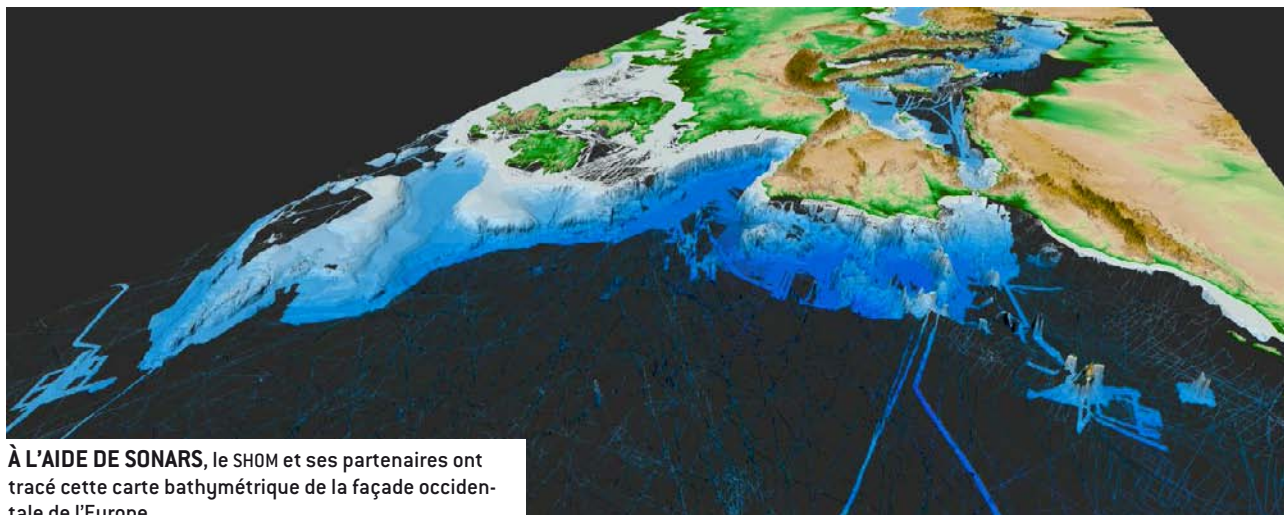




À L'AIDE DE SONARS, le SHOM et ses partenaires ont tracé cette carte bathymétrique de la façade occidentale de l'Europe.

cartographié 75 % des fonds. Elle valorise cet effort en proposant ces données à des industriels qui veulent installer des éoliennes ou des hydroliennes en mer, ou à des scientifiques qui évaluent les ressources halieutiques et minérales.

La France a la deuxième ZEE par sa taille après les États-Unis, avec près de 11 millions de kilomètres carrés. Deux organismes publics sont missionnés pour en cartographier les fonds. Le SHOM a pour mission d'assurer la sécurité des navires, de soutenir l'action du gouvernement en mer et de soutenir la défense. Il cartographie principalement les régions côtières avec une flotte d'une dizaine de bateaux. L'Ifremer, de son côté, a pour mandat d'évaluer l'exploitation de la mer et s'intéresse donc davantage aux régions situées au large.

À l'échelle internationale, l'Organisation hydrographique internationale et la Commission hydrographique intergouvernementale ont créé la GEBCO (*GEneral Bathymetric Chart of the Oceans* ou Cartographie bathymétrique globale des océans). Ce comité mutualise et rend publiques les données bathymétriques internationales.

PLS

L'intérêt pour la bathymétrie est-il récent ?

T. S. : Dès que l'homme s'est mis à naviguer, il a voulu savoir où il pouvait aller sans risque de s'échouer. C'est pour cette raison que les régions côtières sont les mieux cartographiées. En outre,

les mesures de bathymétrie permettent d'évaluer la pertinence de dragages pour, par exemple, assurer un chenal d'accès dans un port. Ainsi, au large du Pas-de-Calais, on observe des dunes sous-marines très mobiles se déplaçant de 5 à 25 mètres par an dont la présence peut modifier les conditions de navigation. Le SHOM cartographie ce site fréquemment pour voir s'il est nécessaire de draguer ses fonds.

Les bateaux ne sont pas les seuls à dépendre des données bathymétriques. Les entreprises qui installent des câbles sous-marins, de télécommunication transocéanique par exemple, utilisent ces mesures afin de déterminer le meilleur trajet des câbles.

