

LA CARTOGRAPHIE DES FONDS MARINS CÔTIERS

Claude Augris*, Françoise Gourmelon**

RÉSUMÉ. Les méthodes de cartographie des fonds marins ont changé au cours des deux dernières décennies. Reposant sur des méthodes acoustiques, elles permettent l'obtention de données précises sur la nature sédimentologique et la morphologie des fonds. La production de cartes et la mise en œuvre de systèmes d'information géographique participent à la connaissance et au suivi à long terme de la zone côtière, siège de multiples activités humaines.

• CARTOGRAPHIE • GÉOLOGIE • LITTORAL
• SÉDIMENTOLOGIE

ABSTRACT. Sea floor mapping methodologies have changed over the last twenty years. Nowadays, geological investigations using acoustic techniques provide precise data about sedimentology and morphology of the sea floor. These data sets are used to generate maps and GIS. This approach contributes to knowledge and long-term monitoring of coastal areas, where numerous human activities are concentrated.

• CARTOGRAPHY • GEOLOGY • COASTAL
AREA • SEDIMENTOLOGY

RESUMEN. Los métodos de cartografía de los fondos marinos han cambiado en los últimos veinte años. A partir de métodos acústicos, permiten ahora obtener datos precisos sobre la naturaleza sedimentológica y la morfología de los fondos. La elaboración de mapas y el uso de sistemas de información geográfica participan del conocimiento y del seguimiento a largo tiempo del litoral, sede de múltiples actividades humanas.

• CARTOGRAFÍA • GEOLOGÍA • LITORAL •
SEDIMENTOLOGÍA

Les cartes des sédiments sous-marins étaient réalisées, au siècle dernier et jusque dans les années 1950, à partir de données ponctuelles récupérées par dragage. Il en résultait des cartes par points, ou par zones si la densité des indications ponctuelles permettait une interpolation (Hinschberger, 1970).

L'utilisation de l'acoustique pour la reconnaissance des fonds marins est connue depuis la fin des années 1950. Néanmoins, elle ne devint opérationnelle qu'une vingtaine d'années plus tard, permettant alors d'aborder la répartition géométrique précise des constituants (sédiments et roches) des fonds sous-marins et la reconnaissance des formes (Berné *et al.*, 1986). Des outils comme le sonar à balayage latéral et le sondeur multifaisceaux, de même que la sismique à haute résolution pour le sous-sol, permettent d'obtenir des représentations du fond de la mer d'une qualité égale ou supérieure aux photographies aériennes pour la

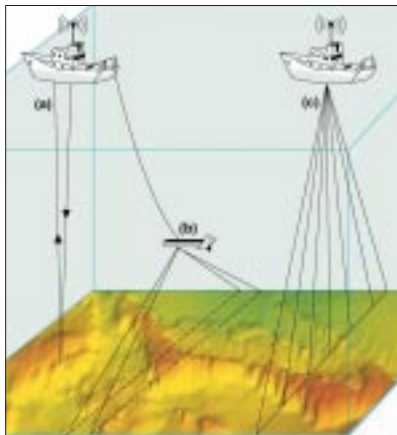
terre. Depuis 1981, un programme de cartographie géologique est mené par l'Ifremer sur le domaine marin français (métropole et outre-mer). Il a pour objectif de produire un état de référence homogène, contribuant efficacement à la connaissance pluridisciplinaire du fonctionnement et de l'évolution de l'environnement marin.

L'acquisition des données en mer

Les données sont collectées lors de campagnes océanographiques mettant en œuvre des outils d'imagerie acoustique, le prélèvement d'échantillons à la benne et parfois l'acquisition de prises de vue sous-marines (fig. 1). Les informations obtenues sont localisées à quelques mètres près grâce à l'utilisation d'un système de positionnement par satellite (GPS, Global Positioning System) utilisé en mode différentiel. En complément des données acquises en milieu marin, les petits fonds de moins de 10 m, difficilement accessibles

* Ifremer, Département Géosciences Marines, Technopôle Brest-Iroise, 29280 Plouzané ; Claude.Augris@ifremer.fr

** Géosystèmes (LETG UMR 6554 CNRS), Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle Brest-Iroise, 29280 Plouzané ; Francoise.Gourmelon@univ-brest.fr
Remerciements à E. Giraudet (LETG UMR 6554 CNRS) pour la mise en forme des documents graphiques.



