



Considérations générales sur l'océanographie physique méditerranéenne

Détroit de Gibraltar
Régime interne
Effets atmosphériques
Masses d'eau et mélanges
Stratification

Strait of Gibraltar
Internal sea regime
Atmospheric effects
Water masses and mixing
Stratification

Henri LACOMBE

Laboratoire d'Océanographie Physique, Muséum National d'Histoire Naturelle,
43 rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Reçu le 15/7/87, accepté le 15/9/89.

RÉSUMÉ

Cette introduction au Colloque rappelle quelques traits remarquables de l'océanographie physique de la Méditerranée. Se fondant sur ce que l'on sait du bilan des transferts et échanges à travers la surface marine, des actions de ceux-ci sur les caractères hydrologiques des eaux et sur leurs mouvements, des conditions extérieures imposées à la mer, l'auteur présente avec quelque détail, sur la base d'études récentes, l'effet des contraintes imposées à la mer par l'existence de détroits à seuils et, en premier lieu, du détroit de Gibraltar. Ces contraintes résultent à la fois de l'hydraulique des détroits et des conditions internes à la mer.

Les détroits, lieux d'importants contrastes des eaux, sont le siège de courants forts qui constituent une composante notable de la circulation dans la mer, à côté des courants de vents et des courants thermohalins. Les uns et les autres sont très variables sous l'effet, d'une part, de la variabilité même de la météorologie locale et, d'autre part, sous l'effet d'une variabilité interne particulièrement visible sur les images-satellite et intéressant de vastes régions ; elle semble liée à des instabilités dynamiques dont l'étude détaillée serait très désirable, ne serait-ce que du fait de leur incidence reconnue sur de nombreux phénomènes biologiques.

Les mouvements verticaux n'ont, à cet égard, pas moins d'importance. La Méditerranée est un domaine d'élection pour ceux-ci, puisque, en hiver, dans les aires-sources d'eau profonde, il s'établit des « ponts » entre couches superficielles et profondes qui échangent ainsi leurs propriétés. Les diverses eaux profondes formées (au moins quatre), de densités élevées voisines, se mélangent facilement en profondeur, tout comme les substances dissoutes qu'elles ont pu collecter alors que certaines de leurs composantes se trouvaient en surface.

Quelques suggestions sont faites pour assurer un meilleur suivi de la physique méditerranéenne.

Oceanol. Acta, 1988, Océanographie pélagique méditerranéenne, édité par H. J. Minas et P. Nival, 7-12.

ABSTRACT

General considerations on the physical oceanography of the Mediterranean

This introduction to the Colloquium recalls some of the outstanding features of the physical oceanography of the Mediterranean. On the basis of what is known concerning the budget of transfers and exchanges across the sea-surface and their impact on the hydrographical characters of the waters and their movements, and concerning the external conditions imposed on the sea, the author presents, in some detail and with reference to recent work, the effect of the constraints imposed on the sea due to the existence of straits with sills and, primarily, the Strait of Gibraltar. These constraints result both from the hydraulics of straits in general and from conditions internal to the sea itself.

Straits, places of strong water-contrasts, are the loci of powerful currents which form an important component of the circulation in the sea, in parallel with drift and thermohaline currents. All of these are very variable, as a consequence on the one hand of the very variability of the local meteorology ; and on the other hand of an internal inconstancy, particularly visible on satellite imagery and affecting large areas ; the latter appears to be related to dynamical instabilities whose detailed study is very desirable, if only because of their known incidence on many biological phenomena.

In this respect, vertical movements are also important. The Mediterranean is a choice field for these, since, in winter, in the areas of formation of deep water, "bridges" are established between near-surface and deep layers which exchange properties with each other. The various deep waters formed (at least four), with densities that are high but almost equal, mix easily at depth, at the same rate as the dissolved substances which they contain, collected when some of their components were at the surface.

A number of suggestions are made with a view to improved monitoring of the physics of the Mediterranean.

Oceanol. Acta, 1988. Océanographie pélagique méditerranéenne, édité par H. J. Minas et P. Nival, 7-12.

