



Ressources minérales marines

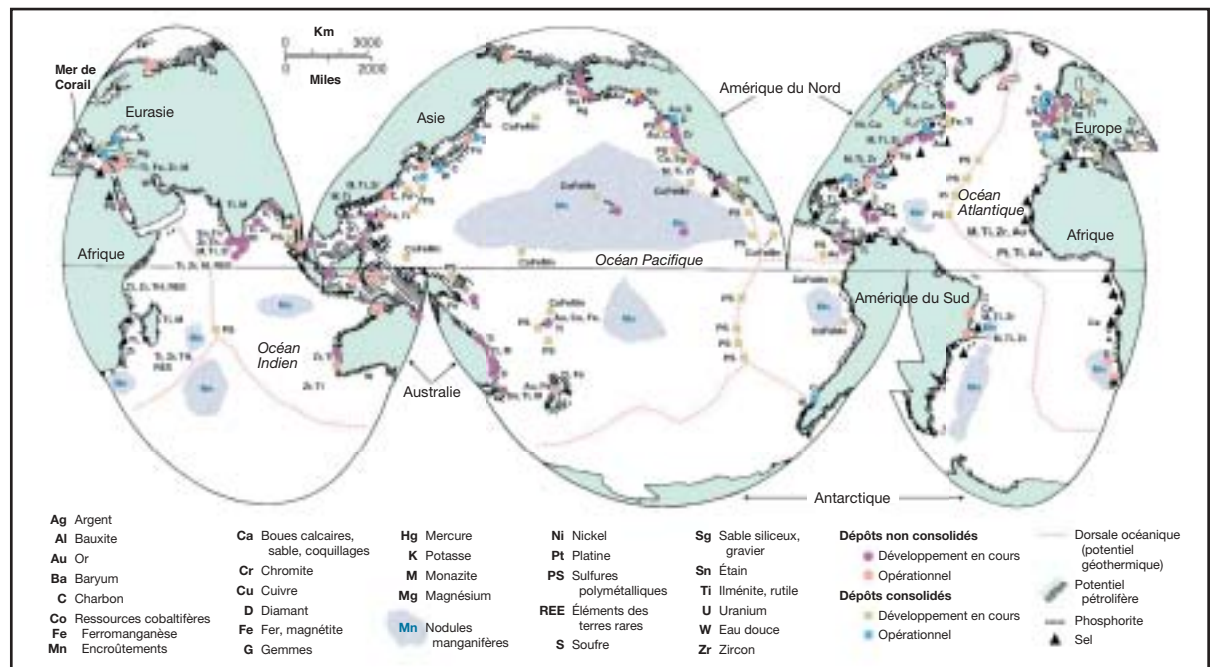
- Nodules polymétalliques
- Encroûtements cobaltifères
- Sulfures polymétalliques massifs

Les techniques d'extraction des nouvelles sources de minéraux marins et le savoir accumulé sur des types nouveaux se sont rapidement développés au cours des dernières décennies, améliorant les perspectives de rendement économique et faisant espérer un élargissement considérable de la base des ressources mondiales. L'exploitation commerciale des minéraux marins solides a jusqu'à présent été limitée aux gisements constitués par l'érosion mécanique et chimique des roches sur les continents et essentiellement charriés par les fleuves jusqu'à l'océan. On les trouve dans les eaux peu profondes des mers territoriales et des zones économiques exclusives, de 200 milles marins. Ces nouvelles ressources, dont certaines ont une valeur qui dépasse de loin celle de n'importe quel gisement terrestre, proviennent en partie de sources terrestres et en partie de processus naturels dans et sous les océans, la plupart du temps dans les grands fonds au-delà des limites de toute juridiction nationale.

Les alluvions qui résultent de l'érosion mécanique des roches continentales se concentrent en dépôts placériens triés par les vagues, les marées et les courants selon la densité (masse par unité de volume) relativement forte des minéraux qui les constituent. Ces derniers contiennent des métaux lourds (baryum, chrome, or, fer, métaux des terres rares, étain, thorium, tungstène, zirconium) et des éléments non métalliques (diamants, calcaire, sable siliceux, gravier). Parmi les métaux, l'or est exploité par intermittence au large de l'Alaska, selon les prix (depuis les années 90 uniquement) et on continue à extraire l'étain au large de la Thaïlande, du Myanmar et de

l'Indonésie. Parmi les gisements non métalliques, il existe une exploitation rentable de diamants (jusqu'à 200 mètres de profondeur) au large (jusqu'à 100 kilomètres des côtes) de la Namibie et de la côte sud-africaine voisine; le principal producteur (De Beers Marine) a fait état de 570 000 carats extraits en 2001. Le sable et le gravier sont exploités sur les plages et en eau peu profonde, servant de matériaux de construction (béton), en divers lieux du monde, et pour la régénération des plages et ce sont les matériaux marins dont la production représente la valeur annuelle la plus élevée.

