



n°297 - mars 2024

# Les ressources des grands fonds marins : Exploiter l'océan pour soulager la terre ?

Mots clés associés : gouvernance mondiale, mondialisation | biens communs, biens publics | pollutions et nuisances | nature, milieux, ressources, biodiversité | risques, santé, précaution | activités minières et extractives | biens publics mondiaux | gouvernance internationale | Monde | Océans | ressources halieutiques

## Résumé

L'exploitation minière des grands fonds marins serait, selon ses partisans, la solution à la pénurie annoncée des gisements terrestre de métaux, métaux rares et terres rares, indispensables aux technologies modernes sur lesquelles repose en partie la transition énergétique. Présentes en d'immenses quantités dans les océans, les richesses des profondeurs n'attendraient qu'à être récoltées, au bénéfice partagé de toute l'humanité. Face à ces fausses promesses, cet article s'attache à décrire les ressources en présence et les risques environnementaux à l'exploitation, parmi lesquels la remise en cause du rôle de puits de carbone et de celui de régulateur du climat de l'océan. Il précise les modalités de gouvernance de la haute mer, immense espace échappant à la juridiction des États, et qui englobe la majorité des fonds marins du globe. Il présente enfin la chronologie récente des discussions internationales et la possibilité d'un moratoire à l'exploitation, seul espoir de poser un frein sérieux à ce nouvel eldorado extractiviste et productiviste.

## Auteurs

### Van der Schueren Guillaume

A travaillé sur les fonds marins dans le cadre de la Fabrique écologique.  
Actuellement, chargé de mission Observatoire du compostage au sein de l'Établissement Public Territoire Grand Paris Sud-Ouest ; travaille sur le traitement des biodéchets et le retour à la terre, après un Master de Politiques Environnementales à ICP à Paris

## Texte

Le développement des sociétés humaines basé sur les nouvelles technologies consomme à grande vitesse des ressources minérales. Les métaux sont à la base de tout développement industriel. Leur

disponibilité conditionne les énergies « renouvelables » plus que tout autre activité économique : il faut extraire, déplacer et transformer plus de dix fois la matière requise pour fournir par leur concours la même quantité d'énergie que via une centrale électrique au gaz naturel [1]. Mais avec l'impératif de neutralité carbone qu'implique l'Accord de Paris, il s'agit de tripler la quantité de panneaux solaires et d'éoliennes installés chaque année et de multiplier par vingt-cinq les ventes de voitures électriques d'ici 2040 [2]. Les tensions autour de l'approvisionnement sont déjà une réalité, et amenées à s'intensifier.

Le secteur de la mine est en crise : les teneurs d'exploitation diminuent à toute vitesse quel que soit le minerai (elles sont d'ailleurs très faibles d'entrée de jeu). Le métal dont on dispose in fine n'est que la portion congrue d'énormes quantités de roches extraites des entrailles de la Terre - les mines s'enfoncent parfois jusqu'à plusieurs kilomètres -, traitées ensuite mécaniquement, avec une énergie issue principalement de sources non renouvelables, ensuite encore chimiquement et à grand renfort d'eau douce [3]. La mine pollue et diminue les terres arables, les lieux de vie des populations autochtones, les aires protégées, les zones naturelles et/ou riches en biodiversité, et s'étend vers les zones urbaines.

États et multinationales lorgnent désormais sur l'étendue océanique, que des études prospectives encore très hypothétiques anticipent comme très riche. C'est le *deep-sea mining*, l'extraction minière en profondeur, qui commence à partir de 200 mètres sous la surface et engendre bien des fantasmes.

On ne connaît que peu de choses de la capacité des écosystèmes mystérieux des grandes profondeurs à absorber les conséquences de l'exploitation des différentes ressources. Pas plus que n'a été mesuré avec précision le degré d'interdépendance entre les conditions d'habitabilité de la Terre et la bonne santé de ce milieu marin profond, qui aurait pu voir apparaître la vie.

Des grands fonds, il reste beaucoup à apprendre, mais le peu que nous savons devrait suffire à poser un sérieux frein à toute activité anthropique. Qui plus est, les enjeux de rentabilité sont aujourd'hui au centre de l'attention, non les impératifs de préservation des océans. Cet article traite des périls écologiques liés à l'exploitation sans mesure d'un sanctuaire sauvegardé des perturbations humaines.

## Les grands fonds, un espace méconnu aux ressources abondantes

Les grands fonds, au relief extrêmement varié constitué de chaînes montagneuses, de volcans engloutis, d'immenses plaines et de canyons abyssaux, sont un milieu hostile à la vie. Naturaliste biologiste et grand explorateur du siècle passé, Théodore Monod résumait fort bien la situation : au fond des mers, écrit-il, « Il fait noir. Il fait froid. Il fait profond. Il fait faim. » [4] Mais à l'encontre de ce que l'on a longtemps pensé, la vie y est diversifiée, et parfois même abondante.

## Définir les grands fonds marins

Les océans recouvrent 71,9 % du globe terrestre, avec une profondeur moyenne évaluée à 3 682 m. Si la France peut se targuer d'administrer la deuxième zone économique exclusive au monde après celle des États-Unis avec plus de 11 millions de kilomètres carrés [5], elle possède désormais le plus grand domaine sous-marin [6]. Un espace gigantesque dont 93 % correspond à des profondeurs supérieures à 1 000 mètres [7].

On appelle zone pélagique, de *pélagos*, la haute mer en grec, la zone ouverte de la masse d'eau, c'est-à-dire la colonne d'eau à l'exclusion des côtes et du fond. Elle peut être divisée en plusieurs couches distinctes aux caractéristiques propres, ou sous-zones.

En partant de la surface on distingue les zones épipélagique, mésopélagique, bathypélagique, abyssopélagique et hadopélagique, jusqu'à 11 000 m dans les fosses les plus profondes. On oppose les espèces et écosystèmes pélagiques, vivant ou situés dans la colonne d'eau, aux espèces et écosystèmes benthiques, de *benthos*, la profondeur en grec, qui vivent et sont en contact avec le plancher océanique.

Les grands fonds correspondent à la zone au-delà de 4 000 m de profondeur, autrement dit les zones abyssopélagique et hadopélagique. Toutefois, dès 1 000 m on peut parler de grands fonds, puisque les caractéristiques extrêmes qui les distinguent sont déjà présentes : pression immense, grand froid et absence totale de lumière. Dans l'ensemble, c'est 62 % de la surface du globe qui est couvert par les grands fonds ainsi définis et 88,1 % du plancher océanique [8] , soit le plus large habitat sur Terre.

Moins de 10 à 15 % de toute la colonne d'eau est éclairé, ce qui explique la prédominance des milieux « obscurs ». A 200 mètres sous la surface, l'intensité lumineuse n'est plus que de 1% de ce qu'elle est là-haut [9] . Au-delà de la zone épipélagique, de 0 à 200 m de profondeur et de la partie supérieure de la zone mésopélagique, de 200 à 1000 m, c'est l'obscurité totale : la nuit noire s'installe bien avant les abysses. Une nuit océanique qui paraît ne jamais prendre fin, et à laquelle certains auteurs affilient plus de 90 % de la biosphère [10] .

## Des milieux extrêmes encore largement inexplorés

Dans la seconde moitié du XXème siècle, l'exploration de l'espace a mobilisé davantage l'humanité que celle du fond de l'océan. Le plancher océanique reste *terra incognita*. Aujourd'hui encore, les espèces et écosystèmes qu'abritent les grands fonds sont peu étudiés. Ainsi, la topographie reste lacunaire, puisque seulement 20 % des fonds du globe a été cartographié en haute résolution [11] . Et l'observation systématique est réservée aux deux premiers kilomètres - les plus accessibles.

Au fond des mers, le volume d'eau surplombant génère une pression titanesque [12] . Dans la fosse des Mariannes dans le Pacifique, le point le plus profond de l'océan, *Challenger Deep*, elle est supérieure à 1 000 fois celle de la surface. Le froid y est intense et l'oxygène, rare. Les nutriments et les ressources caloriques manquent, et les organismes vivants dépendent principalement de la matière organique en décomposition pour se nourrir. La vie repose en grande partie sur la possibilité de transferts organiques depuis les étages supérieurs de l'océan. En effet, la matière produite par la photosynthèse en surface et celle charriée par les fleuves y finissent pour une petite partie sédimentées. Parmi les ressources clés, les cadavres de grands mammifères et de poissons, comme les baleines, les dauphins, les requins ou les phoques, chutent le long de la colonne d'eau et se déposent sur le plancher océanique, fournissant alors profusion de nourriture à de nombreux organismes. Mais les nutriments en général sont rares, la faune l'est donc aussi. Ce qui ne l'empêche pas d'être l'une des plus diversifiées de tout le monde marin [13] , et comptant pour une large part des espèces encore non décrites sur la planète.

Afin d'inventorier les richesses des grands fonds, il importe de définir les notions de ressource et de réserve. Les ressources désignent l'ensemble des volumes que l'on pense exister et susceptibles d'être mis à jour. Les réserves, elles, les volumes repérés et effectivement récupérables selon les conditions techniques et économiques en présence [14] . Les réserves ne comptent que pour une portion des ressources [15] . Ainsi, évoquer les ressources minérales des grands fonds, qui oscillent dans des ordres de grandeur vertigineux, n'implique aucune certitude quant à l'évaluation des réserves correspondantes.

