

## La bathymétrie et les aménagements portuaires

M. PAUL DDE Manche

La plupart des ports marchands importants et singulièrement les ports d'estuaire, entretiennent des équipes sédentaires d'hydrographes relativement importantes et structurées.

Les effectifs affectés à ce type de tâches sont, par exemple à Bordeaux, Rouen, ou Nantes de l'ordre d'une vingtaine de personnes.

On peut se demander ce qui justifie l'existence de telles équipes, et pourquoi il n'est pas de façon exclusive fait appel au frère aîné qu'est pour nous le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

Pour répondre à cela, il faut examiner précisément en quoi consistent ces besoins : on verra qu'ils sont assez particuliers. Particuliers aussi sont certains des procédés utilisés, comme certaines des voies de recherche, dont nous aborderons ensuite la description.

### 1 — LES BESOINS EN HYDROGRAPHIE PORTUAIRE

#### 1.1 Exploitation des chenaux et des souilles - Questions de sécurité

Le besoin premier en matière de bathymétrie dans les ports est classique : il faut garantir la sécurité des mouvements des navires dans les chenaux qui conduisent aux installations portuaires et dans les souilles qui en permettent l'exploitation.

La particularité est ici la vitesse avec laquelle peuvent évoluer les fonds : les tempêtes ou les crues des fleuves peuvent déterminer en quelques marées l'apparition de masses considérables de sédiments obstruant les chenaux de façon parfois catastrophique.

Dans de nombreux estuaires à fonds sableux, le courant peut former de véritables dunes sous-marines, les ridens, capables de se déplacer rapidement vers l'aval.

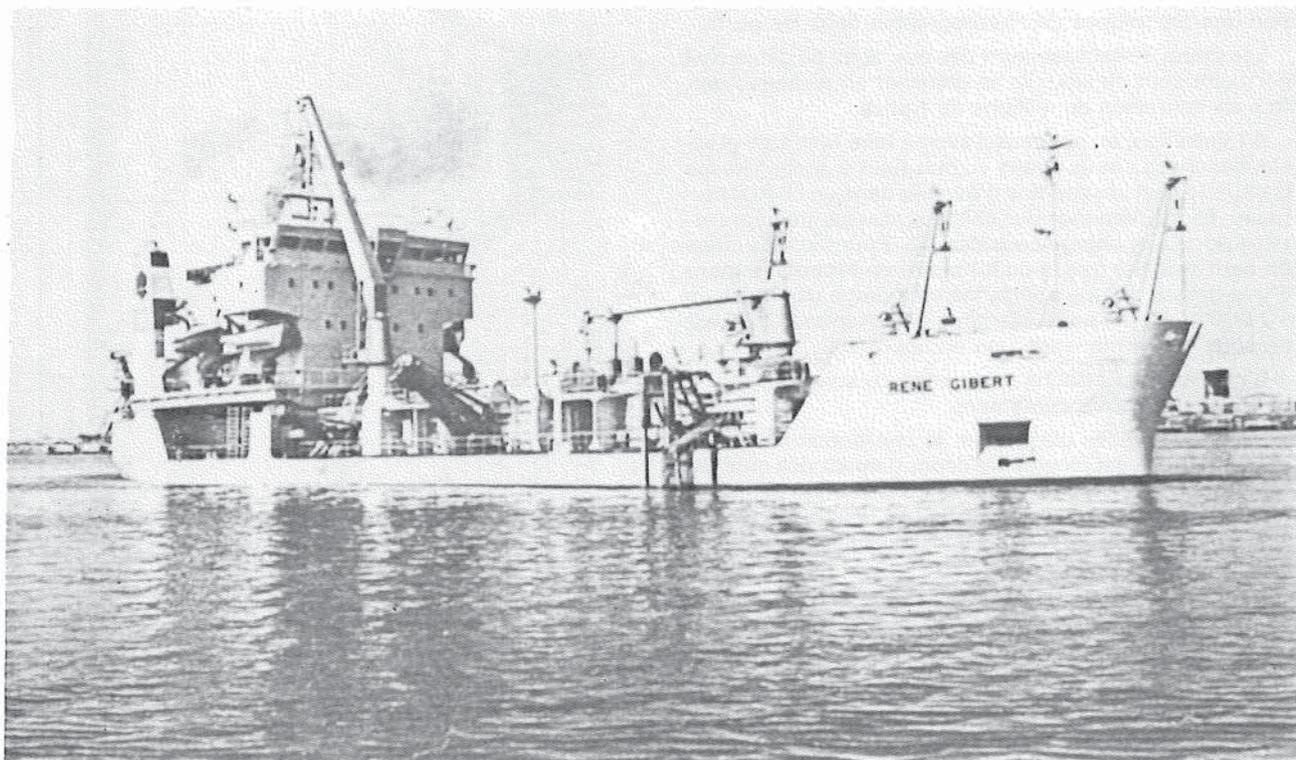
L'existence de ces phénomènes rend indispensable une surveillance mettant en œuvre les techniques de l'hydrographie proprement dite, mais se caractérisant par sa permanence.