Parmi les minéraux marins non solides – les combustibles fossiles hérités de la décomposition et de la compression de la flore terrestre dans des zones immergées par la suite sous les océans – le gaz naturel et le pétrole sont exploités dans les eaux peu profondes et profondes relevant d'une juridiction nationale au large des côtes d'Afrique, des Amériques, d'Asie et d'Europe et la production est évaluée à 100 milliards de dollars par an, contre 2 milliards de dollars pour les minéraux marins solides. Les hydrates de méthane, mélange d'eau et de gaz naturel qui se transforme en une substance solide semblable à la glace sous l'effet de la basse température et des pressions élevées des grands fonds marins dans les bassins sous-marins des marges continentales, sont l'une des nouvelles sources de combustible les plus prometteuses. À condition que l'on arrive à perfectionner les techniques d'extraction, les réserves pourraient satisfaire les besoins énergétiques de la population mondiale pendant plusieurs siècles.



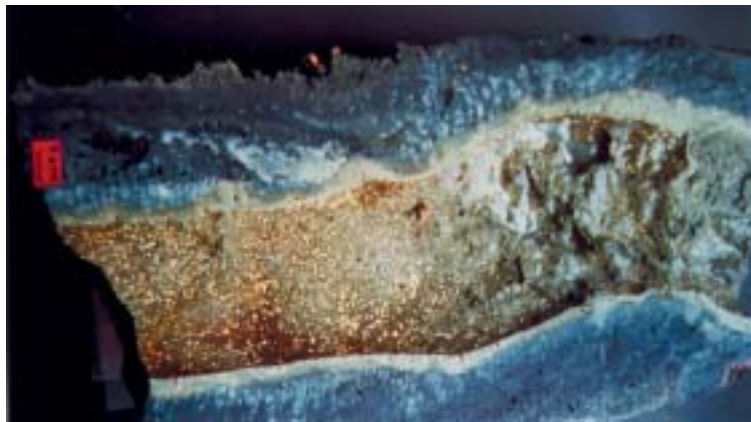
Répartition mondiale des ressources minérales marines connues au stade actuel encore précoce de l'exploration océanographique. [P. Rona, SCIENCE 299:673 (2003)]. Reproduit (résumé/extrait) avec l'autorisation de l'American Association for the Advancement of Sciences.

On estime que les matériaux des roches continentales, dissous par action chimique et acheminés par les fleuves jusqu'à la mer, peuvent constituer une source suffisante pour satisfaire les besoins économiques futurs s'agissant de plusieurs types de minéraux. C'est le cas pour la phosphorite, qui se précipite sous forme de nodules et en couches là où l'eau de mer remonte depuis les grands fonds au niveau du plateau continental dans la zone des alizés (comprise entre 30° de latitude nord et 30° de latitude sud). Les États côtiers voisins utilisent la phosphorite comme engrais pour l'agriculture. Les gisements de phosphorite de source terrestre, qui se sont formés à l'origine sous les anciens océans, suffisent pour couvrir les besoins actuels.

Deux types de ressources minérales métalliques du fond des mers comprennent des métaux dissous provenant à la fois des roches continentales et des fonds marins.

Il s'agit premièrement des **nodules polymétalliques** (nickel, cobalt, fer et manganèse en concentrations diverses), d'une taille allant de la balle de golf à la balle de tennis. Ces **nodules** se précipitent à partir de l'eau de mer au cours de millions d'années sur les sédiments des plaines abyssales des grands fonds (4 à 5 kilomètres de profondeur). Les plus prometteurs de ces gisements en termes d'abondance des nodules et de concentration des métaux (nickel et cuivre représentant ensemble au moins 2 % du poids) se trouvent dans la Zone de failles Clarion-Clipperton (zone équatoriale du Pacifique Est, entre Hawaii et l'Amérique centrale), dans laquelle des investisseurs pionniers se livrent à des activités d'exploration autorisées par l'Autorité internationale des fonds marins; il existe une autre zone prometteuse dans l'océan Indien, pour laquelle des autorisations ont aussi été accordées.

