux tractés sur le plancher océanique par un navire de soutien. L'industrie se concentre désormais principalement sur des robots chenillés benthiques et, dans certains cas, sur des véhicules autonomes flottants. Les véhicules à chenilles utilisent des systèmes de conduite montante et de levage pour acheminer le minerai vers un navire de surface, tandis que les véhicules autonomes sont dotés de trémies embarquées servant à stocker le minerai avant sa remontée à la surface.

Contrairement aux autres gisements des grands fonds marins, les nodules polymétalliques ne sont recouverts d'aucune couche stérile (sédiments ou dépôts minéraux qu'il faut retirer pour accéder au minerai sous-jacent). Le minerai n'a donc pas besoin d'être fragmenté mécaniquement sur le fond marin. Les nodules sont soit stockés à bord du collecteur avant d'être remontés à la surface, soit transférés dans un système de conduite montante et de levage qui pompe les nodules entiers vers le navire de surface, en vue d'un traitement à bord ou dans une raffinerie terrestre. Ces nodules sont ensuite déshydratés, et le mélange d'eau et de sédiments est rejeté à la mer, soit sur le site de collecte au fond marin, soit à mi-profondeur, soit en surface, selon le système minier proposé et les futures exigences réglementaires qui seront établies.

En juin 2025, trois grands contractants miniers commerciaux privés ont entamé des essais formels de leurs outils de production sous-marine : The Metals Company (TMC), Impossible Metals, et Global Sea Mineral Resources (GSR). Des contractants publics ou mixtes, notamment la JOGMEC (Japon) et la COMRA (Chine), ont également mené des tests pilotes préliminaires. D'autres pays, tels que l'Inde et la République de Corée, explorent activement le potentiel de l'exploitation minière des grands fonds marins et développent leurs propres capacités d'exploitation, mais aucune donnée publique ne rend compte d'essais de commercialisation à grande échelle. Il convient de noter qu'aucun de ces essais n'a encore été réalisé à l'échelle ni à l'intensité d'une exploitation commerciale.

TMC, multinationale basée au Canada, détient trois contrats d'exploration délivrés par l'AIFM dans la zone de Clarion-Clipperton (ZCC), ainsi qu'une demande de permis d'exploration en instance auprès des États-Unis pour la même zone. La société Allseas assure le soutien logistique et maritime. TMC prévoit d'utiliser un robot chenillé équipé d'un système d'aspiration pour collecter les nodules sur le fond marin, lesquels seront ensuite acheminés par une conduite montante de plus de 4 kilomètres jusqu'au navire de surface<sup>7</sup>.

Impossible Metals, entreprise américaine, a déposé une demande de permis auprès des États-Unis d'Amérique pour mener des activités dans la zone économique exclusive (ZEE) des Samoa américaines. Elle prévoit d'utiliser une flotte de véhicules autonomes équipés de bras robotisés guidés par apprentissage automatique, afin de collecter sélectivement les nodules sur le fond marin. Les nodules sont stockés localement dans une trémie, et chaque véhicule effectue un cycle entre la surface et le fond pour livrer sa cargaison au navire de soutien à la production.

GSR, filiale belge du groupe Dredging, Environmental and Marine Engineering NV (DEME), l'un des principaux opérateurs mondiaux de dragage. GSR détient des contrats d'exploration délivrés

---

<sup>7</sup> « The Metals Company completes a world-first test of deep-sea mining system » : <https://dsmobserver.com/2022/12/the-metals-company-completes-a-world-first-test-of-deep-sea-mining-system/>

par l'AIFM dans la zone de Clarion-Clipperton. GSR prévoit d'utiliser un système similaire à celui de TMC, reposant sur un robot chenillé muni d'un dispositif d'aspiration pour collecter les nodules sur le fond marin, avant leur acheminement par conduite montante vers un navire de surface.

Plusieurs États membres de l'AIFM, dont la Chine, le Japon, la République de Corée et l'Inde, développent et testent également leurs propres outils de production sous-marine. Parmi ces États, le Japon dispose du programme d'essais le plus avancé pour les équipements d'exploitation minière des grands fonds marins, ayant mené des études pilotes sur l'exploitation commerciale des sulfures polymétalliques<sup>8</sup> et des croûtes riches en cobalt<sup>9</sup>, toutes deux reconnues comme des « premières mondiales ». Le Japon mène actuellement un programme pilote d'extraction des éléments de terres rares à partir de vases marines profondes<sup>10</sup>. La Chine a également mis au point un véhicule minier à chenilles conçu pour collecter les nodules polymétalliques sur le fond marin dans le cadre d'études pilotes<sup>11</sup>.

Les sulfures polymétalliques et les croûtes riches en cobalt présentent des défis techniques supplémentaires. Contrairement aux nodules polymétalliques, le minerai y fait partie intégrante de la structure géologique du fond marin, recouvert d'une couche stérile accumulée au fil du temps. Une société, Nautilus Minerals, avait tenté de développer un projet d'exploitation de sulfures polymétalliques dans les eaux territoriales de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Nautilus prévoyait d'utiliser trois grands véhicules télécommandés à chenilles (ROV) fonctionnant de manière coordonnée pour aplanir la topographie du site minier, fragmenter le minerai en blocs exploitables, et pomper le minerai vers la surface au moyen d'un système de conduite montante et de levage<sup>12</sup>.

À ce jour, aucune exploitation minière commerciale des grands fonds marins n'a encore eu lieu, et les technologies spécifiques destinées à collecter les ressources minérales du plancher océanique, à les transporter jusqu'à la surface et à évacuer les résidus pourraient différer des systèmes actuellement proposés.

### Autorité internationale des fonds marins

L'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) est une entité des Nations Unies composée des États parties à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM) – lesquels ont tous l'« obligation de protéger et de préserver le milieu marin » conformément à l'article 192 de la Convention – ainsi que d'observateurs et d'un organe administratif, le Secrétariat de l'AIFM, chargé à la fois de promouvoir le développement de l'industrie minière des grands fonds et d'assurer la protection du milieu marin. Le Secrétariat est supervisé par le Secrétaire général de l'AIFM.

L'AIFM comprend trois organes décisionnels : la Commission juridique et technique, le Conseil et l'Assemblée. La Commission juridique et technique regroupe des experts techniques chargés d'examiner les rapports et plans de travail des contractants miniers et de formuler des

<sup>8</sup> « Japan First to Test-Mine Hydrothermal Deposit » : <https://dsmobserver.com/2017/10/japan-first-mine-hydrothermal-deposit/>

<sup>9</sup> « JOGMEC Conducts World's First Successful Excavation of Cobalt-Rich Seabed in the Deep Ocean ; Excavation Test Seeks to Identify Best Practices to Access Essential Green Technology Ingredients While Minimizing Environmental Impact » : [https://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news\\_01\\_000033.html](https://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news_01_000033.html)

<sup>10</sup> « Japan to test deep sea mining amid public and scientific concern » : <https://oceanographicmagazine.com/news/japan-to-test-deep-sea-mining-amid-public-and-scientific-concern/>

<sup>11</sup> « Chinese deep-sea mining vehicle that could put entire South China Sea in reach tested » : <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3270047/chinese-team-tests-deep-sea-mining-vehicle-could-put-entire-south-china-sea-reach>

<sup>12</sup> « The secret on the ocean floor » : [https://www.bbc.co.uk/news/resources/1dt-sh/deep\\_sea\\_mining](https://www.bbc.co.uk/news/resources/1dt-sh/deep_sea_mining)

recommandations au Conseil. Le Conseil, composé de 36 États membres représentant la diversité géographique et économique de l'AIFM, examine les rapports de la Commission technique et du Secrétariat, puis soumet ses recommandations à l'Assemblée. L'Assemblée, qui réunit l'ensemble des États membres de l'AIFM, constitue l'organe décisionnel suprême de l'Autorité.

L'AIFM reconnaît également le statut d'observateur à certains groupes de parties prenantes, d'ONG et de représentants de la société civile dont les intérêts peuvent être affectés par le développement de l'exploitation minière des grands fonds marins. Les observateurs peuvent intervenir lors des négociations et participer à l'élaboration des règles et règlements, mais n'ont pas le droit de vote sur les propositions. Des préoccupations ont été soulevées quant à la transparence et à l'inclusivité des négociations (Ardron et al., 2023; Jaeckel et al., 2023). Bien que les entreprises minières (contractants) ne participent pas directement aux votes, elles peuvent faire connaître leurs positions par l'intermédiaire de leurs États parrains et sont invitées à contribuer à l'élaboration des règles et règlements.

### *Portail DeepData de l'AIFM*

L'AIFM gère la base de données sur les grands fonds marins et l'océan, connue sous le nom de DeepData. DeepData est conçu comme un système de gestion de données géospatiales destiné à héberger les données environnementales recueillies par les contractants miniers lors de leurs activités d'exploration. Les contractants miniers sont tenus de soumettre leurs données d'exploration par l'intermédiaire de cette base de données. Les données accessibles au public sont co-archivées dans le Système d'information sur la biodiversité des océans (OBIS)<sup>13</sup>.

Cependant, une analyse indépendante de DeepData a mis en évidence une importante duplication des jeux de données, l'absence d'identifiants uniques pour les enregistrements et des problèmes significatifs de qualité taxonomique, compromettant ainsi la fiabilité globale des données (Rabone et al., 2023, 2022). Bien que la publication des enregistrements DeepData sur le nœud AIFM d'OBIS en 2021 ait conduit à une amélioration notable de la qualité et de l'accessibilité des données, plusieurs problèmes majeurs persistent sur les deux plateformes, limitant leur utilisabilité.

Une évaluation menée dans le cadre du présent rapport du portail DeepData de l'AIFM et de la base de données associée téléchargée sur OBIS a révélé une rareté d'observations de surface effectuées par les contractants miniers. L'archive ne contient que les observations de huit cétacés, trois oiseaux, un requin et un poisson osseux (ces deux derniers à des profondeurs inférieures à 200 mètres). Parmi l'ensemble des observations environnementales fournies par les contractants, seules trois observations de reptiles marins ont été signalées, ces derniers ayant en outre été erronément classés comme oiseaux. Aucune donnée taxonomique détaillée (genre ou espèce) n'a été fournie pour les taxons signalés.

Un seul contractant minier de l'AIFM (TMC) a transmis des enregistrements hydroacoustiques de cétacés, réalisés à la fois sur des mouillages peu profonds et profonds à l'intérieur de sa zone contractuelle située dans la zone de Clarion-Clipperton (ZCC). Quatre sifflements de delphinidés distincts ont été enregistrés au cours d'une période d'environ deux semaines sur l'ensemble de capteurs hydroacoustiques en eaux profondes. L'ensemble de capteurs en eaux peu profondes a enregistré des sifflements et trains de clics de delphinidés, des clics de cachalots et des chants de baleines de Minke, suggérant que les interactions entre mammifères marins et zones

<sup>13</sup> OBIS ISA : <https://obis.org/node/9d2d95be-32eb-4d81-8911-32cb8bc641c8>

contractuelles minières pourraient être plus fréquentes que ne le laissent supposer les rares observations disponibles.

### *Exploitation minière des grands fonds marins dans les eaux nationales*

**La Papouasie-Nouvelle-Guinée** est le seul pays à avoir délivré un contrat d'exploitation minière, autorisant la société aujourd'hui dissoute Nautilus Minerals à exploiter le site Solwara I<sup>14</sup>. L'essor et le déclin de Nautilus Minerals illustrent de manière éclairante les défis économiques et politiques liés à l'exploitation d'une source hydrothermale profonde, un sujet qui dépasse le cadre du présent rapport<sup>15</sup>. Les résultats des recherches financées par Nautilus démontrent que les sources hydrothermales de Papouasie-Nouvelle-Guinée assurent une connectivité écologique entre les communautés hydrothermales du Pacifique Ouest nord et sud (Tunncliffe et al., 2023).

**Le Japon** a mené des essais expérimentaux d'exploitation minière en eaux profondes à l'intérieur de sa zone économique exclusive (ZEE), en extrayant du minerai provenant de gisements sulfurés hydrothermaux massifs, de croûtes riches en cobalt et de nodules polymétalliques. Les priorités japonaises en matière d'exploitation minière des grands fonds ont été définies dans le Plan de base sur la politique océanique de 2007, qui établissait les orientations pour la commercialisation des ressources minérales du plancher océanique (Okamoto et al., 2018). Outre les trois principales ressources minérales des grands fonds, le Japon a également entrepris des recherches importantes sur l'extraction des vases enrichies en éléments de terres rares (ETR) présentes dans sa ZEE (Kato et al., 2011). Ces vases riches en ETR pourraient constituer une source précieuse de métaux critiques extrêmement rares (Takaya et al., 2018).

**La Nouvelle-Zélande** se distingue parmi les États membres de l'AIFM en ayant soutenu un moratoire conditionnel sur l'exploitation minière des grands fonds dans les zones ne relevant pas de la juridiction nationale (ABNJ) — moratoire préconisant la suspension de la commercialisation tant que le Code minier de l'AIFM n'aura pas été adopté<sup>16</sup> — tout en refusant d'appliquer cette mesure à ses propres eaux. Un projet de loi visant à interdire l'exploitation minière des grands fonds dans la ZEE néo-zélandaise a été rejeté début 2023<sup>17</sup>. Comme dans de nombreux cas d'exploitation minière en eaux nationales, l'approche de la Nouvelle-Zélande traduit une plus grande diversité de ressources minérales potentielles que celles examinées par l'AIFM. Elle inclut des hydrocarbures, des sables riches en fer et des nodules de phosphorite (Ellis et al., 2017), ainsi que les nodules polymétalliques, sulfures polymétalliques et croûtes riches en cobalt.

**La Norvège** a également étudié la possibilité de lancer l'exploitation minière des grands fonds marins dans ses eaux territoriales. En décembre 2023, le Parlement norvégien a annoncé être parvenu à un accord ouvrant les eaux norvégiennes de l'Arctique à l'exploration minière en eaux profondes, une étape préalable nécessaire à la commercialisation future de l'exploitation minière des grands fonds<sup>18</sup>. Bien que cette décision n'autorise pas immédiatement les contractants norvégiens à commencer l'exploitation des gisements sulfurés hydrothermaux massifs et des croûtes riches en cobalt dans l'Arctique, de nombreuses organisations non gouvernementales et

<sup>14</sup> Environmental Impact Statement – Solwara I Project - <https://dsmobserver.com/wp-content/uploads/2017/05/Environmental-Impact-Statement-Executive-Summary-English-1.pdf>

<sup>15</sup> The last days of Nautilus Minerals : <https://dsmobserver.com/2020/05/the-last-days-of-nautilus-minerals/>

<sup>16</sup> « NZ backs conditional moratorium on seabed mining in international waters » : <https://www.beehive.govt.nz/release/nz-backs-conditional-moratorium-seabed-mining-international-waters>

<sup>17</sup> « Bid to ban deep sea mining defeated: 'Our community don't want it. The public doesn't want it' » : <https://www.rnz.co.nz/news/political/489658/bid-to-ban-deep-sea-mining-defeated-our-community-don-t-want-it-the-public-doesn-t-want-it>

<sup>18</sup> « Deep-sea mining in the Arctic Ocean gets the green light from Norwegian lawmakers » : <https://apnews.com/article/norway-underwater-mining-arctic-663c7fceba5fc41e84affc5f84d52504>

parties prenantes y voient, conjuguée à l'acquisition récente par la société norvégienne Loke Marine de UK Seabed Resources Ltd. auprès de Lockheed, un signal fort indiquant que la Norvège a l'intention d'entreprendre prochainement l'exploitation minière dans ses propres eaux. L'effort visant à ouvrir les eaux norvégiennes à l'exploration a été suspendu à la suite d'un désaccord budgétaire au Parlement à la fin de l'année 2024, et le contractant minier Loke Marine a depuis déposé le bilan<sup>19</sup>.

**Les Îles Cook** comptent parmi les premières nations du Pacifique à avoir adopté une législation régissant l'accès aux ressources minérales du plancher océanique dans leur zone économique exclusive (ZEE). Elles ont été le premier pays à créer une Autorité des ressources minérales des fonds marins (Seabed Minerals Authority) et à adopter une série de lois sur les ressources minérales des fonds marins, culminant avec la Loi de 2019 sur les ressources minérales des fonds marins, qui encadre cette industrie naissante. Alors que cette loi régit la manière dont les contractants peuvent explorer et exploiter les eaux profondes autour des Îles Cook, les questions environnementales relèvent de la Loi sur l'environnement de 2003. Les Îles Cook ont également mis en œuvre un ensemble d'outils intégrés de gestion spatiale marine (Petterson and Tawake, 2019).

**Le Royaume des Tonga** a lui aussi entrepris de promouvoir activement l'exploitation minière en eaux profondes dans ses eaux nationales. Les Tonga ont adopté leur Loi sur les ressources minérales des fonds marins en 2014, laquelle prévoit : une procédure d'examen des contractants miniers, une phase de consultation publique pour tout projet d'exploitation, l'obligation de réaliser des évaluations d'impact environnemental, et la faculté pour le gouvernement d'exercer des pouvoirs de contrôle et de sanction sur les contractants<sup>20</sup>. Cette loi définit également la manière dont le Royaume des Tonga supervise les contractants miniers qu'il parraine pour leurs activités dans la Zone internationale.

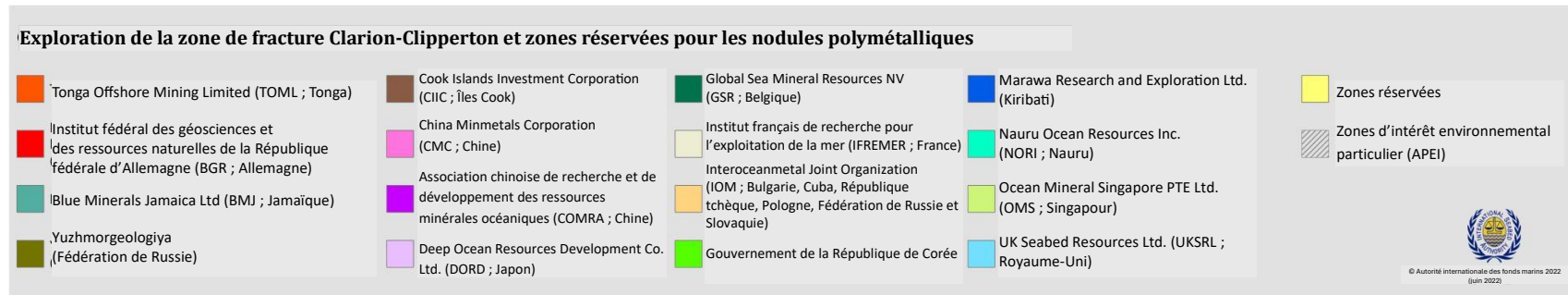
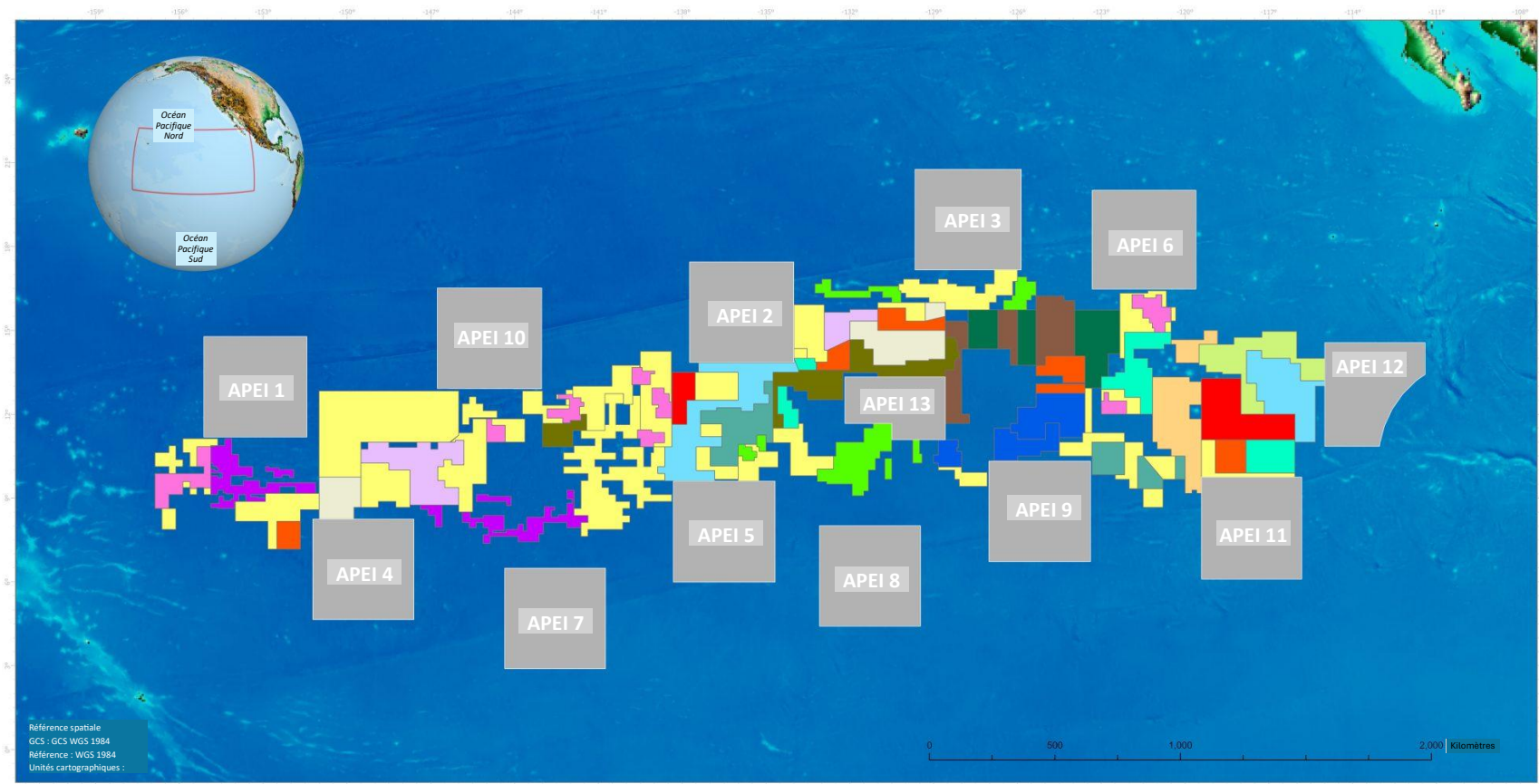
**Les États-Unis ont** récemment publié un décret visant à accélérer les processus d'octroi de permis en vertu des lois sur le plateau continental extérieur (Outer Continental Shelf Land Acts) et sur les ressources minérales des fonds marins (Deep Seabed Hard Minerals Resources Act)<sup>21</sup>. Cette décision pourrait permettre aux États-Unis de conclure des accords d'exploitation minière en eaux profondes, tant dans les eaux nationales que dans les eaux internationales. Cependant, l'ampleur de sa participation à l'exploitation minière en eaux profondes n'est pas encore clairement établie.

