

La journée mondiale de l'hydrographie 2018 : l'hydrographie au service du développement durable

■ Gilles BESSERO

La journée mondiale de l'hydrographie, célébrée chaque année le 21 juin, n'est probablement pas la plus connue des journées mondiales inscrites au calendrier international. Bien qu'elle ait été endossée par l'Assemblée générale des Nations Unies en 2005, sa coïncidence avec le premier jour de l'été dans l'hémisphère nord et avec la Fête de la musique ne facilite pas sa mise en lumière ! Il faut aussi reconnaître que l'hydrographie, n'est pas non plus l'activité maritime la plus notoire et pourtant sans elle, les navigateurs et les autres usagers de la mer seraient bien en peine d'exercer leurs métiers. Avec le Programme de développement durable à l'horizon 2030 adopté par l'Organisation des Nations Unies en 2015, elle prend une ampleur accrue en tant qu'ingrédient clé du développement durable des océans. Le thème retenu par l'Organisation hydrographique internationale pour la journée mondiale de l'hydrographie de 2018 : "La bathymétrie – un pilier pour des mers, océans et voies navigables durables" vise à mieux mettre en évidence le rôle que joue l'hydrographie en la matière. Cet article rappelle en quoi consiste l'hydrographie et explicite les défis à relever.

Hydrographie : de quoi s'agit-il ?

Le terme "hydrographie" est en lui-même source de confusion car il a deux acceptions différentes : il désigne d'une part la branche de la géographie ayant pour objet l'étude et la description des mers, des lacs et des cours d'eau présents à la surface du globe et d'autre part l'ensemble des nappes et cours d'eau répartis à la surface d'un pays, d'une région. C'est ici de la première acception dont nous parlons, la détermination de la topographie des fonds marins, correspondant à "cet étrange métier de mesureur du fond des mers" que la navigatrice Isabelle Autissier imagine derrière les cartes marines [Autissier I., 2013]. La carte marine est en effet le premier produit de l'hydrographie qui vise à "mesurer et décrire les éléments physiques des océans, des mers, des zones côtières, des lacs et des fleuves, (...) d'abord pour les

■ MOTS-CLÉS

Hydrographie, carte marine, infrastructure de données spatiales, développement durable, relations internationales

besoins de la sécurité de la navigation mais aussi à l'appui de toutes les autres activités maritimes, incluant le développement économique, la sécurité et la défense, la recherche scientifique et la protection de l'environnement" [OHI, 2014]. L'hydrographie fournit en effet le support de pratiquement tout ce qui se passe sur, dans, ou sous la mer : sans

hydrographie, pas de navigation maritime, pas d'aménagement portuaire, pas d'installation d'infrastructures en mer, pas de programme de protection de l'environnement marin, pas de gestion de la zone côtière, pas de sauvetage en mer, pas de délimitation de frontières maritimes ! L'importance du sujet justifie que l'Assemblée générale des Nations Unies ait endossé en 2005 l'adoption d'une journée mondiale de l'hydrographie célébrée depuis 2006 le 21 juin de chaque année.

Les techniques mises en œuvre

L'hydrographie se décline en trois volets faisant chacun appel aux techniques les plus modernes :

- le recueil de données "géoréférencées" (c'est-à-dire dont on détermine précisément la position à la surface de la Terre) ;
- le traitement des informations recueillies et leur intégration dans des bases de données ;
- la production, la diffusion et la mise à jour de produits ou services répondant aux besoins des différents usagers.



Figure 1. Levé hydrographique à bord d'une embarcation



Figure 2. Un navire hydrographique : le Beautemps-Beaupré (France)



Le recueil des données, mesurer la mer, est effectué principalement à partir d'embarcations dans les petits fonds (Figure 1) ou de navires (Figure 2) lorsque la profondeur est suffisante. L'utilisation de moyens aéroportés, voire de satellites, est possible dans certaines conditions. Les progrès de l'automatisation permettent le recours à des engins télé-

opérés ou autonomes, drones de surface ou sous-marins qui offrent la possibilité de démultiplier les capacités du navire porteur (et accessoirement de réaliser des mesures en toute discrétion).

