

HYDROLOGIE DE LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE AU NORD DU 42° PARALLÈLE EN AUTOMNE 1958

**(Campagne du navire « Président-Théodore-Tissier »
du 27 septembre au 18 octobre 1958)**

par Jean FURNESTIN et Charles ALLAIN

PRELIMINAIRE

Les secteurs périphériques de la Méditerranée occidentale : Corse orientale, Golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, ont fait de notre part, en été 1957, l'objet d'une étude hydrologique et dynamique publiée en 1960 ⁽¹⁾.

Conduits, au début de l'automne 1958, à prospecter de nouvelles zones de pêche sur la marge continentale du Bassin, nous avons complété les observations de 1957 par une campagne océanographique du « Président-Théodore-Tissier » en la faisant porter sur l'ensemble de la région située au nord du 42^{me} parallèle. Les 104 stations hydrologiques ainsi faites, entre le 27 septembre et le 18 octobre 1958 (fig. 1), nous ont permis de saisir, en un temps relativement court, les aspects hydrologiques du secteur septentrional durant l'automne, d'apprécier l'importance respective des eaux d'origines différentes qui les composent et de comparer cette situation d'automne avec celle d'autres saisons, mieux connue.

Les stations hydrologiques ont été,

pour une part, limitées à 500 m de profondeur, suivant une série de lignes sensiblement parallèles, orientées nord-ouest/sud-est, du golfe du Lion au golfe de Gênes et à la Mer tyrrhénienne,

pour une autre part, poussées jusqu'à proximité du fond sur 3 coupes :

- 1° le long du 42° parallèle,
- 2° dans l'axe sud-ouest/nord-est de la Mer ligurienne, entre le 42° et le cap Monte Nègro (la Spezzia),
- 3° dans l'axe liguro-tyrrhénien, du nord du golfe de Gênes au détroit corso-sarde.

Toutes les opérations ont été faites à l'aide du treuil Bergen-Nautik installé sur la plage arrière du « Président-Théodore-Tissier ». On utilisa des bouteilles à renversement Mécabulier, équipées de thermomètres Richter et Wiese, protégés contre la pression, auxquels étaient accouplés des thermomè-

(1) FURNESTIN (J.), 1960. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale) juin-juillet 1957. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 5-119.

ALLAIN (Ch.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran et ses abords, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 121-145.

tres non protégés, au nombre de 3 pour les filières de 500 m, de 5 pour les filières profondes, en vue de calculer les profondeurs exactes auxquelles étaient immergés les instruments. Les corrections classiques ont été apportées à la lecture des thermomètres.