Par ailleurs, selon un article paru dans la revue *One Earth*, justifier la conquête minière de l'océan en invoquant la pénurie à venir de réserves minérales terrestres est pour le moins contestable. Pour le secteur minier, les réserves sont la portion d'un gisement exploitable à une ou deux décennies

pour un bénéfice raisonnable, ce qui est indépendant du niveau de ressources. Les ressources terrestres en nickel et cobalt par exemple, bien que leurs réserves s'épuisent, pourraient largement pourvoir à la demande pendant de nombreuses décennies. En outre, réserves et ressources connues croissent avec l'exploration et la découverte de nouveaux gisements, l'amélioration de la technique et la hausse des prix de marché qui ouvrent de nouvelles perspectives minières [16]. L'épuisement imminent des ressources d'hydrocarbures avait lui aussi été annoncé dans les années 80-90. Or à l'heure actuelle, il y a encore bien des champs pétrolifères à exploiter en théorie, mais la question climatique est venue s'interposer entre-temps [17]. Surtout, une reconfiguration de la façon dont nos économies consomment la matière première, basée sur la circularité avec amélioration du taux de recyclage des métaux, réduirait considérablement les besoins et donc la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement.

## Les ressources halieutiques, un bien fragile

Intéressons-nous d'abord aux ressources halieutiques des grands fonds, autrement dit les fruits de la pêche. Elles sont un bien fragile. La grande majorité du tonnage de pêche mondiale concerne les captures sur les plateaux continentaux, soit jusqu'à 200 m de profondeur. Selon la définition du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, l'appellation de pêche profonde ne se voit appliquée qu'à partir des 400 m, en zone mésopélagique. Les espèces des grands fonds représentent un stock par nature limité, puisqu'à de telles profondeurs, la vie se développe au ralenti. Ainsi ont-elles une maturité sexuelle tardive et restent de taille modérée. En outre, l'eau froide et l'intense pression ralentissent la croissance des poissons. La pêche industrielle capture pourtant par chalut de fond [18] les grenadiers, hokis, linges franches et bleues, empereurs et autres sabres, au mépris de toutes ces caractéristiques particulières, de la grande fragilité des écosystèmes et de la méconnaissance des conditions qui permettraient d'envisager la soutenabilité réelle d'une telle pratique. Certes, l'Union Européenne, grâce à la mobilisation sans faille d'ONG telles que Bloom en France, a finalement interdit le chalutage au-delà de 800 mètres en 2016 - une profondeur réduite à 400 mètres en zones dites d'environnement marin vulnérable [19]. Toutefois, ces zones ne représentent que 1,16 % des eaux communautaires de l'Atlantique Nord-est [20].

## Les ressources minérales, un trésor au fond de l'océan

Les dépôts minéraux quant à eux, font tourner bien des têtes, à commencer par celle du capitaine Némoto dans le *Vingt mille lieues sous les mers* de Jules Verne, qui prédisait, il y a plus d'un siècle, « des mines de zinc, de fer, d'argent, d'or » au fond des océans [21]. Des prévisions loin d'être fantaisistes. Les premiers nodules polymétalliques sont officiellement découverts en 1873 par l'expédition du H.M.S. *Challenger*, navire de la Royal Navy qui embarque la première grande campagne océanographique. Depuis lors, les découvertes de gisements s'amoncellent. Si la majeure partie des contrats d'exploration déjà délivrés concernent les eaux territoriales des États, où ils ont autorité, la plupart des gisements minéraux convoités se trouvent en dehors des zones économiques exclusives.

Les trois principales catégories de ressources minérales sont les nodules polymétalliques, les encroûtements cobaltifères et les sulfures hydrothermaux.

Les nodules se présentent sous la forme de gisements intacts de nombreux métaux de base (manganèse, nickel, cuivre, plomb, etc.), de métaux rares (cobalt, tungstène, lithium, mercure, tantale) et de terres rares (qui sont elles aussi des métaux), qui tapissent le fond en de grands champs sur les plaines abyssales, jusqu'à des dizaines de milliers de kilomètres carrés,

généralement recouverts de fins sédiments, dans des profondeurs comprises entre 4 000 et 6 000 m. Ils sont des concrétions faites de couches d'oxydes métalliques enrobant un noyau. Des processus sédimentaires et chimiques particuliers, typiques des abysses, sont à l'origine de leur formation. Leur prospection est très avancée, en particulier dans le Pacifique au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée et dans la zone de Clarion-Clipperton entre Hawaï et le Mexique [22], où la totalité des concessions d'exploration délivrées totalisent une superficie comparable à celle de l'Union Européenne. À noter que l'atoll de Clipperton est un territoire français. Des zones d'intérêt commercial sont également listées dans les eaux territoriales de la Polynésie française, ou des îles Kiribati au sud de Hawaï. Les nodules sont un graal pour l'industrie minière [23], au sens où ils contiennent parfois quatre métaux différents et en grande quantité, ce qui réduit d'autant les coûts de transformation du minerai. De plus, ils ne comportent pas d'éléments lourds à des niveaux toxiques, ils peuvent être exploités dans leur intégralité et il n'y a pas de déchets solides à traiter en fin de production. Enfin, puisqu'ils sont sans attache, ils se ramassent ou plutôt sont aspirés sur le fond, ce qui facilite l'opération d'extraction.

Autre manne sous-marine, les encroûtements cobaltifères. Gisant sur les monts sous-marins et autres reliefs, entre 400 et 4 000 mètres de profondeur, fruit du lent dépôt des métaux présents dans l'eau de mer, ils contiennent du fer, du manganèse, du cuivre, du nickel, du platine [24], des métaux rares dont des terres rares et seraient en moyenne trois fois plus riches en cobalt [25] que les nodules. Leur épaisseur atteint jusqu'à 25 centimètres et ils forment des concrétions rocheuses couvrant parfois des milliers de kilomètres carrés.

On trouve enfin des sulfures hydrothermaux, nés de l'activité hydrothermale sous-marine. Ils sont l'élément constitutif des fameuses cheminées abyssales, « fumeurs noirs » crachant sans cesse des panaches de vapeur dans la nuit des profondeurs. Riches en métaux précieux comme l'or et l'argent, en métaux de base comme le cuivre, le plomb, le zinc, ils comportent aussi parfois certains éléments rares. Ils se forment dans les fosses ou bien près des dorsales océaniques et représentent une ressource aux volumes conséquents, notamment par l'accumulation de cheminées inactives effondrées, à la minéralisation prometteuse. À cheval entre deux mondes, l'océan et la croûte terrestre, ils sont aussi des écosystèmes uniques accueillant de nombreuses espèces endémiques.

## Quelles perspectives d'exploitation des grands fonds ?

Malgré des contraintes géophysiques très importantes à son extraction, le pétrole remporte aujourd'hui haut la main le titre de richesse des grands fonds la plus exploitée en volume [26]. Selon le New Scientist, neuf des dix plus grandes compagnies de l'économie de la mer sont des pétrolières, et les extractions pétrolière et gazière comptabiliseraient la moitié des 1 700 milliards de dollars générés par cette économie. Ainsi, l'activité pétrolière *offshore* regroupe la majeure partie de l'activité d'engins sous-marins intervenant à grande profondeur. Les projets opérationnels à plus de 2 000 m de fond, voire 3 000 m – auxquels il faut parfois ajouter des milliers de mètres de sédiments ou de roches à forer – sont désormais monnaie courante, comme dans le Golfe du Mexique, au large de l'Angola ou du Brésil [27]. Un tiers déjà du pétrole et du gaz mondiaux provient du fond de l'océan, avec une part pour l'*offshore* profond, soit à partir de 400 mètres, d'environ 10 % [28]. Les entrées de devises qui bénéficient aux États – de l'ordre de 40 % des recettes générées par le pétrole et le gaz – expliquent un soutien au secteur de leur part, sous forme de subventions généreuses et d'une bienveillance réitérée.

## Ressources minérales : les prémises d'une conquête sous tension

Mais les ressources minérales focalisent plus encore l'attention [29]. La demande devrait doubler d'ici à 2050 : celle-ci concerne les métaux de base, les métaux précieux et les métaux et terres rares. Et selon la Banque mondiale, la demande en lithium, cobalt et nickel pourrait être dix fois supérieure en 2050 par rapport à 2015 [30], bien qu'elle soit conditionnée, et il est important de le comprendre, par les choix technologiques, les scénarios énergétiques adoptés ou encore la composition chimique des batteries. Mais l'exploitation minière entraîne des violences et des déplacements de populations, de graves conséquences sanitaires avec la multiplication des cancers et de nombreuses maladies, et des désastres écologiques pour les écosystèmes. Partout, des conflits pour le contrôle de territoires voient s'affronter compagnies extractrices et populations autochtones, parfois même, États souverains. Ils sont nombreux - à plus forte raison pour les pays dits « en développement » - à avoir dû batailler devant les tribunaux d'arbitrage internationaux suite au refus ou à la révocation de permis d'exploitation minière sur base de protection de l'environnement ou de garantie des droits humains et sociaux de populations autochtones [31]. Il faut dire clairement que la pénurie des ressources minérales terrestres n'est en rien une réalité, et que ce sont plutôt les difficultés croissantes à extraire les minerais, de même que les conflits pour la terre, qui expliquent l'attrait pour l'océan profond.

C'est dans ce contexte que l'exploration des grands fonds bat son plein depuis trente ans. Expéditions scientifiques et projets capitalistes se multiplient : il existerait quelques deux cent cinquante zones maritimes exploitables, disséminées au fond des océans Pacifique, Indien et Atlantique. Parés d'engins hautement technologiques, tractés ou autonomes, de navires hauturiers, de sous-marins habités, des équipes du monde entier prospectent sur la minéralisation, la biodiversité et les facteurs environnementaux d'importance, afin d'établir au plus vite les conditions pratiques d'une exploitation viable commercialement. Les enjeux de durabilité, s'ils ne peuvent plus être ignorés, restent secondaires dans cette quête.