#### 1.2 La compréhension du milieu - Le cas des estuaires

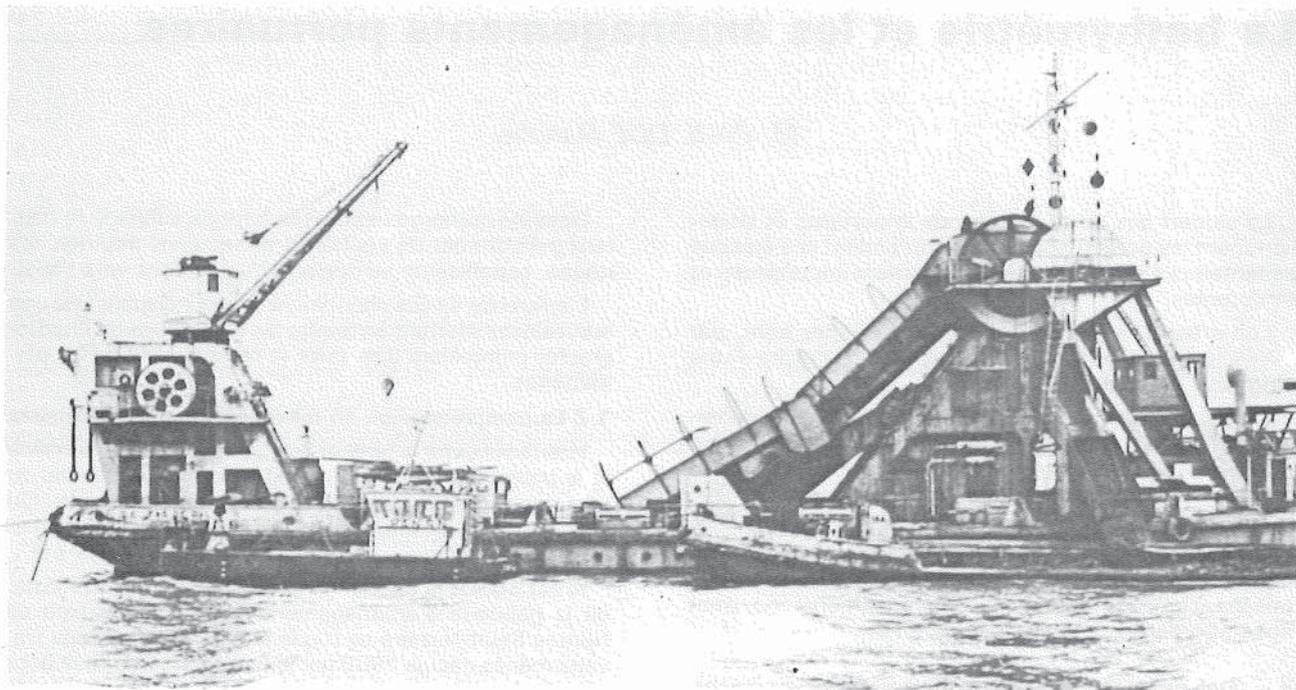
Interfaces entre la terre et l'eau, entre l'activité humaine et le milieu naturel, entre le danger du large et la vie du port, les estuaires sont des milieux bien complexes. On s'attache depuis longtemps à en comprendre les mécanismes hydrauliques, sédimentaires, biologiques etc...