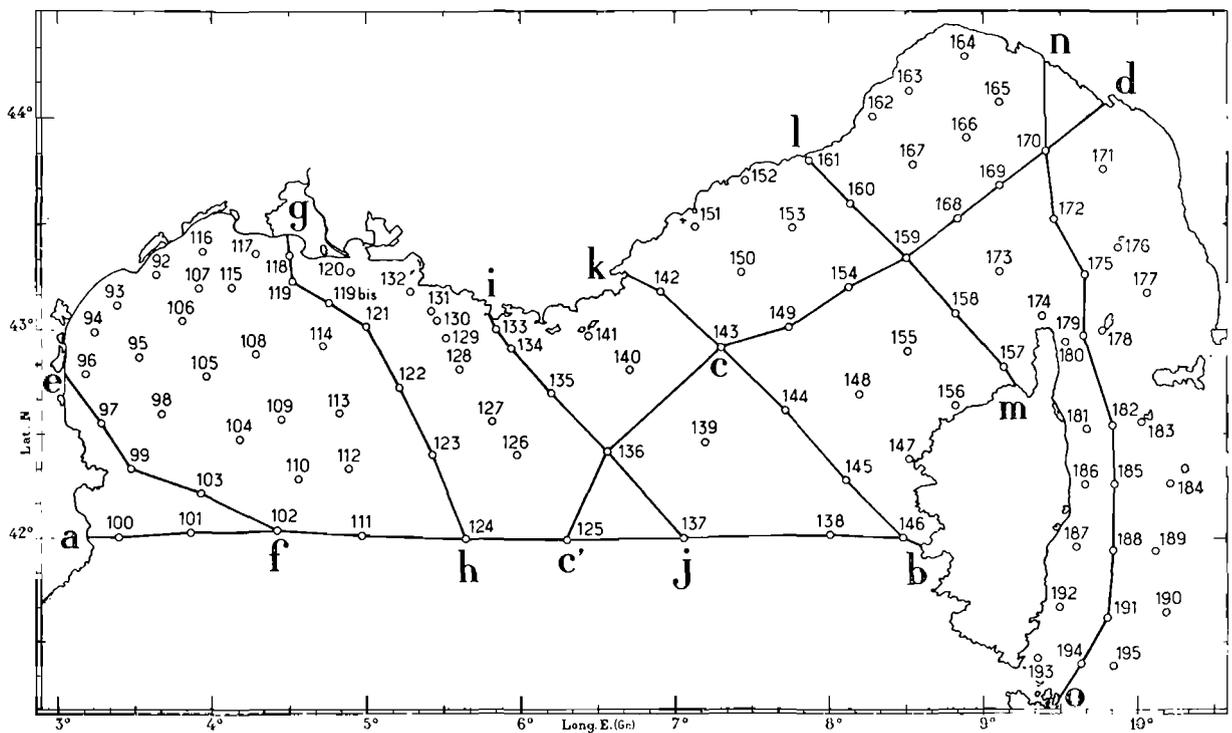


FIG. 1. — Carte des stations hydrologiques faites entre le 27 septembre et le 18 octobre 1958.

Les 880 échantillons d'eau de mer prélevés en double exemplaire ont été analysés par la méthode de Mohr-Knudsen. Devant des critiques quasi systématiques autant qu'abusives de certain service français, sur la valeur de nos analyses, nous précisons que les dosages ont été effectués avec le plus grand soin par deux opérateurs expérimentés se contrôlant l'un l'autre et se rapportant fréquemment au titrage de l'eau normale de Copenhague. Des burettes de Knudsen, graduées de 16 à 23,5, ont été utilisées à cet effet. Nous estimons que dans le cas le moins favorable, la marge d'erreur ne dépasse pas $\pm 0,02$.

Cartes des salinités et des températures

Niveaux de 5 et 20 m (fig. 2, 3, 4 et 5).

Les cartes des isothermes et isohalines présentent des tracés d'une certaine complexité et les salinités notamment révèlent qu'en cette zone superficielle on a affaire à des eaux fortement mélangées.

Néanmoins, tenant compte de ce que nous indiquerons les niveaux inférieurs, nous pouvons y distinguer facilement deux phénomènes essentiels :

1° dans le chenal ligurien, entre le golfe de Gênes et le 42° parallèle, s'allonge une masse d'eau, produit d'une divergence, à salinité moyenne (supérieure à 38,10) et à température basse (jusqu'à 14° 40) ;

2° entourant cette masse, sinuent des eaux diluées (salinité voisine de ou inférieure à 38 ‰, température élevée, supérieure à 21°) :

eau du Rhône dans le golfe du Lion,

eau atlantique dans le reste de la région étudiée.

Le courant du Rhône, dont les eaux sont assez bien délimitées par l'isohaline de 38 ‰ et ne dépassent pas les taux de 35,4 à 36 ‰ devant la Camargue, recouvre l'ensemble du golfe du Lion. Les sinuosités dessinées par les isohalines, au-dessus de la « planase », laissent penser que ce courant subit la pression d'une eau du large qui le gauchit quelque peu. Toutefois, on le voit, comme en été 1957 - et ceci apparaîtra mieux encore à 50 m - s'infléchir partiellement en un courant de retour le long du Languedoc et pour le reste s'écouler au-delà du cap Creus.