Les **encroûtements cobaltifères de ferromanganèse** constituent le deuxième type de ressources minérales métalliques incorporant des métaux de sources terrestres et marines. Ces **encroûtements** se précipitent à partir de l'eau de mer en couches minces (allant jusqu'à 25 centimètres d'épaisseur) sur les roches volcaniques des collines sous-marines et des chaînes volcaniques submergées, à des profondeurs comprises entre 400 et 4 000 mètres. Les plus riches de ces encroûtements se situent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des zones de 200 milles marins entourant les pays insulaires du Pacifique Ouest. On estime qu'un seul site sur fond marin pourrait fournir jusqu'à 25 % des besoins mondiaux annuels de cobalt (le cobalt sert à fabriquer des alliages métalliques résistant à la corrosion, légers et solides, ainsi que des peintures), **sous réserve que soient mises au point les techniques voulues d'extraction et de raffinage.**



Coupe d'une « cheminée »

IFREMER



« Fumeur »

IFREMER

Les **sulfures polymétalliques massifs** sont des types de minéraux qui ont été découverts en milieu marin en 1979 et qui étaient déjà connus car ils sont présents dans des gisements terrestres de cuivre, fer, zinc, argent et or exploités depuis des temps anciens. On les trouve autour des **sources chaudes au fond des mers** (les plus impressionnantes sont les fumeurs noirs) qui sont elles-mêmes chauffées par du magma (roches en fusion) remontant sous une chaîne volcanique submergée. Cette chaîne volcanique, présente dans tous les bassins du monde, remonte parfois à la surface pour former des chaînes volcaniques insulaires. La roche en fusion refroidit, se solidifie et crée de nouveaux planchers marins qui se déplacent comme un immense tapis roulant à une vitesse de quelques centimètres par an de chaque côté de la chaîne montagneuse submergée, renouvelant ainsi continuellement le plancher océanique. En même temps que l'eau de mer froide et lourde s'infiltré à l'intérieur des roches volcaniques qui reposent sous le plancher marin, jusqu'à atteindre des profondeurs de plusieurs kilomètres, la température de l'eau augmente en raison de la présence d'une chambre magmatique. L'eau se dilate et remonte rapidement, dissout les métaux présents en petites quantités dans les roches volcaniques, précipite d'autres minéraux dans l'eau de mer environnante et concentre les métaux (cuivre, fer, zinc, argent et or) pour donner naissance à des gisements de sulfures massifs dans le sous-sol et sur le plancher océanique (à des profondeurs de 1 à 4 kilomètres). Alors que seulement 5 % des fonds marins ont jusqu'à présent été explorés, on a déjà répertorié une centaine de sites de ce type le long de la chaîne volcanique submergée, dans les bassins des fonds marins de tous les océans du monde et à proximité des chaînes volcaniques insulaires qui bordent la marge occidentale de l'océan Pacifique. Ces gisements de sulfures massifs sont des analogues naturels très précieux qui orientent les géoéconomistes tout au long des opérations d'exploration et d'exploitation d'anciens dépôts de sulfures massifs qui se sont formés sur le plancher océanique sous l'effet de processus similaires avant d'être déposés sur des surfaces terrestres. Un site de sulfures polymétalliques en formation active au fond de la mer de Bismarck, à l'intérieur de la zone économique exclusive de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, objet d'un contrat conclu en 1997 entre le Gouvernement de ce pays et une société minière australienne, est actuellement en cours de préparation pour l'exploitation.



Écosystème de source chaude

Les sources chaudes des fonds marins, qui concentrent les métaux, fournissent aussi des substances chimiques, que des microbes utilisent pour produire de l'énergie, point de départ de la chaîne alimentaire sur laquelle est fondé un écosystème d'espèces animales nouvellement découvertes, dont l'habitat est dans les gisements de minéraux métalliques. Cet écosystème présente une valeur scientifique (source de biodiversité, occasion d'élucider l'évolution paléobiologique) et une valeur commerciale (production de composés organiques nouveaux pour des applications industrielles et pharmaceutiques). La coïncidence de ressources biologiques et non biologiques impose la difficile recherche de solutions permettant un régime d'exploitation durable des deux types de ressources qui soit respectueux de ces écosystèmes.

L'Autorité internationale des fonds marins a pour fonctions d'organiser et de promouvoir l'exploitation minière des fonds marins au-delà des limites de la juridiction nationale et de protéger le milieu marin de tous effets préjudiciables en résultant. L'administration de ces ressources potentiellement précieuses a été confiée à l'Autorité aux termes de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer adoptée en 1982, et qui comptait 142 États parties à la fin de février 2003. L'Autorité a commencé par adopter, en 2000, un règlement relatif à la prospection et à l'exploration des nodules polymétalliques dans la Zone, qui s'applique à tous les organismes privés et publics qui ont signé un contrat avec elle. Ses travaux sont maintenant axés sur l'élaboration d'un ensemble de règles similaires relatives aux sulfures polymétalliques et aux encroûtements riches en cobalt.