Le problème de la localisation en mer fut longtemps une difficulté (Figure 3). Elle a reposé jusqu'au milieu des années 1950 exclusivement sur des moyens optiques, demandant la mise en place de repères à terre ; hors de vue de côte les seuls repères étaient les astres ou les étoiles, sous réserve que le ciel soit dégagé et la précision était médiocre (2 à 4 km). Le problème est maintenant résolu en tous lieux et en tout temps par les systèmes de navigation par satellites : GPS, Glonass, Galileo, etc. Ces systèmes donnent communément accès, en mer comme à terre, à une précision métrique et des modes de traitement un peu plus élaborés donnent une précision centimétrique.

La détermination des profondeurs, la bathymétrie, a elle aussi fait des progrès considérables (Figure 4). Jusqu'au début du 20^e siècle, le seul moyen connu était la mesure directe avec le plomb de sonde, dont la base était enduite de suif pour remonter un échantillon du fond. Il a fallu les progrès de l'acoustique sous-marine pendant la première guerre mondiale pour que puisse être développé le sondeur acoustique vertical, mesurant le temps de propagation d'un signal acoustique qui se réfléchit sur le fond. Cette méthode s'est généralisée après la seconde guerre mondiale. Un nouveau saut technologique au début des années 1970 a permis de décupler les performances en passant au sondeur multifaisceau qui mesure simultanément la profondeur selon un éventail perpendiculaire à la route du navire, le long d'une bande de largeur pouvant atteindre 5 à 10 fois la profondeur. Les sondeurs acoustiques sont mis en œuvre par des navires dont la vitesse est de l'ordre de 10 à 15 nœuds – 20 à 30 km/h. Leur mise en œuvre est délicate dans les zones de petits fonds qui sont par définition dangereuses pour la navigation. L'utilisation du laser aéroporté développé à partir de la fin des années 1970 permet de s'affranchir de cette contrainte. La vitesse est 10 à 15 fois supérieure à celle d'un navire mais la portée est limitée du fait de la faible transparence de l'eau au rayonnement électromagnétique et n'atteint ou dépasse la trentaine de mètres que dans des eaux très claires. La télédétection par satellite, qui a débuté avec le premier satellite "cartographique" Landsat en 1972, permet des mesures indirectes selon deux techniques principales. La première technique est passive. Elle est basée sur la mesure par un radiomètre embarqué du rayonnement émis par la surface de la Terre qui permet dans les conditions favorables de transparence de l'eau d'estimer la profondeur jusqu'à une trentaine de mètres avec une résolution horizontale de l'ordre du mètre. Une autre technique est basée sur un capteur actif, un radar dit "altimétrique", utilisé pour la première fois avec le satellite Seasat lancé en 1978. Le radar embarqué sur satellite mesure la topographie de la

Mesurer la mer :

Position : du sextant et du cercle hydrographique au GPS

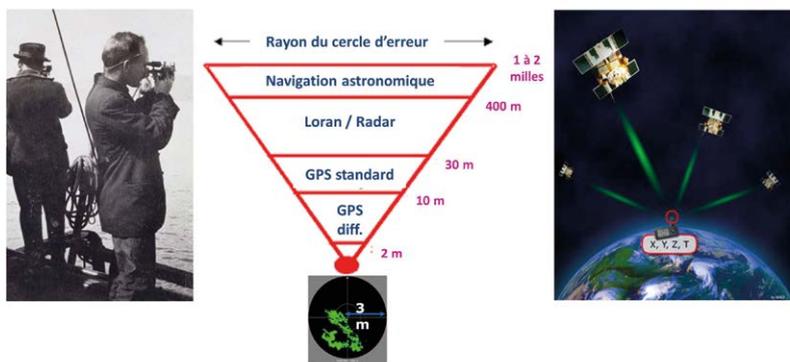
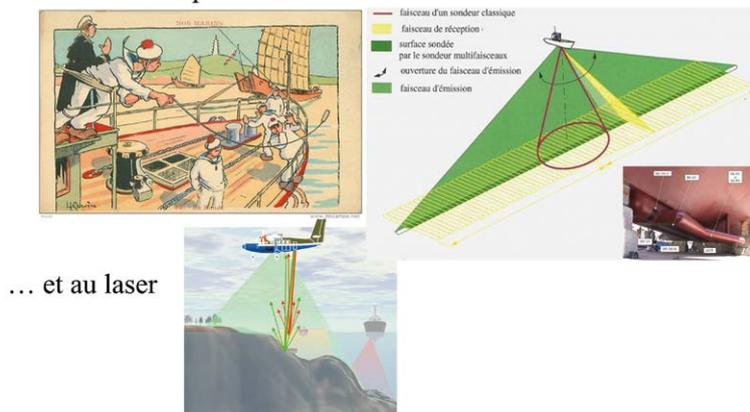


