

Un état de l'art de l'exploitation minière sous-marine

Par Julien DENÈGRE

Chargé du développement commercial au sein de Forsys Subsea

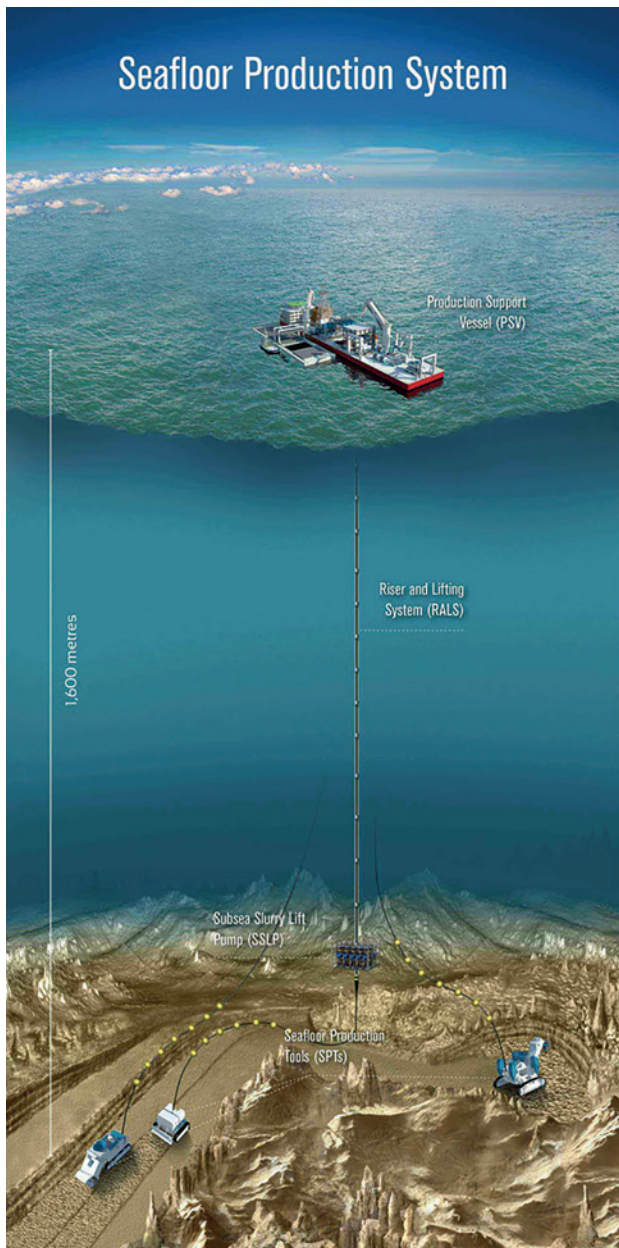
À l'exception de l'exploitation de diamants par 150 mètres de profondeur, aucune opération de longue durée n'a encore été menée à bien en matière de collecte à des fins commerciales de minéraux solides à des profondeurs supérieures à - 200 mètres. La compagnie canadienne Nautilus Minerals a obtenu sa première concession minière en janvier 2011 pour des gisements de sulfures polymétalliques, en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Elle travaille à la mise au point d'un système d'exploitation de ces gisements, dont les premiers essais devraient avoir lieu en 2019. La France dispose par ailleurs d'un ensemble cohérent d'atouts, de ressources, de compétences et d'expertises uniques au monde en matière de fonds sous-marins et d'exploitation minière. Ces acteurs sont regroupés au sein d'un groupe de travail dédié du Cluster Maritime Français (CMF). L'État a mis en place un concours mondial de l'innovation consacré à la valorisation des richesses marines, qui a permis de financer les projets les plus innovants et de fédérer plusieurs industriels français autour des deux consortiums (MELODI et FONASURF) dédiés aux développements d'outils d'exploration et d'exploitation.

