



Technologie des fonds marins

- Exploration
- Extraction minière
- Protection de l'environnement

La mise au point des équipements et des techniques d'exploration et d'exploitation des grands fonds marins est l'une des grandes entreprises scientifiques et technologiques de ces 50 dernières années. Créature terrestre et aérobique, l'être humain lutte depuis longtemps pour conquérir l'espace immense et inconnu des mers. L'histoire de l'homme a été marquée dans sa grande partie, depuis que les premiers vaisseaux primitifs à rames et à voiles avaient cinglé vers l'inconnu, par la poursuite d'un double objectif, à savoir : trouver de la nourriture, et transporter l'homme et les biens par delà les mers vers d'autres terres habitables.

Cette double quête pour la survie et le transport a amené les sociétés industrialisées à concevoir de meilleurs moyens pour explorer et exploiter la mer. Sur les bateaux, les moteurs ont remplacé les rames et les voiles (le premier bateau à vapeur a pris la mer en 1783), et le radar, le sonar et les appareils de localisation par satellite se sont substitués aux calculs astronomiques de position. Des sous-marins, mis à l'essai pour la première fois en 1620 dans un fleuve, ont permis à l'homme de se mouvoir sous l'eau. Dans le même temps, les bateaux de pêche sondaient toujours plus l'immensité et les profondeurs de

la mer pour trouver de quoi nourrir une population sans cesse croissante. Plus récemment, en particulier depuis le milieu du XXe siècle, on a découvert que la mer regorgeait des minéraux recherchés par l'industrie.

Les explorateurs sous-marins ont commencé à rassembler des données sur les richesses de la mer : des réserves d'énergie suffisantes pour faire tourner les usines terrestres pendant des siècles, des mines de métaux et de terres rares plus abondantes que n'importe quel filon sur terre. Mais à bien des égards, ces richesses auraient pu se trouver tout aussi bien sur la Lune, tant il est difficile de les découvrir et de les extraire. Les appareils de forage pétrolier en mer sont à présent capables de contrôler leurs trépans à six kilomètres de distance des fonds marins. Les bateaux qui exploitent les fonds du Pacifique central auront à affronter la plus impétueuse des mers à des milliers de kilomètres des côtes, en se maintenant au-dessus d'engins mobiles qui leur sont reliés et qui opèrent à des milliers de mètres sous l'eau. Pour explorer les profondeurs, l'homme doit évoluer dans un milieu que la lumière ne pénètre pas et où chaque centimètre carré est écrasé sous une demi-tonne d'eau.



1.



2.



3.

1. *L'Atalante*, navire de recherche de l'IFREMER

2. *Appareil d'échantillonnage* (Christina Loarie)

3. Des carottiers multitubes prélèvent des échantillons de sédiment au fond de la mer, permettant aux scientifiques d'observer les créatures qui y vivent (Woong-Seo Kim, KORDI)

Exploration

On a mis au point toutes sortes d'équipements et de techniques d'exploration des fonds marins, qui peuvent servir à la fois pour découvrir des ressources et pour étudier leurs milieux. La plupart d'entre eux reposent sur le principe de la télé-détection car, à cette profondeur, il est beaucoup plus facile d'envoyer des engins que d'installer les équipements de vie complexes dont l'homme a besoin pour survivre dans un environnement auquel il n'est absolument pas adapté. Par conséquent, ce sont des véhicules télécommandés, auto-alimentés mais guidés par leurs navires-mères, qui se déplacent lentement sur le plancher marin ou s'orientent prudemment dans un paysage sous-marin tourmenté où se découpent des montagnes et des vallées encaissées non moins remarquables que celles trouvées sur terre.

Explorer signifie être capable d'observer, de mesurer, d'enregistrer et de prélever des échantillons. Les appareils photographiques et la télévision étendent la vision de l'homme jusque dans les profondeurs, utilisant des projecteurs pour percer les eaux troubles. Des photothèques sur les espèces, qui diffusent leurs photographies sur l'Internet pour que les savants du monde entier puissent comparer leurs observations, sont actuellement mises en place. Des cartes des fonds marins sont produites par ordinateur à partir d'images acoustiques enregistrées par des sonars et des sondeurs sismiques. Les sonars à balayage latéral peuvent être remorqués pendant des jours sur un parcours prédéterminé afin de cartographier une large bande du plancher marin, ou peuvent être employés pour l'étude minutieuse des terrains susceptibles d'abriter des sites miniers. Le profilage sismique fournit des renseignements sur les types de roches et l'épaisseur des couches supérieures et sous-jacentes du plancher marin. Le son est le moyen de détection de prédilection, car les ondes radio, comme la lumière, ne se propagent pas beaucoup dans l'eau,

