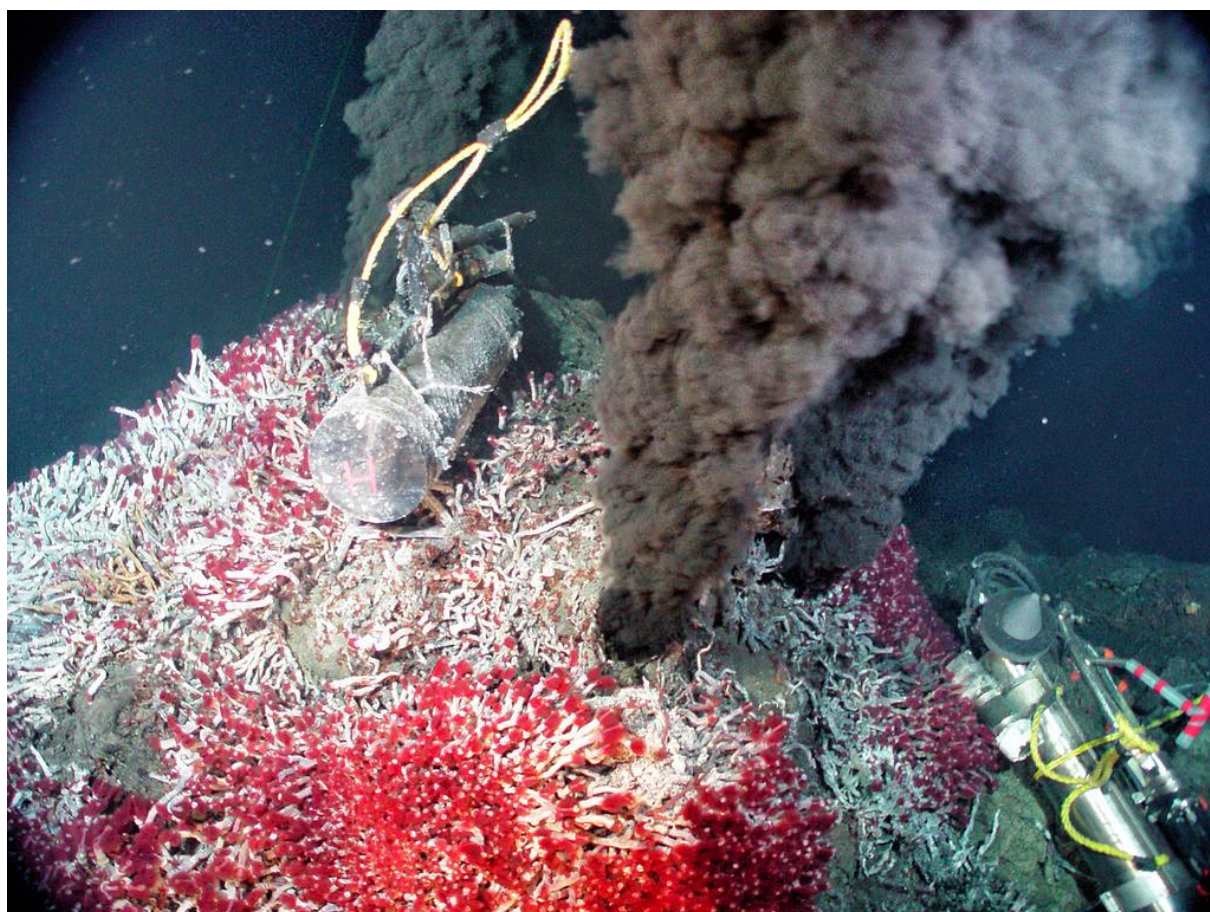


Centre de Géologie

TERRAE GENESIS

**Des mines au fond des mers et des océans :
réalité ou fantôme ?**



*Figure 1. Cheminées hydrothermales ou « fumeurs noirs »
à l'axe de la dorsale atlantique (Neptune Canada).*



Centre de Géologie TERRAE GENESIS
28 rue de la Gare - Peccavillers
88120 Le Syndicat
03 29 26 58 10 - lemusee@terraegenesis.org



Cette thématique revenant aujourd'hui sur le devant de la scène internationale, notre fidèle conférencier Jean-Louis Cardini nous proposait d'aborder les différentes problématiques liées à l'exploitation métallogénique des fonds marins.