INTRODUCTION

L'examen des « aspects interdisciplinaires de l'océanographie méditerranéenne » implique, au départ, un court rappel du cadre physique de cette mer, c'est-à-dire :

1) un rappel du bilan des énergies primaires qu'elle reçoit ou perd, du fait des actions extérieures qui s'exercent sur elle, et particulièrement à sa surface : bilan radiatif, bilan d'eau, apport d'énergie mécanique par le frottement du vent, effets de la pression atmosphérique, de la marée, etc. ;

2) la connaissance de la réponse de la mer à ces actions : structure hydrologique superficielle et profonde, courants et mouvements variés dus aux processus thermohalins qui s'y déroulent, aux vents et aux conditions existant en un certain nombre de points-clés qui sont le détroit de Gibraltar et les autres détroits à seuil existant dans la mer. Les courants et les structures engendrés, ainsi que les conditions du mélange horizontal et vertical, commandent les flux des différents sels et substances dissoutes qui jouent un rôle majeur dans le développement de la vie dans la mer.

Or la Méditerranée est un domaine de dimensions relativement faibles dans lequel se déroulent des phénomènes d'intérêt particulier et, notamment, la formation d'un certain nombre d'eaux « profondes », bien typées, dont le mélange est relativement facile à étudier et susceptible d'illustrer la formation des eaux profondes de tout l'océan mondial.

ÉLÉMENTS DES BILANS : CHALEUR, EAU, SEL

Formée d'une série de bassins à seuils, la Méditerranée a un régime général de bassin de concentration,

dû à un bilan d'eau et à un bilan de chaleur à travers sa surface déficitaires. Dans l'état actuel de nos connaissances des lois de transfert d'énergie et de matière à la surface marine et des importants effets sur eux de la météorologie locale à petite échelle, les valeurs de ces bilans sont encore très mal connues, même en moyenne annuelle. On peut seulement dire que le bilan thermique annuel est très faible (Béthoux, 1979) ; le bilan d'eau, nettement négatif, est évalué à 0,75 à 1 m par an. Mais comme les conditions climatiques évoluent vers un régime plus continental à mesure qu'on s'avance vers l'Est, les différents bassins ont, aux diverses saisons ainsi qu'en moyenne annuelle, des bilans différents : ainsi, l'Adriatique du Nord est, en hiver, un bassin de dilution et de densification ; quant à la Mer Égée, elle a un bilan d'eau nettement influencé par la très forte composante saisonnière du flux d'eau venant de la Mer Noire à travers le système Bosphore, Mer de Marmara, Dardanelles, maximum en fin de printemps.

Avant d'aller plus avant, il nous paraît utile d'insister sur un aspect récemment étudié des relations entre le régime du détroit de Gibraltar, la circulation « hydraulique » qui en résulte et le régime intérieur de la mer (Bryden, Stommel, 1984).

RÉGIME DU DÉTROIT DE GIBRALTAR ET RÉGIME INTÉRIEUR DE LA MER

C'est le détroit de Gibraltar par lequel l'ensemble méditerranéen comble son déficit d'eau à travers la surface de la mer et équilibre son bilan de sel. On a, depuis le début du siècle (Nielsen, 1912), appliqué au détroit les équations de continuité de l'eau et du sel de la mer ; elles ne comportent aucune considération dynamique : or, il en est de sous-jacentes sur lesquelles les auteurs américains ont insisté à juste titre.

Les seules données imposées à la mer de l'extérieur sont : le déficit d'eau E (évaporation-précipitations-débit des fleuves) avec $E = \text{flux moyen entrant } V_i - \text{flux moyen sortant } V_o$, et S_i , la salinité de l'eau entrante. Le maintien du niveau et de la salinité en mer donne les deux équations (S_o , salinité de l'eau sortante) :

$$V_i/S_o = V_o/S_i = E/(S_o - S_i). \quad (1)$$

S_i est connu ; même si E l'était réellement, les deux équations (1) ne permettent pas d'obtenir les trois inconnues V_i , V_o , S_o . Bien sûr, il est facile de mesurer S_o , ce qui fixe les flux si on admet que E est connu ; sinon, il faut recourir à la mesure de V_i (ou de V_o) ; de fait, on connaît un ordre de grandeur raisonnable des flux ; mais l'important n'est pas là, dans l'optique des auteurs.