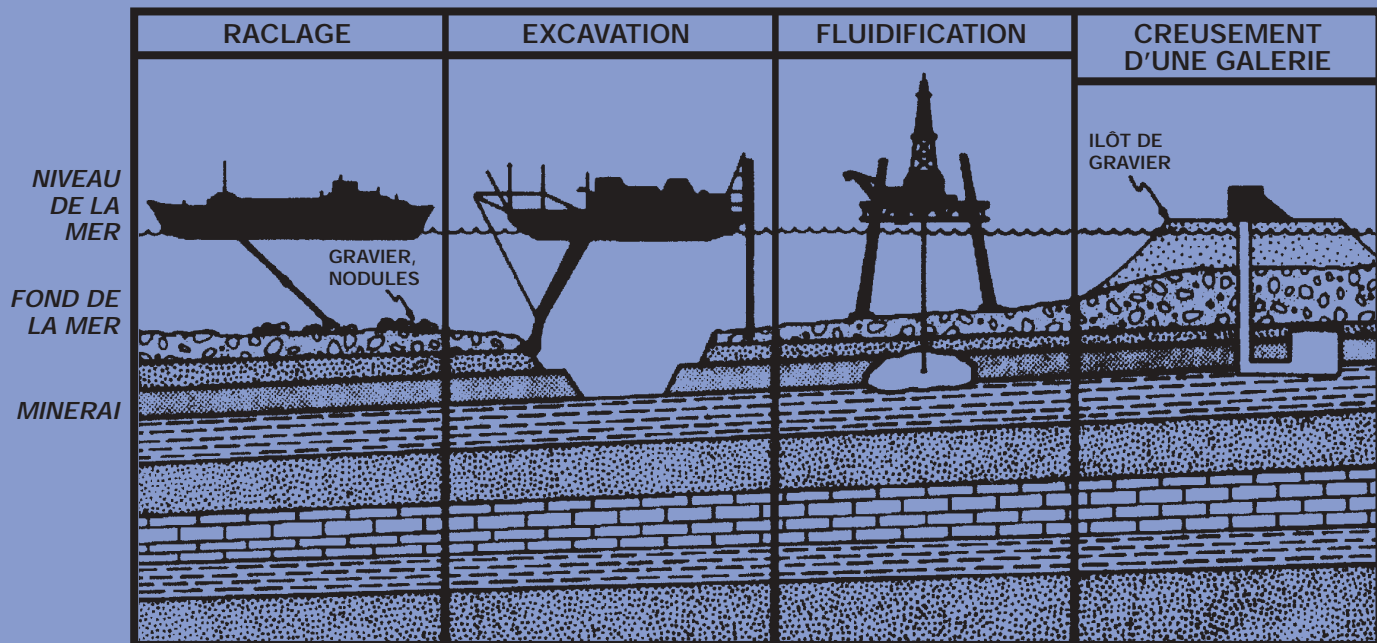
alors que le son peut être détecté à des centaines voire des milliers de kilomètres de sa source. Des capteurs et des pièges à sédiments, suspendus à des câbles d'amarrage à différents niveaux, permettent de dépister les courants et de déterminer la teneur en oxygène et autres éléments chimiques ainsi que la turbidité (densité des sédiments dans l'eau). En surface, les navires océanographiques peuvent enregistrer leur position exacte à un mètre près grâce au système mondial de localisation (GPS) par satellite, qui peut être utilisé à partir de n'importe quel point de la Terre.

La télé-détection doit être complétée par l'étude directe d'échantillons recueillis par les navires océanographiques et analysés par les laboratoires à terre. Des pelles traînantes, des bennes-preneuses et des carottiers, largués dans les grands fonds, prélèvent des spécimens biologiques ou géologiques sur le plancher marin et dans les couches inférieures et supérieures superficielles. Ces outils doivent être de conception spéciale et requérir des manipulations particulières de façon que les spécimens animaux ne se désintègrent pas en arrivant à l'air libre. Un échantillonnage plus profond peut être réalisé par carottage, sondage ou forage. Il n'existe pour l'instant aucun instrument permettant de forer les roches dures formant le sol marin jusqu'à une profondeur de 50 ou 100 mètres, ce dont les géologues ont besoin pour étudier les gisements d'hydrates de gaz, immenses réservoirs de gaz naturel solide à l'aspect de glace. La recherche biologique, en particulier l'identification des espèces, a beaucoup progressé ces dix dernières années grâce à la mise au point de tests génétiques, qui permettent aux chercheurs d'identifier et de comparer les spécimens beaucoup plus rapidement que lorsqu'ils devaient scruter chaque échantillon au microscope.