Figure 3. Mesurer la mer : position : du sextant et du cercle hydrographique au GPS

Mesurer la mer :

Profondeur : du plomb de sonde au sondeur multifaisceau ...



... et au laser

Figure 4. Mesurer la mer : profondeur : du plomb de sonde au sondeur multifaisceau et au laser



surface de la mer et permet de détecter les variations du champ de pesanteur induites par les reliefs sous-marins ; la difficulté est que ces anomalies peuvent aussi être causées par des variations de densité du sous-sol ; par ailleurs seules les grandes formes du relief ayant une envergure d'au moins 10 à 15 km sont détectées.

Le traitement des informations recueillies comprend une phase de validation et de mise en forme puis l'intégration des données validées dans des bases de données géographiques organisées et tenues à jour (systèmes d'informations géographiques). La phase de validation nécessite une attention particulière, afin de ne pas confondre bruit de mesure et anomalies induites par des hauts fonds ou des obstacles posés sur le fond. Dans le doute, il faut investiguer les anomalies par des moyens complémentaires (sondeur latéral, voire plongeurs).

Les produits de l'hydrographie

C'est à partir des bases de données intégrant l'ensemble des informations validées que les services hydrographiques élaborent, diffusent et mettent à jour les produits et services adaptés aux besoins des différentes catégories d'utilisateurs, notamment les cartes marines et les ouvrages nautiques qui les complètent (instructions nautiques, annuaires de marée, etc.). Le produit le plus connu est la carte marine. Les cartes étaient traditionnellement imprimées sur papier, mais elles sont aujourd'hui également publiées de plus en plus sous la forme de cartes électroniques numériques.

La production de cartes est de moins en moins le fondement de l'activité des services hydrographiques. Elle se voit reléguée au second plan par la maintenance, la gestion et la mise en œuvre des infrastructures de données spatiales nationales dont les cartes marines sont un produit dérivé parmi d'autres. Ces infrastructures sont associées à des services en ligne permettant aux utilisateurs de sélectionner et d'extraire les informations dont ils ont besoin (*voir par exemple data.shom.fr*).

L'hydrographie, une nécessité reconnue par le droit international

L'hydrographie est reconnue comme une nécessité par le droit international. Cette exigence se décline en obligation d'emport à bord des navires de moyens de navigation normalisés, dont les cartes marines nécessaires à la traversée prévue, et en obligation de fourniture par les États côtiers de "services hydrographiques" coordonnés pour les espaces maritimes dont ils ont la responsabilité. Ces obligations résultent de deux conventions internationales : la convention des Nations Unies sur le droit de la mer [Nations Unies, 1994] et la convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, dite convention SOLAS (*Safety Of Life At Sea*) [Organisation maritime internationale, 2014].

Il résulte de ces deux textes que les États contractants doivent veiller à ce que :

- les levés hydrographiques soient exécutés ;
- les cartes marines et autres publications nautiques soient disponibles et à jour ;
- les renseignements sur la sécurité maritime soient diffusés.

Il s'agit d'obligations relevant du droit des traités qui concernent tous les gouvernements contractants.