1. Principe de fonctionnement des techniques d'imagerie acoustique:

- (a) sondeur bathymétrique;
- (b) sonar à balayage latéral;
- (c) sondeur multifaisceaux.

aux navires océanographiques remorquant des engins, sont étudiés à l'aide de photographies aériennes verticales, si possible contemporaines des levés en mer et réalisées à basse mer de vive-eau. Les méthodes de photo-interprétation classiques aboutissent à la cartographie sédimentologique de ces espaces.

- *Les données de géophysique.* – Le sonar à balayage latéral permet de réaliser en continu la cartographie géologique des fonds marins. Il en fournit une image «acoustique» appelée sonogramme (fig. 2), qui indique, en fonction des teintes sur l'image, la répartition spatiale des différentes formations ainsi que leur morphologie détaillée. Le système se compose d'un engin remorqué de forme fuselée, communément appelé «poisson», relié par un câble électroporteur à un enregistreur graphique situé à bord du navire (fig. 1). Un enregistreur numérique complète le dispositif et permet de stocker les données sur support magnétique. Le principe du sonar à balayage latéral repose sur la variation du coefficient de rétrodiffusion du fond. Le signal acoustique, de fréquence 110 kHz, émis par deux transducteurs logés dans le poisson, est renvoyé avec plus ou moins d'intensité selon les caractéristiques sédimentologiques, physiques et morphologiques du fond. Le réglage de la portée latérale du sonar étant fixé à 100 m de part et d'autre du poisson, les sonogrammes sont enregistrés à une échelle spatiale de 1/1 000. En complément de ce type d'enregistrement, un sondeur bathymétrique monofaisceau fournit le profil vertical du fond, le long de la route suivie par le navire.

Le sondeur multifaisceaux est aussi un équipement de cartographie sous-marine fondé sur des principes acoustiques mais, contrairement au sonar à balayage latéral, il permet

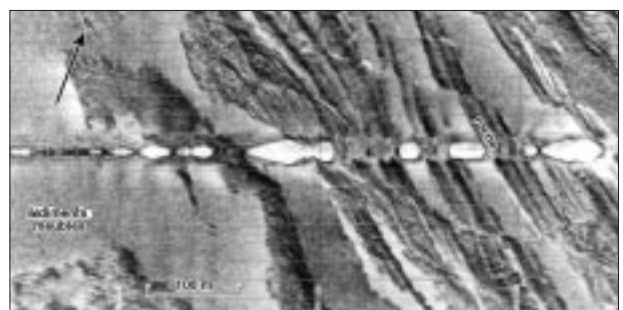
l'acquisition simultanée des données bathymétriques et des images. Il comporte deux sondeurs latéraux indépendants, qui émettent chacun 60 faisceaux de fréquence 95 kHz (fig. 1). La largeur couverte sur le fond de la mer est de 7 fois la profondeur d'eau ; la précision de la mesure dépend de la vitesse de propagation du son dans l'eau et de la direction du faisceau. Les images obtenues ont une résolution inférieure à celles du sonar à balayage latéral.

- *Les prélèvements d'échantillons et l'observation directe.* – La nature des formations superficielles, repérées sur les sonogrammes, est identifiée par des prélèvements *in situ* réalisés à l'aide d'une benne. En complément de ces prélèvements, la nature des formations superficielles est validée par des prises de vue réalisées par une caméra sous-marine.

Le traitement des données

L'ensemble des données collectées lors des campagnes océanographiques subit des traitements spécifiques conduisant à la production d'informations géologiques et bathymétriques.