L'équation (1) montre qu'à mesure que $S_o - S_i$ diminue, c'est-à-dire que le mélange vertical augmente dans la mer, les flux augmentent et, pour $S_o - S_i$ assez faible, des conditions hydrauliques inadmissibles s'établiraient dans le détroit. Malgré les travaux de pionniers de Stommel et Farmer, en 1952 et 1953, il a fallu attendre pratiquement les très récentes années pour voir l'application au détroit, d'une part, de la notion de « contrôle hydraulique » résultant des équations du mouvement, supposé permanent dans le détroit (notion relativement usuelle en hydraulique, au moins dans un fluide à une couche) ; d'autre part de l'effet des mécanismes internes à la mer qui fixent $S_o - S_i$, c'est-à-dire l'intensité de la convection hivernale en mer. En fait, l'écart de salinité $S_o - S_i$ est de l'ordre de 5 % de S_i , et les flux sont donc de l'ordre de 20 fois E , soit de l'ordre de 1,6 Sv.

Donc le régime du détroit dépend à la fois du contrôle hydraulique local et de la différence des salinités, fonction du régime propre de la mer, avec une condition additionnelle, de caractère hydraulique : que la vitesse de la veine de sortie soit suffisante pour faire remonter l'eau profonde sortante jusqu'au-dessus du seuil (290 m). De fait, des études récentes (Gascard, Richez, 1985) montrent qu'il arrive dans l'est du détroit parallèlement de l'eau intermédiaire et de l'eau profonde.

Notons que le contrôle hydraulique, pour un mouvement permanent et un chenal rectangulaire, s'écrit :

$$U_i^2/H_i + U_o^2/H_o = g(\rho_o - \rho_i)/\rho_o,$$

les U étant les vitesses moyennes dans les sections d'eaux entrante et sortante, égales à V/HB , B largeur uniforme de la veine, les H les hauteurs respectives de chacune des veines.

Zone de contraste de densité, le détroit de Gibraltar — et tous les détroits méditerranéens en général — sont des lieux de vitesse élevée associée à une pente longitudinale forte dans le détroit : pour celui de Gibraltar, cette différence serait de l'ordre de 10-15 cm, sur la base de l'hydrologie, base discutable ne serait-ce que par le fait que les vitesses élevées rencontrées en mer d'Alboran, dans le circuit anticyclonique, impliquent des différences de niveau supérieures.

La mise en place, le long des côtes européennes et africaines, d'un réseau de marégraphes, rapportés à un même niveau de référence sur chacune des deux côtes, serait d'une grande utilité pour suivre les variations des pentes littorales. Même si le rattachement à un même niveau ne peut être assuré immédiatement, le raccordement de chaque marégraphe à un repère stable qui serait ultérieurement inclus dans le nivellement envisagé pourrait permettre pour l'avenir de bénéficier de tous les relevés de niveau marin faits. L'originalité de l'étude des auteurs américains ne saurait masquer les restrictions imposées par les hypothèses faites :

— celle d'un canal rectangulaire ; car l'expression du contrôle hydraulique dépend de la section, qui est plutôt triangulaire. La question a été examinée par un auteur qui a conclu que l'erreur faite est faible ;

— l'hypothèse de la permanence est sans doute la plus audacieuse, dans la mesure où, en régime instantané (moyen plus marée), Armi et Farmer (1985) ont montré que, outre la section du seuil, il existait d'autres sections de contrôle : l'une au NNO du Cap Spartel pour le seul écoulement sortant ; l'autre la section la plus étroite du détroit (Cap Ciris) où l'écoulement est supercritique dans la couche supérieure en tout état de marée. Des observations nouvelles, de courant notamment, et des recherches interprétatives, seraient nécessaires.

Les idées des auteurs s'appliquent à d'autres seuils, notamment le détroit de Sicile.

Dans tous les cas, les contrastes de densité engendrent une circulation « hydraulique » évidemment liée au régime thermohalin de la mer qui concourt à y déterminer les densités. Il est malaisé de faire la part de cette circulation hydraulique et celle de la circulation thermohaline.