Aux mains d'une poignée d'acteurs, le secteur fournit les bases d'une situation hautement oligopolistique à venir, puisqu'on ne peut pas encore parler de « marché » à l'heure actuelle, et recentrée de surcroît autour de quelques pays riches : Canada, Royaume-Uni, États-Unis, Japon, Allemagne, France ou Chine. « The Metals Company » fait partie des mastodontes du secteur avec le groupe belge DEME et sa filiale GSR ou l'américain « Lockheed Martin », le plus gros fabricant d'armes au monde selon le SIPRI, qui concentrent les projets, mais aussi les participations aux actifs de tierces compagnies. Longtemps positionné, Lockheed Martin s'est finalement défait de la compagnie d'exploitation minière dont il était propriétaire au profit d'un acteur norvégien [32]. Toutefois, bien que le cumul des investissements engagés atteigne déjà des sommets, aucune exploitation industrielle de ressources minérales n'a encore vu le jour. Au-delà du coût considérable de l'opération elle-même, d'autres facteurs entrent en ligne de compte comme la variabilité des cours de certains métaux, qui est un vrai frein au développement de ces projets d'exploitation. Ceux-ci exigent en effet des investissements conséquents en amont et une stabilité financière sur le temps long pour leur amortissement. Le cours de l'action d'une société comme « The Metals Company » a par exemple été divisé par plus 10 entre 2021 et 2023.

## Prospecter pour mieux exploiter : les défis des abysses

Si l'étendue des gisements semble infinie, la rentabilité commerciale reste tributaire de la

concentration en ressources minérales. En 1986, l'Ifremer, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, jugeait l'exploitation rentable lorsque la teneur combinée des nodules polymétalliques en nickel, cobalt et cuivre atteignait 3 % [33]. Prospector permet précisément d'évaluer ce genre de paramètres, évolutifs dans le temps en fonction des technologies ou des prix de marché, et bien d'autres encore. Dès 1971, l'Ifremer a entrepris l'exploration scientifique des champs de nodules polymétalliques du Pacifique, rapidement élargie en campagnes prospectives avec pour but d'évaluer la viabilité technique et économique de l'exploitation de ces ressources. La France consolide donc sa connaissance des grands fonds depuis plusieurs décennies.

Il reste cependant à attendre l'arrivée à maturité de nouvelles technologies, et leur intégration aux processus d'exploitation sur le long terme. Si les avancées techniques réalisées au fil des projets par l'exploitation pétrolière *offshore* permettent d'envisager l'exploitation de nouvelles ressources comme les minerais, bien des progrès restent à faire. On peut imaginer que des technologies de rupture propulsent l'exploitation, les avancées issues par exemple de la conception de drones, petits satellites et smartphones y trouvent déjà des applications [34], mais le déploiement à grande échelle n'est pas encore possible. Si certaines technologies passent avec succès les phases de test dans des périmètres limités, l'étendue des champs de nodules est un défi d'une autre ampleur. Les conditions d'opération étant bien plus exigeantes dans les grands fonds que sur la terre ferme, elles sont aussi moins maîtrisées : d'innombrables imprévus et failles techniques peuvent survenir tout au long du processus. Enfin, des technologies de ramassage à venir dépendront aussi l'ampleur et la nature de l'impact écologique sur les écosystèmes.

Les grands fonds accueillent dès à présent des équipements d'usages militaire ou civil, remplissant des missions diverses et qui peuvent être reliés avec certaines de nos activités quotidiennes. Les océans servent aussi au déploiement d'innombrables réseaux de communication. Entre 1850 et 1956, c'étaient les câbles sous-marins de cuivre, puis désormais de fibre optique plus performante. Flux financiers et informations stockées via le *cloud* dépendent presque intégralement de ce réseau physique transocéanique : y transitent aujourd'hui près de 99 % des communications électroniques intercontinentales. Il s'y mène une guerre d'influence entre acteurs de la mondialisation - États-Unis et Chine au premier chef - par le biais de leurs services de renseignement et des géants des télécommunications domiciliés en leur territoire [35]. Le caractère central des câbles sous-marins dans un monde hautement interconnecté et leur vulnérabilité en cas de conflit expliquent la vigilance accrue des États pour parer à la menace d'une éventuelle guerre sous-marine [36]. On trouve aussi dans les abysses de très nombreux sonars, drones, sous-marins de grande profondeur. Le fond de l'eau peut accueillir des capteurs destinés à la prévention de l'arrivée des raz-de-marée ; c'est le cas dans la plaine abyssale du Pacifique. Les observatoires profonds sont amenés à se multiplier.

## Des contraintes écologiques majeures

### **Comme un éléphant dans un magasin de porcelaine : la vulnérabilité des écosystèmes marins face à la violence des méthodes extractives**

Dans le milieu marin profond, le risque écologique qu'entraîne l'activité humaine est décuplé. Selon Paco Milihiet, chercheur au Centre de Recherches de l'École de l'Air, « les effets [de l'extraction] peuvent être catastrophiques sur l'environnement, voire définitifs » [37]. Il observe aller croissant un « narratif sur l'extraordinaire potentiel que pourrait receler les fonds marins français » pour l'extraction minière qu'il importe urgemment de nuancer, car il occulte les problématiques écologiques liées. De surcroît, les gisements minéraux sont majoritairement associés à des hubs de biodiversité, abritant parfois de nombreuses espèces endémiques [38].

Concrètement, on procède à l'extraction selon un *modus operandi* commun quelle que soit la ressource, avec toutefois certaines spécificités technologiques sur le matériel. Des engins collecteurs transforment le fond pour y récupérer le minéral. En découle une altération plus ou moins grande, qui peut aller jusqu'à la découpe du minéral sur son socle. La structure géologique prélevée est détruite et l'écosystème associé aussi [39]. Puis les minerais sont hissés en surface pour être traités légèrement sur un bateau-usine, avant de suivre enfin le trajet jusqu'à terre vers la transformation.

## **Une exploitation des ressources qui met en danger les écosystèmes marins voire l'intégrité de l'océan**

La Fondation de la Mer recense quatre grandes catégories d'incidences de l'exploitation : incidence des panaches d'extraction, incidence sur les mammifères marins, incidence sur les espèces benthiques et incidence sur la séquestration du carbone.

Un premier motif d'incidence du ramassage des métaux est donc lié à la formation de panaches d'extraction qui affectent la composition de l'eau, *a fortiori* quand ils sont générés dans des milieux hautement toxiques, comme celui des cheminées hydrothermales. Les engins remuent le fond en opérant - qu'ils scient la roche ou aspirent les nodules - et soulèvent des particules qui s'agglomèrent. Autre vecteur de formation de panaches, le relargage en mer de sédiments dragués concomitamment aux minerais. Il faut aussi considérer le caractère dispersif de cette pollution : avec les courants, les particules se dissémineraient bien au-delà des zones d'exploitation, dans des périmètres gigantesques. Une perturbation qui aurait des conséquences sur un équilibre biologique délicat et potentiellement toute la colonne d'eau donc la chaîne alimentaire marine, mais aussi les activités humaines comme la pêche.

La deuxième catégorie d'incidences de l'exploitation porte sur l'émission de fréquences nuisibles par l'activité d'extraction et par les navires opérant en surface. Des émissions acoustiques et électromagnétiques, des vibrations, du bruit, auxquels on ajoutera l'émission de lumière. Le balai des navires dans des zones demeurées jusqu'alors vierges de pollutions acoustiques représenterait une gêne pour de nombreux organismes, et augmenterait le risque de collision avec les mammifères marins [40]. Le son se déplace plus rapidement encore dans l'eau que dans l'air et il se répercute sur le fond, suivant les lois acoustiques. De nombreuses espèces, comme baleines, les bélugas ou les morues utilisent le son pour différentes fonctions, comme la chasse, la localisation ou la reproduction, mais d'autres ne l'employant pas pourraient aussi se voir affectées [41]. Le son, qui est une variation de la pression, peut potentiellement impacter n'importe quel organisme vivant [42]. Enfin les explorations sismiques en vue d'exploitation d'hydrocarbures font usage de canons acoustiques, néfastes pour toutes ces mêmes raisons. Plus largement, toute activité humaine dans les grands fonds, tels les sonars et sous-marins militaires, le forage, le pilonnage pour l'installation de socles d'éolienne, vient se surajouter à une cacophonie acoustique déjà très dommageable générée par les activités de surface, comme celles des paquebots, des bateaux de loisir ou des plateformes pétrolières *offshore* [43].

La troisième catégorie d'incidences rappelle la vulnérabilité des espèces des grands fonds aux perturbations. Le renouvellement des populations se fait au ralenti, les espèces seraient de facto incapables de supporter la pression anthropique et les rythmes de l'extraction et certaines pourraient disparaître. Leurs trois grandes caractéristiques - diversité, rareté, lenteur - font aussi leur fragilité, dit Lénéaïck Menot de l'Ifremer. Notons par ailleurs que dans ce milieu, les perturbations naturelles sont d'habitude réduites [44]. Une préoccupation à replacer dans le contexte plus global d'une biodiversité en danger : selon l'Office français de la biodiversité, 66 % des milieux marins sont détériorés.

Enfin, la **quatrième catégorie**, la seule audible peut-être du plus grand nombre du fait des effets toujours davantage manifestes du dérèglement climatique, concerne la capacité de l'océan à séquestrer le carbone de l'atmosphère. L'océan contiendrait cinquante fois plus de carbone que l'atmosphère, et des échanges importants s'opèrent entre ces milieux. L'océan aurait absorbé près de 30 % des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> au cours de la décennie 2008-2017 [45] et une portion équivalente de 1870 à nos jours via deux phénomènes particuliers, participant ainsi activement à la mitigation du changement climatique. Le premier de ces deux phénomènes est celui de « pompe physique ». L'océan séquestre le CO<sub>2</sub> dans ses eaux profondes par différence de température des eaux. Le second est la « pompe biologique » : le phytoplancton, évoluant en surface, fixe du carbone lors de la photosynthèse, et lorsqu'il meurt entraîne avec lui ce carbone dans une chute vers le fond, d'ailleurs à l'origine de la formation des dépôts pétrolifères. Ainsi la perturbation des processus physiques, biologiques et chimiques impliqués dans cette double séquestration pourrait remettre en cause son existence [46].