A cet égard, je citerai l'exemple de la Loire Maritime, où la politique d'aménagement du Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire se fonde sur les résultats des travaux menés depuis 1980 par le Comité Scientifique pour l'étude de l'estuaire de la Loire. Cet organisme, présidé par Monsieur l'Ingénieur Général de l'Armement Bourgoin, Directeur du Service hydrographique et Océanographique de la Marine est constitué de personnalités scientifiques indépendantes de l'Etablissement (dont M. Migniot du L.C.H.F., M. Vigarie de l'Université de Nantes). Il a réalisé ces dernières années un très important programme d'études des phénomènes hydrauliques et sédimentologiques à l'aide de modèles physiques et numériques et de réflexions sur l'évolution et le devenir sur le milieu vivant.

Disposant de moyens nautiques, faisant métier d'acquérir et d'interpréter les paramètres directement utiles à la navigation, en particulier la marégraphie locale,



Drague aspiratrice en marche R. Gibert.



Drague à godets.

nos équipes "hydrographiques" ont pu apporter leur pierre à cet édifice, à l'occasion notamment des nombreuses campagnes de mesure in situ réalisées dans ce cadre.

### 1.3 La préparation et le suivi des travaux de génie civil maritime — Les dragages

La connaissance de la bathymétrie est évidemment indispensable à la construction des digues et des quais, au creusement des chenaux, à la surveillance de l'évolution des fondations des ouvrages d'art, etc...

Les progrès récents de l'électronique et de l'informatique ont donné une dimension nouvelle à cette utilisation des techniques de l'hydrographie dans les ports.

Les coûts d'établissement des ouvrages de génie civil portuaire sont élevés : ils se chiffrent en dizaines, parfois en centaines de millions de francs.

A l'entretien, on peut aussi avoir à faire face à de grosses dépenses : nous avons vu plus haut à quelle vitesse la situation est susceptible d'évoluer dans un chenal portuaire. La maintenance des chenaux représente pour certains ports une charge considérable. Pour fixer les idées on peut signaler que le coût horaire de fonctionnement d'une grosse drague opératrice en marche de l'ordre de 10 000 F. Or en Loire Maritime par exemple, il en est presque en permanence une en opération...

L'intérêt qui s'attache à la qualité du suivi de ces travaux apparaît alors clairement.

Par les procédés classiques, la confection d'un plan bathymétrique est longue : le dépouillement des enregistrements réalisés au sondeur, la construction des positions, l'écriture des minutes de sonde, le tracé des lignes isobathes, la mise au net des dessins et les vérifications diverses consomment du temps.

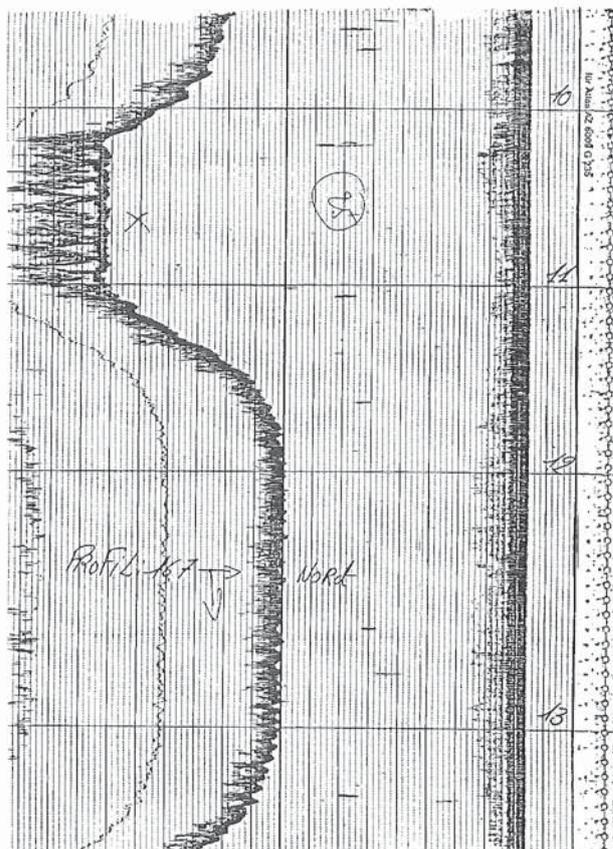
En fait par ces procédés, l'utilisation des techniques de l'hydrographie en génie civil maritime se limitait jusqu'ici à l'établissement de plans avant et après travaux.

Le suivi proprement dit des travaux de dragage se fondait sur l'examen d'enregistrements de sondeur, sans report des données sur plan.