---

<sup>19</sup> « A Miner Goes Bust, Another Goes Solo as Progress on U.N. Seabed Rules Stalls » : <https://www.wsj.com/articles/a-miner-goes-bust-another-goes-solo-as-progress-on-u-n-seabed-rules-stalls-cba45638>

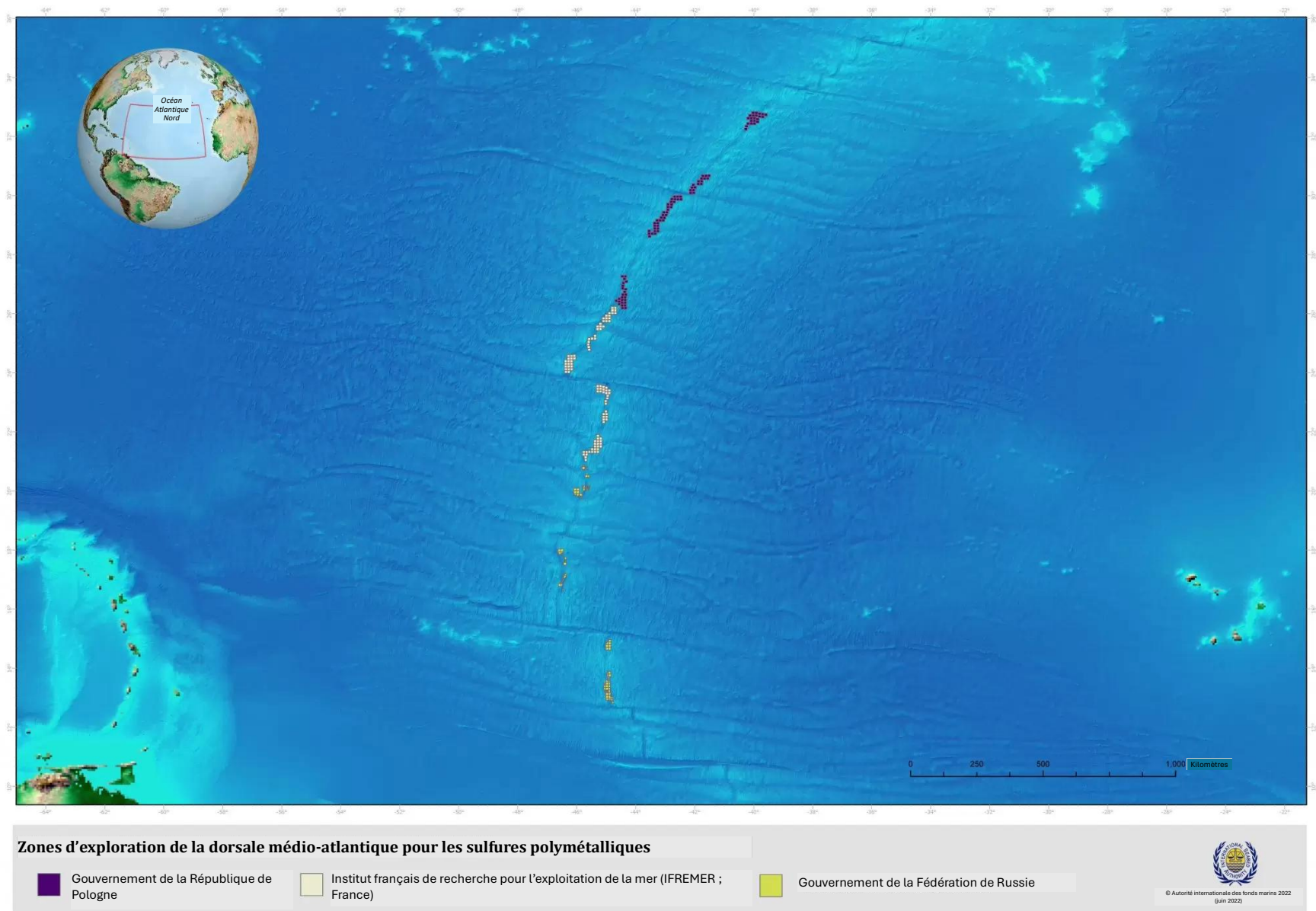
<sup>20</sup> LOI DE 2014 SUR LES MINÉRAUX DES FONDS MARINS des Tonga : <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ton143350.pdf>

<sup>21</sup> UNLEASHING AMERICA'S OFFSHORE CRITICAL MINERALS AND RESOURCES : <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/04/unleashing-americas-offshore-critical-minerals-and-resources/>



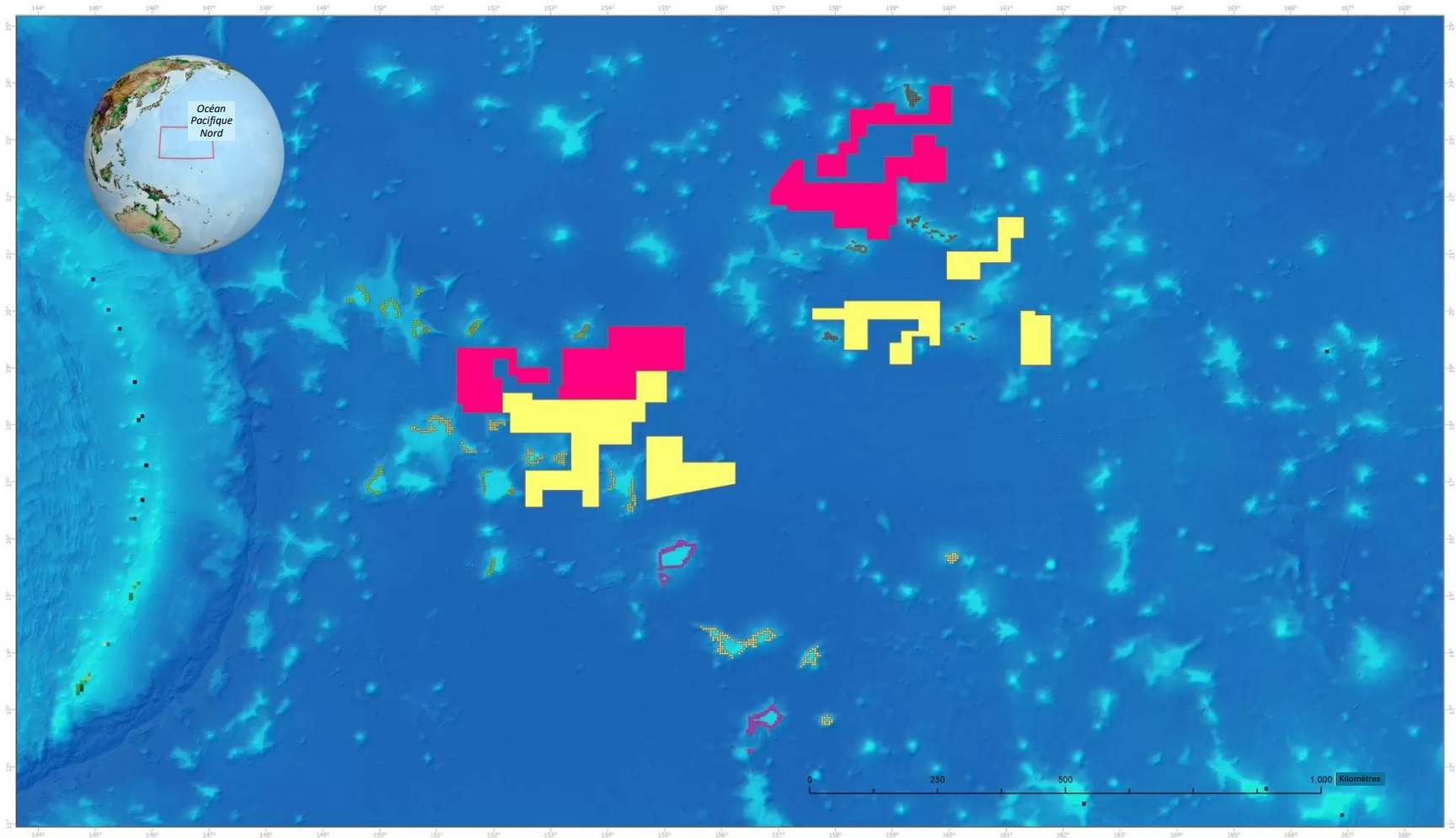
Cartes de base : GEBCO, NOAA

Figure 2 : Blocs de contrats d'exploration et zones de réserve pour les nodules polymétalliques dans la zone de fracture Clarion-Clipperton. Avec l'aimable autorisation de l'AIFM.



Cartes de base : GEBCO, NOAA

Figure 3 : Blocs de contrats d'exploration des gisements sulfurés hydrothermaux massifs sur la dorsale médio-atlantique. Avec l'aimable autorisation de l'AIFM.



**Exploration de l'océan Pacifique et zones réservées pour les nodules polymétalliques et les croûtes de ferromanganèse riches en cobalt**

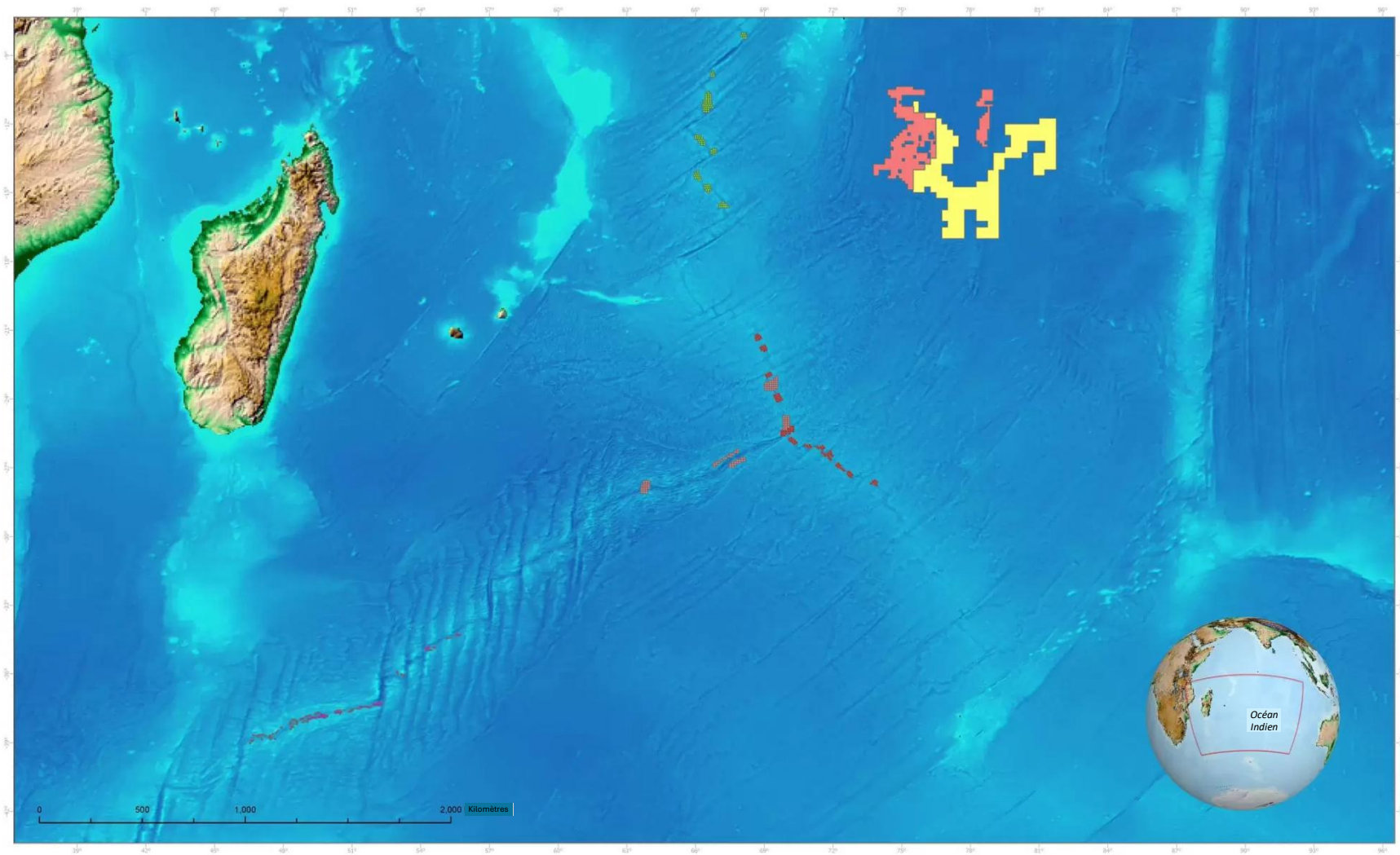
- |   |   |
|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> Beijing Pioneer HI-Tech Development Corporation (BPHDC ; Chine ; PMN)  | <span style="color: darkgreen;">■</span> Japan Oil, Gas, and Metals National Corporation (JOGMEC ; Japon ; CFC) |
| <span style="color: green;">■</span> Gouvernement de la République de Corée (CFC)   | <span style="color: yellowgreen;">■</span> Gouvernement de la Fédération de Russie (CFC)                        |
| <span style="color: purple;">■</span> Association chinoise de recherche et de développement des ressources minérales océaniques (COMRA ; Chine ; CFC) | <span style="color: yellow;">■</span> Zones réservées (PMN/CFC)   |



© Autorité internationale des fonds marins 2022 (juin 2022)

Cartes de base : GEBCO, NOAA

Figure 4 : Blocs de contrats d'exploration et zones de réserve pour les nodules polymétalliques et les croûtes riches en cobalt dans l'océan Pacifique. Avec l'aimable autorisation de l'AIFM.



**Exploration de l'océan Indien et zones réservées pour les nodules polymétalliques et les sulfures**

- |   |   |   |
|---|---|---|
|  Gouvernement de l'Inde - MOES (PMN/PMS)   |  Gouvernement de la République de Corée (PMS)  |  Zones réservées (PMN) |
|  Institut fédéral des géosciences et des ressources naturelles de la République fédérale d'Allemagne (BGR ; Allemagne ; PMS) |  Association chinoise de recherche et de développement des ressources minérales océaniques (COMRA ; Chine ; PMS) |   |



© Autorité internationale des fonds marins 2022 (juin 2022)

Cartes de base : GEBCO, NOAA

Figure 5 : Blocs de contrats d'exploration pour les nodules polymétalliques et les gisements sulfurés hydrothermaux massifs dans l'océan Indien. Avec l'aimable autorisation de l'AIFM.

## Impacts de l'exploitation minière des grands fonds marins

L'exploitation minière des grands fonds marins représente un cas d'étude complexe pour l'analyse des impacts d'une industrie extractive émergente. Comme le développement de l'exploitation minière des grands fonds marins est supervisé par l'AIFM depuis 1994, il constitue un exemple rare d'industrie dans laquelle la réglementation environnementale a, jusqu'à présent, précédé l'exploitation industrielle. Cela a créé un paradoxe particulier : la recherche scientifique a permis d'établir les conditions environnementales de référence du plancher océanique — un petit nombre d'études à long terme sur les perturbations ayant été menées dans les années 1970 et 1980 — mais, en l'absence d'exploitation commerciale, il existe très peu d'études directes sur les impacts environnementaux réels de ce secteur. C'est le cas pour les espèces hautement migratrices, qui ne constituent généralement pas l'objet principal des évaluations d'impact environnemental liées aux projets d'exploitation minière naissants, ni celui des études écologiques portant sur les écosystèmes les plus directement touchés par l'exploitation minière des grands fonds.

### Impacts directs

Le processus d'exploitation minière des grands fonds entraîne plusieurs impacts directs sur le plancher océanique, selon la topographie du site minier et la nature du gisement.

**Sulfures polymétalliques.** Au niveau des sources hydrothermales, les impacts directs sur l'écosystème immédiat sont catastrophiques, provoquant une défaune totale et la destruction des habitats du système hydrothermal (Van Dover, 2014). Les processus géochimiques à l'origine de ces gisements fournissent une énergie chimique qui alimente des écosystèmes uniques fondés sur la production primaire chimiosynthétique (Van Dover et al., 2018). L'exploitation minière entraînera l'élimination complète des producteurs primaires du système hydrothermal. Le minerai ne peut pas être dissocié de l'écosystème (Collins et al., 2013). Dans la seule étude existante sur les impacts environnementaux de l'exploitation d'un site hydrothermal profond, la biodiversité s'est effondrée après l'exploitation et n'avait pas retrouvé son niveau initial trois ans plus tard (Washburn et al., 2023a).

À l'échelle des provinces biogéographiques, les communautés associées aux sources hydrothermales sont généralement bien interconnectées. Même dans le cadre d'essais miniers limités et contrôlés, les impacts en aval peuvent affecter des sources hydrothermales situées au-delà de la zone d'exploitation (Thaler et al., 2017, 2014, 2011). Dans les systèmes hydrothermaux inactifs, où les sources se sont tariées et où les communautés ne sont plus dominées par des organismes constructeurs d'habitats chimioautotrophes, les communautés de succession semblent encore dépendre d'une activité chimiosynthétique résiduelle. Cependant, ces communautés associées aux sources inactives demeurent très peu étudiées et mal comprises (Amon et al., 2022). Ainsi, même dans ces sites hydrothermaux inactifs, l'exploitation pourrait entraîner l'élimination complète d'écosystèmes endémiques (Erickson et al., 2009).

**Croûtes riches en cobalt.** Au niveau des croûtes riches en cobalt, l'exploitation se déroule sur de nappes épaisses de croûtes métallifères recouvrant les sommets rocheux et les parois supérieures des monts sous-marins. Elle entraîne le retrait complet du matériau contenant le minerai, ainsi que la destruction des habitats de nombreuses espèces, notamment des espèces sessiles à croissance lente et à longue durée de vie, telles que les coraux, présentes sur les zones rocheuses encroûtées des monts sous-marins (Weaver and Billett, 2019). Les monts sous-marins abritent généralement des écosystèmes à forte biomasse, servant d'habitats essentiels et de zones de nurserie pour des pêcheries commerciales d'importance (Morato et al., 2010). Bien

que les études sur les impacts environnementaux de l'exploitation des croûtes riches en cobalt demeurent limitées, les études de référence ont montré que la structure des communautés vivant sur les croûtes diffère de celle observée dans les régions de monts sous-marins dépourvues de croûtes, et que la recolonisation après perturbation minière serait très lente (Schlacher et al., 2014). Dans la seule étude à ce jour consacrée aux impacts environnementaux de l'exploitation d'une croûte riche en cobalt, on a observé une diminution de l'abondance de l'épifaune mobile après la perturbation (Washburn et al., 2023b).

**Nodules polymétalliques.** L'extraction des nodules polymétalliques consiste à collecter directement les nodules à la surface du plancher océanique. Les nodules eux-mêmes fournissent un habitat à de nombreuses espèces endémiques des champs de nodules, notamment des éponges, coraux, vers tubicoles, balanes et autres organismes (Amon et al., 2016; De Smet et al., 2021). Les champs de nodules jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes des plaines abyssales, en influençant la biodiversité, l'abondance et la composition des communautés biologiques ; ils pourraient être cruciaux pour le maintien de l'intégrité des réseaux trophiques profonds (Amon et al., 2016; Durden et al., 2021; Simon-Lledó et al., 2023, 2020; Stratmann et al., 2021; Uhlenkott et al., 2023; Vanreusel et al., 2016). Le retrait des nodules pourrait également modifier l'écosystème microbien situé sous leur surface (Wear et al., 2021).

Des expériences minières sur les nodules polymétalliques ont été menées dans les années 1970 et 1980 afin d'évaluer les impacts à long terme de l'exploitation minière en eaux profondes, notamment sur le site DISCOL (DIS-turbance and re-COL-onization experiment) dans le bassin du Pérou, l'un des sites expérimentaux les mieux étudiés à ce jour (Thiel et al., 2001). Vingt-six ans après la perturbation, aucun signe de rétablissement des organismes filtreurs benthiques n'a été observé, et les communautés d'espèces nécrophages mobiles présentent une composition quantitativement différente de celle de la communauté d'origine (Jones et al., 2017; Simon-Lledó et al., 2019). Les communautés microbiennes et le fonctionnement de l'écosystème semblent, eux aussi, ne pas s'être rétablis (Molari et al., 2020; Volz et al., 2020; Vonnahme et al., 2020). Des études récentes ont montré que les impacts biologiques de l'exploitation minière des nodules polymétalliques persistent depuis au moins 44 ans, bien que certaines espèces mobiles aient commencé à se rétablir (Jones et al., 2025). Les impacts directs sur l'écosystème du site d'exploitation immédiat devraient probablement persister pendant plusieurs décennies après la fermeture de la mine et ne jamais permettre un retour à l'état antérieur, la plupart des faunes benthiques vivant directement sur les nodules, lesquels mettent des millions d'années à se former.

### *Panaches*

La production et la dispersion de panaches de particules sédimentaires lors du processus d'exploitation minière figurent parmi les facteurs d'impact environnemental les plus variables associés à l'exploitation des grands fonds marins. Les panaches évoluent dans l'espace et dans le temps et, dans les modèles de dispersion, ils sont décrits en trois phases distinctes : une phase de rejet, au cours de laquelle les sédiments sont remis en suspension dans la colonne d'eau par contact avec le véhicule collecteur ou lors du rejet en pleine eau durant le traitement ; une phase de flottabilité, durant laquelle la principale force de propagation du panache provient de sa propre flottabilité plutôt que de la poussée initiale du rejet ; et une phase de transport passif, où la dispersion du panache est entraînée par des facteurs externes tels que les courants marins (Muñoz-Royo et al., 2022). L'ampleur — et donc l'impact environnemental — des panaches de particules sédimentaires dépend du type de technologie minière utilisée pour la collecte et le traitement du minerai (Peacock and Ouillon, 2023), des caractéristiques du sédiment sous-jacent

(Gillard et al., 2019), ainsi que du régime de courants et de la biodiversité propres à chaque zone d'exploitation.

**Panache de collecte.** Toutes les formes d'exploitation minière des grands fonds marins génèrent un panache de particules sédimentaires au niveau du fond marin, là où l'outil d'extraction remet les sédiments en suspension. Ce panache de particules sédimentaires peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à travers le plancher océanique profond (Gillard et al., 2019). On pensait auparavant que sa dispersion pouvait atteindre jusqu'à 100 kilomètres, mais des études récentes suggèrent que son ampleur réelle serait beaucoup plus limitée, la majeure partie des sédiments étant redéposée à quelques mètres seulement du site de perturbation, avec des concentrations plus faibles de sédiments dans les phases de flottabilité et de transport passif (Peacock and Ouillon, 2023). Une évaluation indépendante récente menée sur un collecteur expérimental de nodules a observé des panaches se dispersant jusqu'à au moins 4,5 kilomètres (limite de la zone de surveillance), avec des concentrations de particules en suspension quatre fois supérieures aux niveaux de fond observés à 50 mètres des traces minières, et une épaisseur d'environ 3 centimètres de sédiments redéposés à proximité immédiate des zones d'extraction (Gazis et al., 2025).

Toutes les activités de collecte au fond marin peuvent contribuer à la phase de rejet. Certains modèles de collecteurs peuvent remettre en suspension les 5 à 15 premiers centimètres de sédiments (Peacock and Ouillon, 2023), tandis que d'autres sont conçus pour un processus d'enlèvement présumé moins agressif<sup>22</sup>. La durée et la propagation du panache de la phase de rejet dépendent fortement du type et du mode de fonctionnement du véhicule collecteur. Durant la phase de flottabilité, le panache peut se propager au-delà de la zone d'exploitation immédiate, une sédimentation intense se produisant à moins de 100 mètres du collecteur de nodules (Burns, 1980). Des observations menées sur un véhicule minier à chenilles expérimental dans la zone de Clarion-Clipperton ont documenté un panache s'élevant à 3 mètres au-dessus du fond marin et se propageant sur plus de 100 mètres au-delà du site d'exploitation (Muñoz-Royo et al., 2022). Entre 2 % et 8 % des sédiments remis en suspension ont été détectés à plus de 2 mètres au-dessus du fond marin et ne se sont pas redéposés après plusieurs heures d'observation. L'évolution finale du panache peut être influencée par les conditions environnementales locales, telles que les marées propres au site, les courants benthiques, la topographie du fond marin, ainsi que par la conception spécifique du collecteur de nodules. Ainsi, les modèles prévisionnels estimant l'étendue totale de la phase diluée et dispersée de transport passif du panache de collecte peuvent comporter des marges d'erreur de plusieurs ordres de grandeur. Une prévision précise de la propagation du panache dépend de mesures in situ exactes et de paramètres opérationnels spécifiques au système d'exploitation utilisé (Peacock and Ouillon, 2023).

Les panaches de collecte peuvent étouffer l'écosystème environnant, entraînant une perte d'habitats marins et une réduction de la biodiversité (Miller et al., 2018). Les gisements des grands fonds peuvent contenir des concentrations élevées de métaux lourds, tels que le plomb et l'arsenic, susceptibles d'être remis en circulation dans l'écosystème au cours du processus minier (Hauton et al., 2017; Price et al., 2016). Une étude a indiqué que certains mammifères marins des grands fonds interagissent avec le plancher océanique dans la région de la zone de Clarion-Clipperton, et que la génération de panaches pourrait perturber leurs comportements alimentaires (Marsh et al., 2018). Des études récentes ont observé peu d'effets résiduels du panache de sédimentation 44 ans après un essai minier à petite échelle (Jones et al., 2025), mais sur le site DISCOL, 26 ans après la perturbation, les communautés de mégafaune et de poissons

<sup>22</sup> « Collingwood team creating friendlier robot for deep sea mining » : <https://www.collingwoodtoday.ca/local-news/collingwood-team-creating-friendlier-robot-for-deep-sea-mining-10773843>

présentaient encore des impacts visibles sur les zones du fond marin affectées par le panache (Drazen et al., 2021; Simon-Lledó et al., 2019).

**Panache de rejet.** Les nodules remontés à la surface emportent avec eux une fraction de sédiments benthiques. Selon la méthode d'extraction, ce panache de rejet peut contenir des sédiments enrichis en minerai (comprenant à la fois des métaux particuliers et dissous), ainsi qu'une eau de composition chimique et de température différentes, produite lors du processus de déshydratation du minerai récupéré (Spearman et al., 2020). Dans la majorité des scénarios miniers proposés, ce panache se forme dans la couche intermédiaire de la colonne d'eau, bien que certaines propositions prévoient de le rejeter plus près du fond marin. Il n'existe actuellement aucune réglementation imposant la profondeur de rejet du panache. Les panaches en pleine eau sont dominés par la phase de transport passif, au cours de laquelle des panaches sédimentaires de faible concentration peuvent persister plusieurs semaines, voire plus de quatre mois, avant de se déposer sur le fond marin, ce qui leur permet de se disperser sur des centaines, voire des milliers de kilomètres (Peacock and Ouillon, 2023). Les panaches en pleine eau pourraient également émettre des signaux chimiques susceptibles de perturber la migration d'organismes, en particulier ceux qui effectuent des migrations verticales nycthémerales ou des espèces hautement migratrices comme les mammifères marins (Drazen et al., 2019). Il est également possible que les métaux rejetés s'intègrent aux réseaux trophiques de la zone intermédiaire, entraînant une bioaccumulation dans les niveaux trophiques supérieurs, y compris chez des espèces migratrices et commercialement importantes (Amon et al., 2023).

Les zones épipélagique et mésopélagique ont, en particulier, reçu relativement peu d'attention par rapport au benthos profond, où se déroule l'exploitation minière (Drazen et al., 2020). Les panaches d'assèchement, s'ils sont rejetés dans la zone photique, pourraient perturber les flux de nutriments dans des eaux généralement pauvres en éléments nutritifs, provoquant des proliférations d'algues susceptibles, à terme, de priver la région d'oxygène et d'étouffer les communautés benthiques lorsque les algues commencent à se décomposer. Ces panaches d'assèchement libèrent de grands volumes de boues inorganiques et de particules minérales dans la couche intermédiaire de la colonne d'eau (environ 50 000 m<sup>3</sup> par jour, Drazen et al., 2020) ce qui pourrait diluer les particules organiques détritiques dont dépendent les organismes filtreurs de la zone intermédiaire profonde. Cette perturbation des réseaux trophiques de la zone intermédiaire pourrait affecter des espèces hautement migratrices, telles que les thonidés, ainsi que des espèces inscrites à la CMS, notamment les requins pélagiques. Une étude a montré que des coraux profonds exposés à des particules en suspension issues de sulfures polymétalliques présentaient une perte tissulaire, une nécrose et une bioaccumulation de cuivre dans leurs tissus (Carreiro-Silva et al., 2022). Une étude récente sur les effets potentiels des panaches d'assèchement sur une méduse vivant en zone pélagique profonde a indiqué que l'exploitation minière des grands fonds pourrait nuire à la biodiversité et au fonctionnement des écosystèmes dans la zone intermédiaire de la colonne d'eau (Stenvers et al., 2023).