À l'exception de l'exploitation de diamants en Namibie par la société sud-africaine De Beers Marine, par 150 mètres de profondeur, aucune opération de longue durée n'a été menée à bien en matière de collecte à des fins commerciales de minéraux solides à des profondeurs supérieures à - 200 mètres. Mais les essais effectués dans les années 1980 avec des systèmes de ramassage de nodules polymétalliques à des profondeurs de - 5 000 mètres (à des profondeurs où les nodules se détachent sans difficulté du plancher marin) montrent que l'exploitation de ces gisements ou de gisements analogues est possible, à condition de résoudre certaines problématiques techniques.

Il n'est en effet pas certain que les techniques d'exploitation pétrolière ou de dragage puissent être mises en œuvre dans des gisements de matériaux durs et abrasifs, tels que les sulfures hydrothermaux. Il est probable que l'exploitation de ces derniers consistera essentiellement en des systèmes de pompage ou de remontée en continu équipés de têtes d'injection d'air ou de boue, la pulpe de minerai étant remontée au moyen d'une conduite flexible, même si de nombreux points restent à valider. Au cœur des incertitudes techniques se situe la résistance des équipements à une abrasion intense. Mais tant que les différents gisements n'auront pas été caractérisés de façon plus précise, l'efficacité réelle de ces systèmes restera du domaine des hypothèses.

La compagnie canadienne Nautilus Minerals a obtenu sa première concession minière sous-marine en janvier 2011 pour exploiter des gisements de sulfures polymétalliques dans le champ dit Solwara 1, qui est situé dans les eaux territoriales de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Nautilus Minerals travaille actuellement à la mise au point d'une liaison rigide fond-surface (RALS), dont les premiers essais devraient avoir lieu en 2018-2019. Ce système conçu par Technip pour la Mer de Bismark comprend une pompe sous-marine à diaphragme (fournie par GE Oil & Gas), une conduite rigide verticale droite, un système de maintenance en surface et des équipements auxiliaires permettant de séparer les débris de roches de l'eau (avant une réinjection à grande profondeur). Nautilus a un objectif de production de 1,2 à 1,6 tonne métrique par an de sulfures contenant du cuivre et de l'or.

L'excavation et la collecte de minerai ont été scindées en trois tâches individuelles, chacune étant effectuée par un outil de production différent : l'*Auxiliary Cutter* (AC), le *Bulk Cutter* (BC) et la *Collection Machine* (CM). L'AC et le BC découpent le minerai de façon continue. L'AC prépare le fond marin afin de permettre le passage du BC. Le BC a une plus grande capacité de découpe, car il dispose d'un large rouleau d'excavation, mais il ne peut travailler que sur les zones préparées par l'AC. Le troisième outil, le CM, permet de recueillir le minerai en le pompant et en l'introduisant à travers un tuyau flexible vers le système de remontée (RALS). L'AC est le premier des trois outils



de production des fonds marins à avoir été achevé (il pèse environ 250 tonnes).

En attendant l'ouverture de cette première mine sous-marine au monde, ces trois engins miniers automatisés construits par Soil Machine Dynamics, à Newcastle, ont quitté le Royaume-Uni pour le port omanais de Duqm. Ils y seront testés en immersion, puis stockés par United Engineering Services, une filiale de MB Holding (l'actionnaire principal de Nautilus Minerals), jusqu'à leur embarquement sur le navire de Nautilus Minerals, en 2017.

La situation en France

D'après l'Insee et l'Observatoire national de la mer et du littoral (ONML), le socle de l'économie maritime comptait environ 450 000 emplois en 2012, soit 1,7 % de l'emploi total en France et plus de 8 % des emplois maritimes de l'Union européenne. L'Institut français pour l'exploitation de la mer (Ifremer) estimait, quant à lui, la valeur ajoutée maritime à près de 30 milliards d'euros en 2011.

La France dispose par ailleurs d'un ensemble cohérent d'atouts, de ressources, de compétences et d'expertises uniques au monde en matière de fonds sous-marins et d'exploitation minière : Ifremer et BRGM pour la recherche, Technip, CGG, Louis Dreyfus Armateurs ou Bourbon pour les services, STX France, DCNS pour la construction navale, Eramet, Areva pour l'opération minière et la métallurgie. Ces acteurs nationaux sont regroupés au sein d'un groupe de travail dédié du Cluster Maritime Français (CMF), qui contribue activement aux réflexions prospectives sur la thématique des grands fonds marins.