Sans représentation précise de la morphologie des

fonds, ni évaluation des volumes à traiter ou au contraire en surprofondeur, il n'était pas possible d'optimiser véritablement la conduite de ces travaux.

Le recours aux technologies nouvelles permet l'exécution automatique des tâches de dépouillement, de calcul et de dessin, aux cadences de l'informatique : il est courant aujourd'hui, dans les services équipés, de pouvoir fournir aux patrons d'engins de dragage des plans



Enregistrement ultra-son sur canal ensasé.

décrivant la situation bathymétrique mesurée la veille. Ceci, joint aux possibilités de calcul numérique des volumes de sédiments à draguer, ou au contraire en surprofondeur, donne évidemment aux responsables des services de dragage des moyens puissants — et nouveaux — d'intervention sur le déroulement des travaux.

## 2 — LES PROCÉDES ET METHODES

Nous ne chercherons pas ici à décrire de façon exhaustive les techniques utilisées en "hydrographie" portuaire : nous nous limiterons à un aperçu général, complété par quelques détails sur certains points spécifiques.

### 2.1 La localisation

"L'hydrographie" portuaire est une activité sédentaire. Les zones couvertes sont de faible ou moyenne étendue et les techniques de localisation sont adaptées à cette situation. Les systèmes radioélectriques les plus représentés sont des systèmes circulaires ou hyperboliques : on trouve dans les ports français principalement SYLEDIS, encore TORAN, quelquefois TRIDENT.

Soulignons que les moyens optiques, les théodolites essentiellement ont encore la faveur des services : ces instruments permettent en effet d'obtenir des précisions décimétriques, hors de portée des systèmes précédents, qui sont au surplus fréquemment perturbés à proximité des côtes et singulièrement des ouvrages tels que silos, quais, grues, qui constituent des obstacles à la propagation des ondes électromagnétiques.

Les théodolites numérisés, couplés à des télémètres laser, permettent de pallier ces difficultés tout en pouvant s'insérer dans des chaînes automatiques d'acquisition de données. Ils autorisent aussi le travail dans les zones dépourvues de systèmes de radiolocalisation. Je

renvoie pour plus de détails à l'article de M. Gaudilière (XYZ n° 26) en insistant sur l'intérêt que présentent ces dispositifs, à côté des systèmes radioélectriques à stations fixes, à côté des systèmes radioélectriques à stations fixes. Pour fixer les idées signalons que pour un travail ordinaire de sondage, en Loire Maritime, les équipes comprennent en général :