LA CIRCULATION DES EAUX

Au régime hydraulique moyen — avec sa part thermohaline — se superposent :

- une autre part thermohaline, due à l'évaporation, la convection et, généralement, aux échanges superficiels ;
- les courants de dérive dus aux vents.

Heburn (1985) a présenté récemment une comparaison, sur modèle numérique, des circulations hydraulique et éolienne pour la Méditerranée occidentale. Il résulte de l'étude que, dans tout le bassin algéro-provençal, la circulation due aux vents est très prédominante ; plus à l'Ouest, la circulation hydraulique l'emporte. Dans le présent colloque, plusieurs auteurs évoquent les effets des apports des fleuves liés aux précipitations, les courants comparés dus aux vents, à l'évaporation, à la conversion des masses d'eau, sans compter un modèle quasi géostrophique des courants en Méditerranée occidentale. En outre de nombreuses indications seront données sur des résultats de mesures en mer.

Revenant au modèle de Heburn, il faut noter qu'il est

fondé sur les moyennes de vent mensuelles par degré carré (May, 1982). Les résultats obtenus sont-ils capables de rendre compte des effets de petite échelle temporelle et spatiale des phénomènes météorologiques en Méditerranée, et notamment des vents impulsifs ?

En outre, depuis quelques années, les vues-satellite ont dévoilé une forte variabilité à petite échelle (thermographies spatiales et images CZCS) : fronts intenses, signatures superficielles de phénomènes plus ou moins profonds, tourbillons dans les deux sens sont des traits habituels de la circulation à petite échelle, notamment le long de la côte d'Afrique du Nord, de la Cyrénaïque, du circuit ligure, *etc.*

Sans préjuger du rôle que peuvent jouer, dans la genèse de ces phénomènes, les effets météorologiques à petite échelle, la forme détaillée des côtes et les perturbations qu'elle peut imposer à l'écoulement proche (upwelling), il est probable qu'une partie au moins en est à rattacher à des instabilités dont il conviendrait de recenser toutes les causes possibles de façon à pouvoir en étudier toute la variété. Cette action n'a pas encore été pleinement menée pour la Méditerranée : c'est une question difficile, car l'approche purement analytique de cas schématisés ne peut, au mieux, que conduire à la détermination du seuil et des caractères initiaux de l'instabilité éventuelle ; mais, à partir du moment où les termes non linéaires ne peuvent plus être négligés, du fait même de l'instabilité qui s'établit, on doit avoir recours à des modèles numériques non linéaires à maille fine de façon à « résoudre » les tourbillons et les mouvements associés, tels que les décèlent les images spatiales.

La solution de ces problèmes est d'autant plus utile que les fronts, ondes et tourbillons ont des implications biologiques et molysmologiques (pour les matières dissoutes) considérables. Il est heureux que les fronts, leur variabilité et leurs effets biologiques soient étudiés par plusieurs équipes méditerranéennes.

PRESSIONS ATMOSPHÉRIQUES ET FLUX DANS LES DÉTROITS

Une autre question, liée au mouvement quasi horizontal des eaux, et qui mériterait une étude dans les divers bassins, est celle des effets sur le niveau et le régime des détroits des variations météorologiques et principalement de la pression sur les divers bassins. Ils ont lieu à l'échelle de quelques jours à la semaine. Ils ont été mis en évidence depuis plus de 25 ans. Les mesures de 1960 et 1961 dans le détroit de Gibraltar ont montré que le flux entrant pouvait varier du simple au double en quelques jours. Il est à peu près sûr que le vent local a un rôle sur les vitesses superficielles dans le détroit même ; mais on a, en plus, mis en évidence une relation significative entre les variations du flux strictement superficiel entrant — moyenné sur une journée — et la moyenne journalière des pressions atmosphériques sur le bassin occidental de la Méditerranée dont le niveau, dans de