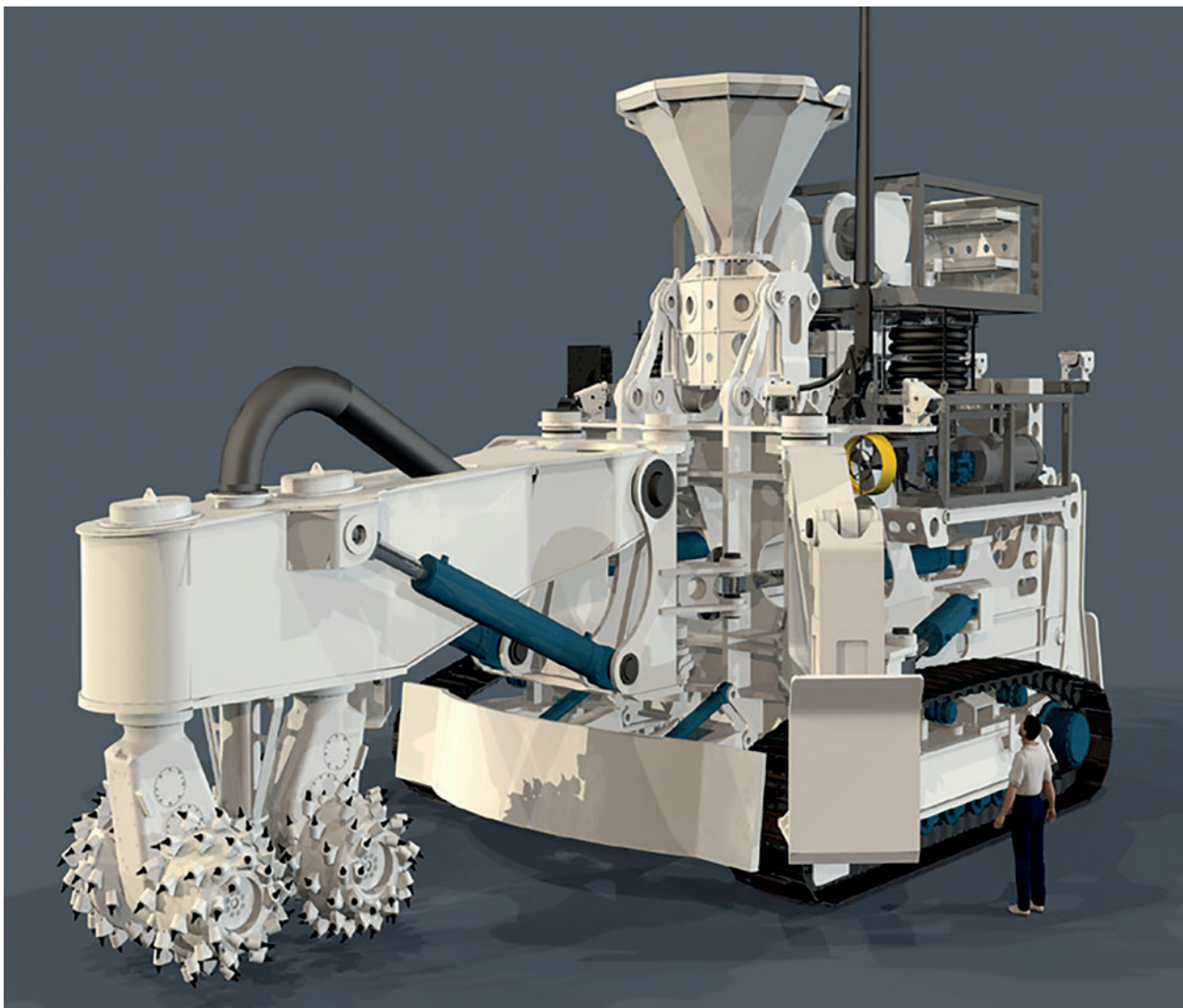
Le développement de ces nouvelles technologies suppose le transfert de concepts et de connaissances de la recherche conceptuelle vers la production industrielle. La « preuve de concept », étape-clé du processus d'innovation, comporte des coûts et des risques importants. Pour permettre le décollage de ces nouvelles solutions, l'État a mis en place le Concours mondial de l'innovation (CMI), qui a permis de financer les projets les plus innovants et a fédéré, en phase 2, plusieurs industriels français autour des deux consortiums dédiés aux développements d'équipements d'exploration et d'exploitation, respectivement MELODI et FONASURF.