Les ambitions de la géo-ingénierie [47] sont un potentiel de perturbation supplémentaire. Celle-ci prétend pouvoir répliquer artificiellement le second phénomène décrit, ou du moins s'en rapprocher par la fertilisation au fer des efflorescences planctoniques pour provoquer la séquestration du carbone, avec pour finalité d'atténuer les causes du dérèglement climatique. Elle présente un risque d'effets secondaires catastrophiques, et coûterait très cher.

Il faut signaler enfin le rôle décisif de l'océan en général - et des grands fonds en particulier - dans la régulation thermique de la planète et dans sa capacité à atténuer les effets de l'activité humaine. L'océan absorberait 93 % de l'excédent de chaleur produit par l'effet de serre [48]. À eux seuls, les grands fonds considérés à partir de 700 mètres absorberaient 43 % du total. De même que pour la capacité de l'océan à séquestrer le dioxyde de carbone, les perturbations anthropiques pourraient remettre en cause cette qualité de modérateur du climat et de ses changements [49], puisque cette dernière repose entièrement sur l'équilibre de l'infiniment complexe machinerie océan/atmosphère.

### **Des dispositifs de protection inefficaces face aux incidences de l'exploitation des ressources**

Complémentairement aux efforts exigés des industriels pour la mesure et la maîtrise de l'impact de leurs activités sur les milieux, la solution de zones protégées a d'ores-et-déjà été déployée, baptisées Zones d'intérêt environnemental particulier. À l'initiative de scientifiques, l'Autorité Internationale des fonds marins a érigé et administre neuf de ces zones dans le périmètre de Clarion-Clipperton depuis 2012, via un plan de gestion environnementale. Elles sont censées « capturer l'hétérogénéité des habitats » [50] d'une plus large sous-région définie en amont et permettre aux différentes espèces qui lui sont affiliées de se perpétuer. Mais les zones ont davantage été délimitées afin d'éviter les conflits avec des zones sous permis d'exploration que selon les critères fournis par les scientifiques [51]. Et la capacité de ces zones tampons à remplir leur rôle reste très floue.

Enfin les risques écologiques liés à l'exploitation d'hydrocarbures sont importants. D'abord, les pollutions opérationnelles sont non négligeables, même si une réglementation stricte peut les contenir [52]. Les fuites de méthane générées régulièrement par l'activité pétrolière et gazière *offshore* pourraient être à l'origine de l'augmentation rapide de la présence de ce gaz dans l'atmosphère. Des fuites de ce genre ont même pu être observées depuis l'espace. On ne rappelle plus le potentiel de réchauffement global du méthane. En plus de ces pollutions, l'exploitation *offshore* vire à l'hécatombe en cas d'accident. La catastrophe Deepwater Horizon dans le Golfe du Mexique en 2010, compte parmi la quinzaine d'accidents graves de ce type, depuis 1976 et le naufrage d'une plateforme dans ces mêmes eaux [53]. La catastrophe de Deepwater, survenue lors de forages à plus de 1500 mètres et considéré comme la pire fuite de l'histoire de l'industrie pétrolière, entraîna la mort de dizaines de milliers de mammifères marins, oiseaux, poissons, de même que des dommages sur la faune benthique [54].

## Le cadre international : entre prudence et convoitise

Mettre un terme à une activité industrielle lorsqu'elle est engagée est difficile et plus encore lorsque l'investissement de départ en capital est important, comme c'est ici le cas, même lorsqu'elle s'avère environnementalement préjudiciable. La coopération internationale est mobilisée pour faire émerger un cadre global de gouvernance et ne pas voir se répliquer un extractivisme anarchique et prédateur. Mais dans la période récente, un nombre croissant d'États dont la France se déclarent favorables à un moratoire, en prenant acte de la fragilité de la vie des grands fonds.

### **L'Autorité Internationale des Fonds Marins**

#### **Administrer le patrimoine commun de l'humanité**

S'il revient aux États de statuer sur le sort des grands fonds situés dans leur zone économique exclusive, c'est l'Autorité Internationale des Fonds Marins, basée à Kingston en Jamaïque, qui est en charge au-delà de ce périmètre, dans la Zone internationale des fonds marins dite la « Zone », qui regroupe au moins 50 % des fonds marins du globe [55]. La revendication de souveraineté par un État au-delà des 200 miles marins prévus par la zone économique exclusive est possible dans la continuité du plateau continental. Or, les grandes plaines abyssales, où se concentrent les nodules, débutent généralement là où s'effondrent les plateaux continentaux, elles font donc partie de la Zone et suivant son statut, aucun État ne peut se les approprier. L'Autorité Internationale des Fonds Marins émane du cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, signée en 1982 et ratifiée en 1994 [56]. Concrètement, le plancher océanique, son sous-sol et la haute mer, c'est-à-dire deux tiers des océans, échappent à la juridiction des États. Ainsi, l'Autorité Internationale des Fonds Marins a-t-elle autorité sur une partie de cet ensemble dont la Convention sur le droit de la mer consacre les ressources « patrimoine commun de l'humanité ». Elle bénéficie d'une reconnaissance par l'ONU et est seule habilitée à délivrer les permis d'exploration et d'exploitation, et accessoirement à les révoquer.

En France, c'est l'Ifremer qui est détenteur de contrats d'exploration, au nombre de deux. L'un porte sur les nodules polymétalliques dans la Zone de Clarion-Clipperton, l'autre sur les sulfures polymétalliques, en plein cœur de l'océan Atlantique le long d'une dorsale volcanique dite dorsale médio-atlantique. Les entreprises privées sont dans l'obligation de s'arrimer à un ou plusieurs parrains étatiques, à choisir parmi les 168 États-parties à la Convention sur le droit de la mer, qui sont autant de membres de l'Autorité Internationale des Fonds Marins (précisons que les États-Unis n'ont pas ratifié la Convention). À l'instar de la société canadienne The Metals Company (TMC), qui explore commercialement les fonds marins sous le mandat d'un pays tiers, à savoir l'État insulaire de Nauru dans le cadre du projet NORI (l'entreprise détient deux autres licences d'exploration sous l'égide du Royaume des Tonga et la République des Kiribati). TMC estime les revenus ajustés sur la durée de vie de l'exploitation à 85 milliards de dollars pour ce seul projet, soustraction faite des 8,5 milliards de dollars reversés à l'État de Nauru [57].

#### **Une institution pour protéger les grands fonds ?**

La nature unique de l'Autorité Internationale des Fonds Marins, chargée d'adresser la question d'une ressource située en dehors de toute juridiction nationale, amène la question des parties prenantes légitimes à réunir à la table des négociations, point qui présente souvent une large marge d'amélioration dans le cadre des processus de prise de décision traditionnels autour de l'environnement. On y attend généralement des organisations non gouvernementales, les ONG, qu'elles portent la voix de la société civile. Or, dans ce contexte particulier où les ressources sont un bien commun consacré par l'ONU, il est plus que souhaitable de prévoir une implication directe des individus [58]. Sans l'association du public, des décisions prises dans l'opacité de discussions à huis-

clos - quelle qu'en soit la teneur - auront peu de chance de générer l'adhésion du plus grand nombre.

Les missions de l'Autorité, sont à la fois de « réglementer, d'organiser et de promouvoir l'exploitation des ressources minières des fonds marins au-delà des limites de la juridiction nationale », mais en même temps, elle doit « protéger le milieu marin de tous les effets préjudiciables qui pourraient en résulter » [59]. C'est une tension peu soluble, puisque l'exploitation de ressources minières est *a priori* préjudiciable pour le milieu dans lequel elle tient place, même pour partie. Enfin, l'institution n'ayant pas autorité au-delà des fonds *stricto sensu*, son mandat est inopérant à l'heure de protéger les écosystèmes du reste de la colonne d'eau, qui seront inévitablement impactés par l'activité minière et le caractère diffus de ses pollutions. L'Autorité avait en 2022 attribué trente-et-un permis d'exploration à une grande variété de pays pour des durées de quinze ans, *via* des instituts scientifiques publics ou des entreprises privées, pour une superficie dépassant allégrement le million de km<sup>2</sup>. Elle n'avait jusqu'alors jamais refusé de permis.

Si ses fonds sont pour l'heure abondés par les États membres, l'objectif est l'autonomie des finances, via la ponction sur l'activité minière. L'autorité envisage de prélever un pourcentage d'exploitation par projet de l'ordre de 4 à 6 %, dépendamment de la valeur du minerai extrait et tout en se gardant le droit de faire évoluer cette dîme dans le temps [60]. Gouvernance et modalités de financement sont hérités d'une époque - prémisses de la conquête des abysses - durant laquelle la protection de l'environnement n'était pas prioritaire. Cet héritage continue d'inspirer ses dernières initiatives. Lors du premier volet de la session annuelle de l'organisation pour l'année 2022, une proposition de constituer un fonds de compensation environnemental [61], selon une logique de réparation de l'environnement *a posteriori* a été portée sans prendre en considération l'irréversibilité des dégâts. Enfin, bien que les permis distribués jusqu'à présent ne soient que d'exploration, il n'y a donc pas à proprement d'exploitation industrielle dans la Zone, ces contrats autorisent les tests miniers, qui endommagent l'environnement.