nombreux ports, réagit en « baromètre inversé ». Cette relation de phase, bien mise en évidence par Crépon (1965), viole l'équation de continuité ; la question a été reprise par Garrett (1983), qui montre que cette apparente violation pourrait s'expliquer par un couplage des deux bassins par le détroit de Sicile. Quoi qu'il en soit, le suivi des variations de flux superficiel entrant entre Ceuta et le rocher de Gibraltar (sur une section sensiblement normale au détroit et à l'écoulement) peut être continûment effectué par de simples marégraphes en ces deux ports. S'il était possible, une fois pour toutes, de rattacher à un même niveau absolu les références de ces marégraphes, on aurait un moyen simple de suivi permanent du flux superficiel, au grand bénéfice d'études climatologiques actuellement à l'ordre du jour. Le raccordement des niveaux pourrait se faire, soit par nivellement hydrostatique par tube immergé, soit par une évaluation de la pente transversale de la surface marine grâce à des mesures de courant assez longues, soit encore — et cela est prévu au cours d'études futures — par la méthode de Winant d'enregistrements de niveau près de la surface et de piézomètres posés sur le fond en association avec une hydrologie de précision permettant d'évaluer la pente transversale des diverses isobares, de vérifier le caractère géostrophique du courant par des mesures concomitantes de celui-ci et, finalement, de raccorder les niveaux de part et d'autre. On pourrait examiner s'il apparaît au cours des mesures une relation significative entre le flux strictement superficiel entrant et le flux total entrant, élément de grand intérêt climatologique, au vu, notamment, des variations parallèles de température de surface en Méditerranée et dans plusieurs aires très variées de l'océan mondial depuis le début du siècle. Il est possible aussi que certaines techniques spatiales puissent être utilisées pour le raccordement des niveaux en beaucoup de points.

L'évocation, dans ce paragraphe, d'actions météorologiques, permet de citer aussi l'intérêt d'étudier le rôle des phénomènes méditerranéens sur la météorologie du bassin et des régions riveraines : la fréquente cyclogenèse en certaines aires suggère l'importance de ce rôle.

Toutes ces études concernant des facteurs qui ont une incidence sur la circulation méditerranéenne sont hautement désirables pour améliorer non seulement notre connaissance de cette circulation même (dont nous ne connaissons que les grands traits, et encore !), celle des flux d'eau et de matières dissoutes, mais encore celle de l'importance comparée des composantes hydraulique, thermohaline et éolienne, sans compter celle des mouvements complexes à petite échelle. On peut espérer que les efforts faits ou prévus à court terme éclaireront plusieurs de ces points.

MÉLANGES VERTICAUX ET STRATIFICATION

Mais, en outre, la Méditerranée est un lieu d'élection pour étudier les échanges verticaux hivernaux sur une

grande hauteur fluide, qui commandent les relations entre les caractères des couches de surface et des couches plus profondes, c'est-à-dire notamment l'extension en profondeur des pollutions superficielles.

On peut décrire très grossièrement la façon dont les transferts et échanges superficiels agissent sur les eaux méditerranéennes, et comment on s'achemine par une série d'étapes de l'eau atlantique entrante à une eau typiquement méditerranéenne. Les étapes de cette transformation sont radicalement différentes en été et en hiver :

— En été (mai-octobre), la stratification de densité près de la surface dépend de la structure thermique, du fait de la forte thermocline présente partout vers 30 m de profondeur et due à l'absorption du fort rayonnement solaire.

— En hiver (novembre-avril), elle est déterminée par la structure de salinité, avec une halocline à une profondeur de l'ordre de 100 m.

Si on admet le chiffre rond de Béthoux pour le déficit d'eau, 1 m/an :

— En été, l'effet du déficit d'eau ne se fait sentir que sur une épaisseur de 30 m, la thermocline formant écran : en un an, la salinité sur ces 30 m augmente de 1/30, soit 1,2. Comme l'écart entre les salinités extrêmes 39-36 est d'environ 3, le temps impliqué dans la transformation est de l'ordre de 2,5 « années d'été ».