Depuis 1998, elles sont rappelées annuellement par les résolutions successives de l'Assemblée générale des Nations Unies sur les océans et le droit de la mer.

Une organisation internationale spécialisée

Les travaux des agences hydrographiques nationales sont coordonnés au niveau international par une organisation spécialisée, l'Organisation hydrographique internationale, l'OHI (*Figure 5*), organisation intergouvernementale à caractère consultatif et technique qui a succédé en 1970 au Bureau

hydrographique international (BHI) établi en 1921 à Monaco. La journée mondiale de l'hydrographie célèbre l'anniversaire de la création du BHI, le 21 juin 1921. L'objectif de l'OHI est d'assurer que toutes les mers, tous les océans et toutes les voies navigables du monde soient convenablement hydrographiés et cartographiés.

La production de l'OHI se décline en quatre composantes principales. En tant qu'organisation de normalisation, elle publie des normes, des guides et des publications connexes, qui sont pratiquement tous accessibles gratuitement sur le site internet de l'OHI (www.iho.int). Les normes portent notamment sur les levés hydrographiques, les spécifications des cartes marines, le codage et la visualisation des cartes électroniques, la formation des hydrographes et des spécialistes en cartographie marine. Les guides traitent de sujets comme la mise en place d'infrastructures de données géospatiales marines ou les aspects techniques des délimitations maritimes. Parmi les autres publications, citons le manuel sur l'hydrographie ou le répertoire des résolutions de l'OHI.

L'OHI assure, pour le compte de l'Organisation maritime internationale et en liaison avec l'Organisation météorologique mondiale, la coordination technique du service mondial d'avertissements de navigation.

Par l'intermédiaire de ses commissions régionales, l'OHI fixe et met en œuvre les schémas cartographiques régionaux couvrant les différents bassins maritimes.

Enfin l'OHI mène un programme de renforcement des capacités dont l'objectif à long terme est que tous les États qui possèdent des eaux navigables disposent des voies et moyens de s'acquitter de leurs obligations en matière d'hydrographie.

L'hydrographie et les objectifs de développement durable

En septembre 2015, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté le Programme de développement durable à l'horizon 2030 [Nations Unies, 2015]. Ce programme cible en particulier



Figure 5. Logo de l'OHI



la viabilité des océans dans le cadre de son objectif de développement durable 14 – Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable. La cible 14 a de cet objectif comprend la nécessité d’approfondir les connaissances scientifiques dont l’un des enjeux majeurs mais méconnu est l’amélioration de la connaissance de la bathymétrie des océans.

Alors que les terres émergées sont aujourd’hui parfaitement cartographiées, il résulte de l’opacité du milieu liquide à la lumière et aux rayonnements électromagnétiques que moins de 10 % du fond des mers ont fait l’objet de levés hydrographiques systématiques et nous disposons de bien meilleures cartes de la Lune et de Mars que du fond des mers ! Force est de constater que la situation ne s’est guère améliorée au cours des vingt dernières années, malgré le développement de nouvelles technologies rappelé plus haut, du fait de la réduction du nombre de navires hydrographiques. Pourtant, les besoins ne cessent de croître avec par exemple :

- la croissance continue du trafic maritime mettant en œuvre des navires toujours plus gros : les tirants d’eau qui étaient de 2-3 m au début du 20^e siècle dépassent aujourd’hui 20 m pour les plus grands navires ;
- le développement des croisières dans des zones jusqu’ici peu fréquentées (îles exotiques, régions polaires) ;
- le développement de la “e-navigation” qui cherche en particulier à optimiser les routes des navires et plus généralement à tirer pleinement profit de l’automatisation et de l’ère du tout-numérique (Figure 6) ;
- la gestion dite “intégrée” de la zone côtière qui repose sur une infrastruc-



Figure 6. Passerelle d’un navire à l’ère du numérique



Figure 7. Dommages subis par le sous-marin USS San Francisco

ture de données géospaciales à haute résolution.