### Des dommages irréparables : l'illusion de la réparation

Une étude parue en 2016 dans la revue *Nature* a observé l'impact sur les écosystèmes de nombreuses simulations minières expérimentales, certaines récentes, d'autres vieilles de plusieurs décennies, dans la zone de Clarion-Clipperton [62]. Une première conclusion est que la densité de l'épifaune, autrement dit, les espèces benthiques, vivant au fond, est plus de deux fois supérieure dans le cas d'une couverture en nodules dense. Les nodules polymétalliques offrent une très grande hétérogénéité d'habitats, et ils accueillent une des communautés benthiques parmi les plus diversifiées de la plaine abyssale. On comprend donc l'importance des nodules pour la biodiversité, de même que la possibilité de valider l'impact de leur déplacement sur cette dernière [63]. Les résultats sont sans appel. Sur toutes les traces de drague étudiées, l'épifaune sessile, celle qui se fixe à un support, avait presque complètement disparue ou n'avait que très faiblement recolonisé les lieux sur les dragues historiques vieilles de 20 et 37 ans. L'épifaune mobile fond drastiquement, elle aussi. Ensuite, l'étude estime le temps de récupération en cas de dommage écologique de l'ordre de dizaines d'années - voire infini, le rythme de formation des minerais ne dépassant pas quelques millimètres par million d'années. Enfin et surtout, les facteurs propices à la présence de nodules de fort intérêt économique et en densité élevée pourraient bien être aussi ceux qui encouragent précisément la biodiversité locale. Des conclusions qui affaiblissent fortement la réparation comme méthode, puisqu'ils confirment l'impact irréversible du dragage et l'atteinte à la biodiversité conséquence de l'ablation de substrats solides. Il faut y ajouter la perturbation de l'environnement induite par l'altération des couches sédimentaires supérieures du fonds [64]. L'environnement benthique est très peu résilient aux perturbations.

### Quel avenir pour les grands fonds ?

Un engagement français tardif et incomplet

Les terres rares ainsi que de nombreuses autres ressources minérales, comme le cobalt ou le lithium, sont essentielles à la fabrication de produits de haute technologie, de biens de grande consommation, comme les smartphones et les véhicules électriques, d'équipements et infrastructures publiques, comme le solaire et l'éolien, mais aussi de matériel militaire. L'Union européenne est dépendante à 90 % des importations de ce genre, une relation commerciale déséquilibrée nouée de surcroît avec quelques grands pays producteurs seulement, comme le Mexique, le Chili, la Chine, la République Démocratique du Congo ou encore l'Afrique du Sud. On comprend la tentation pour la France, possédant une immense zone sous-marine richement dotée en ressources minérales, d'y développer l'extraction.

Toutefois le code minier français souffre de carences dans la prise en compte des grands fonds marins, véritable « vide juridique » [65], et la répartition des compétences entre l'État et les collectivités d'outre-mer quant aux ressources minérales est illisible, et rappelons que les richesses seraient immenses dans la zone économique exclusive polynésienne. Enfin, les exigences environnementales du code minier concernant les grands fonds sont similaires à celles qui s'appliquent à terre et ne sont pas adaptées aux spécificités du milieu : pas de mention des panaches de sédiments par exemple [66]. Malgré un travail intense des associations environnementales mais aussi des demandes exprimées par les entreprises pour une clarification urgente des règles, le Rapport sénatorial grands fonds qualifie la récente réforme du code minier d'« occasion manquée » de « clarifier un régime juridique largement lacunaire » [67]. Si le code minier français n'est pas lui-même protecteur des grands fonds, puisque l'exploration des ressources minérales des fonds marins n'est formellement interdite par aucune disposition de ce code minier, il est alors plus difficile d'apporter du crédit aux déclarations faites par la France dans le sens de la protection au niveau international [68].

En remontant la chronologie récente, un jalon important de la quête de visibilité par le sujet a été le Congrès mondial de la nature de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) à Marseille en septembre 2021. Un moratoire sur l'exploitation minière des grands fonds y est alors voté par plus de 60 % des États et agences étatiques présents [69], mais la France s'abstient. En février 2022 au *One Ocean Summit* à Brest elle poursuit sur sa ligne, à savoir : une exploration ambitieuse sera garante d'une exploitation raisonnée et le pays, considérée la taille de sa ZEE, ne peut rester sur le banc de touche. Une affirmation que l'on retrouve en filigrane dans le dernier rapport sénatorial sur le sujet : la France doit se tenir prête à opérer. Si ce n'est pas elle, d'autres s'en chargeront et ils seront moins soucieux de préoccupations environnementales [70]. Certes les auteurs concluent qu'il est prématuré de statuer sur la prospection et l'exploitation des ressources minières des grands fonds car, disent-ils, les connaissances manquent sur cet environnement et les écosystèmes qu'il abrite. Mais ils invitent à ne pas choisir l'immobilisme et proposent une feuille de route pour favoriser l'émergence d'une « base industrielle et technologique » qui puisse être disponible une fois les compétences scientifiques, techniques et juridiques réunies [71].

Suite à la prise de parole d'E. Macron le 7 novembre 2022 à la COP27, la France est officiellement positionnée sur l'interdiction de l'exploitation minière des grands fonds. Toutefois la vigilance reste de mise quant à la valeur de ce nouvel étendard français. Premièrement pour son caractère récent qui interroge sur la solidité des convictions affichées. Deuxièmement parce que la France rechigne encore à endosser ce rôle de leader dans la protection des océans qu'elle semble vouloir s'octroyer par ses déclarations successives [72]. Protéger les milieux marins commence d'abord par l'interdiction des techniques de pêche les plus destructrices, la lutte contre la surpêche, la défense de la pêche artisanale face à la pêche industrielle et la mise en place d'aires marines protégées (AMP) qui protègent vraiment, ce qui n'est aujourd'hui pas le cas : Bloom calcule une augmentation de l'effort de pêche des navires industriels dans les AMP de France métropolitaine de plus de 100 % entre 2015 et 2021, à 47,2 % de l'effort de pêche total [73] quand ces AMP ne comptent que pour

43,5 % de la ZEE de France métropolitaine. En outre, la « protection stricte » des AMP ne concerne que 0,005% des façades françaises Atlantique, de la Manche et de la Mer du Nord [74].

### Au niveau international, rien n'est encore joué

L'AIFM s'est réunie en 2023 avec notamment à l'ordre du jour la question des règles, réglementations et procédures (RRP), ou « Code minier » censé définir où, quand et comment exploration et exploitation devront avoir lieu. Adopté, ce code entérinerait la légalité de l'exploitation minière au-delà de l'exploration, ouvrant potentiellement la voie à la plus grande exploitation minière de l'histoire de l'humanité. C'est la notification de l'État insulaire de Nauru de sa volonté de démarrer l'exploitation minière qui a activé la règle de la CNUDM dite des « deux ans », imposant à l'AIFM la rédaction d'un code en ces bornes temporelles une fois le compte à rebours lancé. Les sessions annuelles de l'AIFM sont scindées en deux temps : la Commission juridique et technique (CJT) - critiquée pour l'opacité de son fonctionnement et son manque de prise en compte des enjeux environnementaux - se réunit la première dans l'année pour un travail d'expertise. Suivent ensuite deux semaines de débats au Conseil de l'AIFM, l'organe exécutif, puis enfin les discussions de son Assemblée, l'organe délibératif — en juillet 2023 pour la dernière session. Les conclusions du Conseil ont menées au report à 2024 des négociations ayant trait au code minier. Elles stipulent que l'exploitation ne saurait voir le jour sans un régime de règles claires en vigueur, et que l'institution entend poursuivre le travail de leur élaboration [75]. Ces conclusions relèvent d'un consensus minimal, et le débat sur le fond n'aura pas eu lieu : parmi les pays réticents à ouvrir le dialogue, la Chine qui, déjà en position dominante sur le marché des minerais et terres rares, voudrait sécuriser cette position et pour cela n'entend pas se priver de ce potentiel d'approvisionnement futur [76]. Face à ce bloc en faveur de l'exploitation, une coalition de pays voit ses rangs grossir, grâce au travail d'activistes de par le monde, mais reste timide. En janvier 2024, 24 pays s'étaient positionnés contre l'exploitation minière des océans, parmi lesquels la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Brésil, l'Espagne, le Chili ou encore le Mexique [77].

Si les discussions autour du code ont été repoussées, l'AIFM est désormais tenue en principe d'examiner les plans d'exploitation temporaires et potentiellement de les accepter, le délai des deux ans étant écoulé. L'activité minière se déroulerait alors selon la réglementation existante, autrement dit aucune. Témoignage d'une institution boiteuse, dont l'administration favorise les intérêts privés (comme démontré par le New York Times [78]), cette règle ne laisse que peu de choix sur le papier. Nauru pourrait légitimement faire valoir ce droit, devenu moyen de pression pour pousser à l'adoption d'un code. TMC se targuait en octobre 2022 d'avoir étrenné avec succès un système intégré de collecte de nodules, sous le regard bienveillant de l'AIFM [79]. Selon ses dires, l'entreprise envisagerait de déposer une requête auprès de l'AIFM en août 2024, que l'institution soit parvenue à proposer un jeu de règles ou non d'ici-là [80]. Il va sans dire que, comme les nombreux sommets du genre à venir, la prochaine édition de la Conférence de l'océan de l'ONU en 2025 (*UN Ocean Conference*, UNOC, organisée conjointement par le Costa Rica et la France) dépendra fortement de la suite des événements. Elle sera l'occasion, une fois encore, de faire gagner du terrain à l'alliance pour un moratoire et d'obtenir des engagements de la part de davantage encore d'États, voire de l'Union européenne où l'enjeu stratégique de la provenance des matières premières critiques ne devrait pas pouvoir éluder cette question [81]. Suite aux atermoiements de l'AIFM, l'urgence est plus palpable que jamais.

## L'avancée du moratoire et la position des ONG environnementales

### Le crédit international du moratoire

Un appel international à moratoire a déjà été signé par déjà 804 experts en science marine et en politique depuis 44 pays différents, ce qui prouve l'universalité de la préoccupation [82]. Selon eux, la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030) est l'occasion d'acquérir la connaissance sur les espèces affectées par les activités

minières en profondeur pour permettre la prise de décisions basées sur la preuve, une démarche particulièrement nécessaire face à l'ampleur de l'enjeu. De grandes entreprises multinationales et associations de pêche européennes appellent aussi au moratoire. Parmi les multinationales (Microsoft, General Motors, Google, BMW, Volvo, Samsung, etc.), certaines déclarent qu'elles écarteront de leurs chaînes d'approvisionnement les matières premières issues des grands fonds.