— En hiver, l'effet du déficit d'eau se fait sentir sur 100 m ; le temps de transformation est donc 10/3 de 2,5 ans, soit environ 8 ans. Bien entendu, sous réserve d'un déficit d'eau invariable avec la saison, la convection hivernale sur 100 m bénéficie en salinité de l'augmentation de celle-ci en été sur les 30 m, en sorte qu'on peut dire que l'âge de l'eau levantine, qui a en hiver la salinité extrême, est de l'ordre de 8 ans.

Ce calcul très grossier implique évidemment que la pycnocline soit à la même immersion partout.

Or tel n'est pas le cas, et il en résulte des phénomènes majeurs pour l'océanographie méditerranéenne : des variations spatiales du déficit thermique hivernal ainsi que du déficit d'eau, l'effet de circulations cycloniques au large, l'existence de larges plateaux continentaux près de certains rivages Nord de la mer (Golfe du Lion, Adriatique Nord, extrême nord de la Mer Égée), où se forment en hiver, sous faible épaisseur, des eaux très denses, l'existence aussi d'arrivées hivernales de vents continentaux froids et secs sur une mer chaude, tous ces faits font apparaître des contrastes spatiaux dans le comportement hivernal de la stratification et des aires favorables à la convection profonde : celles-ci sont les « sources d'eau profonde », qui sont, globalement, assez bien connues. Nous reviendrons plus loin sur quelques points.

Du point de vue de l'extension verticale des substances dissoutes parvenant en surface dans la mer, il y a donc trois régimes :

— l'été, où le mélange des eaux ne se produit que sur quelques dizaines de mètres près de la surface ;

— l'hiver, hors les aires sources d'eaux profondes, où il se produit sur une centaine de mètres ;

— l'hiver, dans les aires sources d'eaux profondes, où l'épaisseur intéressée par le mélange atteint, à partir de la surface, environ 200 m (eau levantine d'hiver) ou toute l'épaisseur fluide (Adriatique du Sud, zone Médoc).

De plus, dans les couches profondes où la stabilité de densité est très faible, le mélange se produit aisément, comme le prouve l'analyse des masses d'eau. Aussi les caractères des eaux profondes formées dans les diverses sources impressionnent-ils toutes les couches profondes : c'est donc *via* les aires de convection profonde que les grands fonds de toute la mer peuvent être envahis par des eaux ayant subi, en hiver, des convections sur grande épaisseur.

Il est inutile ici de revenir sur les eaux-types dont résulte l'hydrologie de la Méditerranée, en profondeur.

Je me bornerai à appeler votre attention sur quelques questions pendantes les concernant :

a) Certains travaux (El Gindy, 1982) montrent que des détroits de sortie de la Mer Égée sont le siège de mouvements superposés dont les vitesses présenteraient une variation saisonnière importante : on peut se demander si le caractère saisonnier de l'influx d'eau de la Mer Noire (avec son maximum de fin de printemps) et les faibles salinités qui en résultent dans tout le nord de la Mer Égée ne jouent pas un rôle dans le régime des détroits, en y créant une charge hydraulique. Par contre, en hiver, dans la même région de l'extrême nord de la Mer Égée, en Mer de Thrace, il se forme des eaux de fond très denses ($\sigma_t = 29,4$), ce qui entraîne au contraire un creux dynamique.

b) Il semble qu'il ne se forme pas d'eau profonde en Mer de Crète, mais que de l'eau de faible teneur en oxygène venant du bassin levantin s'y déverse, au moins en fin d'été. L'eau profonde de la Mer de Crète résulterait d'un mélange entre l'eau levantine d'hiver et l'eau dense de la Mer de Thrace, de sorte que la variabilité interannuelle importante des caractères de l'eau levantine d'hiver, formée sur une épaisseur relativement faible (≈ 200 m), peut retentir sur les eaux profondes de la Mer de Crète.

c) On ne sait pas encore quels sont l'importance et l'effet des épaisses couches homohalines formées parfois en hiver dans la partie centrale de la Mer Ionienne, en surface.

d) Les mécanismes de formation des eaux profondes en Mer Adriatique sont sans doute complexes : formation d'eau dense relativement peu salée mais très froide dans le Nord sur les petits fonds et formation au large, dans le sud de la mer, dans le tourbillon cyclonique que l'on y rencontre.

e) Quant à la Méditerranée occidentale où les phénomènes ont été plus largement étudiés, il reste encore des incertitudes sur les mécanismes dynamiques produisant les mélanges sur grande épaisseur, ainsi que sur les apparitions des couches occasionnelles denses de fond, à certaines époques (la Mer Ligure n'est-elle pas le lieu d'origine du phénomène ?). Quant à la quantité d'eau profonde nouvelle formée chaque hiver, elle est difficile à évaluer.