Le consortium MELODI

L'objectif du projet MELODI est d'aboutir à moyen terme à la conception d'un pilote industriel pour l'exploration des amas sulfurés hydrothermaux inactifs en eaux profondes. L'estimation des ressources minérales des grands fonds océaniques se heurte, en l'état actuel des techniques d'exploration, à des verrous d'ordres technologique, méthodologique et financier. L'estimation des ressources nécessite deux étapes : la détection des cibles et leur caractérisation. Le projet MELODI (*Magnetic and Electromagnetic Ore Detection*) ambitionne de lever ces verrous en proposant des techniques d'exploration innovantes à l'échelle régionale (détection par une flotte de drones sous-marins équipés de capteurs magnétiques) et locale (caractérisation par un drone sous-marin autonome (AUV) équipé d'un capteur électromagnétique) compatibles avec un objectif industriel d'exploration minérale efficace des fonds océaniques.

Le projet MELODI est animé par l'entreprise CREOCEAN réunie en consortium avec ECA Group, DCNS et RTSys. Il s'agit d'un projet de recherche collaboratif issu de trois projets lauréats de la phase 1 du CMI : « Messidor », « Doremi » et « Docking ». Ce consortium fait également appel aux compétences de trois sous-traitants spécialisés dans les moyens de mesure sous-marine : MAPPEM, CADDEN et l'IPGP.

Spécialisé dans la gestion de projets et l'environnement marin, CREOCEAN (dont le capital est détenu par le groupe indépendant KERAN) est une société de services et de conseils entièrement consacrée à l'océanographie et aux aménagements côtiers et *off-shore*. L'étendue de ses compétences pluridisciplinaires donne à CREOCEAN une capacité à réaliser des études, depuis l'acquisition de données en mer jusqu'à la prescription détaillée des pro-



Un modèle de Bull Cutter.

jets, des procédures à mettre en œuvre jusqu'à la conception et la maîtrise d'œuvre des projets. Une forte implication en R&D (25 % de son chiffre d'affaires est éligible au crédit d'impôt recherche) lui permet de développer des projets très innovants.

Le consortium FONASURF

FONASURF vise le rapprochement des trois projets lauréats de la phase 1 : « SEAMEX », « SISCA » et « FLEXSEAMINING », portés respectivement par COMEX, DCNS et Technip.

L'objectif du projet est le développement à moyen terme d'un système minier sous-marin fiable, intelligent et respectueux de l'environnement afin de réaliser les étapes allant de l'excavation à la remontée des minerais des profondeurs jusqu'à la surface de l'océan. Les lauréats de la phase 1 sont complémentaires les uns des autres et sont essentiels au succès du système complet. La gestion des interfaces, qui est une problématique essentielle des grands projets complexes, ne peut plus être dissociée de la planification opérationnelle du projet. Il s'agit de s'assurer que les liens entre les tâches d'un projet puissent