Le WWF porte l'initiative *No Deep Seabed Mining* et soutient le moratoire. « [L]es avantages intrinsèques à long terme d'un océan sain dépassent de loin les incitations à court terme offertes par l'exploitation minière des grands fonds marins », dit l'un de ses responsables [83]. Greenpeace, dans un rapport de 2019, appelle également à un moratoire immédiat en suivant le principe de précaution et l'approche écosystémique. Elle y soutient la création d'un réseau d'aires marines protégées couvrant au moins 30 % des océans d'ici à 2030 où toute activité extractive est bannie, et la signature d'un traité global pour les océans qui soit un cadre de protection général (Global Ocean Treaty).

Si les discussions d'août 2022 à l'ONU avaient échoué à faire émerger un tel texte (*UN High Seas Treaty* ou *BBNJ Treaty pour Biodiversity Beyond National Jurisdiction*), les négociateurs se sont finalement entendus le 4 mars 2023 après plus de quinze années de tractations. L'accord prendra effet à une date ultérieure (tandis qu'au moins 60 États l'auront ratifié), mais son contenu est désormais figé. Il s'articule autour du principe de l'équitable répartition des fruits de l'océan entre les nations (notamment son « *matériel génétique* ») et prévoit aussi la prise en compte des savoirs autochtones, sans toutefois statuer sur l'extraction minière des ressources des grands fonds. Bien qu'historique, il est de facto un traité incomplet [84]. Il permettra toutefois de remédier au très faible degré de protection des océans (8 %) et en particulier des eaux internationales (1,2 %, tandis qu'elles couvrent plus de 90 % des océans). Il créera sa propre « *conférence des parties* », dont les membres proposeront la création d'aires marines protégées. Il rend ainsi plus tangibles les objectifs de la quinzième Conférence des parties (COP15) de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB), achevée le 19 décembre 2022 à Montréal. L'accord qui en résulte (*Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, GBF*) [85] prévoit 30 % d'aires terrestres et 30 % d'aires marines protégées d'ici à 2030, ainsi que 30 % de restauration d'écosystèmes terrestres et maritimes dégradés sur la même période. Dans ces négociations comme dans celles mentionnées plus haut, la question économique a pris une large place : la création d'un fonds permettra de flécher les capitaux vers les pays les moins dotés afin de rendre réaliste ces protections massives. Reste à voir si les pays qui se sont engagés à le faire, l'abonderont correctement.

Selon une ligne de défense qui fait son chemin, freiner la conquête minière des fonds marins permettrait de préserver un grand nombre d'espèces encore inconnues - ou à peine approchées - au motif que leurs propriétés uniques pourraient offrir à la science des avancées spectaculaires (santé, matériaux, etc.). Suivant une logique anthropocentriste, cet argumentaire raisonne en termes d'opportunité de développement et dans un contexte de pensée techniciste dominante, il pourrait bien porter ses fruits. Mais la protection des grands fonds marins se nourrit d'abord d'une lutte désintéressée pour la biodiversité. Elle doit être le renoncement concerté de l'espèce humaine à coloniser ce qui constitue sans doute le dernier milieu naturel demeuré résolument libre de son influence, pour permettre au vivant de s'y maintenir. À ce titre, les enjeux de savoir et de compréhension sont fondamentaux. Porter à connaissance du grand public l'existence d'une vie sous-marine riche et diversifiée, aussi étonnante que fragile, est nécessaire et urgent. Les actions politiques concrètes devront ensuite prendre le pas pour sanctuariser ces écosystèmes.

## Conclusion

Dans l'état actuel des connaissances, l'exploitation minière des grands fonds est incompatible avec la volonté affichée par de nombreux États de stopper la perte de biodiversité [86]. Il reste tant à découvrir des grands fonds : l'Ifremer estime à 5 % la portion répertoriée de la biodiversité qu'ils accueillent. C'est la prudence imposée jusqu'à présent aux industriels qui explique que l'exploitation n'ait pas débuté. Pourtant diverses études scientifiques portent la preuve d'atteintes environnementales profondes et durables des activités minières. L'attribution de concessions minières pourrait aussi entraîner des conflits d'usage, comme dans l'Atlantique nord-est où elles chevauchent des zones de pêche. L'exploitation minière impliquerait la réduction de l'espace disponible à la pêche, donc de moindres prises et l'appauvrissement des pêcheries [87].

L'effort prospectif pour l'exploitation minière génère certes des connaissances sur les écosystèmes, comme l'affirment les compagnies concernées, mais la finalité de l'accumulation de ce savoir reste l'exploitation minière, dommageable à l'environnement local. Il est donc essentiel de développer les connaissances scientifiques en amont pour envisager les liens entre protection de l'environnement et enjeux économiques dans une approche globale et de moyen terme, et non plus au fil de l'eau. Or l'AIFM a d'abord été pensé pour mettre en œuvre l'exploitation dans la portion de l'océan hors de la juridiction des États. Dans ces statuts, on trouve dès l'origine une préoccupation pour la juste répartition des fruits de l'exploitation entre tous les pays et non la protection de l'environnement. Cette prérogative est venue s'ajouter par la suite. Il est donc essentiel de revoir les missions et la manière de les exercer de cet organisme, compte tenu de l'urgence écologique. Les conséquences en cascade des perturbations de l'équilibre des grands fonds pourraient en effet s'avérer colossales, pour la biodiversité, la chaîne alimentaire donc l'alimentation humaine (la pêche pourrait être impactée) et le climat.

## Annexe. Une estimation de la production

Au beau milieu de l'océan Pacifique, l'AIFM administre la zone Clarion-Clipperton (en anglais CCZ), où la concentration en champs de nodules est la plus élevée au monde [88]. Cette zone concentre aujourd'hui tous les regards [89]. Pour l'heure, l'Autorité y a délivré 18 permis d'exploration, tous sous patronage officiel d'un État ou d'une coalition d'États [90] et d'une superficie de 58 000 km<sup>2</sup> à 75 000 km<sup>2</sup> pour la plupart [91]. La CCZ couvre un immense 4,5 millions de km<sup>2</sup> : le périmètre d'un contrat correspond à 1,7 % de ce tout. Pour un contrat, les estimations de production généralement décrites dans la littérature sont de 1,5 à 3 millions de tonnes de minerais par an [92]. Prenons le chiffre de 1,5 millions de tonnes : il équivaudrait à une production de 16 500 tonnes de nickel, 360 000 de manganèse, 1 500 de cobalt et 15 600 de cuivre [93]. À titre de comparaison, et bien que ces données varient fortement selon les modèles (de batterie et de voiture), une batterie automobile lithium-ion contient environ 35 kg de nickel, 20 kg de manganèse, 14 kg de cobalt et 8 kg de lithium. La production annuelle d'une seule concession de la CCZ suffirait donc à fournir plus de 400 000 voitures électriques en nickel, 18 millions en manganèse et plus de 100 000 en cobalt. Enfin, un rapide calcul permet de se représenter le revenu dégagé par l'exploitation : sur la base des valeurs de marché au 31/11/2021 [94], il approcherait les 2 milliards de dollars annuels.

Dans un monde en phase avec les objectifs de l'Accord de Paris [95], la production de véhicules électriques expliquent 50 à 60 % de la demande en métaux en 2050. La transition énergétique annoncée est surtout synonyme d'intensification de l'activité minière. Tous ces éléments mis bout à

bout nous invite à repenser notre rapport à la mobilité : la multiplication de l'offre de SUV électriques et de véhicules électriques haut de gamme n'est certainement pas la juste façon d'envisager la baisse des émissions de gaz à effet de serre (l'intérêt environnemental d'une batterie de capacité supérieure à 60 KWh n'est pas garanti, dit l'ADEME [96] ), ni l'endigement de notre impact sur les écosystèmes [97].

## Notes

[1] Les énergies renouvelables se caractérisent par une très forte intensité matière. Voir Mark P. Mills, « *Mines, Minerals, and “Green” Energy : A Reality Check* », Report, Manhattan Institute, 9 juillet 2020, cité par Stéphan Aurore, « *Transition énergétique : une nécessaire intégration des impacts environnementaux de l'industrie minière* », *Revue internationale et stratégique*, 2022/4 (N° 128), p. 95-103. DOI : 10.3917/ris.128.0095. URL : <https://www-cairn-info.icp.idm.oclc...>

[2] Suivant le scénario de développement durable (SDD) du *World Energy Outlook* de l'Agence internationale de l'énergie, basé sur l'hypothèse d'émissions nettes nulles à horizon 2050 (une ligne d'arrivée commune à la plupart des pays). IEA (2020a), *World Energy Outlook 2020*, <https://www.iea.org/reports/world-e...> À lire dans : AIE, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report*, Paris, IEA Publications, mai 2021, cité à nouveau par Stéphan Aurore, « *Transition énergétique...* », art. cit.

[3] Plus le temps avance, plus les teneurs diminuent, et plus les impacts (sociaux, environnementaux) de la mine augmentent, dit A. Stéphan, ingénieure géologue minière. En d'autres termes malgré les progrès techniques réalisés au cours du temps, les consommations d'eau, d'énergie et de réactifs croissent sans cesse, à mesure que les gisements accessibles facilement et les plus riches en minéraux s'amenuisent.

[4] Théodore MONOD. *Bathyfolages* (1948-1954). Éditions René Julliard, Collection La Croix du Sud, 1954.

[5] La ZEE est la zone marine sur laquelle un pays peut faire valoir des droits et des devoirs souverains. Définie par l'ONU lors de l'adoption de la Convention de Montego Bay en 1982, c'est la zone qui s'étend depuis la ligne de base du territoire national émergé jusqu'à 200 miles marins au large (370 kilomètres) et en l'absence d'autre rivage. Le principe de l'équidistance prévaut en cas de contiguïté avec un autre rivage. De plus, un État peut exercer cette compétence au-delà des 200 miles sur le plateau continental avec dépôt d'un dossier auprès de la Commission des Limites du Plateau Continental (CLPC), en charge à l'ONU. La France opère ses demandes via le programme d'extension national EXTRAPLAC (EXTension RAisonnée du PLATEau Continental).