**Panache de surface.** Les panaches de surface peuvent être produits lors du processus d'assèchement, mais résultent plus souvent d'un rejet accidentel ou d'urgence. Ces rejets peuvent altérer le neuston (la couche superficielle de la mer) autour du navire minier (Helm, 2021) et interférer avec les comportements migratoires et alimentaires des espèces pélagiques, y compris des mammifères marins et des oiseaux de mer migrants, ainsi qu'avec les communautés pélagiques dont ils dépendent. Aucun contractant minier des grands fonds ne prévoit actuellement de rejeter volontairement des panaches de surface dans le cadre de ses opérations, de sorte que les études sur la dispersion de panaches de surface d'origine minière demeurent limitées. Des études analogues portant sur les panaches produits lors d'activités de dragage ont montré qu'une augmentation de la turbidité entraîne une diminution des taux

d'alimentation et de respiration chez les organismes concernés (Todd et al., 2015). Les contractants miniers reconnaissent que le rejet intentionnel de déchets de nodules à la surface serait « trop contraignant sur le plan environnemental pour être viable » (Peacock and Ouillon, 2023). Un cas de rejet accidentel de panache de surface a déjà été signalé à partir d'un navire minier en essai expérimental dans la zone de Clarion-Clipperton<sup>23</sup> ; le panache involontaire a couvert une zone suffisamment vaste pour être détecté depuis l'espace (Yin et al., 2024).

### *Bruit*

À l'exception des sources hydrothermales associées aux sulfures polymétalliques, le paysage sonore des grands fonds marins est relativement calme et peu étudié (Chen et al., 2021). Un champ de nodules polymétalliques situé dans la zone économique exclusive (ZEE) du Japon s'est révélé plus silencieux encore que le Challenger Deep, dans la fosse des Mariannes (Chen et al., 2021). L'exploitation minière des grands fonds marins introduira de multiples nouvelles sources de pollution sonore marine dans des régions historiquement peu fréquentées et peu exposées au bruit d'origine anthropique. Les opérations minières, qui font appel à des véhicules robotisés, devraient fonctionner en continu, le minerai étant pompé sans interruption du fond marin vers la surface au moyen d'un système de conduite montante et de lavage. Un navire de surface, stationné sur le site pendant plusieurs mois consécutifs, contribue également à modifier l'environnement acoustique. La prospection de nouveaux gisements et l'évaluation de la stabilité structurelle d'un site minier peuvent nécessiter l'utilisation de sonars pénétrant le plancher océanique. Le bruit généré par les opérations minières en eaux profondes peut se propager sur de vastes zones, avec des impacts aigus concentrés dans la zone immédiatement adjacente au site minier et au navire de surface (Williams et al., 2022). Les effets cumulatifs d'une exposition chronique au bruit généré par les systèmes miniers risquent d'avoir un impact bien plus important que ceux provoqués par une exposition aiguë et de courte durée, qui sont le plus souvent évalués dans les études d'exposition sonore (Williams et al., 2025).

Les paysages sonores spécifiques à chaque habitat peuvent servir de repères pour la fixation larvaire, et des modifications significatives du paysage sonore profond pourraient masquer les signaux acoustiques que les larves utilisent pour localiser des habitats favorables (Chen et al., 2021). Le bruit généré par une exploitation commerciale de nodules polymétalliques pourrait créer un cylindre acoustique d'un rayon pouvant atteindre six kilomètres, dépassant les seuils standards d'altération du comportement des mammifères marins (Southall et al., 2019; Williams et al., 2022). Même des campagnes scientifiques de courte durée, utilisant des submersibles, se sont révélées capables de modifier de manière significative le paysage sonore immédiat (Chen et al., 2021).

Chez les mammifères marins, les tortues de mer et d'autres espèces migratrices, le bruit d'origine anthropique peut entraîner des modifications comportementales, notamment l'interruption de l'alimentation, la modification des vocalisations et le déclenchement de réactions de fuite face aux zones à fort bruit. Ces réponses comportementales sont souvent imprévisibles et ne dépendent pas uniquement de l'intensité sonore, mais d'un ensemble de facteurs environnementaux et biologiques (Williams et al., 2025). Dans les cas les plus extrêmes, un bruit de forte intensité peut endommager directement les structures auditives, ce qui peut s'avérer mortel (Gomez et al., 2016). Au moins une étude suggère que certaines baleines à bec plongeant profondément pourraient interagir avec le fond marin dans la zone de Clarion-Clipperton (Marsh et al., 2018). De nombreuses zones contractuelles minières se situent dans des régions

<sup>23</sup> « Leaked video footage of ocean pollution shines light on deep-sea mining » : <https://www.theguardian.com/environment/2023/feb/06/leaked-video-footage-of-ocean-pollution-shines-light-on-deep-sea-mining>

fréquentées par les cétacés, mais rarement perturbées par les activités humaines. On sait que le bruit produit par les opérations minières chevauche la fréquence à laquelle de nombreux cétacés communiquent, ce qui peut entraîner une modification permanente du comportement des populations qui se remettent encore de deux siècles de chasse commerciale à la baleine (Thompson et al., 2023). De plus, une analyse systématique des impacts du bruit issu de l'exploitation minière des grands fonds dans la zone de Clarion-Clipperton a révélé que seulement 35 % des taxons marins connus pour habiter cette région avaient été évalués pour leur sensibilité au bruit. Malgré cela, la sensibilité acoustique s'est avérée omniprésente chez tous les vertébrés étudiés, soulignant à quel point les effets potentiels du bruit sur les écosystèmes profonds demeurent peu compris (Amon et al., 2022; Williams et al., 2025).

### Impacts indirects

Pour les espèces migratrices, en particulier celles qui interagissent principalement avec les couches superficielles de l'océan, ainsi que pour les espèces plongées qui s'alimentent dans des zones chevauchant les sites miniers, telles que les thonidés, les espadons et les mammifères marins, les impacts indirects de l'exploitation minière des grands fonds marins pourraient s'avérer plus importants que les impacts directs. Ces impacts comprennent notamment des modifications du comportement des espèces-proies induites par les activités minières, une exposition accrue aux toxines remobilisées entraînant une bioaccumulation, ainsi que des altérations des processus biogéochimiques encore mal compris.

### *Pêcheries d'importance commerciale*

Les populations de thon obèse, de listao et de thon albacore sont présentes dans la zone de Clarion-Clipperton (ZCC) et relèvent de la compétence de deux organisations régionales de gestion des pêches (ORGP) opérant dans cette partie de l'océan (van der Grient and Drazen, 2021). Les populations de thon exploitées dans la ZCC figurent parmi les pêcheries commerciales les plus lucratives au monde. Il existe une forte superposition spatiale entre les zones contractuelles minières et les zones de pêche (van der Grient and Drazen, 2021), ce qui risque de conduire à un conflit direct entre ces deux activités industrielles, d'autant plus que le changement climatique accentue les chevauchements spatiaux et saisonniers entre elles (Amon et al., 2023). Les panaches de rejet enrichies en métaux peuvent également permettre à des métaux lourds de pénétrer dans le réseau trophique, provoquant une bioaccumulation chez les prédateurs supérieurs et dégradant la valeur commerciale des pêcheries, comme cela s'est produit avec la bioaccumulation du mercure chez l'espadon (Amon et al., 2023). De nombreuses espèces de poissons à intérêt commercial constituent également des proies pour des espèces couvertes par la CMS. Les modifications de la dynamique des proies peuvent entraîner des changements dans les comportements de prédation et d'alimentation, ainsi que d'autres altérations comportementales. La bioaccumulation de métaux lourds peut provoquer des effets sanitaires graves chez les prédateurs de haut niveau trophique (Ray and Vashishth, 2024).

### *Radioactivité des nodules polymétalliques*

Les nodules polymétalliques ont récemment été identifiés comme des matières radioactives naturelles, enrichies en radioisotopes de la série de l'uranium émettant un rayonnement alpha lors de leur désintégration. Ces isotopes comprennent le thorium-230, le radium-226, le protactinium-231 ainsi que le radon-222. Bien que les particules alpha aient une portée limitée à quelques centimètres et ne pénètrent pas la peau, leur énergie élevée les rend particulièrement nocives lorsqu'elles sont ingérées ou inhalées. Une étude a révélé que les émissions de thorium-230 provenant des nodules polymétalliques étaient 36 fois supérieures aux normes américaines

de protection de la santé et de l'environnement établies par l'EPA pour les résidus de traitement de l'uranium et du thorium, tandis que le radium-226 atteignait 47 fois la limite autorisée (Volz et al., 2023). Cela représente un risque particulier pour les personnes participant activement à l'extraction et au traitement des nodules polymétalliques, tout en complexifiant la gestion des déchets miniers en aval.

L'AIFM a publié une déclaration concernant la teneur potentiellement radioactive des nodules polymétalliques, indiquant qu'« aucune discussion n'est actuellement prévue au sein de l'AIFM sur la réglementation de la sécurité des travailleurs dans le cadre de l'exploitation minière des grands fonds marins »<sup>24</sup>. Étant donné que le traitement des nodules devrait vraisemblablement se faire à terre, selon les technologies minières actuellement disponibles, il demeure incertain que l'exposition éventuelle aux rayonnements découlant de ce traitement puisse avoir des effets négatifs sur les espèces hautement migratrices.

### *Oxygène sombre*

Une étude récente a mis en évidence la présence d'un phénomène appelé oxygène sombre, c'est-à-dire de l'oxygène produit par un processus biogéochimique encore non décrit et médié par les nodules polymétalliques présents sur le fond marin (Sweetman et al., 2024). La production d'oxygène sombre a entraîné une augmentation supérieure à trois fois de la concentration d'oxygène de fond lors d'expériences in situ réalisées à l'aide de chambres benthiques. Si ces résultats étaient confirmés par des études ultérieures, il s'agirait d'une découverte majeure susceptible de remettre en question notre compréhension fondamentale du fonctionnement des écosystèmes des grands fonds marins. Cependant, cette étude préliminaire a été mise en doute et le mécanisme exact à l'origine de la production d'oxygène sombre demeure inconnu (Voosen, 2024). Si la méthode de génération venait à être élucidée, la production d'oxygène sombre pourrait jouer un rôle déterminant dans le cycle des éléments et la séquestration du carbone dans les grands fonds marins, tout en représentant une nouvelle source potentielle d'énergie renouvelable (Shangguan, 2025). La production d'oxygène sombre constituerait également un enjeu majeur pour le développement de l'exploitation minière des grands fonds, car elle nécessiterait une réévaluation approfondie des impacts connus et inconnus de cette industrie (Siddiqui, 2025).

La pertinence biologique de l'oxygène sombre pour l'écosystème océanique dans son ensemble, y compris pour les espèces inscrites à la CMS et leurs proies, n'a pas encore été établie. La confirmation de l'existence de l'oxygène sombre et la caractérisation du processus biogéochimique qui conduit à sa production demeurent des axes de recherche prometteurs pour les années à venir.

### *Patrimoine culturel subaquatique*

La grande majorité des activités d'exploitation minière envisagées dans les grands fonds marins se situent dans des zones ne relevant pas de la juridiction nationale. Jusqu'à présent, peu d'attention a été accordée aux impacts sociaux et culturels de cette exploitation. Le manque de participation des parties prenantes, notamment des peuples susceptibles d'être directement affectés, constitue un sujet récurrent de préoccupation au sein des délégations à l'AIFM (Jaekel et al., 2023).

<sup>24</sup> ISA Fact-check 2023/2 – Radioactivity of nodules : <https://www.isa.org.jm/isa-fact-check-2023-2/>

L'exploitation minière des grands fonds entre directement en conflit avec le patrimoine culturel, en particulier celui des peuples du Pacifique<sup>25</sup>. Les contrats d'exploration minière en eaux profondes se situent dans les triangles de navigation micronésien et polynésien, des zones où les navigateurs traditionnels ont établi et entretenu pendant des millénaires des connexions culturelles et maritimes entre les îles les plus éloignées. De plus, de nombreuses espèces migratrices revêtant une importance culturelle particulière se trouvent dans les zones d'exploitation minière proposées du Pacifique (Tilot et al., 2021).

Les sources hydrothermales profondes présentent une valeur culturelle et scientifique considérable. Les premières aires marines protégées établies dans les grands fonds marins l'ont été autour de champs hydrothermaux d'importance historique, notamment dans le parc marin des Açores et dans l'aire marine protégée des événements hydrothermaux d'Endeavour, au Canada (Menini and Van Dover, 2019). Le Passage du Milieu, région de l'Atlantique central, correspond à la route historique par laquelle des millions de personnes réduites en esclavage ont été transportées d'Afrique de l'Ouest vers les Amériques et les Caraïbes. Cette route constitue aujourd'hui un cimetière maritime où reposent jusqu'à deux millions de personnes (Turner et al., 2020). Plusieurs contrats miniers délivrés par l'Autorité internationale des fonds marins se trouvent à l'intérieur des voies maritimes historiques du Passage du Milieu. Au moins une campagne visant à faire reconnaître le plancher océanique du Middle Passage comme cimetière maritime est actuellement en cours<sup>26</sup>.

#### *Autres impacts*

D'autres impacts indirects potentiels incluent une probabilité accrue de collisions avec les navires, en raison de l'augmentation du trafic maritime dans des zones historiquement peu fréquentées, la possibilité que les navires miniers stationnaires agissent comme dispositifs de concentration de poissons ou attirent les oiseaux marins, ainsi que des effets en cascade résultant de comportements d'évitement chez les espèces inscrites à la CMS et leurs proies.

---

<sup>25</sup> Connecting Conservation and Culture in Oceania : <https://www.angelovillagomez.com/2022/09/connecting-conservation-and-culture-in.html>

<sup>26</sup> Group urges Atlantic seafloor be labeled a memorial to slave trading : <https://today.duke.edu/2020/11/group-urges-atlantic-seafloor-be-labeled-memorial-slave-trading>

## Mammalia (mammifères marins)

Sur les 86 espèces de mammifères marins inscrites à la CMS, au moins 41 sont connues pour se trouver à l'intérieur d'une zone contractuelle délivrée par l'AIFM ou d'une zone minière proposée située dans la zone économique exclusive (ZEE) d'un État côtier. Ces espèces comprennent au moins huit espèces de baleines à bec qui plongent profondément et dont les zones d'alimentation peuvent chevaucher directement les sites miniers de la zone de Clarion-Clipperton (ZCC), ainsi que d'autres espèces hautement migratrices dont les routes migratoires traversent les zones contractuelles proposées dans les océans Atlantique, Pacifique et Indien, et certaines espèces de phoques dont les aires de répartition recoupent les zones d'exploration minière envisagées dans la ZEE de la Norvège. La ZCC est considérée comme une zone d'intérêt par le Groupe de travail de la CMI de l'UICN sur les aires protégées pour les mammifères marins, tandis que le corridor migratoire de l'Atlantique Nord chevauche des zones contractuelles de sulfures polymétalliques et est reconnu comme aire importante pour les mammifères marins<sup>27</sup>.

Les baleines à bec peuvent interagir avec les activités minières en eaux profondes et en subir les effets de diverses manières, notamment par la perturbation de leurs comportements alimentaires chez les espèces plongeant en profondeur, ainsi que par des modifications de la disponibilité des proies, des paysages sonores et des comportements migratoires. Les baleines à bec, qui représentent jusqu'à 25 % de tous les cétacés mais demeurent parmi les espèces les moins étudiées, pourraient être particulièrement affectées par l'exploitation minière des grands fonds. Ces espèces se nourrissent de poissons démersaux, notamment de grenadiers communs dans les plaines abyssales profondes (Ohizumi et al., 2003). La baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) est connue pour plonger jusqu'à près de 3 000 mètres (Schorr et al., 2014), et des traces observées sur le plancher océanique dans la ZCC suggèrent que ces baleines interagissent directement avec le fond marin dans les zones contractuelles de l'AIFM (Marsh et al., 2018). La baleine à bec de Cuvier et la baleine à bec de Blainville (*Mesoplodon densirostris*; Rosso et al., 2021) présentent une distribution circumglobale. La baleine à bec de Sowerby (*Mesoplodon bidens*), la baleine à bec de True (*Mesoplodon mirus*) et la baleine à bec de Gervais (*Mesoplodon europaeus*) se rencontrent dans l'Atlantique et peuvent traverser les zones contractuelles minières situées sur la dorsale médio-atlantique (Macleod, 2000). La baleine à bec à dents de ginkgo (*Mesoplodon ginkgodens*; Rosso et al., 2021) et la baleine à bec de Baird (*Berardius bairdii*; Ohizumi et al., 2003) n'ont jusqu'à présent été observées que dans le Pacifique. D'autres mammifères marins, tels que la baleine hyperoodon boréale (*Hyperoodon ampullatus*), sont également connus pour plonger à grande profondeur (Hooker and Baird, 1999).

Les cachalots (*Physeter macrocephalus*; Alexander et al., 2016) constituent une autre espèce plongeuse, s'alimentant typiquement à de grandes profondeurs. Il s'agit de la seule espèce de mammifère marin ayant été formellement identifiée au niveau spécifique dans les rapports environnementaux publics accessibles via le portail DeepData de l'AIFM. Des clics de cachalots ont été détectés par un réseau acoustique en eaux profondes déployé par TMC dans la ZCC, fournissant la preuve que ces animaux sont actifs et se nourrissent dans des zones d'exploration minière.

Les grandes baleines à fanons peuvent elles aussi interagir avec et être affectées par les activités minières en eaux profondes, notamment par des modifications de la disponibilité des proies, des paysages sonores et des comportements migratoires, ainsi que par la perturbation des comportements alimentaires et, de manière plus directe, par une augmentation du risque de

<sup>27</sup> E-Atlas des IMMA - <https://www.marinemammalhabitat.org/imma-eatlas/>

collisions avec les navires. Presque toutes les grandes espèces de baleines chevauchent les zones minières proposées au cours de leur vie, y compris la petite baleine de Minke (*Balaenoptera acutorostrata* Kasamatsu et al., 1995; van Pijlen et al., 1995), la baleine boréale (*Balaenoptera borealis* ; Ishii et al., 2017), la baleine de Bryde (*Balaenoptera edeni* ; Heimlich et al., 2005; Rosel et al., 2021) et la baleine commune (*Balaenoptera physalus* ; Edwards et al., 2015). Beaucoup de ces espèces se nourrissent en surface dans les hautes latitudes ou les eaux tempérées et migrent à travers des zones minières connues pour rejoindre leurs aires de reproduction et d'alimentation.

La baleine bleue (*Balaenoptera musculus* ; Branch et al., 2007) présente une distribution mondiale (Andersen et al., 2012), mais une sous-population distincte de l'océan Indien a été identifiée ; elle se nourrit dans la colonne d'eau intermédiaire (de Vos et al., 2018, 2016) et sa zone de répartition pourrait chevaucher les sites miniers situés au niveau de la triple jonction de l'océan Indien, ainsi que les zones d'essais proposées dans la ZEE de l'Inde. La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) effectue l'une des plus longues migrations saisonnières de tous les mammifères (Jackson et al., 2014) et pourrait chevaucher presque toutes les zones minières proposées. D'autres grandes espèces de baleines peuvent ne pas avoir d'aires de répartition qui se chevauchent directement avec les zones minières proposées, ou bien il n'existe pas de données suffisamment documentées pour estimer précisément leur répartition, comme c'est le cas pour la baleine d'Omura (*Balaenoptera omurai*; Cerchio et al., 2019). Certaines baleines, dont l'aire de répartition ne coïncide pas encore avec les sites miniers proposés, pourraient à l'avenir les atteindre en raison de l'expansion de leur habitat liée au changement climatique, comme la baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis* Hunt et al., 2015)).

Bien que de nombreuses espèces de dauphins soient souvent observées en groupes résidents, plusieurs présentent une distribution mondiale, et même les espèces généralement côtières peuvent migrer à travers des zones d'exploitation minière potentielle en haute mer. Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), par exemple, est présent dans toutes les régions du globe (Tezanos-Pinto et al., 2009). Malgré son fort degré de sédentarité (Rosel et al., 2009), des preuves de dispersion à longue distance ont été mises en évidence (Klatsky et al., 2007) parmi les écotypes du large. Des phénomènes similaires, à des degrés divers, ont été observés chez le dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*; Chen et al., 2020; Gomes-Pereira et al., 2013), le dauphin à bec rude (*Steno bredanensis* ; da Silva et al., 2015), le dauphin commun (*Delphinus delphis* ; Barceló et al., 2022), le dauphin de Risso (*Grampus griseus* ; Jefferson et al., 2014) et le marsouin de Dall du Pacifique (*Phocoenoides dalli* ; Escorza-Treviño et Dizon, 2000), ce dernier présentant des mouvements de dispersion asymétriques chez les mâles.

L'orque (*Orcinus orca* ; Blanc and Martínez-Rincón, 2023)) présente également une distribution mondiale, et avec le faux-orque (*Pseudorca crassidens*), elle pourrait être particulièrement sensible au bruit (Madsen et al., 2004).

Les dauphins pélagiques sont présents dans tous les grands bassins océaniques, et plusieurs espèces ont été observées en train de se nourrir de poissons mésopélagiques dans les couches intermédiaires de la colonne d'eau, là où les panaches d'assèchement pourraient être rejetés. Le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata* ; Díaz-Torres et al., 2022) et le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba* ; Ringelstein et al., 2006) ont été observés se nourrissant de poissons-lanternes dans la pleine eau. Le dauphin longirostre (*Stenella longirostris* ; Leslie and Morin, 2018) présente une distribution mondiale dans les régions tropicales, tout comme le dauphin de Clymène (*Stenella clymene* Weir et al., 2014) et le dauphin tacheté de l'Atlantique (*Stenella frontalis* ; Adams and Rosel, 2006). Le globicéphale tropical (*Peponocephala electra*),

espèce à distribution circumglobale, (*Peponocephala electra*; Martien et al., 2017) présente un comportement similaire à celui des dauphins pélagiques.

Bien que la majorité des mammifères marins migrateurs dont l'aire de répartition chevauche les sites potentiels d'exploitation minière des grands fonds présentent des distributions circumglobales ou circumtropicales, certaines espèces ont des aires plus restreintes. Le dauphin à flancs blancs de l'Atlantique (*Lagenorhynchus acutus*; Banguera-Hinestroza et al., 2014) et le dauphin à bec blanc (*Lagenorhynchus albirostris*; Canning et al., 2008) se rencontrent dans l'Atlantique Nord et pourraient chevaucher uniquement les zones contractuelles d'exploration minière situées le long de la dorsale médio-atlantique. Les deux espèces de globicéphales, à savoir le globicéphale à nageoires courtes (*Globicephala macrorhynchus*) et le globicéphale à longues nageoires (*Globicephala melas*), possèdent une distribution mondiale mais non chevauchante. Les globicéphales à longues nageoires coïncident avec des sites potentiels d'exploitation minière en eaux profondes sur la dorsale médio-atlantique, tandis que les globicéphales à nageoires courtes présentent une aire de répartition multi-océanique plus vaste, recoupant plusieurs zones minières potentielles (Oremus et al., 2009).

Les projets récents de la Norvège visant à développer des concessions minières sur des gisements de sulfures polymétalliques dans les eaux norvégiennes<sup>28</sup> pourraient exposer certaines espèces côtières de mammifères marins à des risques accrus. Les aires de répartition du marsouin commun (*Phocoena phocoena*; Mikkelsen et al., 2016), du phoque gris (*Halichoerus grypus*; Øigård et al., 2012), du phoque commun (*Phoca vitulina*; Bjørge et al., 2010), du dauphin à flancs blancs de l'Atlantique (*Lagenorhynchus acutus*; Banguera-Hinestroza et al., 2014) et du dauphin à bec blanc (*Lagenorhynchus albirostris*; Canning et al., 2008) se superposent à une zone contractuelle d'exploitation minière proposée en Norvège, même si les permis associés à cette zone ont été temporairement suspendus<sup>29</sup>.

Pour de nombreuses espèces peu connues, les données relatives à leur aire de répartition, qui indiquent parfois des distributions circumglobales ou s'étendant sur plusieurs bassins océaniques, proviennent essentiellement de rapports d'échouages, plutôt que d'observations directes en milieu naturel. Les répartitions du cachalot nain (*Kogia breviceps*) et du cachalot pygmée (*Kogia sima*), par exemple, reposent principalement sur les données d'échouages (Plön et al., 2023). L'hypérodon (*Indopacetus pacificus*), dont l'aire connue est actuellement limitée à l'océan Indien, n'est connu que par quelques spécimens isolés (Dalebout et al., 2003).