PLS

Les fonds océaniques présentent des ressources qui intéressent de plus en plus les industriels. Quel est le rôle de la bathymétrie dans la recherche de pétrole et de gisements de métaux ?

T. S. : Pour la recherche d'hydrocarbures, la bathymétrie n'intervient pas directement. Les réservoirs sont recherchés grâce aux ondes sismiques de basse fréquence. La cartographie du sol sous-marin sert dans un second temps, pour l'installation de la plateforme pétrolière.

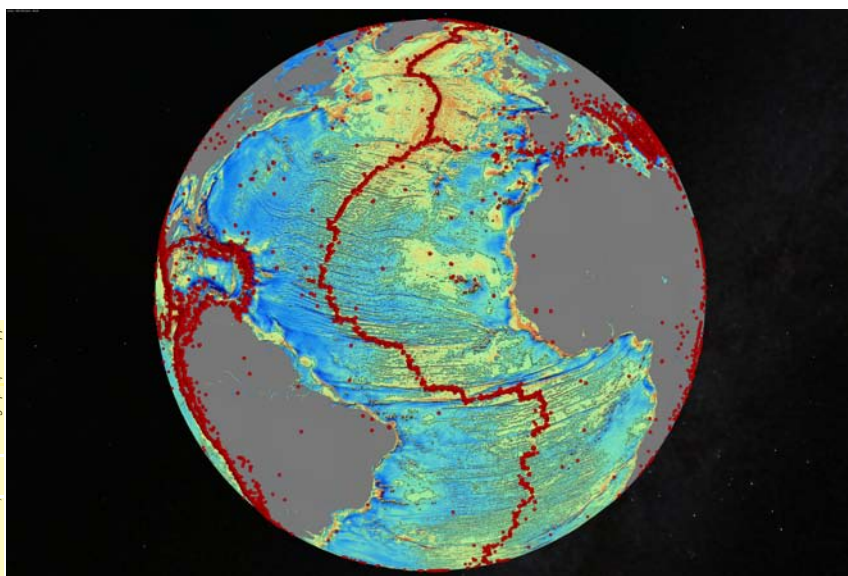
La bathymétrie permet aussi aux géologues de discerner les failles qui seraient susceptibles de renfermer certains minerais. En revanche, pour s'assurer de la présence réelle de ces

minerais, il faut, encore une fois, recourir aux ondes sismiques, mais aussi à des forages.

Par ailleurs, sur les plateaux abyssaux, entre 4 000 et 6 000 mètres de profondeur, on trouve des nodules polymétalliques. Ce sont des concrétions métalliques qui se forment autour d'un noyau constitué par exemple d'une coquille de plancton ou d'une dent de requin. Ces nodules sont riches en manganèse, nickel, cuivre, cobalt et d'autres métaux rares. Dans les années 1970, différents projets ont été étudiés en vue d'exploiter ces nodules, mais le coût de leur extraction à ces profondeurs rendait ces projets économiquement peu viables. Avec la hausse du prix des métaux, cette source est à nouveau envisagée. Et la bathymétrie permet d'évaluer les zones d'intérêt où il serait possible de trouver des nodules.

En liaison avec les ressources sous-marines, la bathymétrie est devenue ces dernières années un élément essentiel pour diverses négociations géopolitiques et économiques. En effet, depuis la convention de Montego Bay en 1982, un État peut demander à étendre ses droits souverains sur le plateau continental au-delà de sa ZEE. Pour ce faire, il doit prouver que la région revendiquée constitue un prolongement géologique des structures des fonds marins de sa ZEE. Le pays dépose un dossier au siège de l'Organisation des Nations unies, qui l'évalue en prenant en compte les demandes des pays limitrophes. Par exemple, la dorsale Lomonossov s'étend dans l'océan Arctique entre la Russie et le Canada. Les Russes ont demandé l'extension de leur zone souveraine en

David Sandwell, Institut océanographique Scripps



CETTE CARTE DES FONDS DE L'Océan ATLANTIQUE a été obtenue grâce à des mesures de gravimétrie effectuées par les satellites *CryoSat-2* et *Jason-1*. Cependant, la précision, qui est de quelques kilomètres, est insuffisante pour dresser des cartes de navigation.

arguant que la dorsale constitue un prolongement géologique de leur plateau continental. En 2007, la Russie a montré sa détermination en posant un drapeau russe dans la zone revendiquée à plus de 4 000 mètres de profondeur. En 2013, le gouvernement canadien a lancé une nouvelle campagne de cartographie pour déterminer à quel plateau continental se rattache la dorsale. Les enjeux sont évidemment économiques, des hydrocarbures étant présents dans le sous-sol.