La planète Terre voit sa surface recouverte à 71 % de mers et d'océans, laissant seulement 29 % de terres émergées. L'exploration des fonds sous-marins passionne l'humanité depuis des millénaires, peut-être à cause de son inaccessibilité. Jules Verne proposait son rêve des *Vingt mille lieues sous les mers* publié en 1869. En 1956, l'ONU met en place à la Jamaïque un groupe de travail international chargé de définir le droit de la mer. Une convention annuelle permettra d'aboutir à une définition du domaine maritime après 26 ans de longs débats : c'est la convention de Montego Bay, non ratifiée par les pays n'ayant pas accès à la mer (Suisse, Mongolie, ...) mais aussi par les USA, la Turquie et Israël. A partir d'une ligne de base définie par la moyenne des marées basses locales, se succèdent : la mer territoriale d'une largeur maximale de 22,2 km, la mer contiguë (44,4 km), la Zone Economique Exclusive (370,4 km), et enfin les eaux internationales. La ZEE permet une exploitation réservée au pays dont elle dépend (pêche, pétrole, gaz naturel, minerais, ...). La France est le second pays, après les USA et devant l'Australie, en terme de surface de cette ZEE : 11 millions de km².



Figure 2. Zone économique exclusive française (SHOM).

L'autorité internationale des fonds marins (ISA), créée en 1994 sous l'égide de l'ONU, se charge de donner les autorisations d'explorer et d'exploiter les fonds sous-marins, sous conditions. Particulièrement, les pays « pionniers » ont un droit préférentiel d'exploitation parce qu'ils ont les moyens techniques et scientifiques de développer les gisements minéraux, ils investissent des sommes significatives au développement technologique des gisements, et ils ont ratifié les accords de Montego Bay. Il s'agit de la France, l'Allemagne, le Japon, la Chine, l'Inde, les Pays-Bas, la Grande-Bretagne, la Corée, la Belgique, le Canada et la Pologne. Certains pays qui

ont un important plateau continental (comme la France) ont fait des demandes pour que ce dernier soit intégré dans la ZEE, ce qui demande de préciser ce qu'est le plateau continental ... une affaire de géologues. La mer et la terre sont des éléments de géographie désignant la nature immergée ou émergée des terrains. Alors que l'océan ou le continent précise la géologie du terrain considéré : croûte océanique (basalte, gabbro) ou croûte continentale (granites, ...). Le plateau continental fait partie de la croûte continentale. C'est la Russie qui aurait alors le plus vaste domaine maritime exclusif, puisque la Ride de Mendeleïev se prolonge jusqu'au Pôle Nord.

La connaissance de la topographie des fonds océaniques nécessite des techniques issues des développements techniques du 20^e siècle. Un navire de recherche peut être équipé d'un sondeur multifaisceau, d'un dispositif de sismique réflexion et d'un sonar à balayage latéral. Pour connaître la géologie des fonds marins, il faut chercher des échantillons de roches ou de sédiments sous des tranches d'eau considérables : des hommes en scaphandre ne peuvent guère aller au-delà de 100 à 200 m. A chaque palier de profondeur de 10 m, la pression augmente de 1 bar : la pression à 1 000 m est déjà de 100 bar (cent fois la pression atmosphérique, soit 100 kg/cm²). On requiert alors l'utilisation de bathyscaphes spécifiques et coûteux : l'Archimède, le Nautil, le Cyana, l'Alvin.

Les premiers types de gisements exploités ou potentiels sont les gisements sédimentaires et côtiers, ou granulats marins. Ils correspondent aux dépôts de sables et de graviers apportés par les fleuves en bordure littorale. Des barges pompent le granulat sous la mer qui sera traité à terre : criblage avec arrosage abondant d'eau douce. Comme il est difficile de fabriquer des bétons avec des produits contenant du sel, les granulats marins pèsent peu sur la production totale en France : 6,5 millions de tonnes pour 321 millions de tonnes de granulats terrestres.

Depuis un peu plus de 50 ans, on a trouvé un second type de gisements importants de minerais contenant différents types de métaux dans les profondeurs abyssales : les nodules polymétalliques (*figure 3*), les boues de terres rares et les amas sulfurés polymétalliques (*figure 1*).