EFFETS LOINTAINS

Si nous avons cité plus haut l'intérêt d'études des effets du bassin méditerranéen sur la météorologie de son bassin versant et au-delà, ce serait être incomplet, pour ce qui concerne ces effets lointains, que de ne pas mentionner l'influence extensive de l'écoulement salé de la Méditerranée, d'abord sous forme d'un courant de densité au contact du fond sur le talus à l'ouest du détroit, puis, au-delà, sous forme d'une couche salée à environ 1 000 m de profondeur, avec toutes ses incidences sur la physique et la dynamique des 2/3 de l'Atlantique Nord, au moins.

La Méditerranée est caractérisée par un certain nombre de traits aptes à faire mieux comprendre bien des faits et des mécanismes se déroulant dans l'océan

mondial, de telle sorte que l'intérêt de son étude dépasse largement son propre domaine géographique.

On n'en trouvera pour preuves que la présence ici de nombreux océanographes d'Outre-Atlantique, et que l'existence des grands projets élaborés conjointement par des équipes américaines et européennes, dont la réalisation va débiter sous peu dans les deux bassins de la Méditerranée.

Ainsi ce Colloque, où sont étudiés les problèmes d'interaction entre disciplines océanographiques, constitue aussi un nouveau point de relance de l'activité de recherche en Méditerranée : observations détaillées en mer bénéficiant largement des nouvelles techniques et aussi reconnaissance de l'intérêt pluridisciplinaire du projet MEDmodel de modélisation tridimensionnelle des courants en Méditerranée.

RÉFÉRENCES

- Armi L., Farmer D.**, 1985. The internal hydraulics of the Strait of Gibraltar and associated sills and narrows, *Oceanol. Acta*, **8**, 1, 37-46.
- Béthoux J.-P.**, 1979. Budgets of the Mediterranean Sea. Their dependence on the local climate and on the characteristics of the Atlantic waters, *Oceanol. Acta*, **2**, 2, 157-163.
- Bryden H., Stommel H.**, 1984. Limiting processes that determine basic features of the circulation in the Mediterranean Sea, *Oceanol. Acta*, **7**, 3, 289-296.
- Crépon M.**, 1965. Influence de la pression atmosphérique sur le niveau moyen de la Méditerranée Occidentale et sur le flux à travers le détroit de Gibraltar. Présentation d'observations, *Cah. Océanogr.*, **17**, 15-32.
- El Gindy A. A. H.**, 1982. Physical and dynamical structure of the Eastern Mediterranean, *Thesis, Oceanogr. Dep., Fac. Sci., Alexandria*.
- Garrett C.**, 1983. Variable sea level and strait flows in the Mediterranean : a theoretical study of the response to meteorological forcing, *Oceanol. Acta*, **6**, 1, 79-87.
- Gascard J.-C., Richez C.**, 1985. Water masses and circulation in the Western Alboran Sea and in the Straits of Gibraltar, *Progr. Oceanogr.*, **15**, 157-216.
- Heburn G. W.**, 1985. Effects of wind versus hydraulic forcing on the dynamics of the western Mediterranean Sea, *WMCE Newsletter*, n° 2, January-March 1985, 1-3.
- May P. W.**, 1982. Climatological flux estimates in the Mediterranean Sea. Part 1 : Winds and wind stress, *NORDA, Technical Report 54*, NSTL, Mississippi.
- Nielsen J. N.**, 1912. Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters, *Report on the Danish Oceanographic Expeditions 1908-1910*, **1**, 77-91.
- Stommel H., Farmer H. G.**, 1953. Control of salinity in an estuary by a transition, *J. Mar. Res.*, **12**, 1, 13-20.