L’état des lieux est détaillé dans la publication de l’OHI sur l’état des levés hydrographiques et de la cartographie marine dans le monde [OHI, 2016]. Dans les eaux côtières, jusqu’à 200 m de profondeur, la proportion de zones pas ou mal hydrographiées dépasse 95 % dans les États insulaires du Pacifique sud-ouest et dans les régions polaires. Elle dépasse 80 % aux Caraïbes ou en Afrique de l’ouest. Elle atteint 65 % (45 % pas hydrographié, 20 % mal hydrographié) en Australie, 50 % au Royaume-Uni.

La première conséquence de cette situation concerne la sécurité de la navigation. La découverte de hauts fonds dangereux pour la navigation n’est pas rare. Les échouements sont la troisième cause d’accident des navires de commerce (après les avaries mécaniques et les collisions). Si la cause première réside principalement dans ce qu’il est convenu d’appeler le “facteur humain”, la méconnaissance des fonds est un facteur d’accident lorsqu’on sort des “sentiers battus”, comme le rappellent par exemple :

- le naufrage du paquebot Antilles au nord de l’île Moustique sur un récif inconnu en 1971 ;
- la collision du sous-marin nucléaire d’attaque USS San Francisco avec un mont sous-marin dans le Pacifique sud en 2006 (Figure 7) ;
- l’échouement du navire de croisière Nordkap en Antarctique en 2007 ;

- l’échouement du vraquier Gülser Ana en 2009 puis du vraquier New Mykonos en 2016 sur des hauts fonds non cartographiés au sud de Madagascar.

La prévention des risques naturels, qu’ils soient progressifs, comme l’érosion qui affecte certains rivages, ou catastrophiques, comme les ondes de tempête ou les tsunamis, passe aussi par une meilleure connaissance de l’hydrographie. Le tsunami en océan Indien de décembre 2004 a ainsi démontré la nécessité d’une connaissance fine de la bathymétrie pour prédire avec suffisamment de précision les zones susceptibles d’être touchées par l’onde océanique engendrée par un séisme ou une éruption volcanique sous-marine et déclencher l’alerte à bon escient. C’est tout simplement une question de vie ou de mort pour reprendre le titre d’un article sur le sujet [Parker B., 2013] ! Cela est d’autant plus important que dans certaines configurations (Méditerranée occidentale par exemple), le délai entre le séisme et l’arrivée du tsunami à la côte peut se chiffrer en quelques dizaines de minutes seulement [Roudil P. et al, 2013].

La capacité de lutter contre les pollutions accidentelles, qu’elles résultent d’un naufrage, d’une collision de navires ou d’un incident d’exploitation de plate-forme pétrolière est également conditionnée par l’état de la connaissance de l’hydrographie. Ainsi, les modèles de dérive des nappes d’hydrocarbures utilisés pour prévoir la



trajectoire de ces nappes et positionner les moyens de protection supposent une connaissance précise de la bathymétrie. La connaissance précise de la bathymétrie est aussi nécessaire pour toutes les applications et études s'appuyant sur la modélisation de la circulation océanique, qu'il s'agisse d'étudier le changement climatique, l'évolution des calottes polaires, la circulation des éléments nutritifs, des sédiments ou des pollutions d'origine terrestre, de surveiller les écosystèmes marins ou de développer les énergies marines renouvelables.

Les enjeux du développement durable des océans et de leurs ressources donnent un nouvel élan à la coopération internationale en matière d'hydrographie et la cartographie "complète" des océans est l'une des actions prévues au titre de la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable 2021-2030, dont le principe a été adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies lors de sa 72^e session le 5 décembre 2017 [Nations Unies, 2018]. Cette action sera menée dans le cadre du programme de la Carte générale bathymétrique des océans (GEBCO) co-piloté par l'OHI et la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO (COI).