Tableau 1 : Espèces de mammifères marins inscrites à la CMS dont l'aire de répartition chevauche potentiellement des concessions minières existantes délivrées par l'AIFM ou par des autorités nationales

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>30</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>31</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Balaenoptera acutorostrata</i> sous-espèce	Baleine de Minke commune	MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	LC	Mondial
<i>Balaenoptera borealis</i>	Rorqual boréal, baleine de Biscaye, rorqual de Rudolph	CMS Ann. I et II, ACCOBAMS ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	EN	Mondial

<sup>28</sup> Norway suspends controversial deep-sea mining plan : <https://www.bbc.com/news/articles/c9wj8l8kr7o>

<sup>29</sup> Deep-sea mining: Norway approves controversial practice : <https://www.bbc.com/news/science-environment-67893808>

<sup>30</sup> Voir les annexes 1 et 2

<sup>31</sup> Voir l'annexe 3

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>30</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>31</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Balaenoptera edeni</i>	Baleine de Bryde, baleine tropicale	CMS Ann. II, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	LC	Mondial
<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleine bleue	CMS Ann. I, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	EN	Mondial
<i>Balaenoptera physalus</i>	Rorqual commun	ACCOBAMS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	VU	Mondial
<i>Berardius bairdii</i>	Baleine à bec de Baird	CMS Ann. II, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	LC	Pacifique
<i>Delphinus delphis</i>	Dauphin commun	CMS Ann. I (population méditerranéenne) et II (populations de la mer du Nord et de la mer Baltique, de la Méditerranée, de la mer Noire et du Pacifique tropical oriental), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Dorsale médio-atlantique (DMA)/Pacifique
<i>Eubalaena glacialis</i>	Baleine noire de l'Atlantique Nord, baleine noire biscayenne	CMS Ann. I (Atlantique Nord) ACCOBAMS, ASCOBANS	CR	DMA
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale à nageoires courtes	MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Globicephala melaena</i>	Globicéphale à longues nageoires	CMS Ann. II (populations de la mer du Nord et de la mer Baltique), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA
<i>Grampus griseus</i>	Dauphin de Risso	CMS Ann. II (populations de la mer du Nord, de la mer Baltique et de la Méditerranée), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Pacifique/Indien
<i>Halichoerus grypus</i>	Phoque gris	CMS Ann. II (populations de la mer Baltique)	LC	DMA
<i>Hyperoodon ampullatus</i>	Baleine hyperoodon boréale, baleine à bec boréale	CMS Ann. II, ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	NT	DMA
<i>Indopacetus pacificus</i>	Baleine à bec tropicale	MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	LC	Indien
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalot pygmée	ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Kogia sima</i>	Cachalot nain	ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du	LC	Mondial

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>30</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>31</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
		Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie		
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	CMS Ann. II (populations d'Asie du Sud-Est), MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Lagenorhynchus acutus</i>	Dauphin à flancs blancs de l'Atlantique	CMS Ann. II (populations de la mer du Nord et de la mer Baltique), ASCOBANS	LC	DMA
<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	Dauphin à bec blanc	CMS Ann. II (populations de la mer du Nord et de la mer Baltique), ASCOBANS	LC	DMA
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleine à bosse	CMS Ann. I, ACCOBAMS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	LC	Mondial
<i>Mesoplodon bidens</i>	Baleine à bec de Sowerby	ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA
<i>Mesoplodon densirostris</i>	Baleine à bec de Blainville	ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Mesoplodon europaeus</i>	Baleine à bec de Gervais	ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA
<i>Mesoplodon ginkgodens</i>	Baleine à bec à dents de ginkgo	MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	DD	Pacifique
<i>Mesoplodon mirus</i>	Baleine à bec de True	ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA
<i>Monachus monachus</i>	Phoque moine de Méditerranée	CMS Ann. I et II, MOU sur le phoque moine	VU	DMA
<i>Orcinus orca</i>	Épaulard, orque	CMS Ann. II, ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	DD	Mondial
<i>Peponocephala electra</i>	Globicéphale tropical	MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Phoca vitulina</i>	Phoque commun, phoque veau marin	CMS Ann. II (populations de la mer Baltique et de la mer des Wadden)	LC	DMA
<i>Phocoena phocoena</i>	Marsouin commun, marsouin ordinaire	CMS Ann. I (population de la Baltique propre) et II (populations de la mer du Nord, de la mer Baltique, de l'Atlantique Nord-Ouest, de la mer Noire et d'Afrique du Nord-Ouest), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>30</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>31</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Phocoenoides dalli</i>	Marsouin de Dall	CMS Ann. II	LC	Pacifique
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot	CMS Ann. I et II, ACCOBAMS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique	VU	Mondial
<i>Pseudorca crassidens</i>	Faux-orque	ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	Non évalué	Mondial
<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté pantropical, dauphin à bride	CMS Ann. II (populations du Pacifique tropical oriental et d'Asie du Sud-Est), MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Stenella clymene</i>	Dauphin de Clymène	CMS Ann. II (population d'Afrique de l'Ouest), Afrique de l'Ouest et Macaronésie	LC	DMA
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Dauphin rayé, dauphin bleu et blanc	CMS Ann. II (populations du Pacifique tropical oriental et de la Méditerranée), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Stenella frontalis</i>	Dauphin tacheté de l'Atlantique	MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	DMA
<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin longirostre	CMS Ann. II (populations du Pacifique tropical oriental et d'Asie du Sud-Est), MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Steno bredanensis</i>	Dauphin à bec rude	ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin	CMS Ann. II (populations de la mer du Nord, de la mer Baltique, de la Méditerranée et de la mer Noire), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial
<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleine à bec de Cuvier	CMS Ann. I (sous-population méditerranéenne), ACCOBAMS, ASCOBANS, MOU sur les cétacés des îles du Pacifique, MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie	LC	Mondial

## Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées

**Collisions avec les navires.** Pour de nombreux grands mammifères marins, les collisions avec les navires constituent une cause majeure de mortalité (Redfern et al., 2020). Les opérations minières en eaux profondes, qui utilisent des navires de soutien pour acheminer le minerai vers des installations de traitement à terre, entraîneront une augmentation du trafic maritime dans des zones généralement situées en dehors des principales routes de navigation, ce qui accroîtra la probabilité de collisions en haute mer. Une étude sur les populations de baleines bleues indique qu'une augmentation de onze fois de l'activité maritime pourrait entraîner une probabilité de 50 % de déclin de la population (Monnahan et al., 2015).

Les impacts des collisions et les mesures d'atténuation, telles que la modification des itinéraires et la réduction des vitesses, ont fait l'objet de nombreuses recherches (Nisi et al., 2024; Redfern et al., 2013; Ritter and Panigada, 2019). Comme ce problème n'est pas propre à l'exploitation minière en eaux profondes et que cette dernière ne crée pas de conditions particulières favorisant les collisions, les directives habituelles applicables à l'ensemble des navires demeurent pertinentes et suffisantes.

**Dispositifs de concentration de poissons.** Les navires stationnaires en haute mer peuvent agir comme dispositifs de concentration de poissons (DCP) (Røstad et al., 2006). Les mammifères marins et leurs proies peuvent être attirés par les navires miniers en station, ce qui pourrait offrir une meilleure opportunité d'observation des espèces migratrices, mais aussi perturber leurs comportements alimentaires et sociaux. Les dauphins sont connus pour se rassembler autour des dispositifs de concentration de poissons, et des rorquals boréaux ont été observés autour de tels dispositifs dans l'océan Indien (Brehmer et al., 2012).

**Bruit.** Les effets du bruit d'origine anthropique sur les mammifères marins sont bien documentés depuis plusieurs décennies, et un corpus important de travaux scientifiques en a évalué les impacts (e.g. Hildebrand, 2009; Richardson et al., 2013; Simmonds et al., 2014; Tyack, 2008; Weilgart, 2007). Le bruit généré par les activités minières et par les systèmes de positionnement dynamique des navires miniers peut altérer le comportement des mammifères marins. Ces opérations sont susceptibles de fonctionner en continu, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, à diverses profondeurs océaniques pendant des mois voire des années (Thompson et al., 2023). Le bruit produit par la machinerie utilisée pour l'exploitation minière des grands fonds aura probablement des effets directs sur les cétacés (Thompson et al., 2023; Williams et al., 2025, 2022).

L'introduction de bruit dans un environnement acoustique naturellement calme réduit la portée, la zone et le volume sur lesquels les signaux biologiquement importants peuvent être perçus. Le bruit généré par les opérations minières peut également agir comme un facteur de stress chronique à l'échelle de l'habitat, provoquant un masquage acoustique, c'est-à-dire une interférence sonore qui empêche les mammifères marins de détecter correctement les signaux auditifs (Clark et al., 2009; Erbe et al., 2016). De nombreuses espèces-proies présentes dans des zones telles que la zone de Clarion-Clipperton (ZCC) utilisent le son pour communiquer ou s'orienter, et le bruit océanique chronique généré par une opération minière en eaux profondes pourrait masquer la capacité de ces espèces à détecter les vocalisations de leurs prédateurs ou, inversement, perturber le comportement alimentaire des mammifères marins qui s'en nourrissent (Williams et al., 2025). Les mammifères marins et leurs proies ont coévolué des adaptations acoustiques leur permettant de chasser ou d'éviter les prédateurs, dans une véritable « course aux armements acoustique » (Tyack and Clark, 2000). Le bruit océanique chronique pourrait rompre cet équilibre entre prédateurs et proies. Le masquage des signaux acoustiques peut

également altérer la capacité des mammifères marins à trouver ou à choisir un partenaire, ainsi qu'à détecter les signaux sonores utilisés pour la navigation. Le bruit océanique chronique peut aussi induire un stress physiologique chez les mammifères marins, entraînant des effets néfastes sur la santé ou la suppression de comportements reproducteurs (Rolland et al., 2012; Wright et al., 2007).

L'exploitation minière en eaux profondes présente des risques nouveaux pour les mammifères marins plongeant à grande profondeur, susceptibles de déclencher des réactions physiologiques de stress comparables à celles observées en présence de sonars militaires. Bien que les mécanismes en cause diffèrent, le bruit chronique de basse fréquence généré par la machinerie minière pourrait perturber le comportement naturel de plongée, déplacer les individus hors de leurs zones clés d'alimentation, et accroître la probabilité de remontées rapides ou anormales. Ces perturbations pourraient augmenter le risque de maladie de décompression, en particulier chez les baleines à bec, espèces sensibles qui plongent régulièrement à des profondeurs extrêmes (Beatty and Rothschild, 2008). La maladie de décompression, provoquée par la formation de bulles de gaz d'azote dans les tissus et le sang, a été associée à plusieurs échouages et mortalités massives, notamment dans des zones où des sonars militaires étaient actifs (Velázquez-Wallraf et al., 2021). Les nécropsies réalisées à la suite de ces événements ont mis en évidence des embolus gazeux, des hémorragies et des lésions caractéristiques d'une pathologie de décompression aiguë (Fernández et al., 2017). Bien qu'aucun échouage n'ait encore été directement attribué à l'exploitation minière, les effets cumulatifs du bruit, de la dégradation de l'habitat et du déplacement des proies dans les zones minières justifient une approche de précaution, en raison notamment des similitudes observées dans les voies de risque.

L'impact du bruit sur les mammifères marins constitue l'un des rares effets potentiels sur les espèces migratrices pour lesquels les entreprises minières en eaux profondes ont mené des études environnementales de référence et fourni des données brutes à des fins d'évaluation. En 2019, des enregistrements hydroacoustiques profonds et de surface ont été transmis par The Metals Company pour les zones contractuelles situées dans la zone de Clarion-Clipperton. Des sifflements de delphinidés, des chants de baleines de Minke et des clics de cachalots ont été enregistrés dans le réseau d'hydrophones de surface, tandis que des sifflements de delphinidés ont également été détectés dans le réseau profond. Ces enregistrements acoustiques, plus nombreux que les observations visuelles rapportées, laissent penser que les mammifères marins sont plus actifs dans la région que ne le suggèrent les données d'observation directe.

Le bruit généré par les opérations minières en eaux profondes demeure mal caractérisé, et la principale lacune de connaissance réside dans la compréhension de la manière dont ce bruit d'origine minière se propage au sein de la zone ciblée et au-delà.

Alors qu'un corpus scientifique croissant s'attache à prédire les conséquences du bruit aigu à l'échelle des populations de cétacés (Pirota et al., 2018), les recherches sur les effets du bruit océanique chronique demeurent préliminaires. Il existe aujourd'hui un volume considérable de littérature sur les effets du bruit marin d'origine anthropique, ce qui alimente les préoccupations quant au fait que le bruit chronique produit par l'exploitation minière en eaux profondes pourrait lui aussi affecter sensiblement les cétacés (Rose et al., 2024). Une exposition prolongée à un bruit continu de basse fréquence et la dégradation de l'environnement acoustique des cétacés auraient des conséquences tant individuelles que populationnelles, mais les outils analytiques nécessaires à l'évaluation de ces effets font encore défaut. Les études de cas cherchant à quantifier les effets du masquage acoustique ou des perturbations liées au bruit océanique chronique demeurent limitées (Williams et al., 2025). Certaines activités industrielles analogues

peuvent servir de proxies pour estimer les niveaux de bruit susceptibles d'être produits lors des opérations minières en eaux profondes (Williams et al., 2022), mais l'on ignore dans quelle mesure ces comparaisons sont pertinentes. Les études comparatives montrent généralement que les effets du bruit sur certaines espèces de cétacés en eaux peu profondes peuvent constituer des références appropriées, mais pas dans tous les cas (Katona et al., 2023). Des études sur les caractéristiques des sources, la propagation du bruit et la sensibilité des espèces à ces nuisances chroniques sont nécessaires pour évaluer les impacts de l'exploitation minière en eaux profondes sur les cétacés. Toutefois, selon les meilleures données scientifiques disponibles, une approche de précaution à l'égard de la production de bruit sous-marin continu est d'ores et déjà justifiée (Risch et al., 2021).

**Panaches.** La présence de panaches en pleine eau ou en surface produits par les activités minières pourrait modifier les signaux chimiques que les mammifères marins utilisent pour s'orienter et détecter leurs proies. Une augmentation des concentrations de sédiments en suspension peut constituer un facteur de stress majeur pour les organismes marins, y compris pour les mammifères marins et leurs proies, en entravant leur vision et leur communication (van der Grient and Drazen, 2022). Le rejet de métaux et de contaminants dans les panaches intermédiaires pourrait affecter directement les cétacés, notamment par bioaccumulation. Les impacts des panaches en pleine eau et benthiques sur les cétacés demeurent peu connus. Les effets potentiels de ces perturbations sur les espèces de cétacés situées aux niveaux trophiques supérieurs ne doivent pas être négligés.

Le comportement des panaches sédimentaires générés par les opérations minières en eaux profondes reste mal caractérisé (Haalboom et al., 2022). Leurs effets sur les cétacés ainsi que sur les écosystèmes essentiels à leur survie sont encore moins bien compris. Les panaches de particules sédimentaires pourraient perturber les réseaux trophiques (Peacock and Ouillon, 2023; Thompson et al., 2023; van der Grient and Drazen, 2022). Les impacts liés à la libération de carbone océanique (Souster et al., 2024) ou de contaminants, notamment de métaux toxiques (Hauton et al., 2017) séquestrés dans les sédiments marins, suscitent également des préoccupations (Martins et al., 2023).

**Enchevêtrement.** Bien que l'enchevêtrement dans les engins de pêche constitue une cause importante de mortalité, et que les petits véhicules télécommandés utilisent des câbles de guidage pouvant présenter un risque d'enchevêtrement (Thaler et al., 2019), les câbles employés dans les opérations minières en eaux profondes – plus épais, plus rigides et surveillés en continu – ne semblent pas présenter le même niveau de risque.

### Recommandations

Les Parties à la CMS devraient encourager la collaboration entre les programmes de recherche soutenus par l'AIFM et les initiatives d'observation des grands mammifères marins. La présence prolongée de contractants miniers dans des zones où les observations sont limitées offre une occasion unique d'approfondir les connaissances sur les modèles migratoires des grands mammifères marins.

Les Parties à la CMS devraient encourager l'AIFM à veiller à ce que les contractants miniers réalisent des observations régulières en surface et en profondeur, et qu'ils signalent tous les incidents impliquant des mammifères marins dans les zones immédiatement entourant les opérations minières, en surface ou à proximité, ainsi que lorsque les navires sont en transit. Un plan d'intervention devrait être établi pour réagir à tout incident défavorable. L'AIFM devrait s'efforcer de rendre ces observations largement accessibles.

Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants miniers à déployer tous les efforts possibles pour réduire le bruit en présence de mammifères marins, et à envisager de restreindre les activités minières durant les périodes où ces espèces sont connues pour migrer dans la zone, en particulier pendant les phases de reproduction ou d'alimentation. Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants miniers à tout mettre en œuvre pour éviter d'accroître le trafic maritime dans les zones connues pour être empruntées par les mammifères marins migrants, et à adopter des politiques de vitesse sécuritaire des navires lorsque de tels croisements sont inévitables.

## Chondrichthyens (poissons cartilagineux)

Sur les 47 espèces de poissons cartilagineux inscrites à la Convention, 18 présentent des aires de répartition qui se chevauchent avec des zones d'exploitation minière en eaux profondes potentielles ou proposées. La majorité de ces espèces ont une répartition circumglobale, signalée ou présumée présente dans toutes les zones de haute mer susceptibles d'accueillir des activités minières en eaux profondes. Ces espèces comprennent le requin-renard à gros yeux (*Alopias superciliosus*) et le requin-renard commun (*Alopias vulpinus*), le requin soyeux (*Carcharhinus falciformis*), le requin océanique à pointes blanches (*Carcharhinus longimanus*; Young and Carlson, 2020), le grand requin blanc (*Carcharodon carcharias*; Kock et al., 2022; Skomal et al., 2017; Weng et al., 2007), le requin-pèlerin (*Cetorhinus maximus*), les marteaux courts et longs (*Isurus oxyrinchus*; Corrigan et al., 2018; Francis et al., 2018; et *Isurus paucus*; Estupiñán-Montaño and Delgado-Huertas, 2022), la raie manta géante (*Mobula birostris*) ainsi que le requin bleu (*Prionace glauca*; Coelho et al., 2018). Le requin-baleine (*Rhincodon typus*) présente également une répartition circumglobale, et la Zone importante pour les requins et les raies de l'équateur pacifique (ISRA), habitat essentiel pour cette espèce, se superpose à la zone de Clarion-Clipperton (ZCC).<sup>32</sup>

Bien que la majorité des requins hautement migrateurs aient une répartition circumglobale, certaines espèces présentent des aires plus restreintes. Le poisson-guitare commun (*Rhinobatos rhinobatos*) ne présente un chevauchement avec les zones contractuelles connues d'exploitation minière en eaux profondes que dans le nord de l'Atlantique (Moore, 2017; Pytka et al., 2024), bien que d'autres espèces de poissons-guitares puissent également chevaucher des sites miniers situés dans les océans Pacifique et Indien. Le requin-renard pélagique (*Alopias pelagicus*) est présent dans l'ensemble des océans Pacifique et Indien (Arostegui et al., 2020). Le requin-taupo commun (*Lamna nasus*) se rencontre à la fois dans le nord de l'Atlantique et le sud de l'océan Indien (González et al., 2021; Semba et al., 2013), où son aire de répartition se superpose à des zones contractuelles d'exploitation de sources hydrothermales situées sur la dorsale médio-atlantique et au point triple de l'océan Indien.

Les requins-marteaux (*Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran* et *Sphyrna zygaena*) sont en général plus côtiers, mais il est établi qu'ils s'agrègent autour des monts sous-marins (Gallagher and Klimley, 2018), notamment dans la zone d'intérêt de l'ISRA des bouches hydrothermales des Galápagos du Nord<sup>33</sup>. Cette répartition expose les requins-marteaux à un risque de conflit potentiel avec de futures activités minières visant les croûtes riches en cobalt et les sulfures polymétalliques.

Plusieurs espèces de requins participent à des migrations verticales nyctémérales, suivant les espèces-proies qui remontent des eaux intermédiaires, notamment les trois espèces de requins-renards (Arostegui et al., 2020; Cartamil et al., 2010; Coelho et al., 2015), ainsi que les requins-pèlerins (Sims et al., 2005) et les requins-taupes (Francis et al., 2015). Les monts sous-marins, où l'on envisage d'exploiter les croûtes cobaltifères, constituent des points chauds de biodiversité pour des espèces comme le requin soyeux, capable de parcourir plus de 27 666 kilomètres (Murray et al., 2023; Salinas-de-León et al., 2024). Les requins-pèlerins (Sims, 2008; Sims et al., 2005), requins-baleines (Sleeman et al., 2010) et raies mantas (Stewart et al., 2016) sont des filtreurs, dépendant de populations de plancton en bonne santé. Les études sur le requin-baleine indiquent que ses aires de répartition pourraient être fortement modifiées sous l'effet du changement climatique (Sequeira et al., 2012, 2014).

<sup>32</sup> L'atlas Web-GIS ISRA : <https://sharkrayareas.org/e-atlas/>

<sup>33</sup> Ibid

Tableau 2. Espèces de poissons cartilagineux inscrites à la CMS présentant un chevauchement connu de leur aire de répartition avec des concessions minières existantes de l'AIFM

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>34</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>35</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Alopias superciliosus</i>	Requin-renard à gros yeux	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Circumglobal
<i>Alopias vulpinus</i>	Requin-renard commun	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Circumglobal
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Requin soyeux	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Circumglobal
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Requin océanique à pointes blanches	CMS Ann. I, MOU sur les requins	CR	Circumglobal
<i>Carcharodon carcharias</i>	Grand requin blanc	CMS Ann. I et II, MOU sur les requins	CR	Circumglobal
<i>Cetorhinus maximus</i>	Requin-pèlerin	CMS Ann. I et II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Requin-taupe bleu	CMS Ann. II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Isurus paucus</i>	Requin-taupe à longues nageoires	CMS Ann. II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Mobula birostris</i>	Raie manta géante	CMS Ann. I et II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Prionace glauca</i>	Requin bleu	CMS Ann. II, MOU sur les requins	NT	Circumglobal
<i>Rhincodon typus</i>	Requin-baleine	CMS Ann. I et II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Lamna nasus</i>	Requin-taupe commun	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Atlantique
<i>Rhinobatos rhinobatos</i>	Poisson-guitare commun	CMS Ann. I (population méditerranéenne) et II, MOU sur les requins	CR	Atlantique
<i>Alopias pelagicus</i>	Requin-renard pélagique	CMS Ann. II, MOU sur les requins	EN	Pacifique et Indien
<i>Sphyrna lewini</i>	Requin-marteau halicorne	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Circumglobal
<i>Sphyrna mokarran</i>	Grand requin-marteau	CMS Ann. II, MOU sur les requins	EN	Circumglobal
<i>Sphyrna zygaena</i>	Requin-marteau lisse	CMS Ann. II, MOU sur les requins	VU	Circumglobal

Bien que ces 18 espèces représentent la totalité des chondrichthyens inscrits à la CMS dont l'aire de répartition se superpose à des sites potentiels d'exploitation minière en eaux profondes, il existe de nombreuses autres espèces de poissons cartilagineux hautement migrateurs non inscrites à la CMS qui pourraient être affectées par les opérations minières en eaux profondes. Ces espèces comprennent des requins abyssaux, des raies, des pastenagues et des chimères, aucune n'étant inscrite à la CMS, mais dont la présence est avérée sur l'ensemble des plaines

<sup>34</sup> Voir les annexes 1 et 2

<sup>35</sup> Voir l'annexe 3

abyssales profondes. Les requins dormeurs du Pacifique (*Somniosus pacificus*), dont les aires de répartition sont aussi vastes que celles de leurs congénères pélagiques et qui effectuent de longues migrations verticales et horizontales, demeurent très peu étudiés (Tian et al., 2024).

### Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées

Les requins peuvent interagir avec les opérations minières en eaux profondes de multiples façons lorsqu'elles traverseront l'océan ouvert. En raison du faible nombre d'observations de surface fournies par les contractants opérant dans les zones minières, l'ampleur des contacts directs entre les chondrichthyens et les navires miniers ne peut pas encore être évaluée. Les principales lacunes de connaissances concernent : les effets du bruit continu de basse fréquence sur les espèces pélagiques ; la mesure dans laquelle les modifications chimiques de la colonne d'eau, induites par les panaches de particules sédimentaires générés par l'exploitation minière, peuvent altérer le comportement des chondrichthyens et de leurs proies ; et les impacts de l'exploitation minière sur les chondrichthyens fréquentant les monts sous-marins et les sources hydrothermales.

**Dispositifs de concentration de poissons.** Les navires stationnaires en haute mer agissent comme de véritables dispositifs de concentration de poissons (Røstad et al., 2006). Les chondrichthyens et leurs proies peuvent être attirés par le navire minier en station, ce qui risque de perturber les comportements de recherche de nourriture, de migration, de reproduction et d'autres comportements migratoires des requins et des raies.

**Bruit.** Bien que le son puisse se propager beaucoup plus loin que les signaux électriques ou chimiques, les effets du bruit, qu'il soit naturel ou anthropique, sur les poissons cartilagineux ont été relativement peu étudiés. Les premières études de dissuasion menées dans les années 1960 et 1970 ont suggéré que les sons de basse fréquence pouvaient attirer les requins (Nelson and Johnson, 1972), tandis que les sons naturels imitant les prédateurs, comme les orques, ainsi que les sons soudains de haute fréquence, pouvaient les repousser (Myrberg et al., 1978). Des études plus récentes ont montré que les requins côtiers manifestaient un comportement d'évitement lorsqu'ils étaient exposés à des sons artificiels de basse fréquence ou à des sons imitant les vocalisations d'orques, tandis que le grand requin blanc, espèce hautement migratrice, ne présentait un comportement d'évitement qu'en présence de sons de basse fréquence (Chapuis et al., 2019). De plus, les grands requins blancs ne développaient aucune tolérance à ces sons, même après une exposition prolongée.

Une étude récente suggère que certaines espèces de requins pourraient produire des sons en claquant leurs plaques dentaires, un comportement qui, s'il était confirmé, pourrait indiquer que l'exposition chronique au bruit risque d'altérer la communication chez certaines espèces (Nieder et al., 2025). Les modifications du paysage sonore océanique provoquées par les équipements d'exploitation minière en eaux profondes sont désormais reconnues comme une source majeure de perturbation pour les espèces sonifères (productrices de sons) présentes dans les zones minières (Williams et al., 2025).

**Panaches.** On dispose encore de peu d'informations sur les impacts des panaches en pleine eau et en eaux profondes sur les chondrichthyens. La présence de panaches de particules sédimentaires en pleine eau ou en surface, produits par les activités minières, peut modifier les signaux chimiques utilisés par les poissons cartilagineux pour détecter leurs proies. Ces panaches pourraient également affecter négativement les espèces de proies vivant en pleine eau dont se nourrissent les requins et les raies. L'augmentation des concentrations de sédiments en

suspension peut constituer un facteur de stress majeur pour la faune marine (van der Grient and Drazen, 2022).

**Destruction des habitats.** La destruction des habitats représente probablement la menace la plus directe pour les poissons cartilagineux qui utilisent les monts sous-marins comme zones d'alimentation ou de reproduction. Les requins, toutefois, sont rarement observés au-delà de 3 000 mètres de profondeur (Priede et al., 2006), bien que quelques espèces puissent atteindre jusqu'à 4 000 mètres. L'exploitation des nodules polymétalliques ne devrait donc pas affecter directement les habitats benthiques de ces animaux.

Dans au moins un cas documenté, des raies de grande profondeur ont été observées déposant leurs capsules d'œufs à proximité d'une source hydrothermale active (Salinas-de-León et al., 2018). Les chercheurs ont émis l'hypothèse que ces raies profiteraient de la température élevée autour du site pour incuber leurs œufs et accélérer leur développement. Des capsules d'œufs de requins-chats et de raies ont également été découvertes dans des suintements froids profonds, actuels et fossiles (Treude et al., 2011). L'exploitation des sulfures polymétalliques pourrait ainsi entraîner l'élimination complète de ces frayères essentielles des grands fonds marins.

**Changements climatiques.** Les modifications de la température des océans, de la répartition des proies et de la disponibilité des habitats induites par le changement climatique auront pour effet de modifier la distribution et la diversité des espèces de requins (Santos et al., 2024), ce qui pourrait augmenter ou diminuer leurs interactions avec les opérations minières en eaux profondes. Bien que l'on dispose encore de peu d'informations sur la répartition mondiale des requins, raies et chimères des grands fonds, au moins une étude suggère que les changements d'habitat et l'expansion des aires de répartition du requin dormeur du Pacifique (*Somniosus pacificus*) seraient liés aux changements climatiques et à d'autres pressions anthropiques (Tian et al., 2024). En tant que plus grandes mégafaunes mobiles connues des grands fonds, les requins, raies, pastenagues et chimères pourraient jouer un rôle déterminant dans la régénération – ou l'absence de régénération – des sites miniers après exploitation. Cependant, les données sur leur répartition et leur écologie demeurent limitées.