PLS

Par quels aspects la bathymétrie a-t-elle aussi une importance pour la recherche océanographique ?

T.S. : Les études océanographiques sont tributaires des données bathymétriques, en particulier pour établir la trajectoire des courants, qui dépendent des reliefs sous-marins. C'est utile par exemple pour le suivi des proliférations de phytoplancton. Ces efflorescences algales peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres et ont un impact sur l'environnement. Elles suivent les courants marins et on ne peut anticiper leur trajectoire que si l'on connaît la dynamique des masses d'eau. On utilise les mêmes méthodes pour modéliser la propagation de polluants, tels les plastiques ou les marées noires.

PLS

Les tsunamis sont-ils aussi influencés par le relief sous-marin ?

T.S. : Tout à fait. D'ailleurs, le SHOM participe à certains programmes de prévention de risques liés aux tsunamis. La configuration sous-marine près des côtes permet d'estimer les zones à risque. Par exemple, si la côte est dépourvue de plateau continental, comme c'est le cas dans le Sud de la France, une grande vague ne sera pas amortie ou freinée et peut menacer le rivage. En revanche, la façade Atlantique, par exemple, est dotée d'un long plateau continental. Un raz-de-marée qui atteint ces eaux de faible profondeur perd en intensité et fera moins de dégâts sur les côtes.

PLS

Venons-en aux techniques utilisées pour cartographier les fonds marins. Le sonar semble être la plus courante. En quoi consiste-t-elle ?

T.S. : Avant le sonar, les techniques étaient rudimentaires : pour déterminer la profondeur, on attachait un plomb à un fil qu'on lâchait dans l'eau. Au cours de la Première Guerre mondiale, le physicien Paul Langevin a développé le principe

d'un sonar actif dont l'objectif était principalement de repérer les sous-marins ennemis. Grâce à un matériau piézoélectrique, qui vibre sous l'action d'un champ électrique, ce dispositif émet dans l'eau une onde acoustique. Celle-ci est réfléchiée par l'environnement (le fond marin, un rocher, un banc de poissons, un sous-marin...), et une partie revient vers le sonar. En mesurant le temps d'aller-retour de l'onde, on détermine la distance de l'obstacle si l'on connaît la vitesse de propagation de l'onde sonore dans l'eau.

PLS

Quelles évolutions cette technique a-t-elle connues ?

T.S. : Le sonar a été utilisé pour la bathymétrie à partir des années 1930 et est devenu la technique la plus performante. Puis, dans les années 1980-1990, il a encore été perfectionné. Le sonar émettant une onde sonore unique et dirigée à la verticale du bateau a ainsi été remplacé par des sonars multifaisceaux. Plusieurs ondes sont émises simultanément et forment un éventail vertical et perpendiculaire à l'axe du navire, ce qui permet de couvrir une zone plus large lors d'un passage unique.

On adapte aussi les fréquences des ondes. Les ondes de fréquence élevée permettent d'obtenir des mesures de meilleure résolution spatiale, mais elles sont davantage absorbées que les ondes de basse fréquence. La gamme de fréquences utilisées est comprise entre 10 kilohertz et quelques centaines de kilohertz. Le choix dépend de l'usage du sonar. Par exemple, les normes de l'organisation hydrographique internationale imposent une précision inférieure à 25 centimètres sur les zones littorales critiques pour assurer la sécurité de la navigation ; dans ce cas, on opte pour une fréquence élevée.

La nécessité de relevés suffisamment précis pour la navigation pose d'autres problèmes, tels que la position et les mouvements du bateau, la vitesse du son dans l'eau, etc. Une équipe du SHOM étudie ainsi les marées. Elle établit le « zéro hydrographique » qui sert de référence verticale pour les cartes marines ; ce zéro est en général proche, pour chaque lieu, de la plus basse mer astronomique (obtenue à partir des mesures du niveau des marées basses sur 19 ans). Avec cette référence, le marin est assuré de