

> Pour les récolter, les industriels imaginent des machines capables de travailler à ces profondeurs. Ces engins avanceraient lentement sur le plancher océanique en aspirant la couche supérieure qui contient les nodules, opération qui s'accompagnerait du relargage vers l'arrière d'un important nuage de sédiments. Les nodules remonteraient sur de grands navires par des tuyaux de plusieurs kilomètres de long. En triant le matériel prélevé, on obtiendrait des millions de nodules par jour. Les sédiments restants seraient renvoyés dans la mer où ils formeraient cette fois un nuage plongeant.

Quel impact une telle activité aura-t-elle sur les organismes vivant sur le plancher océanique et dans la colonne d'eau? On comprend désormais mieux l'expérience décrite au début.

UNE DEMANDE CROISSANTE

Les mines terrestres à fortes teneurs commencent à s'épuiser. Pourtant, la demande ne fait qu'augmenter, du fait de l'accroissement démographique, de l'urbanisation, du développement rapide de technologies dépendant de certains métaux.

On estime par exemple que la demande mondiale annuelle de nickel – environ 2 millions de tonnes actuellement – devrait augmenter de 50% d'ici à 2030. Les gisements terrestres en contiendraient encore environ 76 millions de tonnes. Or, à elle seule, la zone de fracture de Clarion-Clipperton, c'est-à-dire la plaine abyssale s'étendant de Hawaï à la Basse-Californie, en contient à peu près autant! Pour le cobalt, la situation est similaire: les réserves terrestres sont évaluées à environ 7 millions de tonnes, mais les nodules de cette même zone de fracture en contiennent autant voire plus. C'est pourquoi plusieurs entreprises, telles que la GSR (la société belge *Global Sea Mineral Resources*) ou la société anglaise *UK Seabed Resources*, se tournent vers l'exploitation minière en mer profonde, qu'elles espèrent moins coûteuse à terme.

Simultanément, certains pays disposant de peu de ressources minérales terrestres, comme le Japon et la Corée du Sud, veulent déjà prospecter les océans à la recherche de gisements. Ils ont donc commencé par explorer leur zone économique exclusive (ZEE). En septembre 2017, la Jomsec (*Japan Oil, Gas and Metals National Corporation*) a ainsi effectué dans les eaux territoriales nippones l'un des premiers essais à grande échelle. Une excavatrice prototype a récolté des tonnes de zinc et d'autres métaux en plusieurs endroits situés à 1 600 mètres de profondeur, au large d'Okinawa.

LA PLUPART DES PROJETS D'EXTRACTION EN EAU PROFONDE CONCERNENT LES NODULES POLYMÉTALLIQUES

De petites nations insulaires, comme les Tonga et les Îles Cook, ont des ressources trop limitées pour développer elles-mêmes une telle industrie. Elles négocient donc des droits d'exploitation minière à l'intérieur de leurs zones économiques exclusives. S'agissant du plancher océanique sous-jacent aux eaux internationales, c'est l'Autorité internationale des fonds marins, ou AIFM (ISA en anglais), communément appelée l'«Autorité», qui l'administre depuis Kingston, en Jamaïque. Pour le moment, l'Autorité a accordé 28 permis d'exploration à des organismes de 20 pays.

Pendant que les entreprises prospectent les ressources, les chercheurs s'efforcent d'en savoir le plus possible sur les éventuels effets destructeurs de la nouvelle industrie et de déterminer dans quelle mesure on pourrait les réduire. Des gouvernements, des industriels, l'AIFM, des universités et des organismes scientifiques (en France, l'Ifremer et le CNRS) s'associent afin de lancer et de mener les projets de recherche nécessaires.

Trois types de gisement sont prometteurs. Le premier est celui des «amas sulfurés». Il s'agit d'accumulations de sulfures métalliques (FeS_2 , PbS , Au_2S_3 ...) créées par les sources hydrothermales présentes sur les dorsales océaniques, ces longues chaînes volcaniques sous-marines qui marquent la frontière entre deux plaques tectoniques. Les amas sulfurés contiennent des masses notables de zinc, de plomb et d'or. La Papouasie-Nouvelle-Guinée a accordé à la société canadienne *Nautilus Minerals* un permis d'extraction de ces sulfures sur le site hydrothermal inactif de Solwara 1. De son côté, l'AIFM a émis sept permis d'exploration sur des sites d'anciennes sources hydrothermales se trouvant dans les eaux internationales. Les scientifiques ont, eux, demandé un moratoire pour les sites actifs, afin de protéger leurs écosystèmes uniques.

Le deuxième type de gisement intéressant est celui des encroûtements cobaltifères. Le contact entre les courants marins et les flancs ou sommets de montagnes sous-marines entraîne en effet la précipitation des métaux contenus dans l'eau de mer. Cela finit par créer des amas considérables: même s'ils ne grossissent que de quelques millimètres par million d'années, ils finissent par atteindre des épaisseurs de 5 à 10 centimètres.