- *Les données géologiques.* – Les sonogrammes fournis par le sonar à balayage latéral ainsi que les images acoustiques du sondeur multifaisceaux font l'objet d'un «mosaïquage» numérique. En les assemblant selon les routes suivies par le navire, un logiciel calcule une mosaïque d'images numériques sur l'ensemble du domaine étudié (fig. 3). Elle prend en compte différents paramètres techniques : distance entre poisson et navire, attitude du poisson (roulis, tangage), qui peuvent affecter la position et la qualité des images. Un travail d'interprétation géologique délimite les différentes formations visibles et repère les figures morphologiques. Chaque objet identifié sur l'image est attribué à un type particulier de substrat, grâce aux données qualitatives fournies par les prélèvements *in situ* et aux prises de vue sous-marines.



2. Exemple de sonogramme

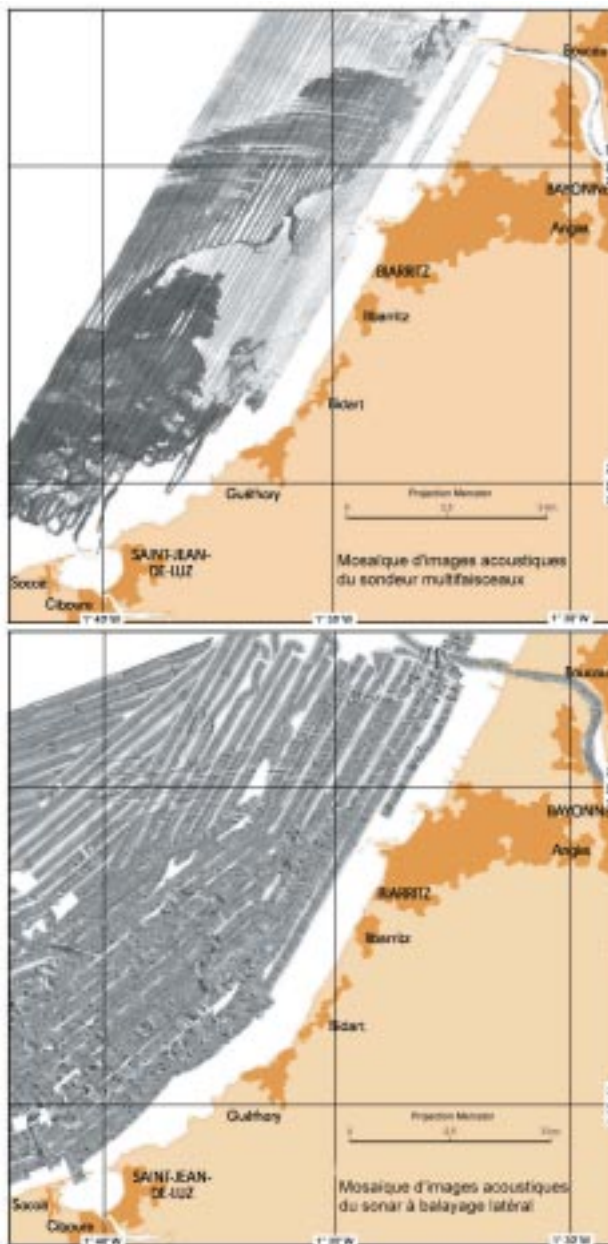
- *Les données bathymétriques.* – Les données obtenues par le sondeur multifaisceaux ne sont pas utilisables en l'état. Des corrections de marée et de la propagation du son, dépendantes de la salinité et de la température de l'eau, leur sont appliquées. On obtient directement un document en isolignes, le sondeur multifaisceaux fournissant le relief sur une largeur donnée du fond de la mer. À l'inverse, le sondeur bathymétrique monofaisceau (fig. 1) impose une opération d'interpolation des sondes de manière à obtenir des courbes isobathes.