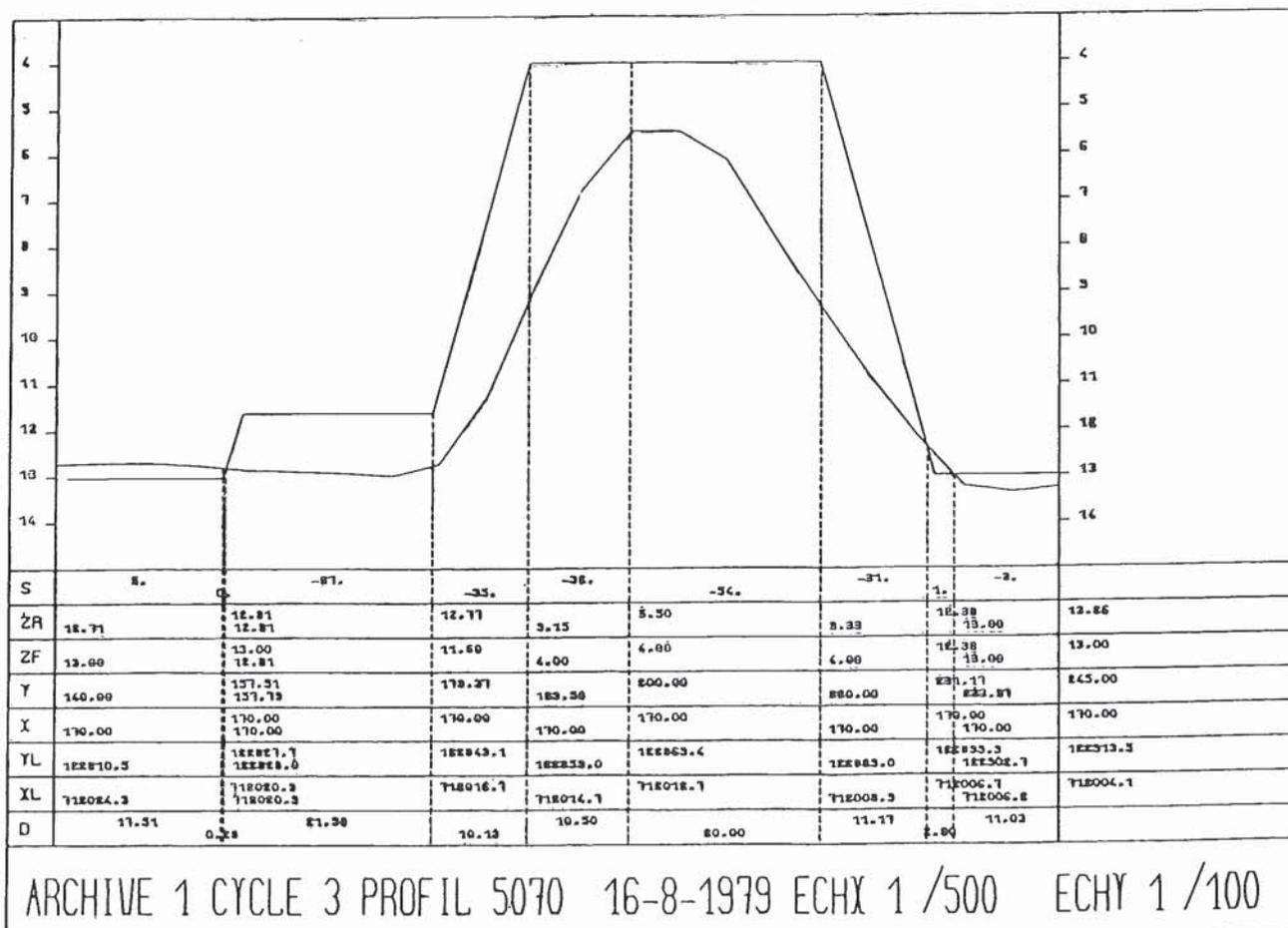
- 3 hommes lorsque l'on peut utiliser un système radioélectrique à stations fixes.
- 4 hommes lorsque l'on dispose d'un théodolite/télémètre laser avec acquisition automatique des sondes.
- 6 hommes au moins avec localisation optique et sans acquisition automatique de la bathymétrie.

### 2.2 La mesure des profondeurs

L'outil de base est en bathymétrie portuaire comme ailleurs, le sondeur à ultrasons.

Les mesures sont enregistrées soit sur papier soit sur support magnétique après numérisation. Signalons ici quelques déboires rencontrés avec ces dernières techniques : l'automate actuel n'est pas, comme l'hydrographe, capable de discriminer l'écho obtenu sur une souche flottant entre deux eaux, ou des bulles d'air, des fonds réels. Lorsque l'on travaille dans un but de garantie de sécurité, il est prudent de revenir aux enregistrements graphiques, que l'on peut, si l'on veut une restitution automatique, numériser à terre à l'aide d'un digitalisateur de courbes.

En suivi de dragages, je dirai, au risque de soulever l'indignation des vrais hydrographes, qu'il est des circonstances où il vaut mieux accepter un certain taux de sondes erronées que perdre deux jours à la production d'un plan. Le numériseur automatique des sondes est alors précieux.



Bathymétrie automatique - Profil en travers.

Un autre problème intéressant est celui des vases estuariennes.

Nous avons dit plus haut combien sont complexes les mécanismes de leur sédimentation.

Les matériaux fins transportés par les eaux peuvent en quelques heures, sous l'effet des courants et de la marée, se déposer pour constituer une eau noire, chargée de quelques dizaines de grammes de sédiments au litre. Cette formation porte le nom de "Crème de vase". Elle peut être détruite par courants, se déposer à nouveau, puis s'épaissir, prendre la consistance d'une pâte molle et évoluer vers une vase proprement dite. Au début de la sédimentation, la Crème de vase n'est pas dangereuse pour les navires. La difficulté est que l'écho sondeur ne permet pas forcément de discriminer ce qui est navigable de ce qui ne l'est pas.

D'autre part, le dragage de la Crème de vase est en général économiquement désastreux.