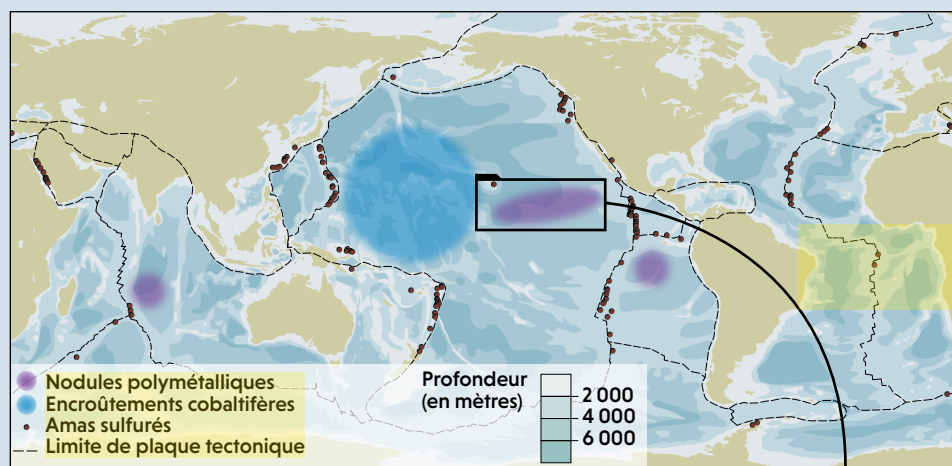
Outre du cobalt, ces amas contiennent du nickel et d'autres métaux intéressants. L'AIFM a émis quatre permis d'exploration pour l'Ouest du Pacifique, mais l'extraction de ces encroûtements cobaltifères sera un défi: il est difficile de les arracher au substrat rocheux, tandis que

CHASSE AU TRÉSOR

De nombreux pays et entreprises exploitent les fonds marins peu profonds à la recherche de pétrole, de sable et de diamants. Nombre d'entre eux se sont aussi mis à prospecter

les grands fonds à la recherche de métaux critiques, tels le nickel et le cobalt. Les chercheurs ont cartographié dans les eaux internationales trois types de gisement qui semblent particulièrement

prometteurs (régions colorées). Sur le plan économique, ce sont les nodules polymétalliques, que l'on nomme aussi des nodules de manganèse, qui pourraient être les plus intéressants.

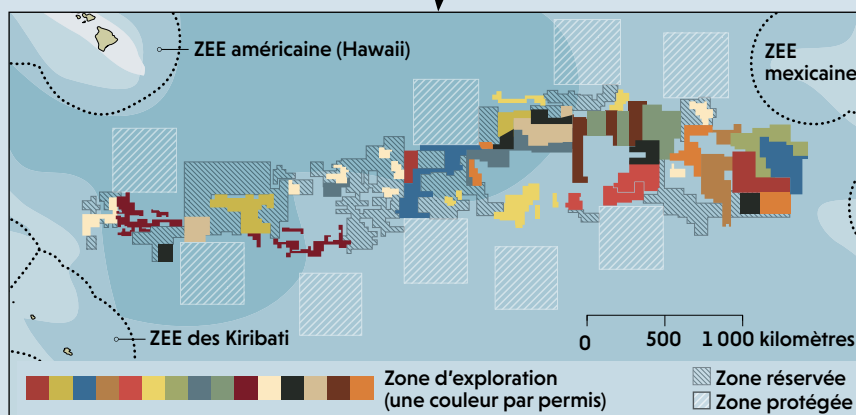


CONCENTRATIONS MÉTALLIQUES DANS LES FONDS MARINS

L'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) réglemente l'exploitation minière dans les eaux internationales. Cet organisme a déjà émis 16 permis d'exploration (ci-dessous) à la recherche de nodules de manganèse dans la zone de fracture de Clarion-Clipperton, une région du plancher de l'océan Pacifique grande comme l'Europe. L'essentiel de ces concrétions rocheuses se trouve à une profondeur de plus de 4 000 mètres.

PERMIS D'EXPLORATION

Quand l'AIFM accorde un permis, elle définit des zones réservées à une exploitation future par des pays en développement, et des zones protégées où aucune extraction ne peut avoir lieu. Certains pays mènent également des recherches dans leur propre zone économique exclusive (ZEE), c'est-à-dire l'espace maritime qu'ils ont le droit d'exploiter.



les pentes abruptes où ils se trouvent constituent un terrain difficilement praticable.

RUÉE VERS LES NODULES

Dès lors, la plupart des projets d'exploration minière en eau profonde portent sur le troisième type de gisement : les nodules polymétalliques. On les nomme aussi nodules de manganèse, parce que ce métal y domine. Dans de nombreuses régions du plancher océanique, ils jonchent le fond, à moitié enterrés dans les sédiments. Leur formation est très lente : sur un quelconque morceau de matière détritique, parfois une dent de requin, les métaux contenus dans l'eau se mettent à précipiter, formant un noyau dont le diamètre augmentera ensuite

d'environ 1 centimètre par million d'années.

À ce jour, l'AIFM a accordé 16 permis d'exploration à la recherche de nodules dans la zone de fracture de Clarion-Clipperton. Bien que les proportions varient d'un endroit à l'autre, un nodule contient typiquement 3% de son poids en nickel, en cuivre et en cobalt ; c'est cela qui fait son prix, bien plus que les 25% de manganèse qu'il contient aussi. Le reste est du matériau durci sans intérêt économique.

L'évaluation de l'intérêt minier d'un site potentiel à l'aide d'instruments et de collecteurs d'échantillons embarqués dans des véhicules autonomes sous-marins prend plusieurs mois. En raison de l'étendue des surfaces à explorer, on extrapole les résultats de