### Recommandations

Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants miniers en eaux profondes à effectuer des observations régulières en surface et en eaux profondes, et à signaler tous les cas d'observation de chondrichthyens dans les zones immédiatement adjacentes aux opérations minières, en surface ou à proximité, ainsi que lors des transits des navires, et à établir un plan de réponse pour gérer tout incident défavorable éventuel.

Les Parties à la CMS devraient interdire l'exploitation minière en eaux profondes sur les monts sous-marins essentiels à l'alimentation ou à la reproduction des requins, raies et pastenagues, ainsi que sur les gisements de sulfures polymétalliques où des nurseries de requins ont été identifiées. Il conviendrait également de limiter la durée pendant laquelle les navires restent stationnaires, afin de réduire l'effet d'agrégation des poissons autour des navires miniers.

## Actinopterygii (poisson osseux)

De nombreuses espèces de poissons osseux hautement migrateurs, notamment des poissons d'importance commerciale tels que le thon, l'espadon et les istiophoridés (poissons à rostre), ont des aires de répartition qui se chevauchent avec les sites miniers en eaux profondes proposés. Cependant, la majorité de ces espèces ne figurent pas à la CMS et sont régies par d'autres instruments, tels que la Convention pour la conservation du thon rouge du Sud et l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons<sup>36</sup>. Parmi les 23 espèces de poissons osseux inscrites à la Convention, seule l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) présente une aire de répartition connue se chevauchant avec des sites d'exploitation minière en eaux profondes potentiels ou proposés.

L'anguille d'Europe est une espèce catadrome qui migre sur plus de 5 000 kilomètres à travers l'Atlantique pour frayer dans la mer des Sargasses, entre 0 et 700 mètres de profondeur. Les larves d'anguille migrent ensuite à travers l'Atlantique pour coloniser les rivières européennes, bien que certains individus ne retournent jamais en eau douce et demeurent dans les zones côtières marines ou les estuaires saumâtres (Arai, 2020). La migration larvaire de la mer des Sargasses vers le plateau continental européen peut durer plus de deux ans (Bonhommeau et al., 2010, 2009). Après 5 à 25 ans, les anguilles adultes retournent frayer dans la mer des Sargasses, où elles meurent après la reproduction. Le mécanisme de navigation des anguilles européennes à travers l'Atlantique reste mal compris, mais il résulterait vraisemblablement d'une combinaison d'indices lunaires, magnétiques et chimiques (Cresci, 2020).

L'espèce est présente dans la plupart des rivières et zones côtières d'Europe, ainsi que dans la mer Méditerranée, et constitue le stock halieutique le plus étendu du continent européen. Les populations d'anguille d'Europe sont en déclin depuis le milieu du dix-neuvième siècle, et le taux de recrutement des juvéniles vers le plateau continental est tombé à moins de 1 % de ses niveaux historiques (Dekker, 2019). L'espèce est classée « En danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'UICN.

Bien que seule l'anguille d'Europe figure à la CMS, d'autres espèces d'anguilles du genre *Anguilla* seraient également affectées par l'exploitation minière en eaux profondes. L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) a un cycle migratoire et biologique similaire à celui de son homologue européenne (Jessop, 2010). L'anguille à longue nageoire de Nouvelle-Zélande (*Anguilla dieffenbachii*), l'anguille tachetée d'Australie (*Anguilla reinhardtii*) et l'anguille à courte nageoire (*Anguilla australis*) se reproduisent elles aussi dans les eaux profondes du Pacifique avant de regagner les habitats fluviaux côtiers (Stuart et al., 2024).

Tableau 3 : Espèces de poissons osseux inscrites à la CMS présentant un chevauchement potentiel de leur aire de répartition avec des concessions minières existantes de l'AIFM ou au niveau national

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>37</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>38</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille d'Europe ; anguille de rivière ; anguille des herbes	CMS Ann. II	CR	Atlantique – des côtes européennes jusqu'à la mer des Sargasses

<sup>36</sup> Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons : <https://www.un.org/oceancapacity/unfsa>

<sup>37</sup> Voir les annexes 1 et 2

<sup>38</sup> Voir l'annexe 3

### Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées

Lors de leur migration vers la mer des Sargasses à l'état adulte, ainsi que lors de leur migration larvaire depuis la mer des Sargasses, les anguilles d'Europe peuvent traverser des zones de sulfures polymétalliques situées sur la dorsale médio-atlantique. Ces zones comprennent des contrats de l'AIFM dans le nord de la dorsale médio-atlantique, attribués à la France, à la Fédération de Russie et à la République de Pologne.

**Bruit.** Le bruit généré à la fois par les activités minières et par les systèmes de positionnement dynamique utilisés par les navires miniers pourrait avoir des effets négatifs sur la migration des anguilles d'Europe. Les sons de basse fréquence sont connus pour perturber la navigation des anguilles et ont été utilisés comme moyen de dissuasion pour les empêcher de pénétrer dans les prises d'eau des centrales hydroélectriques, avec des résultats mitigés (Piper et al., 2019). Le bruit d'origine anthropique a également été démontré comme réduisant le temps de réaction des anguilles d'Europe, les rendant plus vulnérables à la prédation (Simpson et al., 2015).

Bien que l'anguille d'Europe soit la seule espèce d'Actinoptérygien inscrite à la CMS dont l'aire de répartition chevauche des sites minières potentiels en eaux profondes, de nombreuses espèces de poissons migrateurs présentes dans des zones comme la zone de Clarion-Clipperton utilisent le son pour communiquer ou s'orienter, et pourraient être négativement affectées par le bruit chronique généré par les opérations minières en eaux profondes (Williams et al., 2025).

**Panaches.** La présence de panaches en pleine eau ou en surface générés par les activités minières pourrait modifier les signaux chimiques que les anguilles d'Europe utilisent pour s'orienter vers leurs frayères. Les anguilles présentent une forte sensibilité olfactive, qu'elles utilisent pour la communication chimique, notamment durant la reproduction (Huertas et al., 2008). Les panaches peuvent également affecter la respiration en obstruant les branchies ou altérer le comportement des espèces-proies.

Les principales lacunes de connaissance concernant les anguilles d'Europe portent sur leur migration adulte de 5 000 kilomètres depuis le plateau continental européen jusqu'à la mer des Sargasses, où elles se reproduisent, et sur la migration larvaire en sens inverse. Au cours de ce trajet transatlantique, les anguilles migratrices traversent la dorsale médio-atlantique nord, où au moins trois contractants minières développent actuellement des sites d'exploitation. La compréhension de l'influence du bruit et des panaches sur la migration des anguilles est essentielle pour orienter la gestion de l'exploitation minière en eaux profondes. Ces questions représentent à la fois des lacunes fondamentales sur l'écologie de l'espèce et des inconnues spécifiques liées aux impacts des activités minières.

### Recommandations

Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants minières en eaux profondes à envisager de restreindre leurs activités minières lorsque la migration des anguilles adultes est connue pour se produire dans la zone concernée.

## Reptiles (tortues marines)

Parmi les neuf reptiles marins inscrits à la CMS, cinq espèces de tortues marines se trouvent dans des unités régionales de gestion des tortues marines de l’UICN dont l’aire de répartition se superpose à des sites potentiels ou proposés d’exploitation minière en eaux profondes<sup>39</sup>. La tortue verte (*Chelonia mydas*), la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la caouanne (*Caretta caretta*) possèdent des aires de répartition circumglobales susceptibles de se chevaucher avec les zones de contrats délivrés par l’AIFM dans les océans Pacifique, Indien et Atlantique. La tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) fréquente des zones contractuelles de l’AIFM dans le Pacifique et l’Atlantique Sud. La tortue de Kemp (*Lepidochelys kempii*) ne chevauche actuellement aucune zone contractuelle de l’AIFM, mais les changements de répartition liés aux changements climatiques pourraient entraîner des chevauchements futurs.

Parmi les sept espèces connues de tortues marines, cinq sont largement réparties à l’échelle mondiale. Les tortues luth, verte, caouanne, imbriquée et olivâtre pondent sur tous les continents sauf l’Antarctique (Hendrix and Pérez-Espona, 2024). Bien que leur répartition soit mondiale, les populations de tortues marines sont principalement côtières, la fidélité au site de naissance les amenant à revenir chaque année sur la même plage pour pondre. Cependant, les tortues marines atteignent la maturité lentement, et les individus immatures ou subadultes sont hautement migrateurs, parcourant parfois des milliers de kilomètres à travers l’océan ouvert avant de revenir sur leur site natal. Le suivi de la migration des tortues marines repose en grande partie sur le marquage des femelles pendant la nidification, ce qui entraîne d’importantes lacunes dans les données concernant la migration des juvéniles (Hendrix and Pérez-Espona, 2024).

Les tortues verte, luth, imbriquée, caouanne et olivâtre présentent des migrations et répartitions circumglobales, avec une possibilité d’occurrence dans toutes les zones connues d’exploitation minière en eaux profondes. Bien que principalement côtières à l’âge adulte, les tortues vertes immatures connaissent une phase pélagique, au cours de laquelle elles migrent pendant au moins un an à travers l’océan ouvert, avant de rejoindre les habitats côtiers (Pelletier et al., 2003) et de passer d’un régime omnivore à herbivore (Williard et al., 2017).

Les tortues luth traversent les océans Atlantique (Fossette et al., 2010; James et al., 2005; Rider et al., 2024), Pacifique (Piboon et al., 2025) et Indien. Les populations de tortues luth du Pacifique comptent parmi les plus vulnérables et effectuent des migrations critiques à travers la zone de Clarion-Clipperton (CCZ) et d’autres régions du Pacifique où l’exploitation minière en eaux profondes pourrait avoir lieu (Lopez et al., 2024).

Les tortues imbriquées peuvent effectuer de longues migrations, pouvant s’étendre sur plus de 1 200 kilomètres (Hawkes et al., 2012). Elles sont présentes dans l’ensemble des océans Atlantique (Maurer et al., 2024), Pacifique (Van Houtan et al., 2016) et Indien (Fossette et al., 2021). Les tortues caouannes présentent une aire de répartition circumglobale similaire (Witt et al., 2010). La tortue olivâtre, la plus abondante de toutes les tortues marines, est observée dans toutes les zones tropicales des océans Atlantique, Pacifique et Indien. Les tortues olivâtres sont particulièrement connues pour leurs spectaculaires événements d’arribada, durant lesquels des milliers de femelles émergent simultanément pour pondre sur la même plage (Cáceres-Farias et al., 2022).

<sup>39</sup>Unités de gestion régionales : <https://www.iucn-mts.org/regional-management-units>

Tableau 4. Espèces de reptiles inscrites à la CMS dont l'aire de répartition est connue pour se chevaucher avec des concessions minières existantes de l'AIFM

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>40</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>41</sup>	Chevauchement potentiel de l'aire de répartition
<i>Caretta caretta</i>	Tortue caouanne	CMS Ann. I, Mémorandum d'accord sur les tortues marines de l'océan Indien et de l'Asie du Sud-Est (IOSEA), Mémorandum d'accord sur les tortues marines de l'Atlantique	VU	Circumglobal
<i>Chelonia mydas</i>	Tortue verte	CMS Ann. I, Mémorandum d'accord sur les tortues marines de l'océan Indien et de l'Asie du Sud-Est (IOSEA), Mémorandum d'accord sur les tortues marines de l'Atlantique	EN	Circumglobal
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortue luth, tortue cuir	CMS Ann. I, MOU sur les tortues marines de l'IOSEA, MOU sur les tortues marines de l'Atlantique	VU	Circumglobal
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortue imbriquée	CMS Ann. I, MOU sur les tortues marines de l'IOSEA	CR	Circumglobal
<i>Lepidochelys kempii</i>	Tortue de Kemp, tortue olivâtre de l'Atlantique	CMS Ann. I, MOU sur les tortues marines de l'Atlantique	CR	Atlantique (aire de répartition en expansion en raison des changements climatiques)
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tortue olivâtre, tortue ridley	CMS Ann. I, MOU sur les tortues marines de l'IOSEA, MOU sur les tortues marines de l'Atlantique	VU	Circumglobal

Les tortues de Kemp présentent un cas particulièrement intéressant pour les interactions futures. Bien que l'aire de répartition limitée de cette espèce ne chevauche actuellement aucune zone de contrat minier existante ou prévue, l'expansion de son aire liée aux changements climatiques a conduit à un nombre croissant d'observations de tortues de Kemp traversant l'Atlantique (Pike, 2013), ce qui pourrait, à l'avenir, entraîner un contact entre certaines populations et les zones de contrat minier délivrées par l'AIFM sur la dorsale médio-atlantique.

<sup>40</sup> Voir les annexes 1 et 2

<sup>41</sup> Voir l'annexe 3

### Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées

Au cours de leurs migrations océaniques, les tortues caouannes, luths, vertes, imbriquées et olivâtres peuvent traverser des zones de contrats de sulfures polymétalliques délivrés par l'AIFM sur la dorsale médio-atlantique, ainsi que des zones de contrats de croûtes cobaltifères et de nodules polymétalliques dans les océans Pacifique et Indien. Les cinq espèces peuvent également rencontrer des sites d'exploitation minière en eaux profondes situés dans les eaux territoriales, notamment celles de l'Inde, de la Chine, du Japon et des Samoa américaines.

Étant donné le faible nombre d'observations de surface rapportées par les contractants opérant dans les zones minières en eaux profondes, le degré d'interaction directe entre les tortues marines et les navires miniers ne peut actuellement pas être évalué.

**Bruit.** Le bruit généré tant par les activités minières que par les systèmes de positionnement dynamique utilisés par les navires miniers pourrait avoir des effets négatifs sur le comportement des tortues marines (Williams et al., 2025). Ces opérations sont susceptibles de fonctionner en continu, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, à diverses profondeurs océaniques pendant des mois voire des années (Thompson et al., 2023). Pendant leurs migrations, il a été démontré que le bruit anthropique des navires augmente la vigilance des tortues marines, ce qui suggère une réponse de stress à la présence de bruits chroniques ou aigus (Díaz et al., 2024). Les tortues marines semblent particulièrement sensibles aux sons de basse fréquence — similaires à ceux produits lors des levés sismiques — qui pourraient être émis dans toute la colonne d'eau par les opérations minières en eaux profondes (van der Wal et al., 2016).

**Panaches.** La présence de panaches en pleine eau ou en surface, produits par les activités minières, pourrait modifier les signaux chimiques que les tortues marines utilisent pour s'orienter et détecter leurs proies. L'augmentation des concentrations de sédiments en suspension peut constituer un facteur de stress majeur pour les organismes marins (van der Grient and Drazen, 2022), en altérant leur capacité à détecter les signaux visuels, en perturbant l'alimentation et en modifiant le comportement des espèces-proies. Les tortues luths, par exemple, sont principalement des gélativores plongeuses, et des études ont montré que le plancton gélatineux est particulièrement sensible à la turbidité, comme celle qui serait provoquée par les panaches de particules sédimentaires en pleine eau (Stenvers et al., 2020).

**Collisions avec les navires.** Pour de nombreuses espèces de tortues marines, les collisions avec les navires constituent une cause importante de mortalité, en particulier à proximité des plages de ponte et des zones d'alimentation (Denkinger et al., 2013; Welsh and Witherington, 2023). Les données disponibles sur les impacts des collisions de navires sur les espèces et populations autres que les cétacés (Vighi, 2025), ou sur les tortues marines en migration, demeurent relativement limitées.

**Changements climatiques.** Les effets des changements climatiques sur les impacts futurs de l'exploitation minière en eaux profondes concernant la migration des tortues marines sont encore mal compris. Par exemple, bien que l'aire de répartition de la tortue de Kemp soit principalement confinée au golfe du Mexique et aux côtes atlantiques de l'Amérique du Nord, la hausse des températures marines entraîne une expansion de son aire de distribution (Pike, 2013). Des individus ont récemment été observés jusqu'au Pays de Galles et aux Pays-Bas (Manral et al., 2024). Cette expansion de l'aire de répartition induite par le climat augmentera les chevauchements entre les routes migratoires de la tortue de Kemp et les sites potentiels d'exploitation minière en eaux profondes situés sur la dorsale médio-atlantique.

### Recommandations

Les Parties à la CMS devraient encourager la collaboration entre la recherche soutenue par l'AIFM et les observations des tortues marines, afin de mieux comprendre comment la présence de navires miniers influence les comportements migratoires et alimentaires des tortues. La présence prolongée des contractants miniers sur site, pendant plusieurs mois, dans des zones où les observations sont limitées, constitue une occasion unique d'approfondir les connaissances sur le comportement des tortues marines.

Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants miniers à réaliser régulièrement des observations de surface et à signaler tout incident où des tortues marines sont observées à proximité immédiate des opérations minières ou lors des déplacements des navires.

## Aves (oiseaux de mer)

Les oiseaux de mer migrent à travers des aires marines d'importance écologique ou biologique (AIEB) et des zones importantes pour la conservation des oiseaux (IBA) qui chevauchent des sites d'exploitation minière en eaux profondes proposés ou potentiels. Ces zones comprennent la zone de transition du Pacifique Nord, qui englobe la zone de Clarion-Clipperton, ainsi que le système frontal du centre-nord de l'Atlantique, la zone de fracture Charlie-Gibbs, le plateau des Açores du Nord, la crête sud de Reykjanes et le bassin central de l'océan Indien<sup>42</sup>. De nombreux oiseaux de mer migrateurs qui ne figurent pas sur la liste de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) traversent également ces zones.

Sur les 388 espèces d'oiseaux inscrites à la CMS, 27 présentent un chevauchement potentiel avec des zones d'exploitation minière en eaux profondes actuelles ou proposées, que ce soit dans les eaux internationales ou nationales. La majorité de ces espèces nichent ou migrent dans les eaux territoriales de la Nouvelle-Zélande. Parmi elles figurent le pétrel gris (*Procellaria cinerea*), le pétrel noir (*Procellaria parkinsoni*), le pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*), le pétrel de Westland (*Procellaria westlandica*), ainsi que les albatros de Buller (*Thalassarche bulleri*), à tête grise (*Thalassarche chrysostoma*), des Chatham (*Thalassarche eremita*), de Campbell (*Thalassarche impavida*), à sourcils noirs (*Thalassarche melanophris*), de Salvin (*Thalassarche salvini*) et à cape blanche (*Thalassarche steadi*; Phillips et al., 2016)). Bien que la Nouvelle-Zélande n'ait actuellement aucun projet d'exploitation de nodules polymétalliques, de sulfures polymétalliques ou de croûtes riches en cobalt, des efforts récents ont été déployés pour exploiter le vanadium dans le Taranaki Bight<sup>43</sup>, une baie atteignant 500 mètres de profondeur, et des travaux préliminaires ont été menés pour explorer la faisabilité d'une exploitation future de croûtes et de sulfures dans la ZEE du pays.

Le grand albatros (*Diomedea exulans*) étend son aire de répartition dans le Pacifique, l'Atlantique et l'océan Indien, et certains individus peuvent parcourir des centaines de milliers de kilomètres au cours de leur migration (Burg and Croxall, 2004; Weimerskirch et al., 2006). D'autres albatros ont une aire de répartition plus restreinte, comme l'albatros à nez jaune (*Thalassarche chlororhynchos*) et l'albatros de Tristan (*Diomedea dabbenena*), présents dans le sud de l'Atlantique (Morten et al., 2025). Les albatros atlantiques peuvent interagir avec les zones d'exploitation minière du centre de l'Atlantique, bien que leur répartition méridionale rende un contact direct avec les concessions actuelles peu probable. Le pétrel des Bermudes (*Pterodroma cahow*) est limité aux îles Bermudes, mais son aire d'alimentation pourrait chevaucher des zones d'exploitation minière situées sur la dorsale médio-atlantique (Raine et al., 2021).

Dans le Pacifique, l'albatros à queue courte (*Phoebastria albatrus*; ; Piatt et al., 2006), l'albatros à pieds noirs (*Phoebastria nigripes*; Morten et al., 2025) et l'albatros de Laysan (*Phoebastria immutabilis*; Morten et al., 2025) sont présents dans la zone de Clarion-Clipperton, tout comme le puffin à pieds roses (*Ardenna creatopus*; Morten et al., 2025) et le pétrel à croupion sombre (*Pterodroma sandwichensis*; Raine et al., 2025). L'albatros des Antipodes (*Diomedea antipodensis*; Morten et al., 2025) occupe une aire plus méridionale mais pourrait chevaucher des zones contractuelles d'exploitation minière prévues dans le Pacifique Sud.

<sup>42</sup>IBA et AIEB – Description des zones importantes en mer : <https://www.seabirdtracking.org/case-studies/ibas-and-ebas/>

<sup>43</sup> La Nouvelle-Zélande débat d'une deuxième mine sous-marine pour doubler les exportations de minéraux : <https://www.mining-technology.com/news/new-zealand-debates-second-seabed-mine-in-push-to-double-mineral-exports/>

L'albatros des Galápagos (*Phoebastria irrorata*) présente une répartition similaire et son aire chevauche le site expérimental DISCOL au large du Pérou (Fernández et al., 2001).

Dans l'océan Indien, l'aire de l'albatros à nez jaune de l'Inde (*Thalassarche carteri*) pourrait chevaucher des zones contractuelles minières situées au niveau du triple point de l'océan Indien (Morten et al., 2025). La frégate de l'île Christmas (*Fregata andrewsi* ; Dutson, 2001)) et la stercoraire à huppe (*Thalasseus bergii* ; Collinson et al., 2017)) pourraient également interagir avec des zones minières dans les océans Indien et Pacifique.

L'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*) se rencontre également dans l'océan Indien. Il n'a été observé que sur une seule île, et bien que son aire de répartition demeure largement inconnue, elle pourrait chevaucher des concessions minières délivrées par l'AIFM dans cette région de l'océan Indien (Rains et al., 2011). Enfin, le pygargue de Steller (*Haliaeetus pelagicus*) possède une aire de dispersion accidentelle qui chevauche les sites expérimentaux d'exploitation des fonds marins situés dans la ZEE du Japon (Ueta et al., 2000).

Tableau 5. Espèces d'oiseaux de mer inscrites à la CMS dont l'aire de répartition est connue pour chevaucher des concessions minières existantes délivrées par l'AIFM

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>44</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>45</sup>	Chevauchements potentiels de l'aire de répartition
<i>Ardenna creatopus</i>	Puffin à pieds roses	CMS Ann. I, ACAP	VU	Zone de Clarion-Clipperton
<i>Diomedea amsterdamensis</i>	Albatros d'Amsterdam	CMS Ann. I, ACAP	EN	Inconnu
<i>Diomedea antipodensis</i>	Albatros des Antipodes	CMS Ann. I et II, ACAP	EN	Pacifique
<i>Diomedea dabbenena</i>	Albatros de Tristan	CMS Ann. II, ACAP	CR	Atlantique Sud
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros hurleur	CMS Ann. II, ACAP	VU	Atlantique Sud, Pacifique et Indien
<i>Fregata andrewsi</i>	Frégate de l'île Christmas, frégate d'Andrews	CMS Ann. I	VU	Indien
<i>Haliaeetus pelagicus</i>	Pygargue de Steller	CMS Ann. I	VU	Inconnu
<i>Phoebastria albatrus</i>	Albatros à queue courte, albatros de Steller	CMS Ann. I, ACAP	VU	Zone de Clarion-Clipperton
<i>Phoebastria immutabilis</i>	Albatros de Laysan	CMS Ann. II, ACAP	NT	Zone de Clarion-Clipperton
<i>Phoebastria irrorata</i>	Albatros des Galápagos	CMS Ann. II, ACAP	CR	Pacifique, près du site minier expérimental DISCOL
<i>Phoebastria nigripes</i>	Albatros à pieds noirs	CMS Ann. II, ACAP	NT	Zone de Clarion-Clipperton

<sup>44</sup> Voir les annexes 1 et 2

<sup>45</sup> Annexe 3

Nom scientifique	Noms communs	Instruments et annexes de la CMS <sup>44</sup>	Statut sur la Liste rouge de l'UICN <sup>45</sup>	Chevauchements potentiels de l'aire de répartition
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pétrel à menton blanc	CMS Ann. II, ACAP	VU	Nouvelle-Zélande
<i>Procellaria cinerea</i>	Pétrel gris	CMS Ann. II, ACAP	NT	Nouvelle-Zélande
<i>Procellaria parkinsoni</i>	Pétrel noir	CMS Ann. II, ACAP	VU	Nouvelle-Zélande
<i>Procellaria westlandica</i>	Pétrel de Westland	CMS Ann. II, ACAP	EN	Nouvelle-Zélande
<i>Pterodroma cahow</i>	Pétrel de Bermudes, cahow	CMS Ann. I	EN	Dorsale médio-atlantique
<i>Pterodroma sandwichensis</i>	Pétrel obscur, pétrel hawaïen, uau	CMS Ann. I	EN	Zone de Clarion-Clipperton
<i>Thalassarche bulleri</i>	Albatros de Buller	CMS Ann. II, ACAP	NT	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche carteri</i>	Albatros à nez jaune de l'Inde	CMS Ann. II, ACAP	EN	Indien
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Albatros à nez jaune	CMS Ann. II, ACAP	EN	Dorsale médio-atlantique
<i>Thalassarche chrysostroma</i>	Albatros à tête grise	CMS Ann. II, ACAP	EN	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche eremita</i>	Albatros des Chatham	CMS Ann. II, ACAP	VU	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche impavida</i>	Albatros de Campbell	CMS Ann. II, ACAP	VU	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros à sourcils noirs	CMS Ann. II, ACAP	LC	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche salvini</i>	Albatros de Salvin	CMS Ann. II, ACAP	VU	Nouvelle-Zélande
<i>Thalassarche stadi</i>	Albatros à cape blanche	CMS Ann. II, ACAP	NT	Nouvelle-Zélande
<i>Thalasseus bergii</i>	Sterne huppée	CMS Ann. II, AEWA	LC	Indien et Pacifique

### Impacts potentiels et lacunes de connaissances associées

Les oiseaux de mer migrateurs peuvent traverser diverses zones d'exploitation minière en mer profonde, y compris celles octroyées par l'AIFM dans les océans Atlantique, Pacifique et Indien, ainsi que dans les eaux nationales. Alors que la capture accidentelle dans les engins de pêche commerciale demeure la plus grande menace pour les oiseaux de mer migrateurs, les impacts directs des activités d'exploitation minière en eaux profondes devraient être relativement moins importants comparativement à d'autres groupes inscrits à la CMS. Le degré de chevauchement entre les voies migratoires marines permanentes (Morten et al., 2025) et les sites actuels ou futurs d'exploitation minière en eaux profondes pourrait toutefois accroître les interactions entre les oiseaux de mer migrateurs et les opérations minières.