L'analyse de l'information

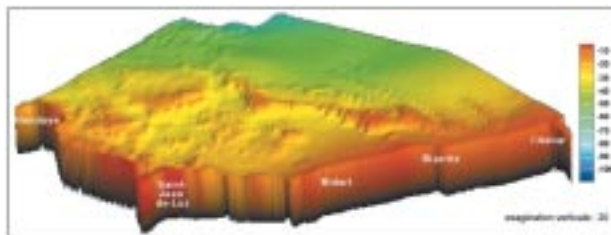
Les informations bathymétrique et géologique sont mises en forme pour produire différents types de cartes : morpho-bathymétrique, morpho-sédimentaire et géologique. En complément d'autres données acquises lors de suivis environnementaux, elles peuvent alimenter des plates-formes de type « système d'information géographique » (SIG), bien adaptées à l'analyse et à la gestion de la zone côtière.

- *Les cartes.* – Les résultats de l'analyse et de l'interprétation des informations obtenues sont regroupés dans des cartes, en général à l'échelle 1/20 000. La carte morpho-bathymétrique montre le relief sous-marin en 3D (fig. 4). La carte morpho-sédimentaire représente la nature et l'organisation des composants du sol marin, le sens des transits sédimentaires sur le fond, et les relations avec le littoral (fig. 5). Néanmoins, aussi précises soient-elles, les cartes ne représentent qu'un instantané dans l'évolution du milieu.

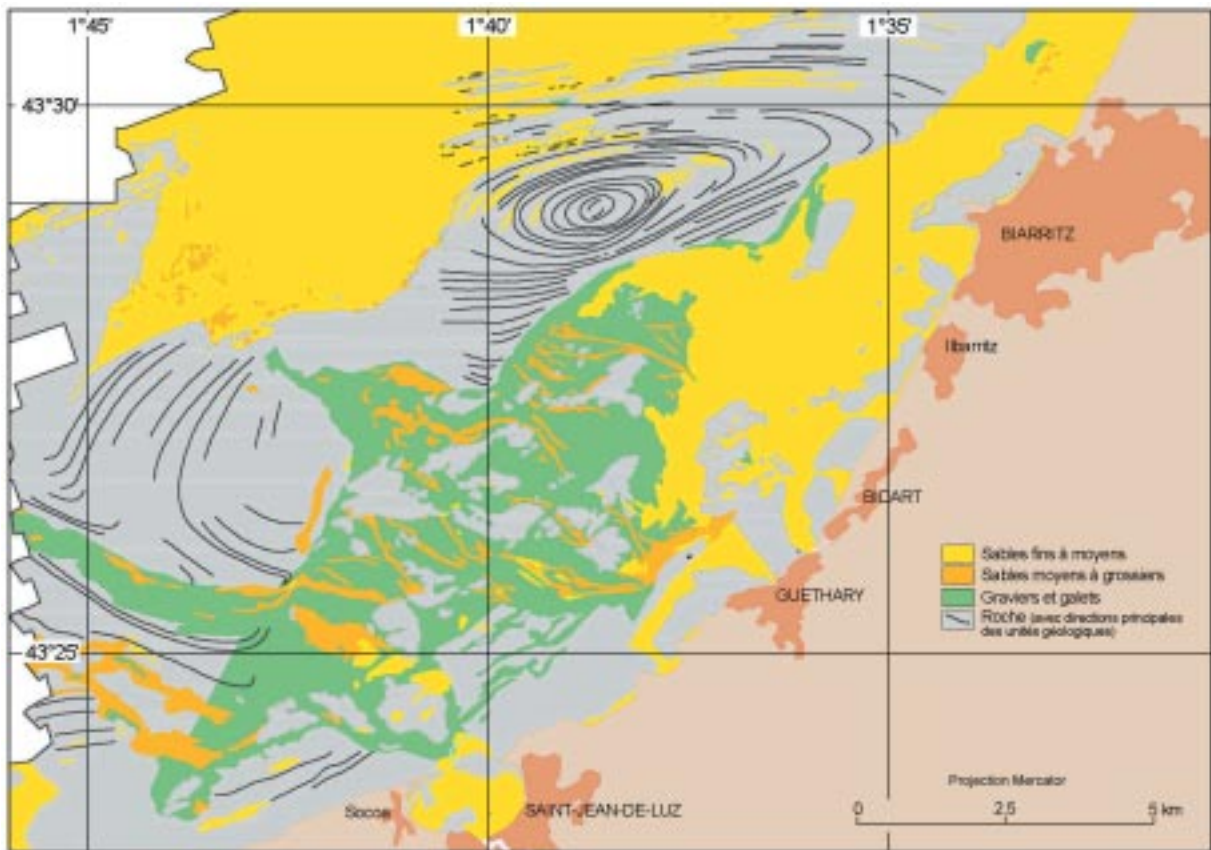
- *Les systèmes d'information géographique.* – Sur certains espaces sensibles, le suivi de l'évolution sédimentaire implique de disposer de plusieurs états successifs. Dans ce cas, l'analyse des modalités et des facteurs responsables des changements spatiaux observés repose sur des outils pluridisciplinaires adaptés au traitement des données récoltées dans une double perspective, spatiale et temporelle. De plus, les connaissances acquises sur ces zones concernent divers aspects d'un suivi (sédimentologie, faune, courants, zones de pêche, zones de servitude) qu'il est utile de rassembler sur un support commun. Les SIG offrent des fonctionnalités appréciées pour l'état des connaissances, l'analyse des processus environnementaux et l'aide à la décision. Néanmoins, peu de systèmes sont actuellement mis en œuvre sur le littoral. Une maquette en cours de constitution sur le domaine côtier situé au large du pays de Caux (Seine-Maritime) intègre l'ensemble des caractéristiques morpho-sédimentaires acquises au cours de deux