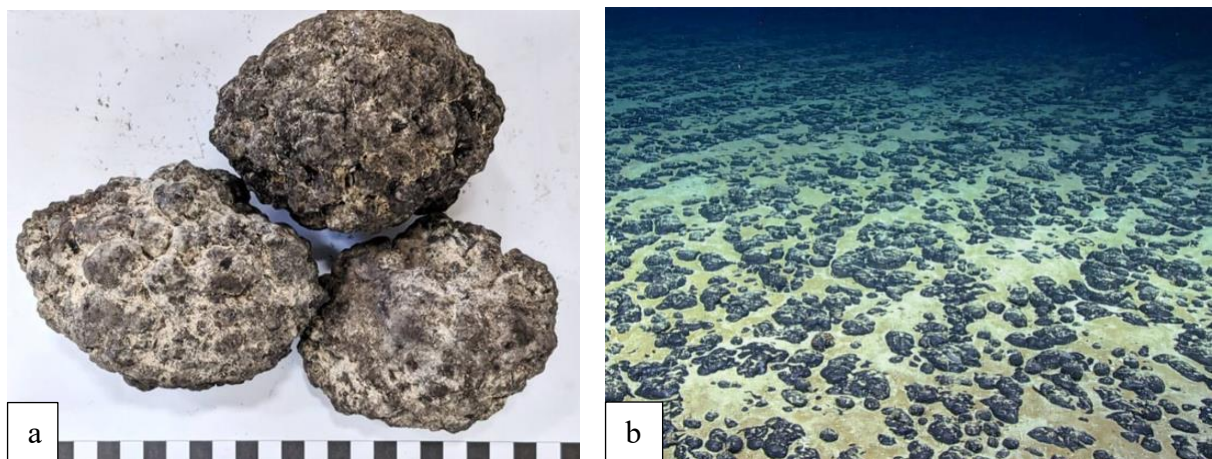


Figure 3. **a** : Nodules polymétalliques (Ifremer, campagne Nodinaut).

b : Répartition des nodules sur le fond marin (Science & Avenir).

Les nodules polymétalliques ressemblent à des boules sombres allant de quelques centimètres à un décimètre, essentiellement constitués d'oxydes de fer et de manganèse accompagnés de nickel, cuivre, cobalt, ... Ils se forment par précipitation concentrique d'oxydes métalliques à partir d'un noyau de très petite taille constitué par exemple d'un grain de sable ou d'un fragment de dent de requin. La croissance est très lente : 1 ou 2 centimètres par million d'années et ce, dans les plaines abyssales, sur un sol plutôt boueux et à de grandes profondeurs de l'ordre de 6 000 mètres. La quantité totale de nodules est mal connue, les pays concernés ne publiant que peu de choses sur leurs zones respectives de recherche, mais les ressources sont assurément très importantes. Dans les années 1970, la France a obtenu un permis d'explorer une zone de 75 000 km² dans le Pacifique Nord, près de l'île de Clipperton. Sur cette zone, 30 000 km² sont riches en nodules, à une concentration moyenne de 14 kg/m², ce qui représente environ 120 millions de tonnes. Ce qui pourrait produire 1,5 millions de tonnes de nodules par an pendant 50 ans. Soit une production annuelle de 382 000 tonnes de manganèse (contre 10 millions de tonnes par an actuellement), 19 700 tonnes de nickel (contre 1,5 million de tonnes), 17 800 tonnes de cuivre (contre 22 millions de tonnes). La ressource géologique est donc bien réelle, mais qu'en est-il de la réserve économique ?

Les conditions d'exploitation sous-marine sont extrêmement complexes : une obscurité totale, une pression de plusieurs centaines de fois la pression atmosphérique, une température faible (1 à 5°C), une épaisse couche de boues fines et une surface accidentée contiennent les enthousiasmes et limitent les méthodes d'extraction. Les ondes radio ne passent pas, les GPS sont inopérants, seule une liaison filaire par câble permettrait de communiquer avec les engins miniers du fond. La première technique propose une chaîne à godets circulant entre le fond et deux navires de surface. C'est la seule technique effectivement testée pour remonter quelques tonnes de nodules, mais abandonnée dès 1978 puisqu'incompatible avec les quantités relatives à une exploitation industrielle. La méthode des navettes autonomes imaginée par la France mobilise un engin autonome de 300 tonnes au fond pour racler les nodules et les remonter à la surface pour rejoindre un navire minéralier. Enfin le système par collecteur autonome puis pompage sur une plateforme. Les deux dernières techniques n'ont jamais été mises en œuvre pour des raisons mécaniques insurmontables et des coûts exorbitants. La récupération des métaux contenus dans les nodules ne pose pas de problème, les voies maîtrisées étant l'hydrométallurgie par le CEA ou la pyrométallurgie du groupe IMETAL à Trappes..

Le problème de l'exploitation des nodules de manière industrielle est avant tout un problème d'exploitation minière avec des gisements à faible intensité (14 kg/m²) à 6 000 m de profondeur. Il est assurément plus facile d'envoyer des humains sur la Lune que d'aller exploiter ces nodules. Depuis la fin des années 1990, toutes les études et travaux concernant les nodules ont été mis en sommeil de par le monde. Les boues de terres rares et les amas sulfurés, ou « fumeurs noirs » semblent suivre le même chemin ...

Cyrille Delangle, ALS, SGF.