Des submersibles commandés à distance permettent aux scientifiques de contrôler l'échantillonnage dans des zones inaccessibles (West Coast NURP)

LES QUATRE MÉTHODES PRINCIPALES D'EXTRACTION SOUS-MARINE



Extraction minière

Que ce soit à terre ou en mer, on ne dispose que de quatre méthodes principales pour recueillir des minéraux : le raclage de la surface, l'excavation, le creusement d'une galerie pour accéder aux gisements sous la surface ou le forage du gisement et sa fluidification. L'extraction minière n'est autre qu'un déplacement de matières : une fois que le matériau du gisement est prélevé ou collecté, il faut le transporter jusqu'aux installations où il sera concentré ou traité puis raffiné pour donner un produit commercialisable.

Il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit d'une exploitation dans les grands fonds sous-marins où les travaux doivent être effectués sous l'eau, les opérations étant commandées à distance à partir d'une plate-forme flottante en surface. À chaque étape du processus, selon la nature du gisement, la masse manipulée diminue et des déchets sont rejetés. Pour un gisement de nodules polymétalliques par exemple, les trois métaux, nickel, cuivre et cobalt, forment moins de 3 % du gisement, à l'exclusion des sédiments. Si l'on ajoute le manganèse, les métaux représentent environ 30 % de la masse. Par contre, un gisement d'agrégats, galets et sable, pourra renfermer très peu de déchets. Chaque gisement est différent et de nombreux procédés techniques peuvent être appliqués.

À ce jour, on n'a jamais procédé à des opérations de longue durée pour la collecte à des fins commerciales de minéraux solides à des profondeurs supérieures à 200 mètres; mais les essais effectués avec des systèmes de ramassage des nodules polymétalliques à des profondeurs de 5 000 mètres, où ils se détachent sans difficulté du plancher marin, montrent que rien ne s'oppose, du point de vue technique, à l'exploitation de ces gisements ou de gisements analogues. D'un

autre côté, il n'est pas certain que les techniques d'extraction minière puissent être mises en oeuvre dans les gisements qui exigent la fragmentation ou la pénétration de matériaux durs. Certains systèmes ont été proposés pour l'extraction d'encroûtements et de gisements superficiels de sulfures hydrothermaux mais tant que les différents gisements n'auront pas été caractérisés de façon plus précise, l'efficacité de ces systèmes restera du domaine des hypothèses. Les progrès réalisés en matière de capacité de forage, de creusement de tranchées et de production de pétrole de profondeur ont élargi sensiblement la gamme de moyens techniques disponibles mais ceux-ci devront faire l'objet de modifications importantes pour convenir aux procédés d'extraction plus sélectifs requis pour les gisements de minéraux durs. On y parviendra certainement.

À l'exception notable de celles qui sont appliquées à la mise en valeur des nodules, la plupart des techniques d'exploration et d'exploitation des fonds marins ont été conçues à l'origine pour de faibles profondeurs et leur utilisation a été étendue au fur et à mesure des besoins. Il est donc probable que, pour combler les lacunes, les techniques applicables sous de grandes profondeurs seront mises au point par perfectionnement des systèmes classiques, dont un grand nombre sont empruntés à d'autres secteurs industriels. Il faut s'attendre à voir de nouveaux systèmes de forage, un meilleur transport d'énergie pour l'exploitation, le déroulement accru du traitement des matières premières à même les fonds marins et le ramassage différentiel de certains métaux par des procédés d'extraction hydrométallurgique (tels que le lessivage) à travers des trous de forage.

Protection de l'environnement

Au cours des ateliers organisés par l'Autorité internationale des fonds marins, l'accent est de plus en plus souvent mis sur le fait que les ingénieurs doivent davantage se préoccuper des conséquences environnementales que peuvent avoir les équipements d'extraction minière des fonds marins qu'ils conçoivent. Afin de respecter les normes environnementales établies par l'Autorité, les exploitants des gisements sous-marins devront faire en sorte que leurs opérations causent le moins de perturbations possible, car les nuages de sédiments soulevés par les appareils de ramassage et de forage engoutissent les animaux qui se trouvent sur leur passage ou dans leur voisinage immédiat, et modifient les caractéristiques chimiques des eaux ambiantes. Aussi s'efforcera-t-on de réduire la quantité de sédiments soulevés lors du ramassage de nodules, non seulement pour préserver l'environnement mais aussi parce que les sédiments, qui sont des déchets, diluent la proportion de métaux dans le produit à traiter. En outre, des études seront effectuées afin de déterminer la profondeur à laquelle les sédiments, qui seront inévitablement ramassés en même temps que les nodules, pourront être évacués. Cette opération pourrait se dérouler soit à la surface de l'eau soit à quelque niveau intermédiaire où elle serait le moins nuisible pour le milieu.

Organismes et faune des grands fonds à proximité d'évents hydrothermaux