3. Extraits de mosaïques d'images acoustiques



4. Vue en relief des fonds marins du Pays Basque



5. Extrait de la carte morpho-sédimentaire du domaine marin côtier du Pays Basque

campagnes à la mer en 1988 et 1992 (Gourmelon *et al.*, 1998). L'analyse spatiale de l'information numérique témoigne de l'ensablement des fonds entre 4 et 9 m (Costa *et al.*, à paraître). Les synthèses cartographiques relatives aux changements spatio-temporels, issues de l'analyse de l'information, fournissent des éléments essentiels à la compréhension des processus dynamiques en cause.

Conclusion

De plus en plus fondée sur des techniques numériques d'acquisition et de traitement de données, la cartographie des fonds sous-marins a considérablement évolué au cours des dernières années. La mise en œuvre du programme de cartographie fine à l'échelle nationale, réalisée dans des conditions d'acquisition de données et de traitement cohérent, contribue à l'élaboration d'un état de référence précis, permettant des comparaisons objectives entre différents sites et le suivi des changements environnementaux. Mises en forme dans des SIG pluridisciplinaires, ces données physiques contribuent à la connaissance du domaine marin de manière

à le rendre, à terme, aussi bien connu que le domaine terrestre. Le regroupement de l'ensemble des informations disponibles et sa valorisation scientifique dans un outil fédérateur sont un préalable à l'élaboration de tout projet lié à des activités maritimes ou de loisir en mer côtière.

Références bibliographiques

- AUGRIS C., CIRAC P., SATRA C., MAZÉ J.-P., 1999, *Le Domaine marin côtier du Pays Basque, carte des formations superficielles et carte morpho-bathymétrique*, échelle 1/20 000, Éd. IFREMER-Conseil Général des Pyrénées-Atlantiques-Communauté européenne.
- BERNE S., AUGUSTIN J.-M., BRAUD F., CHENE G., WALKER P., 1986, «Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plate-formes continentales : améliorations de la technique d'observation par sonar latéral», *Bulletin de la Société géologique de France*, 2, (3), p. 437-446.
- GOURMELON F., AUGRIS C., Di NOCERA L., BESLIN H., 1998, «Un système d'information géographique en milieu marin (Dieppe-Le Tréport, Seine-Maritime)», *Norvis*, 45 (177), p. 75-79.
- HINSCHBERGER F., 1970, *L'Iroise et les abords d'Ouessant et de Sein*, Association des Publications de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Caen, 309 p.