**Dispositifs de concentration de poissons.** Les navires stationnaires en haute mer agissent comme des dispositifs de concentration de poissons (Røstad et al., 2006). Les espèces-proies

sont attirées par le navire minier ancré sur place, ce qui pourrait perturber le comportement alimentaire des oiseaux de mer. Des études à long terme sur la présence récurrente d'agrégations de poissons autour des navires miniers stationnaires et sur leurs effets sur les migrations des oiseaux sont nécessaires.

**Structures au large.** Les navires miniers stationnaires pendant de longues périodes peuvent fonctionner de manière analogue à des infrastructures maritimes fixes en ce qui concerne leur attractivité pour les espèces d'oiseaux migrateurs. La lumière et les torchères des infrastructures pétrolières et gazières en mer sont connues pour attirer les oiseaux de mer, notamment lors de conditions météorologiques défavorables ou de faible visibilité (Ronconi et al., 2015). Les lumières produites en continu par les navires miniers opérant 24 h/24 pourraient également attirer les oiseaux de mer en migration. Inversement, l'abondance et la densité des oiseaux de mer ont diminué après l'installation de parcs éoliens en mer (Garthe et al., 2023), y compris pendant les périodes de reproduction (Peschko et al., 2020).

Il reste à savoir si les oiseaux de mer migrateurs sont attirés par les navires miniers stationnaires, soit parce qu'ils agissent comme des structures offshore, soit parce qu'ils attirent des espèces de proies, ou s'ils évitent ces opérations comme ils le font avec les éoliennes offshore.

### Recommandations

Les Parties à la CMS devraient encourager la collaboration entre les recherches soutenues par l'AIFM et l'observation des oiseaux de mer migrateurs afin de mieux comprendre comment la présence de navires miniers influe sur la migration et le comportement des oiseaux. La présence de contractants miniers sur zone pendant plusieurs mois dans des régions où les observations sont limitées offre une occasion unique d'en apprendre davantage sur le comportement des oiseaux de mer migrateurs.

Les Parties à la CMS devraient encourager les contractants miniers à effectuer des observations régulières en surface et à signaler tout incident où des oiseaux de mer sont observés à proximité immédiate des opérations minières, à la surface ou lors des déplacements des navires.

### **Résumé final**

L'exploitation minière en eaux profondes constituera une menace multiple et directe pour les espèces hautement migratrices, dont l'ampleur demeure mal quantifiée. La production de panaches de particules sédimentaires, la pollution sonore chronique et la destruction directe des habitats benthiques peuvent avoir des répercussions considérables sur la migration, l'alimentation, la reproduction et le comportement social de nombreux organismes marins. L'augmentation du trafic maritime dans des zones historiquement calmes accroît le risque de collisions avec les navires. Les navires stationnaires opérant sur de longues durées peuvent agir comme des dispositifs de concentration de poissons, attirant des prédateurs migrateurs et modifiant ainsi leurs comportements alimentaires et migratoires. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour caractériser de manière exhaustive l'impact de cette industrie émergente sur les espèces inscrites à la CMS et sur d'autres espèces hautement migratrices. L'AIFM et les contractants miniers sont dans une position unique pour contribuer à la collecte de données à grande échelle et de manière transparente.

**Annexes**

*Annexe 1 : Accords de la CMS mentionnés dans le texte*

<b>Accord</b>	<b>Abréviation</b>
<a href="#"><u>ACAP</u></a>	Accord sur la conservation des albatros et des pétrels
<a href="#"><u>ACCOBAMS</u></a>	Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente
<a href="#"><u>AEWA</u></a>	Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie
<a href="#"><u>ASCOBANS</u></a>	Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique, du nord-est de l'Atlantique et des mers d'Irlande et du Nord

*Annexe 2 : Mémoires d'accord (MOU) de la CMS mentionnés dans le texte*

<b>MOU</b>	<b>Abréviation</b>
<a href="#"><u>MOU sur les tortues marines de l'Atlantique</u></a>	Mémoire d'accord relatif aux mesures de conservation des tortues marines de la côte atlantique de l'Afrique
<a href="#"><u>MOU sur les tortues marines de l'IOSEA</u></a>	Mémoire d'accord sur la conservation et la gestion des tortues marines et de leurs habitats dans l'océan Indien et en Asie du Sud-Est
<a href="#"><u>MOU sur le phoque moine</u></a>	Mémoire d'accord relatif aux mesures de conservation des populations atlantiques orientales du phoque moine de Méditerranée ( <i>Monachus monachus</i> )
<a href="#"><u>MOU sur les cétacés des îles du Pacifique</u></a>	Mémoire d'accord pour la conservation des cétacés et de leurs habitats dans la région des îles du Pacifique
<a href="#"><u>MOU sur les requins</u></a>	Mémoire d'accord sur la conservation des requins migrateurs
<a href="#"><u>MOU de l'Afrique de l'Ouest et de la Macaronésie</u></a>	Mémoire d'accord relatif à la conservation du lamantin et des petits cétacés d'Afrique de l'Ouest et de Macaronésie

*Annexe 3 : Abréviations du statut de la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)*

<b>Statut sur la Liste rouge</b>	<b>Abréviation</b>
Data Deficient (Données insuffisantes)	DD
Least concern (Préoccupation mineure)	LC
Near Threatened (Quasi menacée)	NT
Vulnerable (Vulnérable)	VU
Endangered (En danger)	EN
Critically Endangered (En danger critique d'extinction)	CR
Extinct in the Wild (Éteint à l'état sauvage)	EW
Extinct (Disparu)	EX
Not Evaluated (Non évalué)	NE

## Références bibliographiques

- Adams, L.D., Rosel, P.E., 2006. Population differentiation of the Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) in the western North Atlantic, including the Gulf of Mexico. *Mar. Biol.* 148, 671–681. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0094-2>
- Alexander, A., Steel, D., Hoekzema, K., Mesnick, S.L., Engelhaupt, D., Kerr, I., Payne, R., Baker, C.S., 2016. What influences the worldwide genetic structure of sperm whales (*Physeter macrocephalus*)? *Mol. Ecol.* 25, 2754–2772. <https://doi.org/10.1111/mec.13638>
- Amon, D.J., Gollner, S., Morato, T., Smith, C.R., Chen, C., Christiansen, S., Currie, B., Drazen, J.C., Fukushima, T., Gianni, M., Gjerde, K.M., Gooday, A.J., Grillo, G.G., Haeckel, M., Joyini, T., Ju, S.-J., Levin, L.A., Metaxas, A., Mianowicz, K., Molodtsova, T.N., Narberhaus, I., Orcutt, B.N., Swadling, A., Tuhumwire, J., Palacio, P.U., Walker, M., Weaver, P., Xu, X.-W., Mulalap, C.Y., Edwards, P.E.T., Pickens, C., 2022. Assessment of scientific gaps related to the effective environmental management of deep-seabed mining. *Mar. Policy* 138, 105006. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105006>
- Amon, D.J., Palacios-Abrantes, J., Drazen, J.C., Lily, H., Nathan, N., van der Grient, J.M.A., McCauley, D., 2023. Climate change to drive increasing overlap between Pacific tuna fisheries and emerging deep-sea mining industry. *Npj Ocean Sustain.* 2, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s44183-023-00016-8>
- Amon, D.J., Ziegler, A.F., Dahlgren, T.G., Glover, A.G., Goineau, A., Gooday, A.J., Wiklund, H., Smith, C.R., 2016. Insights into the abundance and diversity of abyssal megafauna in a polymetallic-nodule region in the eastern Clarion-Clipperton Zone. *Sci. Rep.* 6, 30492. <https://doi.org/10.1038/srep30492>
- Andersen, R.C., Branch, T.A., Alagiyawadu, A., Baldwin, R., Marsac, F., 2012. Seasonal distribution, movements and taxonomic status of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the northern Indian Ocean. *J Cetacean Res Manage* 12, 203–218. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v12i2.578>
- Arai, T., 2020. Ecology and evolution of migration in the freshwater eels of the genus *Anguilla* Schrank, 1798. *Heliyon* 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05176>
- Ardron, J., Lily, H., Jaekel, A., 2023. Chapter 16: Public participation in the governance of deep-seabed mining in the Area.
- Arostegui, M.C., Gaube, P., Berumen, M.L., DiGiulian, A., Jones, B.H., Røstad, A., Braun, C.D., 2020. Vertical movements of a pelagic thresher shark (*Alopias pelagicus*): insights into the species' physiological limitations and trophic ecology in the Red Sea. *Endanger. Species Res.* 43, 387–394. <https://doi.org/10.3354/esr01079>
- Banguera-Hinestroza, E., Evans, P.G.H., Mirimin, L., Reid, R.J., Mikkelsen, B., Couperus, A.S., Deaville, R., Rogan, E., Hoelzel, A.R., 2014. Phylogeography and population dynamics of the white-sided dolphin (*Lagenorhynchus acutus*) in the North Atlantic. *Conserv. Genet.* 15, 789–802. <https://doi.org/10.1007/s10592-014-0578-z>
- Beatty, B.L., Rothschild, B.M., 2008. Decompression syndrome and the evolution of deep diving physiology in the Cetacea. *Naturwissenschaften* 95, 793–801. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0385-9>
- Blanc, M., Martínez-Rincón, R.O., 2023. Global scale study of the environmental preferences and distribution of *Orcinus orca*. *J. Coast. Conserv.* 27, 60. <https://doi.org/10.1007/s11852-023-00991-7>
- Bonhommeau, S., Blanke, B., Tréguier, A.-M., Grima, N., Rivot, E., Vermard, Y., Greiner, E., Le Pape, O., 2009. How fast can the European eel (*Anguilla anguilla*) larvae cross the Atlantic Ocean? *Fish. Oceanogr.* 18, 371–385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2009.00517.x>

- Bonhommeau, S., Castonguay, M., Rivot, E., Sabatié, R., Le Pape, O., 2010. The duration of migration of Atlantic *Anguilla* larvae. *Fish Fish.* 11, 289–306. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00362.x>
- Branch, T.A., Stafford, K.M., Palacios, D.M., Allison, C., Bannister, J.L., Burton, C.L.K., Cabrera, E., Carlson, C.A., Galletti Vernazzani, B., Gill, P.C., Hucke-Gaete, R., Jenner, K.C.S., Jenner, M.-N.M., Matsuoka, K., Mikhalev, Y.A., Miyashita, T., Morrice, M.G., Nishiwaki, S., Sturrock, V.J., Tormosov, D., Anderson, R.C., Baker, A.N., Best, P.B., Borsa, P., Brownell Jr, R.L., Childerhouse, S., Findlay, K.P., Gerrodette, T., Ilangakoon, A.D., Joergensen, M., Kahn, B., Ljungblad, D.K., Maughan, B., Mccauley, R.D., Mckay, S., Norris, T.F., Whale, O., Group, D.R., Rankin, S., Samaran, F., Thiele, D., Van Waerebeek, K., Warneke, R.M., 2007. Past and present distribution, densities and movements of blue whales *Balaenoptera musculus* in the Southern Hemisphere and northern Indian Ocean. *Mammal Rev.* 37, 116–175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2007.00106.x>
- Brehmer, P., Josse, E., Nøttestad, L., 2012. Evidence that whales (*Balaenoptera borealis*) visit drifting fish aggregating devices: do their presence affect the processes underlying fish aggregation? *Mar. Ecol.* 33, 176–182. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2011.00478.x>
- Burg, T.M., Croxall, J.P., 2004. Global population structure and taxonomy of the wandering albatross species complex. *Mol. Ecol.* 13, 2345–2355. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02232.x>
- Burns, R.E., 1980. Assessment of environmental effects of deep ocean mining of manganese nodules. *Helgoländer Meeresunters.* 33, 433–442. <https://doi.org/10.1007/BF02414768>
- Cáceres-Farias, L., Reséndiz, E., Espinoza, J., Fernández-Sanz, H., Alfaro-Núñez, A., 2022. Threats and Vulnerabilities for the Globally Distributed Olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) Sea Turtle: A Historical and Current Status Evaluation. *Animals* 12, 1837. <https://doi.org/10.3390/ani12141837>
- Canning, S.J., Santos, M.B., Reid, R.J., Evans, P.G.H., Sabin, R.C., Bailey, N., Pierce, G.J., 2008. Seasonal distribution of white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*) in UK waters with new information on diet and habitat use. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 88, 1159–1166. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000076>
- Carreiro-Silva, M., Martins, I., Riou, V., Raimundo, J., Caetano, M., Bettencourt, R., Rakka, M., Cerqueira, T., Godinho, A., Morato, T., Colaço, A., 2022. Mechanical and toxicological effects of deep-sea mining sediment plumes on a habitat-forming cold-water octocoral. *Front. Mar. Sci.* 9.
- Cartamil, D., Wegner, N.C., Aalbers, S., Sepulveda, C.A., Baquero, A., Graham, J.B., 2010. Diel movement patterns and habitat preferences of the common thresher shark (*Alopias vulpinus*) in the Southern California Bight. *Mar. Freshw. Res.* 61, 596–604. <https://doi.org/10.1071/MF09153>
- Cerchio, S., Yamada, T.K., Brownell, R.L., 2019. Global Distribution of Omura's Whales (*Balaenoptera omurai*) and Assessment of Range-Wide Threats. *Front. Mar. Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00067>
- Chapuis, L., Collin, S.P., Yopak, K.E., McCauley, R.D., Kempster, R.M., Ryan, L.A., Schmidt, C., Kerr, C.C., Gennari, E., Egeberg, C.A., Hart, N.S., 2019. The effect of underwater sounds on shark behaviour. *Sci. Rep.* 9, 6924. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43078-w>
- Chen, C., Lin, T.-H., Watanabe, H.K., Akamatsu, T., Kawagucci, S., 2021. Baseline soundscapes of deep-sea habitats reveal heterogeneity among ecosystems and sensitivity to anthropogenic impacts. *Limnol. Oceanogr.* 66, 3714–3727. <https://doi.org/10.1002/lno.11911>
- Chen, I., Nishida, S., Chou, L.-S., Isobe, T., Mignucci-Giannoni, A.A., Hoelzel, A.R., 2020. Population genetic diversity and historical dynamics of Fraser's dolphins *Lagenodelphis hosei*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 643, 183–195. <https://doi.org/10.3354/meps13268>

- Clark, C.W., Ellison, W.T., Southall, B.L., Hatch, L., Parijs, S.M.V., Frankel, A., Ponirakis, D., 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 395, 201–222. <https://doi.org/10.3354/meps08402>
- Coelho, R., Fernandez-Carvalho, J., Santos, M.N., 2015. Habitat use and diel vertical migration of bigeye thresher shark: Overlap with pelagic longline fishing gear. *Mar. Environ. Res., Mares* 2014 112, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.009>
- Coelho, R., Mejuto, J., Domingo, A., Yokawa, K., Liu, K.-M., Cortés, E., Romanov, E.V., da Silva, C., Hazin, F., Arocha, F., Mwilima, A.M., Bach, P., Ortiz de Zárate, V., Roche, W., Lino, P.G., García-Cortés, B., Ramos-Cartelle, A.M., Forselledo, R., Mas, F., Ohshimo, S., Courtney, D., Sabarros, P.S., Perez, B., Wogerbauer, C., Tsai, W.-P., Carvalho, F., Santos, M.N., 2018. Distribution patterns and population structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Atlantic and Indian Oceans. *Fish Fish.* 19, 90–106. <https://doi.org/10.1111/faf.12238>
- Collins, P., Kennedy, B., Copley, J., Boschen, R., Fleming, N., Forde, J., Ju, S.-J., Lindsay, D., Marsh, L., Nye, V., Patterson, A., Watanabe, H., Yamamoto, H., Carlsson, J., David Thaler, A., 2013. VentBase: Developing a consensus among stakeholders in the deep-sea regarding environmental impact assessment for deep-sea mining—A workshop report. *Mar. Policy* 42, 334–336. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.03.002>
- Collinson, J.M., Dufour, P., Hamza, A.A., Lawrie, Y., Elliott, M., Barlow, C., Crochet, P.-A., 2017. When morphology is not reflected by molecular phylogeny: the case of three ‘orange-billed terns’ *Thalasseus maximus*, *Thalasseus bergii* and *Thalasseus bengalensis* (Charadriiformes: Laridae). *Biol. J. Linn. Soc.* 121, 439–445. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blw049>
- Corrigan, S., Lowther, A.D., Beheregaray, L.B., Bruce, B.D., Cliff, G., Duffy, C.A., Foulis, A., Francis, M.P., Goldsworthy, S.D., Hyde, J.R., Jabado, R.W., Kacev, D., Marshall, L., Mucientes, G.R., Naylor, G.J.P., Pepperell, J.G., Queiroz, N., White, W.T., Wintner, S.P., Rogers, P.J., 2018. Population Connectivity of the Highly Migratory Shortfin Mako (*Isurus oxyrinchus Rafinesque* 1810) and Implications for Management in the Southern Hemisphere. *Front. Ecol. Evol.* 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00187>
- Cresci, A., 2020. A comprehensive hypothesis on the migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*). *Biol. Rev.* 95, 1273–1286. <https://doi.org/10.1111/brv.12609>
- da Silva, D.M.P., Azevedo, A.F., Secchi, E.R., Barbosa, L.A., Flores, P.A.C., Carvalho, R.R., Bisi, T.L., Lailson-Brito, J., Cunha, H.A., 2015. Molecular taxonomy and population structure of the rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 175, 949–962. <https://doi.org/10.1111/zoj.12301>
- Dalebout, M.L., Baker, C.S., Anderson, R.C., Best, P.B., Cockcroft, V.G., Hinsz, H.L., Peddemors, V., Pitman, R.L., 2003. Appearance, Distribution, and Genetic Distinctiveness of Longman’s Beaked Whale, *Indopacetus Pacificus*. *Mar. Mammal Sci.* 19, 421–461. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2003.tb01314.x>
- De Smet, B., Simon-Lledó, E., Mevenkamp, L., Pape, E., Pasotti, F., Jones, D.O.B., Vanreusel, A., 2021. The megafauna community from an abyssal area of interest for mining of polymetallic nodules. *Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap.* 172, 103530. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2021.103530>
- de Vos, A., Brownell Jr., R.L., Tershy, B., Croll, D., 2016. Anthropogenic Threats and Conservation Needs of Blue Whales, *Balaenoptera musculus indica*, around Sri Lanka. *J. Mar. Sci.* 2016, 8420846. <https://doi.org/10.1155/2016/8420846>
- de Vos, A., Faux, C.E., Marthick, J., Dickinson, J., Jarman, S.N., 2018. New Determination of Prey and Parasite Species for Northern Indian Ocean Blue Whales. *Front. Mar. Sci.* 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00104>
- Dekker, W., 2019. The history of commercial fisheries for European eel commenced only a century ago. *Fish. Manag. Ecol.* 26, 6–19. <https://doi.org/10.1111/fme.12302>

- Denkinger, J., Parra, M., Muñoz, J.P., Carrasco, C., Murillo, J.C., Espinosa, E., Rubianes, F., Koch, V., 2013. Are boat strikes a threat to sea turtles in the Galapagos Marine Reserve? *Ocean Coast. Manag.* 80, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.03.005>
- Díaz, M.P., Kunc, H.P., Houghton, J.D.R., 2024. Anthropogenic noise predicts sea turtle behavioural responses. *Mar. Pollut. Bull.* 198, 115907. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115907>
- Díaz-Torres, E.R., Marín-Enríquez, E., Corgos, A., Olivos-Ortiz, A., Ortega-Ortiz, C.D., Díaz-Torres, E.R., Marín-Enríquez, E., Corgos, A., Olivos-Ortiz, A., Ortega-Ortiz, C.D., 2022. Influence of environmental variability on the distribution and abundance of the pantropical spotted dolphin (*Stenella attenuata*) in the Mexican Central Pacific. *Cienc. Mar.* 48. <https://doi.org/10.7773/cm.y2022.3215>
- Drazen, J., Smith, C., Gjerde, K., Au, W., Black, J., Carter, G., Clark, M., Durden, J., Dutrieux, P., Goetze, E., Haddock, S., Hatta, M., Hauton, C., Hill, P., Koslow, J., Leitner, A., Measures, C., Pacini, A., Parrish, F., Peacock, T., Perelman, J., Sutton, T., Taymans, C., Tunnicliffe, V., Watling, L., Yamamoto, H., Young, E., Ziegler, A., 2019. Report of the workshop Evaluating the nature of midwater mining plumes and their potential effects on midwater ecosystems. *Res. Ideas Outcomes* 5, e33527. <https://doi.org/10.3897/rio.5.e33527>
- Drazen, J.C., Leitner, A.B., Jones, D.O.B., Simon-Lledó, E., 2021. Regional Variation in Communities of Demersal Fishes and Scavengers Across the CCZ and Pacific Ocean. *Front. Mar. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.630616>
- Drazen, J.C., Smith, C.R., Gjerde, K.M., Haddock, S.H.D., Carter, G.S., Choy, C.A., Clark, M.R., Dutrieux, P., Goetze, E., Hauton, C., Hatta, M., Koslow, J.A., Leitner, A.B., Pacini, A., Perelman, J.N., Peacock, T., Sutton, T.T., Watling, L., Yamamoto, H., 2020. Midwater ecosystems must be considered when evaluating environmental risks of deep-sea mining. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 117, 17455–17460. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011914117>
- Durden, J.M., Putts, M., Bingo, S., Leitner, A.B., Drazen, J.C., Gooday, A.J., Jones, D.O.B., Sweetman, A.K., Washburn, T.W., Smith, C.R., 2021. Megafaunal Ecology of the Western Clarion-Clipperton Zone. *Front. Mar. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.671062>
- Dutson, G., 2001. New distributional ranges for Melanesian birds. *Emu* 101, 237–248. <https://doi.org/10.1071/mu00006>
- Edwards, E.F., Hall, C., Moore, T.J., Sheredy, C., Redfern, J.V., 2015. Global distribution of fin whales *Balaenoptera physalus* in the post-whaling era (1980–2012). *Mammal Rev.* 45, 197–214. <https://doi.org/10.1111/mam.12048>
- Ellis, J.I., Clark, M.R., Rouse, H.L., Lamarche, G., 2017. Environmental management frameworks for offshore mining: the New Zealand approach. *Mar. Policy* 84, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.004>
- Erbe, C., Reichmuth, C., Cunningham, K., Lucke, K., Dooling, R., 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Mar. Pollut. Bull.* 103, 15–38. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.007>
- Erickson, K.L., Macko, S., Van Dover, C.L., 2009. Evidence for a chemoautotrophically based food web at inactive hydrothermal vents (Manus Basin). *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 56, 1577–1585. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.05.002>
- Estupiñán-Montaño, C., Delgado-Huertas, A., 2022. Longfin Mako Shark, *Isurus paucus*, in the Eastern Tropical Pacific: First Evidence of Trophic Ontogeny Based on the Isotopic Analysis of Long-term Tissues. *Thalass. Int. J. Mar. Sci.* 38, 49–55. <https://doi.org/10.1007/s41208-022-00404-w>
- Fernández, A., Sierra, E., Díaz-Delgado, J., Sacchini, S., Sánchez-Paz, Y., Suárez-Santana, C., Arregui, M., Arbelo, M., Bernaldo de Quirós, Y., 2017. Deadly acute Decompression Sickness in Risso's dolphins. *Sci. Rep.* 7, 13621. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14038-z>

- Fernández, P., Anderson, D.J., Sievert, P.R., Huyvaert, K.P., 2001. Foraging destinations of three low-latitude albatross (*Phoebastria*) species. *J. Zool.* 254, 391–404. <https://doi.org/10.1017/S0952836901000899>
- Fossette, S., Ferreira, L.C., Whiting, S.D., King, J., Pendoley, K., Shimada, T., Speirs, M., Tucker, A.D., Wilson, P., Thums, M., 2021. Movements and distribution of hawksbill turtles in the Eastern Indian Ocean. *Glob. Ecol. Conserv.* 29, e01713. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01713>
- Fossette, S., Girard, C., López-Mendilaharsu, M., Miller, P., Domingo, A., Evans, D., Kelle, L., Plot, V., Prosdocimi, L., Verhage, S., Gaspar, P., Georges, J.-Y., 2010. Atlantic Leatherback Migratory Paths and Temporary Residence Areas. *PLOS ONE* 5, e13908. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013908>
- Francis, M., Holdsworth, J., Block, B., 2015. Life in the open ocean: seasonal migration and diel diving behaviour of Southern Hemisphere porbeagle sharks (*Lamna nasus*). | EBSCOhost [WWW Document]. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2756-z>
- Francis, M.P., Shivji, M.S., Duffy, C.A.J., Rogers, P.J., Byrne, M.E., Wetherbee, B.M., Tindale, S.C., Lyon, W.S., Meyers, M.M., 2018. Oceanic nomad or coastal resident? Behavioural switching in the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*). *Mar. Biol.* 166, 5. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3453-5>
- Gallagher, A.J., Klimley, A.P., 2018. The biology and conservation status of the large hammerhead shark complex: the great, scalloped, and smooth hammerheads. *Rev. Fish Biol. Fish.* 28, 777–794. <https://doi.org/10.1007/s11160-018-9530-5>
- Garthe, S., Schwemmer, H., Peschko, V., Markones, N., Müller, S., Schwemmer, P., Mercker, M., 2023. Large-scale effects of offshore wind farms on seabirds of high conservation concern. *Sci. Rep.* 13, 4779. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31601-z>
- Gazis, I.-Z., de Stigter, H., Mohrmann, J., Heger, K., Diaz, M., Gillard, B., Baeye, M., Veloso-Alarcón, M.E., Purkiani, K., Haeckel, M., Vink, A., Thomsen, L., Greinert, J., 2025. Monitoring benthic plumes, sediment redeposition and seafloor imprints caused by deep-sea polymetallic nodule mining. *Nat. Commun.* 16, 1229. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56311-0>
- Gillard, B., Purkiani, K., Chatzievangelou, D., Vink, A., Iversen, M.H., Thomsen, L., 2019. Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining-generated, abyssal sediment plumes in the Clarion-Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific). *Elem. Sci. Anthr.* 7, 5. <https://doi.org/10.1525/elementa.343>
- Gomes-Pereira, J.N., Marques, R., Cruz, M.J., Martins, A., 2013. The little-known Fraser's dolphin *Lagenodelphis hosei* in the North Atlantic: new records and a review of distribution. *Mar. Biodivers.* 43, 321–332. <https://doi.org/10.1007/s12526-013-0159-2>
- Gomez, C., Lawson, J.W., Wright, A.J., Buren, A.D., Tollit, D., Lesage, V., 2016. A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. *Can. J. Zool.* 94, 801–819. <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0098>
- González, M.T., Sepúlveda, F.A., Zárate, P.M., Baeza, J.A., 2021. Regional population genetics and global phylogeography of the endangered highly migratory shark *Lamna nasus*: Implications for fishery management and conservation. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 31, 620–634. <https://doi.org/10.1002/aqc.3455>
- Haalboom, S., Schoening, T., Urban, P., Gazis, I.-Z., de Stigter, H., Gillard, B., Baeye, M., Hollstein, M., Purkiani, K., Reichart, G.-J., Thomsen, L., Haeckel, M., Vink, A., Greinert, J., 2022. Monitoring of Anthropogenic Sediment Plumes in the Clarion-Clipperton Zone, NE Equatorial Pacific Ocean. *Front. Mar. Sci.* 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.882155>
- Hauton, C., Brown, A., Thatje, S., Mestre, N.C., Bebianno, M.J., Martins, I., Bettencourt, R., Canals, M., Sanchez-Vidal, A., Shillito, B., Ravaux, J., Zbinden, M., Duperron, S.,