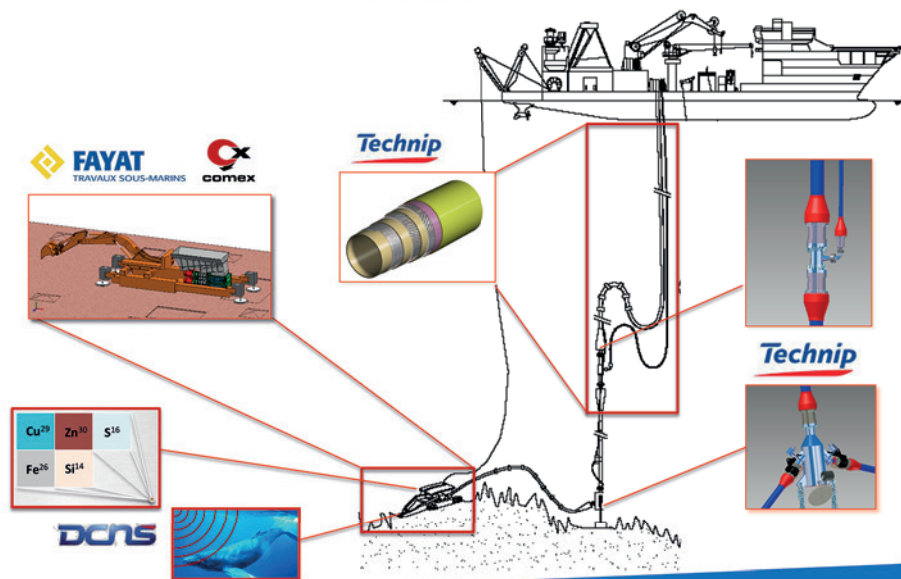
s'implémenter sans mettre en péril les dates de fin du projet. C'est pourquoi Technip, DCNS et COMEX réalisent le projet FONASURF en commun. Cela de manière non seulement à réduire les interfaces (et donc les risques d'inadéquation d'une brique avec une autre), mais aussi à maximiser les chances de succès du système global.

Des essais réussis de ramassage de nodules polymétalliques ont prouvé une certaine faisabilité technique, mais ils ont aussi mis en évidence les barrières techniques faisant obstacle à une exploitation minière sous-marine viable et rentable.

Le projet FONASURF vise à lever les verrous technologiques et à être ainsi à même de réaliser plusieurs équipements :

- un engin minier autonome capable de se déplacer sur un fond océanique très accidenté, qui soit relativement silencieux et limite au maximum la majorité des impacts de l'excavation du minerai sur l'écosystème,
- un système de détection performant capable de caractériser en temps réel la nature des sols prélevés, de manière à optimiser le temps machine sur le plancher océanique et à garantir un taux de production optimal,

Innovation



« Le consortium FONASURF vise le rapprochement des trois projets lauréats de la phase 1 : “SEAMEX”, “SISCA” et “FLEXSEAMINING”, portés respectivement par COMEX, DCNS et Technip. »

- une liaison fond-surface capable de connecter aux installations de surface les engins miniers d'extraction opérant sur le fond. Cette liaison doit résister à une pression hydrostatique de 200 bars (pour un gisement situé à - 2 000 m de profondeur) – et davantage si l'on tient compte de la pression interne du système de pompage – et à la fatigue liée aux mouvements constants du navire et des engins miniers. Cette liaison doit aussi résister sur une longue durée aux phénomènes d'usure intense du mélange eau + minerai circulant dans la conduite (composée de sections verticales, de sections horizontales et de sections courbées).

L'un des objectifs à atteindre par FONASURF consiste donc en la mise au point d'une liaison fond-surface flexible universelle, qui soit capable de s'adapter à tout système de pompage, à toutes conditions de mer et, surtout, qui soit capable de résister à l'usure intense de la circulation du mélange eau + minerai. En 1985, les tests GEMONOD/Ifremer ont bien utilisé une liaison fond-surface comportant des conduites flexibles pour récupérer des nodules à - 5 000 m de profondeur, mais les technologies des conduites flexibles de l'époque ne permettaient que de très petits diamètres (inférieurs à 10 cm et donc très loin des 25 cm de diamètre nécessaires pour une production économiquement rentable).