[6] Après extension de 150 000 km<sup>2</sup> des territoires sous-marins liés à l'île de la Réunion et aux Terres australes et antarctiques en 2020. En 2015, la France avait procédé à une première extension de 579 000 km<sup>2</sup> au large de la Martinique, des Antilles, de la Guyane, de la Nouvelle-Calédonie et des îles Kerguelen. « La France étend son territoire sous-marin dans l'océan Indien », *Les Échos*, le 11 juin 2020.

[7] Fondation de la Mer. Les grands fonds marins. Quels choix stratégiques pour l'avenir de l'humanité ? 2022. <https://www.fondationdelamer.org/wp...>

[8] Ibid.

[9] Ibid.

[10] Le terme de biosphère, apparu en 1875 sous la plume du géologue Eduard Suess (La Formation des Alpes), désigne l'ensemble des organismes vivants de l'ensemble de la planète, comprenant toutes ses strates et ses couches, et donc la totalité des écosystèmes de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère.

[11] Selon Julian Barbière, en charge de la recherche scientifique marine à l'UNESCO, cité ici : « *How the 'blue acceleration' is supercharging ocean exploitation* », Graham Lawton, New Scientist, le 20 Avril 2022. <https://www.newscientist.com/articl...>

[12] Au point le plus profond de l'océan, la fosse au large des îles Mariannes dans le Pacifique (Challenger Deep), elle est supérieure à 1000 fois celle de la surface.

[13] Voir HESSLER (R. R.) & SANDERS (M. L.), "*Faunal diversity in the deep-sea*", Deep-Sea Research 14, 1967, pp. 65-78, cité par MENOT Lénaïck, « *Ressources minérales, risques environnementaux et stratégies de gestion de la biodiversité : l'exemple des zones à nodules du Pacifique Nord-est* », Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 2017/1 (N° 85), p. 35-39.

[14] Pour le cas des hydrocarbures, dans des dépôts ou des gisements exploités ou en état de l'être. Voir <https://www.connaissancedesenergies...>

[15] Pour les hydrocarbures, les réserves sont d'environ le quart des ressources, selon l'Agence internationale de l'énergie (AEI).

[16] Voir AMON, Diva J., LEVIN, Lisa A., METAXAS, Anna, et al. *Heading to the deep end without knowing how to swim : Do we need deep-seabed mining ? One Earth*, 2022, vol. 5, no 3, p. 220-223.

[17] Voir MARGHELIS, Aris. *L'exploitation minière des fonds marins. Où en sommes-nous réellement ?*, Neptunus, 2019.

[18] La pêche au chalut de fond (ou chalut démersal) est peut-être la pire des techniques de pêche d'un point de vue environnemental. Elle consiste à racler le fond et ne permet pas d'opérer un ciblage précis des espèces - voire aucun - car l'ensemble de l'écosystème, incluant les coraux ou les éponges, est souvent arraché par le filet.

[19] Cependant, l'interdiction concerne une zone à la superficie bien inférieure à ce que requerrait

Bloom, un manque d'ambition dans la protection de l'environnement à mettre notamment sur le dos du lobby espagnol de la pêche industrielle. De plus, l'avis scientifique initial portait sur une urgence à légiférer au-delà de 400 m, ce que, dans leur bras de fer contre les lobbies industriels, les ONG ne sont pas parvenues à obtenir.

[20] <https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/>

[21] VERNE, Jules. *Vingt mille lieues sous les mers*. Domaine public, 1871.

[22] Située dans le Pacifique nord-est, cette zone est majoritairement comprise entre les fractures de Clarion et de Clipperton. La totalité des concessions d'exploration qui s'y trouvent, délivrées par l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM), totalisent une superficie comparable à celle de l'Union européenne. La zone serait gigantesquement riche, de quelques 21 milliards de tonnes de nodules, qui recèlerait trois fois le cobalt et six mille fois le thallium de l'intégralité des ressources terrestres connues, et encore de grandes quantités de manganèse et de nickel (Fondation de la Mer).

[23] Pour preuve, les informations qui suivent sont détaillées sur le site de *The Metals Company*, un mastodonte du secteur. [https://metals.co/frequently-asked-...](https://metals.co/frequently-asked-questions/)

[24] C'est principalement l'industrie des catalyseurs qui a recourt au platine (piles à combustible ou pots d'échappement). [https://www.geo-ocean.fr/Expertise/...](https://www.geo-ocean.fr/Expertise/)

[25] Le cobalt est essentiel à la fabrication d'aciers spéciaux utilisés pour les nouvelles technologies tels que les alliages des batteries et ceux de l'aviation. Ibid.

[26] Puisque la technologie nécessaire à son extraction est aussi la plus mature. « *How the 'blue acceleration' is super-charging ocean exploitation* », New Scientist, art. cité.

[27] À titre de comparaison, en Mer du Nord où le pétrole est extrait depuis les années 1960, la profondeur est de 90 m en moyenne et n'excède jamais 700 m. Extraire le pétrole à plusieurs kilomètres sous la surface est un défi d'une toute autre envergure.

[28] Le terme d'*offshore* profond désigne une activité comprise entre 400 et 1500 m de profondeur. Au-delà, on parlera d'*offshore* ultra-profond. GUILLAUME, Jacques. Les énergies *offshore* à la rencontre de la haute mer. Bulletin de l'association de géographes français. Géographies, 2013, vol. 90, no 90-4, p. 472-486.

[29] Au rythme actuel de l'expansion de la demande, les réserves continentales de platine, d'argent ou encore de zinc seront bientôt tarées. [https://multimedia.ademe.fr/infogra...](https://multimedia.ademe.fr/infogra/)

[30] World Bank Group. 2017. The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. World Bank, Washington, DC. © World Bank. [https://openknowledge.worldbank.org/...](https://openknowledge.worldbank.org/) License : CC

BY 3.0 IGO.

[31] OLIVET, Cecilia, GARGANERA, Jaybee, SEVILLA, Farah, et al. Abandon de souveraineté aux Philippines : accords de libre-échange et mines. Accords de libre-échange, 2017, vol. 24, p. 88. Précisons que les mécanismes de règlement de différends entre investisseurs et États (RDIE, ou ISDS pour *Investor-State Dispute Settlement*) donnent la possibilité aux investisseurs de s'engager dans un bras de fer contre le pays avec qui ils sont liés par contrat s'ils estiment que la loi en vigueur les ampute de leurs profits. Toutefois, les nombreuses contestations de la société civile et des États ont vu décroître la prévalence de ces mécanismes dans le commerce international. « [I]l existe dans la société civile un large consensus à l'encontre des mécanismes de RDIE et [...] la tendance générale actuelle est à la suppression de ces clauses des accords internationaux », notent Vera Weghman et David Hall. WEGHMANN Vera, HALL David, « Les mécanismes de règlement des différends entre investisseurs et États : une économie politique changeante », *Revue Internationale des Sciences Administratives*, 2021/3 (Vol. 87), p. 501-518. DOI : 10.3917/risa.873.0501.

[32] <https://www.mining.com/web/norways-...>

[33] ROUZÉ, Michel. *Le ramasseur de nodules*. Raison présente, 1986, vol. 80, no 1, p. 146-146.

[34] <https://perspectives-cblacp.eu/reco...>

[35] Google, Apple, Facebook, Amazon contrôlent  $\frac{3}{4}$  des infrastructures et les « BATX » chinois (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi) prennent à leur tour des parts de marché.

[36] « *Los cables submarinos, un asunto de Estados* », Charles Perragin et Guillaume Renouard, *Le Monde diplomatique en español*, juin 2021. <https://mondiplo.com/los-cables-sub...>

[37] Auditions au Sénat dans le cadre de l'étude sur la place des outre-mer dans la stratégie maritime nationale, le 13/01/2022. <https://videos.senat.fr/video.27004...>

[38] Voir SARRADIN, Pierre-Marie, et alt., « *Les impacts environnementaux...* » op. cit.

[39] <https://wwz.ifremer.fr/Espace-Press...>

[40] Le son se déplace plus rapidement encore dans l'eau que dans l'air et il se répercute sur le fond, suivant les lois acoustiques.

[41] « *Comment gérer le problème du bruit marin ?* », Héloïse Berkowitz et Hervé Dumez, le 2 avril 2017, *The Conversation*. <https://theconversation.com/comment...>

[42] Voir BERKOWITZ, Héloïse et DUMEZ, Hervé. *Racket in the Oceans*. 2017. Thèse de doctorat. i3-Centre de Recherche en Gestion (École polytechnique-CNRS) ; Observatoire de l'Innovation Responsable (Mines ParisTech).

[43] « Les mers ont des oreilles », Daphnée Lepoiteux, le 19 septembre 2016, [lejournald.cnrs.fr](https://lejournald.cnrs.fr/articles/...)  
<https://lejournald.cnrs.fr/articles/...>

[44] MENOT, Lénaïck. « Ressources minérales, risques environnementaux... », op. cit.

[45] LE QUÈRE C. et al., 2014 - *Global Carbon Budget*. *Earth Syst. Sci. Data Discuss.*, 7, 521-610.

[46] Voir BOPP et al. L'océan, pompe à carbone. [ocean-climate.org](https://ocean-climate.org), 2019.  
<https://ocean-climate.org/wp-content...>

[47] Elle désigne la manipulation à très large échelle, jusqu'à celle de la planète, des processus géologiques, géochimiques et climatiques avec pour objectif de modifier les conditions environnementales afin de contrecarrer le changement climatique d'origine anthropique. Elle prétend séquestrer ou retirer le carbone de l'atmosphère, ou atténuer le rayonnement solaire par ensemencement de la haute atmosphère, posant ainsi de nombreuses questions d'ordre technique, environnemental, juridique et géopolitique.