- Mevenkamp, L., Vanreusel, A., Gambi, C., Dell'Anno, A., Danovaro, R., Gunn, V., Weaver, P., 2017. Identifying Toxic Impacts of Metals Potentially Released during Deep-Sea Mining—A Synthesis of the Challenges to Quantifying Risk. *Front. Mar. Sci.* 4.
- Hawkes, L.A., Tomás, J., Revuelta, O., León, Y.M., Blumenthal, J.M., Broderick, A.C., Fish, M., Raga, J.A., Witt, M.J., Godley, B.J., 2012. Migratory patterns in hawksbill turtles described by satellite tracking. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 461, 223–232. <https://doi.org/10.3354/meps09778>
- He, G., Ma, W., Song, C., Yang, S., Zhu, B., Yao, H., Jiang, X., Cheng, Y., 2011. Distribution characteristics of seamount cobalt-rich ferromanganese crusts and the determination of the size of areas for exploration and exploitation. *Acta Oceanol. Sin.* 30, 63–75. <https://doi.org/10.1007/s13131-011-0120-9>
- Heimlich, S.L., Mellinger, D.K., Nieukirk, S.L., Fox, C.G., 2005. Types, distribution, and seasonal occurrence of sounds attributed to Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) recorded in the eastern tropical Pacific, 1999–2001. *J. Acoust. Soc. Am.* 118, 1830–1837. <https://doi.org/10.1121/1.1992674>
- Hein, J.R., Koschinsky, A., Mikesell, M., Mizell, K., Glenn, C.R., Wood, R., 2016. Marine Phosphorites as Potential Resources for Heavy Rare Earth Elements and Yttrium. *Minerals* 6, 88. <https://doi.org/10.3390/min6030088>
- Hein, J.R., Manheim, F.T., Schwab, W.C., 1986. Cobalt-Rich Ferromanganese Crusts From The Central Pacific. Presented at the Offshore Technology Conference, OnePetro. <https://doi.org/10.4043/5234-MS>
- Helm, R.R., 2021. The mysterious ecosystem at the ocean's surface. *PLOS Biol.* 19, e3001046. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001046>
- Hendrix, H., Pérez-Espona, S., 2024. A Systematic Review of Population Monitoring Studies of Sea Turtles and Its Application to Conservation. *Diversity* 16, 177. <https://doi.org/10.3390/d16030177>
- Hildebrand, J.A., 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 395, 5–20. <https://doi.org/10.3354/meps08353>
- Hooker, S.K., Baird, R.W., 1999. Deep-diving behaviour of the northern bottlenose whale, *Hyperoodon ampullatus* (Cetacea: Ziphiidae). *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 266, 671–676. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0688>
- Huertas, M., Canário, A.V.M., Hubbard, P.C., 2008. Chemical Communication in the Genus *Anguilla*: A Minireview. *Behaviour* 145, 1389–1407.
- Hunt, K.E., Rolland, R.M., Kraus, S.D., 2015. Conservation Physiology of an Uncatchable Animal: The North Atlantic Right Whale (*Eubalaena glacialis*). *Integr. Comp. Biol.* 55, 577–586. <https://doi.org/10.1093/icb/icv071>
- Ishii, M., Murase, H., Fukuda, Y., Sawada, K., Sasakura, T., Tamura, T., Bando, T., Matsuoka, K., Shinohara, A., Nakatsuka, S., Katsumata, N., Okazaki, M., Miyashita, K., Mitani, Y., 2017. Diving Behavior of Sei Whales *Balaenoptera borealis* Relative to the Vertical Distribution of Their Potential Prey. *Mammal Study* 42, 1–9. <https://doi.org/10.3106/041.042.0403>
- Jackson, J.A., Steel, D.J., Beerli, P., Congdon, B.C., Olavarría, C., Leslie, M.S., Pomilla, C., Rosenbaum, H., Baker, C.S., 2014. Global diversity and oceanic divergence of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 281, 20133222. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3222>
- Jaeckel, A., Harden-Davies, H., Amon, D.J., van der Grient, J., Hanich, Q., van Leeuwen, J., Niner, H.J., Seto, K., 2023. Deep seabed mining lacks social legitimacy. *Npj Ocean Sustain.* 2, 1–4. <https://doi.org/10.1038/s44183-023-00009-7>
- James, M.C., Eckert, S.A., Myers, R.A., 2005. Migratory and reproductive movements of male leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). *Mar. Biol.* 147, 845–853. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-1581-1>

- Jessop, B.M., 2010. Geographic effects on American eel (*Anguilla rostrata*) life history characteristics and strategies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 67, 326–346. <https://doi.org/10.1139/F09-189>
- Jones, D.O.B., Arias, M.B., Van Audenhaege, L., Blackbird, S., Boolukos, C., Bribiesca-Contreras, G., Copley, J.T., Dale, A., Evans, S., Fleming, B.F.M., Gates, A.R., Grant, H., Hartl, M.G.J., Huvenne, V.A.I., Jeffreys, R.M., Josso, P., King, L.D., Simon-Lledó, E., Le Bas, T., Norman, L., O'Malley, B., Peacock, T., Shimmield, T., Stewart, E.C.D., Sweetman, A.K., Wardell, C., Aleynik, D., Glover, A.G., 2025. Long-term impact and biological recovery in a deep-sea mining track. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08921-3>
- Jones, D.O.B., Kaiser, S., Sweetman, A.K., Smith, C.R., Menot, L., Vink, A., Trueblood, D., Greinert, J., Billett, D.S.M., Arbizu, P.M., Radziejewska, T., Singh, R., Ingole, B., Stratmann, T., Simon-Lledó, E., Durden, J.M., Clark, M.R., 2017. Biological responses to disturbance from simulated deep-sea polymetallic nodule mining. *PLOS ONE* 12, e0171750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171750>
- Kasamatsu, Nishiwaki, Ishikawa, 1995. Breeding areas and southbound migrations of southern minke whales *Balaenoptera acutorostrata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119, 1–10. <https://doi.org/10.3354/meps119001>
- Kato, Y., Fujinaga, K., Nakamura, K., Takaya, Y., Kitamura, K., Ohta, J., Toda, R., Nakashima, T., Iwamori, H., 2011. Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nat. Geosci.* 4, 535–539. <https://doi.org/10.1038/ngeo1185>
- Katona, S., Paulikas, D., Ali, S., Clarke, M., Ilves, E., Lovejoy, T.E., Madin, L.P., Stone, G.S., 2023. Land and deep-sea mining: the challenges of comparing biodiversity impacts. *Biodivers. Conserv.* 32, 1125–1164. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02558-2>
- Klatsky, L.J., Wells, R.S., Sweeney, J.C., 2007. Offshore Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*): Movement and Dive Behavior Near the Bermuda Pedestal. *J. Mammal.* 88, 59–66. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-365R1.1>
- Kock, A.A., Lombard, A.T., Daly, R., Goodall, V., Meyer, M., Johnson, R., Fischer, C., Koen, P., Irion, D., Gennari, E., Towner, A., Jewell, O.J.D., da Silva, C., Dicken, M.L., Smale, M.J., Photopoulou, T., 2022. Sex and Size Influence the Spatiotemporal Distribution of White Sharks, With Implications for Interactions With Fisheries and Spatial Management in the Southwest Indian Ocean. *Front. Mar. Sci.* 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.811985>
- Kuhn, T., Wegorzewski, A., Rühlemann, C., Vink, A., 2017. Composition, Formation, and Occurrence of Polymetallic Nodules, in: Sharma, R. (Ed.), *Deep-Sea Mining: Resource Potential, Technical and Environmental Considerations*. Springer International Publishing, Cham, pp. 23–63. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52557-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52557-0_2)
- Leslie, M.S., Morin, P.A., 2018. Structure and phylogeography of two tropical predators, spinner (*Stenella longirostris*) and pantropical spotted (*S. attenuata*) dolphins, from SNP data. *R. Soc. Open Sci.* 5, 171615. <https://doi.org/10.1098/rsos.171615>
- Lopez, J., Griffiths, S., Wallace, B.P., Cáceres, V., Rodríguez, L.H., Abrego, M., Alfaro-Shigueto, J., Andraka, S., Brito, M.J., Bustos, L.C., Cari, I., Carvajal, J.M., Clavijo, L., Cocas, L., Paz, N. de, Herrera, M., Mangel, J.C., Pérez-Huaripata, M., Piedra, R., Dávila, J.A.Q., Rendón, L., Rguez-Baron, J.M., Santana, H., Suárez, J., Veelenturf, C., Vega, R., Zárate, P., 2024. Vulnerability of the Critically Endangered leatherback turtle to fisheries bycatch in the eastern Pacific Ocean. I. A machine-learning species distribution model. *Endanger. Species Res.* 53, 271–293. <https://doi.org/10.3354/esr01288>
- Macleod, C.D., 2000. Review of the distribution of *Mesoplodon* species (order Cetacea, family Ziphiidae) in the North Atlantic. *Mammal Rev.* 30, 1–8. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2000.00057.x>
- Madsen, P.T., Kerr, I., Payne, R., 2004. Echolocation clicks of two free-ranging, oceanic delphinids with different food preferences: false killer whales *Pseudorca crassidens* and Risso's

- dolphins *Grampus griseus*. *J. Exp. Biol.* 207, 1811–1823. <https://doi.org/10.1242/jeb.00966>
- Manral, D., Bos, I., de Boer, M., van Sebillie, E., 2024. Modelling drift of cold-stunned Kemp's ridley turtles stranding on the Dutch coast. *Open Res. Eur.* 4, 41. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.16913.3>
- Marsh, L., Huvenne, V.A.I., Jones, D.O.B., 2018. Geomorphological evidence of large vertebrates interacting with the seafloor at abyssal depths in a region designated for deep-sea mining. *R. Soc. Open Sci.* 5, 180286. <https://doi.org/10.1098/rsos.180286>
- Martien, K.K., Hancock-Hanser, B.L., Baird, R.W., Kiszka, J.J., Aschettino, J.M., Oremus, M., Hill, M.C., 2017. Unexpected patterns of global population structure in melon-headed whales *Peponocephala electra*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 577, 205–220. <https://doi.org/10.3354/meps12203>
- Martins, Irene, Guerra, A., Azevedo, A., Harasse, O., Colaço, A., Xavier, J., Caetano, M., Carreiro-Silva, M., Martins, Inês, Neuparth, T., Raimundo, J., Soares, J., Santos, M.M., 2023. A modelling framework to assess multiple metals impacts on marine food webs: Relevance for assessing the ecological implications of deep-sea mining based on a systematic review. *Mar. Pollut. Bull.* 191, 114902. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114902>
- Maurer, A.S., Seminoff, J.A., Burford Reiskind, M.O., Stapleton, S.P., 2024. Diverse migratory strategies for a hawksbill sea turtle population. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 34, e4080. <https://doi.org/10.1002/aqc.4080>
- Menini, E., Van Dover, C.L., 2019. An atlas of protected hydrothermal vents. *Mar. Policy* 108, 103654. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103654>
- Mikkelsen, L., Rigét, F.F., Kyhn, L.A., Sveegaard, S., Dietz, R., Tougaard, J., Carlström, J.A.K., Carlén, I., Koblitz, J.C., Teilmann, J., 2016. Comparing Distribution of Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*) Derived from Satellite Telemetry and Passive Acoustic Monitoring. *PLOS ONE* 11, e0158788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158788>
- Miller, K.A., Thompson, K.F., Johnston, P., Santillo, D., 2018. An Overview of Seabed Mining Including the Current State of Development, Environmental Impacts, and Knowledge Gaps. *Front. Mar. Sci.* 4.
- Molari, M., Janssen, F., Vonnahme, T.R., Wenzhöfer, F., Boetius, A., 2020. The contribution of microbial communities in polymetallic nodules to the diversity of the deep-sea microbiome of the Peru Basin (4130–4198 m depth). *Biogeosciences* 17, 3203–3222. <https://doi.org/10.5194/bg-17-3203-2020>
- Monnahan, C.C., Branch, T.A., Punt, A.E., 2015. Do ship strikes threaten the recovery of endangered eastern North Pacific blue whales? *Mar. Mammal Sci.* 31, 279–297. <https://doi.org/10.1111/mms.12157>
- Moore, A.B.M., 2017. Are guitarfishes the next sawfishes? Extinction risk and an urgent call for conservation action. *Endanger. Species Res.* 34, 75–88. <https://doi.org/10.3354/esr00830>
- Morato, T., Hoyle, S.D., Allain, V., Nicol, S.J., 2010. Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, 9707–9711. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910290107>
- Morten, J.M., Carneiro, A.P.B., Beal, M., Bonnet-Lebrun, A.-S., Dias, M.P., Rouyer, M.-M., Harrison, A.-L., González-Solís, J., Jones, V.R., Garcia Alonso, V.A., Antolos, M., Arata, J.A., Barbraud, C., Bell, E.A., Bell, M., Bose, S., Broni, S., de L Brooke, M., Butchart, S.H.M., Carlile, N., Catry, P., Catry, T., Charteris, M., Cherel, Y., Clark, B.L., Clay, T.A., Cole, N.C., Connors, M.G., Debski, I., Delord, K., Egevang, C., Elliot, G., Esefeld, J., Facer, C., Fayet, A.L., Fijn, R.C., Fischer, J.H., Franklin, K.A., Gilg, O., Gill, J.A., Granadeiro, J.P., Guilford, T., Handley, J.M., Hanssen, S.A., Hawkes, L.A., Hedd, A., Jaeger, A., Jones, C.G., Jones, C.W., Kopp, M., Krietsch, J., Landers, T.J., Lang, J., Le Corre, M., Mallory, M.L., Masello, J.F., Maxwell, S.M., Medrano, F., Militão, T., Millar, C.D., Moe, B., Montevecchi, W.A., Navarro-Herrero, L., Neves, V.C., Nicholls, D.G., Nicoll,

- M.A.C., Norris, K., O'Dwyer, T.W., Parker, G.C., Peter, H.-U., Phillips, R.A., Quillfeldt, P., Ramos, J.A., Ramos, R., Rayner, M.J., Rexer-Huber, K., Ronconi, R.A., Ruhomaun, K., Ryan, P.G., Sagar, P.M., Saldanha, S., Schmidt, N.M., Schultz, H., Shaffer, S.A., Stenhouse, I.J., Takahashi, A., Tatayah, V., Taylor, G.A., Thompson, D.R., Thompson, T., van Bemmelen, R., Vicente-Sastre, D., Vigfúsdóttir, F., Walker, K.J., Watts, J., Weimerskirch, H., Yamamoto, T., Davies, T.E., 2025. Global Marine Flyways Identified for Long-Distance Migrating Seabirds From Tracking Data. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 34, e70004. <https://doi.org/10.1111/geb.70004>
- Muñoz-Royo, C., Ouillon, R., El Mousadik, S., Alford, M.H., Peacock, T., 2022. An in situ study of abyssal turbidity-current sediment plumes generated by a deep seabed polymetallic nodule mining preprototype collector vehicle. *Sci. Adv.* 8, eabn1219. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abn1219>
- Murray, S., Meeuwig, J.J., Thompson, C.D.H., Mouillot, D., 2023. Identifying the drivers of silky shark distribution and an evaluation of protection measures. *Environ. Biol. Fishes* 106, 1693–1713. <https://doi.org/10.1007/s10641-023-01437-7>
- Myrberg, A.A., Jr., Gordon, C.R., Klimley, A.P., 1978. Rapid withdrawal from a sound source by open-ocean sharks. *J. Acoust. Soc. Am.* 64, 1289–1297. <https://doi.org/10.1121/1.382114>
- Nelson, D.R., Johnson, R.H., 1972. Acoustic attraction of pacific reef sharks: Effect of pulse intermittency and variability. *Comp. Biochem. Physiol. A Physiol.* 42, 85–95. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(72\)90370-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(72)90370-2)
- Nieder, C., Parmentier, E., Jeffs, A.G., Radford, C., 2025. Evidence of active sound production by a shark. *R. Soc. Open Sci.* 12, 242212. <https://doi.org/10.1098/rsos.242212>
- Nisi, A.C., Welch, H., Brodie, S., Leiphardt, C., Rhodes, R., Hazen, E.L., Redfern, J.V., Branch, T.A., Barreto, A.S., Calambokidis, J., Clavelle, T., Dares, L., de Vos, A., Gero, S., Jackson, J.A., Kenney, R.D., Kroodsmas, D., Leaper, R., McCauley, D.J., Moore, S.E., Ovsyanikova, E., Panigada, S., Robinson, C.V., White, T., Wilson, J., Abrahms, B., 2024. Ship collision risk threatens whales across the world's oceans. *Science* 386, 870–875. <https://doi.org/10.1126/science.adp1950>
- Ohizumi, H., Isoda, T., Kishiro, T., Kato, H., 2003. Feeding habits of Baird's beaked whale *Berardius bairdii*, in the western North Pacific and Sea of Okhotsk off Japan. *Fish. Sci.* 69, 11–20. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00582.x>
- Øigård, T.A., Frie, A.K., Nilssen, K.T., Hammill, M.O., 2012. Modelling the abundance of grey seals (*Halichoerus grypus*) along the Norwegian coast. *ICES J. Mar. Sci.* 69, 1436–1447. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss103>
- Okamoto, N., Shiokawa, S., Kawano, S., Sakurai, H., Yamaji, N., Kurihara, M., 2018. Current Status of Japan's Activities for Deep-Sea Commercial Mining Campaign, in: 2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO). Presented at the 2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/OCEANSKOB.2018.8559373>
- Oremus, M., Gales, R., Dalebout, M.L., Funahashi, N., Endo, T., Kage, T., Steel, D., Baker, S.C., 2009. Worldwide mitochondrial DNA diversity and phylogeography of pilot whales (*Globicephala* spp.). *Biol. J. Linn. Soc.* 98, 729–744. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01325.x>
- Peacock, T., Ouillon, R., 2023. The Fluid Mechanics of Deep-Sea Mining. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 55, 403–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-031822-010257>
- Pelletier, D., Roos, D., Ciccione, S., 2003. Oceanic survival and movements of wild and captive-reared immature green turtles (*Chelonia mydas*) in the Indian Ocean. *Aquat. Living Resour.* 16, 35–41. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(03\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(03)00005-6)
- Peschko, V., Mendel, B., Müller, S., Markones, N., Mercker, M., Garthe, S., 2020. Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding

- season. Mar. Environ. Res. 162, 105157. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105157>
- Petersen, S., Krätschell, A., Augustin, N., Jamieson, J., Hein, J.R., Hannington, M.D., 2016. News from the seabed – Geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. *Mar. Policy* 70, 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.03.012>
- Petterson, M.G., Tawake, A., 2019. The Cook Islands (South Pacific) experience in governance of seabed manganese nodule mining. *Ocean Coast. Manag.* 167, 271–287. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.09.010>
- Phillips, R.A., Gales, R., Baker, G.B., Double, M.C., Favero, M., Quintana, F., Tasker, M.L., Weimerskirch, H., Uhart, M., Wolfaardt, A., 2016. The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biol. Conserv.* 201, 169–183. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.017>
- Piatt, J.F., Wetzel, J., Bell, K., DeGange, A.R., Balogh, G.R., Drew, G.S., Geernaert, T., Ladd, C., Byrd, G.V., 2006. Predictable hotspots and foraging habitat of the endangered short-tailed albatross (*Phoebastria albatrus*) in the North Pacific: Implications for conservation. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, Top predator “hot spots” in the North Pacific 53, 387–398. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.01.008>
- Piboon, P., Brown, J., Kaewmong, P., Kittiwattanawong, K., Nganvongpanit, K., 2025. Biology, Nesting Behavior, Genetic Diversity, and Conservation of Leatherback Sea Turtles: Insights From Thailand and Global Perspectives. *Ecol. Evol.* 15, e71014. <https://doi.org/10.1002/ece3.71014>
- Pike, D.A., 2013. Forecasting range expansion into ecological traps: climate-mediated shifts in sea turtle nesting beaches and human development. *Glob. Change Biol.* 19, 3082–3092. <https://doi.org/10.1111/gcb.12282>
- Piper, A.T., White, P.R., Wright, R.M., Leighton, T.G., Kemp, P.S., 2019. Response of seaward-migrating European eel (*Anguilla anguilla*) to an infrasound deterrent. *Ecol. Eng.* 127, 480–486. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.001>
- Pirotta, E., Mangel, M., Costa, D.P., Mate, B., Goldbogen, J.A., Palacios, D.M., Hückstädt, L.A., McHuron, E.A., Schwarz, L., New, L., 2018. A Dynamic State Model of Migratory Behavior and Physiology to Assess the Consequences of Environmental Variation and Anthropogenic Disturbance on Marine Vertebrates. *Am. Nat.* 191, E40–E56. <https://doi.org/10.1086/695135>
- Price, R.E., Breuer, C., Reeves, E., Bach, W., Pichler, T., 2016. Arsenic bioaccumulation and biotransformation in deep-sea hydrothermal vent organisms from the PACMANUS hydrothermal field, Manus Basin, PNG. *Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap.* 117, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.08.012>
- Priede, I.G., Froese, R., Bailey, D.M., Bergstad, O.A., Collins, M.A., Dyb, J.E., Henriques, C., Jones, E.G., King, N., 2006. The absence of sharks from abyssal regions of the world’s oceans. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 273, 1435–1441. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3461>
- Pytka, J.M., Kyne, P.M., Carlson, J.K., Wosnick, N., Jabado, R.W., 2024. A tangled web: global review of fishing interactions with rhino rays. *Rev. Fish Biol. Fish.* 34, 131–160. <https://doi.org/10.1007/s11160-023-09821-3>
- Rabone, M., Horton, T., Jones, D.O.B., Simon-Lledó, E., Glover, A.G., 2023. A review of the International Seabed Authority database DeepData from a biological perspective: challenges and opportunities in the UN Ocean Decade. *Database* 2023, baad013. <https://doi.org/10.1093/database/baad013>
- Rabone, M., Horton, T., Jones, D.O.B., Simon-Lledó, E., Glover, A.G., 2022. A review of the International Seabed Authority database DeepData: challenges and opportunities in the UN Ocean Decade. <https://doi.org/10.1101/2022.10.14.512288>

- Raine, A.F., Driskill, S., Sprague, R., Rothe, J., Caceres, G., Schuetz, J., McFarlin, M., Travers, M.S., 2025. Differences in breeding phenology between two geographically separated populations of the 'ua'u (Hawaiian Petrel *Pterodroma sandwichensis*). *Bird Conserv. Int.* 35, e6. <https://doi.org/10.1017/S0959270925000024>
- Raine, A.F., Gjerdrum, C., Pratte, I., Madeiros, J., Felis, J.J., Adams, J., 2021. Marine distribution and foraging habitat highlight potential threats at sea for the Endangered Bermuda petrel *Pterodroma cahow*. *Endanger. Species Res.* 45, 337–356. <https://doi.org/10.3354/esr01139>
- Rains, D., Weimerskirch, H., Burg, T.M., 2011. Piecing together the global population puzzle of wandering albatrosses: genetic analysis of the Amsterdam albatross *Diomedea amsterdamensis*. *J. Avian Biol.* 42, 69–79. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05295.x>
- Ray, S., Vashishth, R., 2024. From water to plate: Reviewing the bioaccumulation of heavy metals in fish and unraveling human health risks in the food chain. *Emerg. Contam.* 10, 100358. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100358>
- Redfern, J.V., Becker, E.A., Moore, T.J., 2020. Effects of Variability in Ship Traffic and Whale Distributions on the Risk of Ships Striking Whales. *Front. Mar. Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00793>
- Redfern, J.V., Mckenna, M.F., Moore, T.J., Calambokidis, J., Deangelis, M.L., Becker, E.A., Barlow, J., Forney, K.A., Fiedler, P.C., Chivers, S.J., 2013. Assessing the Risk of Ships Striking Large Whales in Marine Spatial Planning. *Conserv. Biol.* 27, 292–302. <https://doi.org/10.1111/cobi.12029>
- Richardson, W.J., Jr, C.R.G., Malme, C.I., Thomson, D.H., 2013. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press.
- Rider, M.J., Avens, L., Haas, H.L., Hatch, J.M., Patel, S.H., Sasso, C.R., 2024. Where the leatherbacks roam: movement behavior analyses reveal novel foraging locations along the Northwest Atlantic shelf. *Front. Mar. Sci.* 11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1325139>
- Ringelstein, J., Pusineri, C., Hassani, S., Meynier, L., Nicolas, R., Ridoux, V., 2006. Food and feeding ecology of the striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, in the oceanic waters of the north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 86, 909–918. <https://doi.org/10.1017/S0025315406013865>
- Risch, D., Calderan, S., Leaper, R., Weilgart, L., Werner, S., 2021. Current Knowledge Already Justifies Underwater Noise Reduction. *Trends Ecol. Evol.* 36, 381–382. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.12.010>
- Ritter, F., Panigada, S., 2019. Chapter 28 - Collisions of Vessels With Cetaceans—The Underestimated Threat, in: Sheppard, C. (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)*. Academic Press, pp. 531–547. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00026-7>
- Roberts, J.R.H., Andrea Koschinsk, Michael Bau, Frank T. Manheim, Jung-Keuk Kang, Leanne, 2000. Cobalt-Rich Ferromanganese Crusts in the Pacific, in: *Handbook of Marine Mineral Deposits*. Routledge.
- Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K.E., Castellote, M., Corkeron, P.J., Nowacek, D.P., Wasser, S.K., Kraus, S.D., 2012. Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 279, 2363–2368. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2429>
- Ronconi, R.A., Allard, K.A., Taylor, P.D., 2015. Bird interactions with offshore oil and gas platforms: Review of impacts and monitoring techniques. *J. Environ. Manage.* 147, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.031>
- Rose, N.A., Barreto, A. S, Parsons, E. C. M., Porter, L., Simmonds, M. P., Smith, C. R., Thaler, A., Thompson, K., Walloe, L., Williams, R., Zerbini, A., 2024. Report of the Intersessional Correspondence Group on Deep-Sea Mining (No. SC/69B/E/08). IWC.