Technip est le leader mondial de la conception et de la fabrication des conduites flexibles. Grâce à ses unités de production localisées en France, au Brésil et en Malaisie, ce groupe est le principal fabricant mondial de systèmes de conduites flexibles nécessaires au développement des champs pétroliers et gaziers. Technip a été l'initiateur de la technologie de la conduite flexible au début des années

1970 et a invariablement fourni à ses clients des produits à très haut niveau de fiabilité et de qualité, et ce quelles que soient l'inhospitalité et les profondeurs d'eau des environnements *offshore*. Technip est fortement mobilisé pour maintenir son *leadership* technologique *via* ses unités de recherche et de développement spécialisées dans chacune de ses lignes de produits. FONASURF représentera une nouvelle application technologique majeure ouvrant de nouvelles possibilités d'utilisation de la technologie des conduites flexibles.

La situation en Europe

Les travaux menés depuis plus de quatre ans par le groupe synergique « Grands fonds marins » à l'initiative du CMF ont conduit à la signature (le 20 octobre 2015, à Bremerhaven, en Allemagne) de deux accords destinés à prolonger et approfondir la coopération franco-allemande dans le domaine de la mise en valeur durable des richesses des grands fonds marins.

Le premier est intergouvernemental et annonce le renforcement du dialogue bilatéral entre les deux États sur cette thématique.

Le deuxième, conclu entre la *Deepsea Mining Alliance* et le Cluster Maritime Français, définit plus concrètement l'esprit, le champ et les étapes d'une possible coopération entre les industriels et les acteurs économiques français et allemands (Geomar, BAUER Maschinen GmbH, Harren Shipyard...). Cet important accord est le point de départ de nouvelles réflexions, et potentiellement de coopérations, tant en matière de développements technologiques communs que de campagnes d'exploration partagées.

À titre d'exemple, la société BAUER Maschinen GmbH a développé, en 1976, la BG 7, sa première machine de forage. En matière de travaux publics spécialisés, les machines de forage sont essentielles, par exemple, pour construire les fondations d'une installation éolienne en pleine mer. BAUER Maschinen GmbH est aujourd'hui leader mondial dans le secteur des appareils de forage profond. Son nouvel outil, baptisé MEBO, comprend deux parties. Tout d'abord, un guide, qui se présente sous la forme d'un trépied avec une mise à niveau automatique à l'aide de vérins, puis la foreuse proprement dite, qui se glisse dans le guide une fois ce dernier installé. Elle comporte une tête rotative de 75 mm de diamètre qui tourne à l'aide d'un circuit hydraulique. Ce système dispose d'un autre atout : tout peut être mis en œuvre à l'aide d'un bateau rudimentaire muni d'une petite grue ; il n'est pas nécessaire de mobiliser un ponton pour eaux profondes, voire un bâtiment conçu spécialement pour cette opération (comme c'est parfois le cas pour les forages pétroliers en eaux profondes, à - 1 000 m et au-delà).

En Europe, de nombreuses organisations mènent des activités liées à l'exploitation minière des fonds marins, qu'il s'agisse de fournisseurs de technologies ou d'exploitants de gisements.

Malgré sa taille modeste, ce secteur pourrait contribuer à une croissance durable et à la création d'emplois pour les prochaines générations. Mais nous manquons de connaissances sur les grands fonds marins ; la prudence est donc de mise. C'est pourquoi la Commission européenne a lancé plusieurs études et projets visant à examiner les avantages et les inconvénients de ce type d'exploitation minière, ainsi qu'à approfondir nos connaissances sur le sujet.

Lancé en 2014, le projet Midas aborde cette thématique au niveau européen, avec pour objectifs : d'identifier l'échelle, la nature et la durée des impacts potentiels de l'exploitation des ressources sur les écosystèmes profonds, de proposer des solutions pratiques et des codes de bonne conduite pour une exploitation raisonnée des points de vue environnemental et sociétal et de développer des technologies financièrement abordables permettant l'évaluation et le suivi de l'impact environnemental de l'exploitation minière sous-marine, ainsi que la restauration des écosystèmes qui seraient endommagés.