[48] CHENG L., ABRAHAM J., HAUSFATHER Z. and TRENBERTH K. E., 2019 - *How Fast Are the Oceans Warming ?* *Science*, 363, 128-129. <https://www.science.org/doi/10.1126...>

[49] SPEICH, Marina. L'océan, réservoir de chaleur. [ocean-climate.org](https://ocean-climate.org), 2019.  
<https://ocean-climate.org/wp-content...>

[50] Selon les mots de Lénaïck Menot, « *Ressources minérales, risques environnementaux...* », op. cit

[51] Voir Cuyvers L., et al. (2018). *Deep seabed mining...* (art. cité), cité dans le rapport « *In deep water : The emerging threat of deep sea mining* », Greenpeace, 2019.  
<https://www.greenpeace.org/static/p...>

[52] Les fuites de méthane générées régulièrement par l'activité pétrolière et gazière offshore pourraient être à l'origine de l'augmentation rapide de la présence de ce gaz dans l'atmosphère. Des fuites de ce genre ont même pu être observées depuis l'espace. On ne rappelle plus le potentiel de réchauffement global de ce gaz.

[53] GUILLAUME, Jacques. *Les énergies offshore à la rencontre de la haute mer*, op. cit.

[54] SCHWING, Patrick T., MONTAGNA, Paul A., JOYE, Samantha B., et al. *A synthesis of deep benthic faunal impacts and resilience following the Deepwater Horizon oil spill*. *Frontiers in Marine Science*, 2020, vol. 7, p. 560012.

[55] <https://www.un.org/fr/chronicle/art...>

[56] Si la CNUDM décrit les tâches de l'AIFM dès 1982, ses missions seront finalement formalisées par l'Accord relatif à la mise en œuvre de la Partie XI de la CNUDM (concernant la Zone) adopté le 28 juillet 1994, et entrée en vigueur le 28 juillet 1996. On datera donc l'existence légale de l'AIFM à 1994.

[57] Cerise sur le gâteau, cette somme ne compterait que pour 22 % du total auquel TMC peut prétendre, compte-tenu des trois projets sur lesquels l'entreprise est positionnée.

<https://www.cNBC.com/2023/03/27/dee...>

[58] Voir MENINI, Elisabetta, CHAKRABORTY, Anindita, et ROADY, Stephen E. *Public participation in seabed mining in areas beyond national jurisdiction : Lessons learned from national regulators in the terrestrial mining sector*. Marine Policy, 2022, vol. 146, p. 105308.

[59] <https://wwz.ifremer.fr/Expertise/Ma...>

[60] <https://www.zonebourse.com/actualit...>

[61] C'est ce que relève la Fondation de la Mer. *Les grands fonds marins*. op. cit., p. 36.

[62] Voir VANREUSEL, Ann, HILARIO, Ana, RIBEIRO, Pedro A., et al. *Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna*. Scientific reports, 2016, vol. 6, no 1, p. 1-6.

[63] Les résultats sont sans appel. Sur toutes les traces de drague étudiées, l'épifaune sessile (qui se fixe à un support) avait presque complètement disparue, ou n'avait que très faiblement recolonisé les lieux sur les dragues historiques vieilles de 20 et 37 ans. L'épifaune mobile fond drastiquement elle aussi.

[64] Ce qui entraîne la resuspension des particules, leur resédimentation (redistribution) et la modification des conditions physico-chimiques du fond au-delà de la zone concernée via le déplacement des particules par les courants. Tout cela a des effets considérables sur l'environnement benthique. Voir SHARMA, Rahul, NATH, B. Nagender, PAR-THIBAN, G., et al. *Sediment redistribution during simulated benthic disturbance and its implications on deep sea-bed mining*. Deep Sea Research Part II : Topical Studies in Oceanography, 2001, vol. 48, no 16, p. 3363-3380.

[65] Rapport d'information de M. Teva ROHFRITSCH, op. cit. p. 39

[66] Ibid, p.43.

[67] En avril 2022, quatre ordonnances publiées par le Gouvernement ont modifié le régime juridique de l'exploitation minière. Toutefois, « [l]es modifications concernant l'exploration et l'exploitation des fonds marins sont cependant marginales et maintiennent les activités de recherche

et d'éventuelle exploitation des fonds marins dans un environnement juridique imprécis. » Rapport d'information de M. Teva ROHFRITSCH, *ibid.* p.40.

[68] Un point soulevé par Bloom et Greenpeace, rapporté ici : « Fonds marin : Emmanuel Macron se prononce contre leur exploitation », Félix Gouty, le 1 juillet 2022, [actu-environnement.com](https://actu-environnement.com).

[69] <https://www.iucncongress2020.org/fr...>

[70] Rapport d'information de M. Teva ROHFRITSCH, *op. cit.* p. 12

[71] Notons que la feuille de route prévoit d'accroître la vigilance environnementale par la constitution de normes, d'un processus de contrôle et d'un conseil scientifique, et recommande des débats parlementaires transparents.

[72] <https://bloomassociation.org/consei...>

[73] <https://bloomassociation.org/wp-con...>

[74] CLAUDET, Joachim, LOISEAU, Charles, et PEBAYLE, Antoine. *Critical gaps in the protection of the second largest exclusive economic zone in the world*. *Marine Policy*, 2021, vol. 124, p. 104379.

[75] « Entre appétits extractifs et biodiversité, l'avenir des fonds marins au cœur de tensions », Pierre-Yves Cadalen et Tiago Pires da Cruz, *The Conversation*, le 20 août 2023  
<https://theconversation.com/entre-a...>

[76] « Fonds marins : la Chine veut rafler tous les minerais », Laurène Lavocat, le 30 octobre 2023, Reporterre  
<https://reporterre.net/La-Chine-a-l...>

[77] <https://savethehighseas.org/voices-...>

[78] <https://www.nytimes.com/2022/08/29/...>

[79] L'entreprise, très confiante dans le fait de s'y voir autorisée, vise le début de la production début 2024.

[80] <https://savethehighseas.org/2023/11...>

[81] « *Est-il encore temps d'empêcher l'exploitation minière des fonds marins ?* », Chloé Maurel, le 29 octobre 2023, *The Conversation*.

[82] <https://www.seabedminingsciencestat...>

[83] Cité ici : « La stratégie du gouvernement pour exploiter les grands fonds marins », Laurent Radisson, le 13 octobre 2021, actu-environnement.

[84] « Ce que prévoit le traité sur la haute mer, étape historique dans la protection des océans », Martine Valo, le 10 mars 2023, Le Monde.

[85] <https://www.cbd.int/article/cop15-c...>

[86] AMON, et al. *Heading to the deep end without knowing how to swim : Do we need deep-seabed mining ?* op. cit. p. 4. À commencer par le Cadre mondial pour la biodiversité pour l'après 2020 de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, qui vise le « zéro perte nette » de biodiversité en 2030, le maintien de l'intégrité des écosystèmes d'eau douce, marins et terrestres et le rétablissement de la biodiversité d'ici 2050. <https://www.cbd.int/doc/c/a0fc/1919...> S'ajoutent à cela les objectifs de l'accord de Kunming-Montréal, dont nous avons évoqués les chiffres phares.

[87] Voir Levin, L.A., Wei, C.-L., Dunn, D.C., Amon, D.J., Ashford, O.S., Cheung, W.W.L., Colaço, A., Dominguez-Carrió, C., Escobar, E.G., Harden-Davies, H.R., et al. (2020). *Climate change considerations are fundamental to management of deep-sea resource extraction*. *Global Change Biol.* 26, 4664-4678. 10.1111/gcb.15223, et AMON, et al. *Heading to the deep end without knowing how to swim...* op. cit.

[88] <https://www.pewtrusts.org/-/media/a...>

[89] Qui plus est selon certaines estimations, 90 % des espèces collectées dans la zone sont nouvelles pour les scientifiques. *Managing Impacts of Deep Sea Resource Exploitation, "Biodiversity in the Clarion-Clipperton Zone,"* <http://eu-midas.net/sites/default/...>

[90] <https://www.isa.org.jm/exploration-...>

[91] Cuyvers, L., Berry, W., Gjerde, K., Thiele, T. and Wilhem, C. (2018). *Deep seabed mining : a rising environmental challenge*. IUCN and Gallifrey Foundation.

[92] VAN NIJEN, Kris, VAN PASSEL, Steven, et SQUIRES, Dale. *A stochastic techno-economic assessment of seabed mining of polymetallic nodules in the Clarion Clipperton Fracture Zone*. *Marine policy*, 2018, vol. 95, p. 133-141.

[93] Ces chiffres s'appuient sur la teneur en métaux des nombreux échantillons collectés dans les zones sous permis d'exploitation. SHARMA, Rahul. *Deep-sea mining : Economic, technical, technological, and environmental considerations for sustainable development*. 2011.

[94] Ces données n'ont qu'une valeur indicative, puisqu'elle se basent sur un jour précis et non un prix moyen annuel. Elles permettent toutefois de disposer d'un ordre de grandeur.

<https://mailchi.mp/84fff149fd3f/202...>

[95] Suivant le scénario SDD de l'Agence Internationale de l'Énergie (AEI), évoqué en introduction

[96] *Lire l'Avis Voitures Électriques et Bornes de Recharge de l'ADEME.*

<https://presse.ademe.fr/2022/10/mon...>

[97] « Automobile : une électrification déphasée », Stéphane Lauer, Le Monde, le 10 janvier 2023. S. Lauer écrit que « la mutation (du secteur automobile du thermique vers l'électrique) est en train de se transformer en orgie technologique ». Pour preuve, il n'y a qu'à voir les têtes de gondole de tous les derniers salons automobiles, qui montre bien le déphasage des fabricants européens et étatsuniens en particulier.