- Rosel, P.E., Hansen, L., Hohn, A.A., 2009. Restricted dispersal in a continuously distributed marine species: common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in coastal waters of the western North Atlantic. *Mol. Ecol.* 18, 5030–5045. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04413.x>
- Rosel, P.E., Wilcox, L.A., Yamada, T.K., Mullin, K.D., 2021. A new species of baleen whale (Balaenoptera) from the Gulf of Mexico, with a review of its geographic distribution. *Mar. Mammal Sci.* 37, 577–610. <https://doi.org/10.1111/mms.12776>
- Røstad, A., Kaartvedt, S., Klevjer, T.A., Melle, W., 2006. Fish are attracted to vessels. *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1431–1437. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.03.026>
- Salinas-de-León, P., Phillips, B., Ebert, D., Shivji, M., Cerutti-Pereyra, F., Ruck, C., Fisher, C.R., Marsh, L., 2018. Deep-sea hydrothermal vents as natural egg-case incubators at the Galapagos Rift. *Sci. Rep.* 8, 1788. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20046-4>
- Salinas-de-León, P., Vaudo, J., Logan, R., Suarez-Moncada, J., Shivji, M., 2024. Longest recorded migration of a silky shark (*Carcharhinus falciformis*) reveals extensive use of international waters of the Tropical Eastern Pacific. *J. Fish Biol.* 105, 378–381. <https://doi.org/10.1111/jfb.15788>
- Santos, C.P., Rosa, R., Frazão-Santos, C., 2024. Global risk assessment of sharks to climate change. *Sci. Total Environ.* 954, 176361. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176361>
- Schlacher, T.A., Baco, A.R., Rowden, A.A., O'Hara, T.D., Clark, M.R., Kelley, C., Dower, J.F., 2014. Seamount benthos in a cobalt-rich crust region of the central Pacific: conservation challenges for future seabed mining. *Divers. Distrib.* 20, 491–502. <https://doi.org/10.1111/ddi.12142>
- Semba, Y., Yokawa, K., Matsunaga, H., Shono, H., 2013. Distribution and trend in abundance of the porbeagle (*Lamna nasus*) in the southern hemisphere. *Mar. Freshw. Res.* 64, 518–529. <https://doi.org/10.1071/MF12272>
- Sequeira, A., Mellin, C., Rowat, D., Meekan, M.G., Bradshaw, C.J.A., 2012. Ocean-scale prediction of whale shark distribution. *Divers. Distrib.* 18, 504–518. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00853.x>
- Sequeira, A.M.M., Mellin, C., Fordham, D.A., Meekan, M.G., Bradshaw, C.J.A., 2014. Predicting current and future global distributions of whale sharks. *Glob. Change Biol.* 20, 778–789. <https://doi.org/10.1111/gcb.12343>
- Shangguan, L., 2025. The discovery of dark oxygen and its significance: Impacts on the Earth's environment, deep-sea ecosystems, and energy utilization. [https://doi.org/10.50908/grb.4.0\\_130](https://doi.org/10.50908/grb.4.0_130)
- Siddiqui, M., 2025. Exploring the Role of Dark Oxygen Production in Deep-Sea Biogeochemical Cycles: Implications for Ecosystem Dynamics and Deep-Sea Mining. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5266945>
- Simmonds, M., Dolman, S., Jasny, M., Parsons, E., Weilgart, L., Wright, A., Leaper, R., 2014. Marine Noise Pollution - Increasing Recognition But Need for More Practical Action. *Ecol. Collect.*
- Simon-Lledó, E., Amon, D.J., Bribiesca-Contreras, G., Cuvelier, D., Durden, J.M., Ramalho, S.P., Uhlenkott, K., Arbizu, P.M., Benoist, N., Copley, J., Dahlgren, T.G., Glover, A.G., Fleming, B., Horton, T., Ju, S.-J., Mejia-Saenz, A., McQuaid, K., Pape, E., Park, C., Smith, C.R., Jones, D.O.B., 2023. Abyssal Pacific Seafloor Megafauna Atlas.
- Simon-Lledó, E., Bett, B.J., Huvenne, V.A.I., Köser, K., Schoening, T., Greinert, J., Jones, D.O.B., 2019. Biological effects 26 years after simulated deep-sea mining. *Sci. Rep.* 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44492-w>
- Simon-Lledó, E., Pomee, C., Ahokava, A., Drazen, J.C., Leitner, A.B., Flynn, A., Parianos, J., Jones, D.O.B., 2020. Multi-scale variations in invertebrate and fish megafauna in the mid-eastern Clarion-Clipperton Zone. *Prog. Oceanogr.* 187, 102405. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102405>

- Simpson, S.D., Purser, J., Radford, A.N., 2015. Anthropogenic noise compromises antipredator behaviour in European eels. *Glob. Change Biol.* 21, 586–593. <https://doi.org/10.1111/gcb.12685>
- Sims, D.W., 2008. Chapter 3 Sieving a Living: A Review of the Biology, Ecology and Conservation Status of the Plankton-Feeding Basking Shark *Cetorhinus Maximus*, in: *Advances in Marine Biology*. Academic Press, pp. 171–220. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)00003-5)
- Sims, D.W., Southall, E.J., Tarling, G.A., Metcalfe, J.D., 2005. Habitat-Specific Normal and Reverse Diel Vertical Migration in the Plankton-Feeding Basking Shark. *J. Anim. Ecol.* 74, 755–761.
- Skomal, G.B., Braun, C.D., Chisholm, J.H., Thorrold, S.R., 2017. Movements of the white shark *Carcharodon carcharias* in the North Atlantic Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 580, 1–16. <https://doi.org/10.3354/meps12306>
- Sleeman, J.C., Meekan, M.G., Wilson, S.G., Polovina, J.J., Stevens, J.D., Boggs, G.S., Bradshaw, C.J.A., 2010. To go or not to go with the flow: Environmental influences on whale shark movement patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 390, 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2010.05.009>
- Souster, T.A., Barnes, D.K.A., Primicerio, R., Jørgensen, L.L., 2024. Quantifying zoobenthic blue carbon storage across habitats within the Arctic's Barents Sea. *Front. Mar. Sci.* 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1260884>
- Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P., Tyack, P.L., 2019. Marine mammal noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquat. Mamm.* 45, 125–232. <https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125>
- Spearman, J., Taylor, J., Crossouard, N., Cooper, A., Turnbull, M., Manning, A., Lee, M., Murton, B., 2020. Measurement and modelling of deep sea sediment plumes and implications for deep sea mining. *Sci. Rep.* 10, 5075. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61837-y>
- Stenvers, V., Chi, X., Javidpour, J., 2020. Seasonal variability of the fatty acid composition in *Aurelia aurita* (Cnidaria: Scyphozoa): implications for gelatinivore food web studies. *J. Plankton Res.* 42, 440–452. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbaa026>
- Stenvers, V.I., Hauss, H., Bayer, T., Havermans, C., Hentschel, U., Schmittmann, L., Sweetman, A.K., Hoving, H.-J.T., 2023. Experimental mining plumes and ocean warming trigger stress in a deep pelagic jellyfish. *Nat. Commun.* 14, 7352. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43023-6>
- Stratmann, T., Soetaert, K., Kersken, D., van Oevelen, D., 2021. Polymetallic nodules are essential for food-web integrity of a prospective deep-seabed mining area in Pacific abyssal plains. *Sci. Rep.* 11, 12238. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91703-4>
- Stuart, R.E., Stockwell, J.D., Marsden, J.E., 2024. Anguillids: widely studied yet poorly understood—a literature review of the current state of *Anguilla* eel research. *Rev. Fish Biol. Fish.* 34, 1637–1664. <https://doi.org/10.1007/s11160-024-09892-w>
- Sweetman, A. k., Smith, A.J., De Jonge, D.S.W., Hahn, T., Schroedl, P., Silverstein, M., Andrade, C., Edwards, R.L., Lough, A.J.M., Woulds, C., Homoky, W.B., Koschinsky, A., Fuchs, S., Kuhn, T., Geiger, F., Marlow, J.J., 2024. Evidence of dark oxygen production at the abyssal seafloor. *Nat. Geosci.* <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01480-8>
- Takaya, Y., Yasukawa, K., Kawasaki, T., Fujinaga, K., Ohta, J., Usui, Y., Nakamura, K., Kimura, J.-I., Chang, Q., Hamada, M., Dodbiba, G., Nozaki, T., Iijima, K., Morisawa, T., Kuwahara, T., Ishida, Y., Ichimura, T., Kitazume, M., Fujita, T., Kato, Y., 2018. The tremendous potential of deep-sea mud as a source of rare-earth elements. *Sci. Rep.* 8, 5763. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23948-5>
- Tanaka, E., Nakamura, K., Yasukawa, K., Mimura, K., Fujinaga, K., Iijima, K., Nozaki, T., Kato, Y., 2020. Chemostratigraphy of deep-sea sediments in the western North Pacific Ocean:

- Implications for genesis of mud highly enriched in rare-earth elements and yttrium. *Ore Geol. Rev.* 119, 103392. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103392>
- Tezanos-Pinto, G., Baker, C.S., Russell, K., Martien, K., Baird, R.W., Hutt, A., Stone, G., Mignucci-Giannoni, A.A., Caballero, S., Endo, T., Lavery, S., Oremus, M., Olavarría, C., Garrigue, C., 2009. A Worldwide Perspective on the Population Structure and Genetic Diversity of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Zealand. *J. Hered.* 100, 11–24. <https://doi.org/10.1093/jhered/esn039>
- Thaler, A., Parsons, E.C.M., de Vos, A., Rose, N.A., Smith, C., Fretz, D., 2019. Bot Meets Whale: Best Practices for Mitigating Negative Interactions Between Marine Mammals and MicroROVs. *Front. Mar. Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00506>
- Thaler, A.D., Amon, D., 2019. 262 Voyages Beneath the Sea: a global assessment of macro- and megafaunal biodiversity and research effort at deep-sea hydrothermal vents. *PeerJ* 7, e7397. <https://doi.org/10.7717/peerj.7397>
- Thaler, A.D., Plouviez, S., Saleu, W., Alei, F., Jacobson, A., Boyle, E.A., Schultz, T.F., Carlsson, J., Van Dover, C.L., 2014. Comparative population structure of two deep-sea hydrothermal-vent-associated decapods (*Chorocaris* sp. 2 and *Munidopsis lauensis*) from southwestern Pacific back-arc basins. *PLoS ONE* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101345>
- Thaler, A.D., Saleu, W., Carlsson, J., Schultz, T.F., Van Dover, C.L., 2017. Population structure of *Bathymodiolus manusensis*, a deep-sea hydrothermal vent-dependent mussel from Manus Basin, Papua New Guinea. *PeerJ* 2017. <https://doi.org/10.7717/peerj.3655>
- Thaler, A.D., Zelnio, K., Saleu, W., Schultz, T.F., Carlsson, J., Cunningham, C., Vrijenhoek, R.C., Van Dover, C.L., 2011. The spatial scale of genetic subdivision in populations of *Ifremeria nautili*, a hydrothermal-vent gastropod from the southwest Pacific. *BMC Evol. Biol.* 11, 372–372. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-372>
- Thiel, H., Schriever, G., Ahnert, A., Bluhm, H., Borowski, C., Vopel, K., 2001. The large-scale environmental impact experiment DISCOL—reflection and foresight. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr., Environmental Impact Studies for the Mining of Polymetallic Nodules from the Deep Sea* 48, 3869–3882. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(01\)00071-6](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00071-6)
- Thompson, K.F., Miller, K.A., Wacker, J., Derville, S., Laing, C., Santillo, D., Johnston, P., 2023. Urgent assessment needed to evaluate potential impacts on cetaceans from deep seabed mining. *Front. Mar. Sci.* 10.
- Tian, H., Zhong, J., Chen, J., Jiang, Y., Zhang, J., Xie, W., Gao, Z., Wang, Y., Liu, H., Wang, S., Zhang, F., Yang, J., Yin, K., 2024. Southwestward Expansion of the Pacific Sleeper Shark's (*Somniosus pacificus*) Known Distribution into the South China Sea. *Anim. Open Access J. MDPI* 14, 2162. <https://doi.org/10.3390/ani14152162>
- Tilot, V., Willaert, K., Guilloux, B., Chen, W., Mulalap, C.Y., Gaulme, F., Bambridge, T., Peters, K., Dahl, A., 2021. Traditional Dimensions of Seabed Resource Management in the Context of Deep Sea Mining in the Pacific: Learning From the Socio-Ecological Interconnectivity Between Island Communities and the Ocean Realm. *Front. Mar. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.637938>
- Todd, V.L.G., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C.N., MacPherson, N.A., DiMarzio, N.A., Thomsen, F., 2015. A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES J. Mar. Sci.* 72, 328–340. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu187>
- Treude, T., Kiel, S., Linke, P., Peckmann, J., Goedert, J.L., 2011. Elasmobranch egg capsules associated with modern and ancient cold seeps: a nursery for marine deep-water predators. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 437, 175–181. <https://doi.org/10.3354/meps09305>
- Tunncliffe, V., Chen, C., Giguère, T., Rowden, A.A., Watanabe, H.K., Brunner, O., 2023. Hydrothermal vent fauna of the western Pacific Ocean: Distribution patterns and biogeographic networks. *Divers. Distrib.* n/a. <https://doi.org/10.1111/ddi.13794>

- Turner, P.J., Cannon, S., DeLand, S., Delgado, J.P., Eltis, D., Halpin, P.N., Kanu, M.I., Sussman, C.S., Varmer, O., Van Dover, C.L., 2020. Memorializing the Middle Passage on the Atlantic seabed in Areas Beyond National Jurisdiction. *Mar. Policy* 122, 104254. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104254>
- Tyack, P.L., 2008. Implications for Marine Mammals of Large-Scale Changes in the Marine Acoustic Environment. *J. Mammal.* 89, 549–558. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-S-307R.1>
- Tyack, P.L., Clark, C.W., 2000. Communication and Acoustic Behavior of Dolphins and Whales, in: Au, W.W.L., Fay, R.R., Popper, A.N. (Eds.), *Hearing by Whales and Dolphins*, Springer Handbook of Auditory Research. Springer New York, New York, NY, pp. 156–224. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1150-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1150-1_4)
- Ueta, M., Sato, F., Nakagawa, H., Mita, N., 2000. Migration routes and differences of migration schedule between adult and young Steller's Sea Eagles *Haliaeetus pelagicus*. *Ibis* 142, 35–39. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2000.tb07681.x>
- Uhlenkott, K., Meyn, K., Vink, A., Martínez Arbizu, P., 2023. A review of megafauna diversity and abundance in an exploration area for polymetallic nodules in the eastern part of the Clarion-Clipperton Fracture Zone (North East Pacific), and implications for potential future deep-sea mining in this area. *Mar. Biodivers.* 53, 22. <https://doi.org/10.1007/s12526-022-01326-9>
- van der Grient, J.M.A., Drazen, J.C., 2022. Evaluating deep-sea communities' susceptibility to mining plumes using shallow-water data. *Sci. Total Environ.* 852, 158162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158162>
- van der Grient, J.M.A., Drazen, J.C., 2021. Potential spatial intersection between high-seas fisheries and deep-sea mining in international waters. *Mar. Policy* 129, 104564. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104564>
- van der Wal, S., Eckert, S.A., Lopez-Plana, J.O., Hernandez, W., Eckert, K.L., 2016. Innovative Measures for Mitigating Potential Impacts on Sea Turtles During Seismic Surveys. Presented at the SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Security, Environment, and Social Responsibility, OnePetro. <https://doi.org/10.2118/179215-MS>
- Van Dover, C.L., 2014. Impacts of anthropogenic disturbances at deep-sea hydrothermal vent ecosystems: a review. *Mar. Environ. Res.* 102, 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.03.008>
- Van Dover, C.L., Arnaud-Haond, S., Gianni, M., Helmreich, S., Huber, J.A., Jaeckel, A.L., Metaxas, A., Pendleton, L.H., Petersen, S., Ramirez-Llodra, E., Steinberg, P.E., Tunnicliffe, V., Yamamoto, H., 2018. Scientific rationale and international obligations for protection of active hydrothermal vent ecosystems from deep-sea mining. *Mar. Policy* 90, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.020>
- Van Houtan, K.S., Francke, D.L., Alessi, S., Jones, T.T., Martin, S.L., Kurpita, L., King, C.S., Baird, R.W., 2016. The developmental biogeography of hawksbill sea turtles in the North Pacific. *Ecol. Evol.* 6, 2378–2389. <https://doi.org/10.1002/ece3.2034>
- van Pijlen, I.A., Amos, B., Burke, T., 1995. Patterns of genetic variability at individual minisatellite loci in minke whale *Balaenoptera acutorostrata* populations from three different oceans. *Mol. Biol. Evol.* 12, 459–472. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040221>
- Vanreusel, A., Hilario, A., Ribeiro, P.A., Menot, L., Arbizu, P.M., 2016. Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. *Sci. Rep.* 6. <https://doi.org/10.1038/srep26808>
- Velázquez-Wallraf, A., Fernández, A., Caballero, M.J., Møllerlækken, A., Jepson, P.D., Andrada, M., Bernaldo de Quirós, Y., 2021. Decompressive Pathology in Cetaceans Based on an Experimental Pathological Model. *Front. Vet. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.676499>

- Vighi, M., 2025. Vessel strikes as a pressure to marine biodiversity [WWW Document]. JRC Publ. Repos. <https://doi.org/10.2760/0669755>
- Volz, J.B., Geibert, W., Köhler, D., van der Loeff, M.M.R., Kasten, S., 2023. Alpha radiation from polymetallic nodules and potential health risks from deep-sea mining. *Sci. Rep.* 13, 7985. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33971-w>
- Volz, J.B., Haffert, L., Haeckel, M., Koschinsky, A., Kasten, S., 2020. Impact of small-scale disturbances on geochemical conditions, biogeochemical processes and element fluxes in surface sediments of the eastern Clarion-Clipperton Zone, Pacific Ocean. *Biogeosciences* 17, 1113–1131. <https://doi.org/10.5194/bg-17-1113-2020>
- Vonnahme, T.R., Molari, M., Janssen, F., Wenzhöfer, F., Haeckel, M., Titschack, J., Boetius, A., 2020. Effects of a deep-sea mining experiment on seafloor microbial communities and functions after 26 years. *Sci. Adv.* 6, eaaz5922. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5922>
- Voosen, P., 2024. Claim of seafloor 'dark oxygen' faces doubts. *Science* 385, 1258–1259. <https://doi.org/10.1126/science.adt2247>
- Wang, X., Gan, L., Wiens, M., Schloßmacher, U., Schröder, H.C., Müller, W.E.G., 2012. Distribution of Microfossils Within Polymetallic Nodules: Biogenic Clusters Within Manganese Layers. *Mar. Biotechnol.* 14, 96–105. <https://doi.org/10.1007/s10126-011-9393-4>
- Wang, X., Schloßmacher, U., Wiens, M., Schröder, H.C., Müller, W.E.G., 2009. Biogenic Origin of Polymetallic Nodules from the Clarion-Clipperton Zone in the Eastern Pacific Ocean: Electron Microscopic and EDX Evidence. *Mar. Biotechnol.* 11, 99–108. <https://doi.org/10.1007/s10126-008-9124-7>
- Washburn, T.W., Iguchi, A., Yamaoka, K., Nagao, M., Onishi, Y., Fukuhara, T., Yamamoto, Y., Suzuki, A., 2023a. Impacts of the first deep-sea seafloor massive sulfide mining excavation tests on benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 712, 1–19. <https://doi.org/10.3354/meps14287>
- Washburn, T.W., Simon-Lledó, E., Soong, G.Y., Suzuki, A., 2023b. Seamount mining test provides evidence of ecological impacts beyond deposition. *Curr. Biol.* 33, 3065-3071.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.032>
- Wear, E.K., Church, M.J., Orcutt, B.N., Shulse, C.N., Lindh, M.V., Smith, C.R., 2021. Bacterial and Archaeal Communities in Polymetallic Nodules, Sediments, and Bottom Waters of the Abyssal Clarion-Clipperton Zone: Emerging Patterns and Future Monitoring Considerations. *Front. Mar. Sci.* 8.
- Weaver, P.P.E., Billett, D., 2019. Environmental Impacts of Nodule, Crust and Sulphide Mining: An Overview, in: Sharma, R. (Ed.), *Environmental Issues of Deep-Sea Mining: Impacts, Consequences and Policy Perspectives*. Springer International Publishing, Cham, pp. 27–62. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12696-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12696-4_3)
- Weilgart, L.S., 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Can. J. Zool.* 85, 1091–1116. <https://doi.org/10.1139/Z07-101>
- Weimerskirch, H., Åkesson, S., Pinaud, D., 2006. Postnatal dispersal of wandering albatrosses *Diomedea exulans*: implications for the conservation of the species. *J. Avian Biol.* 37, 23–28. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0908-8857.03675.x>
- Weir, C.R., Coles, P., Ferguson, A., May, D., Baines, M., Figueirido, I., Reichelt, M., Goncalves, L., de Boer, M.N., Rose, B., Edwards, M., Travers, S., Ambler, M., Félix, H., Wall, D., Azhakesan, V.A.A., Betenbaugh, M., Fennelly, L., Haaland, S., Hak, G., Juul, T., Leslie, R.W., McNamara, B., Russell, N., Smith, J.A., Tabisola, H.M., Teixeira, A., Vermeulen, E., Vines, J., Williams, A., 2014. Clymene dolphins (*Stenella clymene*) in the eastern tropical Atlantic: distribution, group size, and pigmentation pattern. *J. Mammal.* 95, 1289–1298. <https://doi.org/10.1644/14-MAMM-A-115>

- Welsh, R.C., Witherington, B.E., 2023. Spatial mapping of vulnerability hotspots: Information for mitigating vessel-strike risks to sea turtles. *Glob. Ecol. Conserv.* 46, e02592. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02592>
- Weng, K.C., Boustany, A.M., Pyle, P., Anderson, S.D., Brown, A., Block, B.A., 2007. Migration and habitat of white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the eastern Pacific Ocean. *Mar. Biol.* 152, 877–894. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0739-4>
- Williams, R., Cox, K.D., Amon, D., Ashe, E., Chapuis, L., Erbe, C., de Vos, A., Nielsen, K.A., Collins, M.S., Smith, C., Washburn, T., Young, K.F., Clark, C.W., 2025. Noise from deep-sea mining in the Clarion-Clipperton Zone, Pacific Ocean will impact a broad range of marine taxa. *Mar. Pollut. Bull.* 218, 118135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118135>
- Williams, R., Erbe, C., Duncan, A., Nielsen, K., Washburn, T., Smith, C., 2022. Noise from deep-sea mining may span vast ocean areas. *Science* 377, 157–158. <https://doi.org/10.1126/science.abo2804>
- Williard, A.S., Hall, A.G., Fujisaki, I., McNeill, J.B., 2017. Oceanic overwintering in juvenile green turtles *Chelonia mydas* from a temperate latitude foraging ground. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 564, 235–240. <https://doi.org/10.3354/meps12013>
- Witt, M.J., Hawkes, L.A., Godfrey, M.H., Godley, B.J., Broderick, A.C., 2010. Predicting the impacts of climate change on a globally distributed species: the case of the loggerhead turtle. *J. Exp. Biol.* 213, 901–911. <https://doi.org/10.1242/jeb.038133>
- Wright, A.J., Soto, N.A., Baldwin, A.L., Bateson, M., Beale, C.M., Clark, C., Deak, T., Edwards, E.F., Fernández, A., Godinho, A., Hatch, L.T., Kakuschke, A., Lusseau, D., Martineau, D., Romero, M.L., Weilgart, L.S., Wintle, B.A., Notarbartolo-di-Sciara, G., Martin, V., 2007. Do Marine Mammals Experience Stress Related to Anthropogenic Noise? *Int. J. Comp. Psychol.* 20. <https://doi.org/10.46867/ijcp.2007.20.02.01>
- Yin, Z., Lu, Y., Liu, Y., Zhan, W., Zhang, H., Dou, C., Wu, C., Sun, D., Liu, Z., Wang, C., Wang, Y., 2024. Monitoring discharge from deep-sea mining ships via optical satellite observations. *J. Oceanol. Limnol.* 42, 1853–1864. <https://doi.org/10.1007/s00343-024-3264-0>
- Young, C.N., Carlson, J.K., 2020. The biology and conservation status of the oceanic whitetip shark (*Carcharhinus longimanus*) and future directions for recovery. *Rev. Fish Biol. Fish.* 30, 293–312. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09601-3>