L'instrument encore utilisé en pareil cas est l'antique plomb de sonde. Mais l'appréciation du refus du plomb s'enfonçant dans la vase constitue tout un art, et on a cherché mieux : le Port Autonome de Bordeaux a développé un densimètre utilisant une technique ultra sonore. Le Laboratoire Central Hydraulique de France a cherché à développer un appareil capable de mesurer in situ la rigidité de la vase. En liaison avec le Service Central Technique des Ports Maritimes, le PANSN exploite depuis deux ans un densimètre radioactif mis au point par le CEA : une particule de Césium rayonne les photons gamma dans le massif vaseux à étudier.

La vase diffuse ces photons en raison croissante de sa densité. Un compteur de radioactivité mesure alors le rayonnement rétrodiffusé sur la sonde. Les résultats obtenus à l'aide de cet appareil sont progressivement, et en liaison étroite avec la Station de Pilotage, exploités opérationnellement pour définir les cotes navigables et décider de l'opportunité de certains dragages.

### 2.3 Les techniques de report

Je me bornerai à présenter rapidement les techniques modernes d'établissement des plans bathymétriques : il est je pense aisé pour des géomètres de transposer les développements homologues qu'ils connaissent dans leur spécialité.

Les fonctions des logiciels utilisés sont les suivantes :

- filtre de vraisemblance : nous avons vu que les systèmes automatiques, sur le terrain, prennent parfois en compte des données erronées. On peut en partie pallier ces défauts par des programmes analysant la vraisemblance des suites de données, par rapport à certains critères : valeurs extrêmes des sondes, continuité des routes suivies, pentes des fonds interprétés. Ces filtres sont paramétrables. Ils sont à utiliser avec prudence ;
- Transposition des coordonnées entre systèmes cartésiens, hyperboliques, etc...
- Réduction des sondes au zéro hydrographique. L'automatisation de la prise en compte de la marée peut être plus ou moins complète.
- Définition et archivage de la géométrie théorique des chenaux.
- Calcul des volumes existants entre une situation réelle des profondeurs et une géométrie théorique ou entre deux situations levées à des époques différentes préalablement archivées.
- Représentations sur plan des profondeurs avec ou sans tracé des lignes isobathes.
- Représentation en élévation des profils relevés.

Le logiciel généralement utilisé en France (DALI - Dessin automatique des Lignes Isobathes) a été développé

dans les années 1970 par le Service des Phares et Balises. Il existe sous différentes versions en Fortran IV (Sète) en Basic (Bordeaux, Bayonne, Dunkerque, La Réunion etc...) ou en Fortran VII (Nantes).

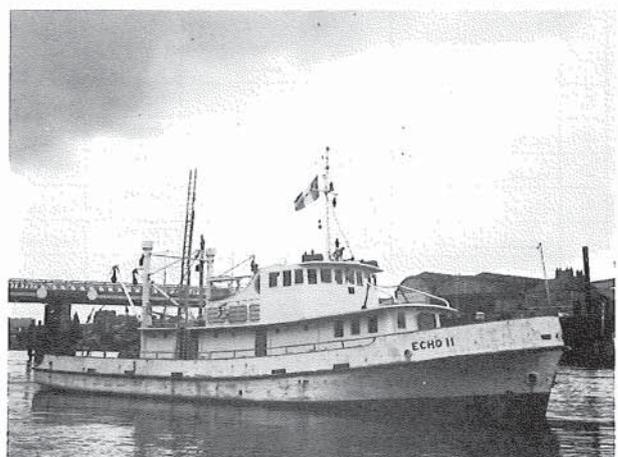
### CONCLUSION

Au terme de ce hâtif survol, je souhaite souligner deux points :

— il existe à mi-chemin entre la "vraie" hydrographie et le génie civil portuaire, un domaine spécifique.

Il appartient à l'Ingénieur portuaire de rester attentif à l'évolution des techniques, et de savoir les adapter à ses besoins : il a encore bien des problèmes - passionnants à résoudre.

— Grande est la puissance des moyens dont nous disposons aujourd'hui dans ces spécialités : qu'elle ne fasse pas oublier le devoir de contrôle permanent de la représentabilité des données mesurées et des informations produites, ni la réalité du fleuve, de la marée, des navires, des marins et du port dont le bon fonctionnement est la finalité de nos efforts.



Vedettes hydrographiques.