Elle fait l'objet d'un programme spécifique, "Seabed 2030", élaboré suite à un forum sur la future cartographie du plancher océanique tenu à Monaco en juin 2016. Ce projet, qui bénéficie d'un soutien financier important de la "Nippon Foundation" du Japon, vise à atteindre une résolution horizontale de l'ordre de 100 m. Il pourra notamment s'appuyer sur des démonstrateurs technologiques en cours de développement et d'évaluation dans le cadre du "Shell Ocean Discovery XPRIZE" doté de 7 millions USD, une compétition mondiale s'étendant sur trois ans (2016-2019) qui oppose plusieurs équipes dans le but de faire avancer les technologies de cartographie rapide, sans pilote et haute résolution des océans. L'atteinte de l'objectif du projet Seabed 2030 passe aussi par :

– le "déverrouillage" de l'accès aux données qui existent déjà mais dorment dans des armoires et ne sont pas mises à disposition ;

- la promotion et l'encouragement des initiatives innovantes de collecte et de maximisation des données, comme la bathymétrie participative (données géographiques fournies spontanément par les navigateurs) et la bathymétrie par satellite, afin de déterminer les zones à hydrographier complètement en priorité ;
- l'exécution de levés complets dans les zones prioritaires ainsi identifiées, en adaptant les spécifications aux enjeux économiques, environnementaux ou de sécurité.

L'hydrographie est la clé pour des mers bien gérées. Elle fait partie des voies et moyens pour atteindre les objectifs du Programme de développement durable à l'horizon 2030. La coopération internationale, ainsi qu'entre les acteurs de tous les secteurs y compris le secteur privé, est plus que jamais indispensable pour y parvenir. ●

Contact

Gilles BESSERO

Ancien directeur de l'Organisation hydrographique internationale
Membre de l'Académie de marine
gilles.bessero@orange.fr

Références

- Autissier Isabelle. *Chroniques au long cours*. Paris : Flammarion, 2013
- Organisation hydrographique internationale. *Hydrographie. Dictionnaire hydrographique* - version WIKI en ligne "Anglais/Français". 2014. Disponible sur : <http://hd.iho.int/fr/index.php/Hydrographie> (Consulté le 21/03/2018)
- Nations Unies. *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer* (avec annexes, acte final et procès-verbaux de rectification de l'acte final en date des 3 mars 1986 et 26 juillet 1993). Conclue à Montego Bay le 10 décembre 1982. In : Recueil des traités. Nations Unies, 1994. Vol. 1834, I-31363
- Organisation maritime internationale. *SOLAS*, Edition française consolidée. OMI, 2014.
- Nations Unies. *70/1. Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 25 septembre 2015*. Disponible sur : http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&referer=/english/&Lang=F (Consulté le 21/03/2018)

www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&referer=/english/&Lang=F (Consulté le 21/03/2018)

- Organisation hydrographique internationale. *État des levés hydrographiques et de la cartographie marine à travers le monde*. Publication C-55. OHI, 19 décembre 2016
- Parker Bruce. *When Bathymetry Determines Who Might Live and Who Might Die*. Hydro International, novembre-décembre 2013, vol. 17, n° 8, p. 16-19
- Roudil Pascal et al. *The French tsunami warning center for the Mediterranean and northeast Atlantic: CENALT*. Journal of Tsunami Society International, janvier 2013, vol. 32, n° 1, p. 1-7
- Nations Unies. *72/73. Les océans et le droit de la mer. Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 5 décembre 2017*. Disponible sur : http://www.un.org/fr/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/72/73 (Consulté le 11/02/2018)

ABSTRACT

World Hydrography Day, celebrated every year on June 21st, is certainly not the best known of the world days on the international calendar. Although it was recognized by the United Nations General Assembly in 2005, its coincidence with the first day of summer in the Northern Hemisphere and with Music Day does not facilitate its appreciation! One must also admit that hydrography is not the most notorious maritime activity either, and yet without hydrography, mariners and all other users of the sea would find it very difficult to ply their trade. With the 2030 Agenda for Sustainable Development adopted by the United Nations in 2015, hydrography is gaining momentum as a key ingredient for the sustainable development of the oceans. The theme selected by the International Hydrographic Organization for World Hydrography Day 2018: "Bathymetry - the foundation for sustainable seas, oceans and waterways" aims at better highlighting the role of hydrography in that respect. This article recalls what hydrography is about and explains the challenges to be met.