Les eaux du courant atlantique, issues du lointain sud-ouest, sont assez mélangées lorsqu'elles parviennent sur le 42° parallèle. Elles se distinguent par une salinité de 37,80 à 38,10 ‰. Leur courant traverse le 42° à mi-chemin de la côte catalane et de la Corse, il s'oriente du sud-ouest au nord-est, forme une nappe qui coiffe le cap Corse et influence la moitié sud-est du secteur compris entre la Corse et le continent, le versant toscano-ligure ainsi que la zone nord-tyrrhénienne.

Dans la partie centrale du grand chenal ligurien, au nord, se remarque, dès la surface, une salinité relativement élevée (supérieure à 38,20/38,30) corrélative d'une température basse (minimum 14° 90 à 20 m). Les isothermes et isohalines y sont concentriques autour de certains points, notamment au large du secteur cap Ferrat - cap di Noli, et au sud de la presqu'île de Giens.

Cette topographie superficielle ne peut guère s'expliquer que comme l'expression de masses d'eau en remontée. La zone intéressée par ce phénomène de divergence est très étendue. Elle est circonscrite par l'isohaline de 38,10 et l'isotherme de 21°.

Ces eaux de résurgence s'épandent en diverses directions, recouvrant par endroits les eaux moins salées d'origine atlantique ou fluviale et forment ainsi, dans la zone côtière, des nappes plus ou moins épaisses. Aux perturbations qu'elles provoquent dans le régime hydrologique côtier, est liée une certaine originalité du plancton que G. TREGOUBOFF s'est attaché à définir en poursuivant inlassablement l'étude tant par des observations directes en bathyscaphe que par des pêches systématiques, simultanées, qu'il pousse chaque année plus au large, à partir de la baie de Villefranche.

On notera, à partir de la montée principale précitée, l'étalement d'une de ces nappes vers le fond du golfe de Gênes et la côte de Livourne où, d'ailleurs, elle se dilue assez rapidement (salinité supérieure de peu à 38,10) ; celui de semblables formations entre Bordighera et Nice, entre Giens et Le Planier, et jusque dans le golfe du Lion où le courant du Rhône en subit la pression.

D'autres encore se signalent à la limite du secteur étudié, émanant sans doute de montées indépendantes de la divergence ligurienne : au sud du cap Creus (st. 100 et 102 : sal. 38,22), sur le versant corse, entre Calvi et Sagone (sal : 38,39) et dans le nord de la Tyrrhénienne (38,20).

La station de Villefranche-sur-Mer et l'Institut de Monaco sont particulièrement bien placés pour interpréter les variations du mouvement ascendant des eaux liguriennes. En effet, à l'époque où nous avons fait cette campagne, cette côte était baignée par une nappe issue directement de la divergence centrale et recouvrant des eaux d'influence atlantique. Cette étude complètera donc celles déjà nombreuses faites dans la région et qui ne s'étendent guère au-delà de 5 milles de la côte. Rappelons brièvement que les auteurs recherchant la cause des phénomènes hydrologiques locaux, ont observé que le vent d'est pousse vers la côte les eaux du large qui ont tendance à s'y accumuler, tandis que les vents d'ouest déterminent un « upwelling » atteignant la surface. Mais, à considérer l'ensemble de la zone de divergence, nous voyons que l'écoulement en surface des eaux issues de la profondeur se fait dans des directions différentes, les unes suivant le sens que pourraient leur donner les vents d'est dominants, les autres à l'opposé ou dans un sens apparemment indifférent. Cela nous suggère qu'une poussée ascendante de grande envergure et de longue durée comme celle-ci a son dynamisme propre indépendant des conditions atmosphériques, ce qui n'exclut pas que ces dernières peuvent, dans certains cas, agir dans le même sens et lui servir localement d'adjuvant.

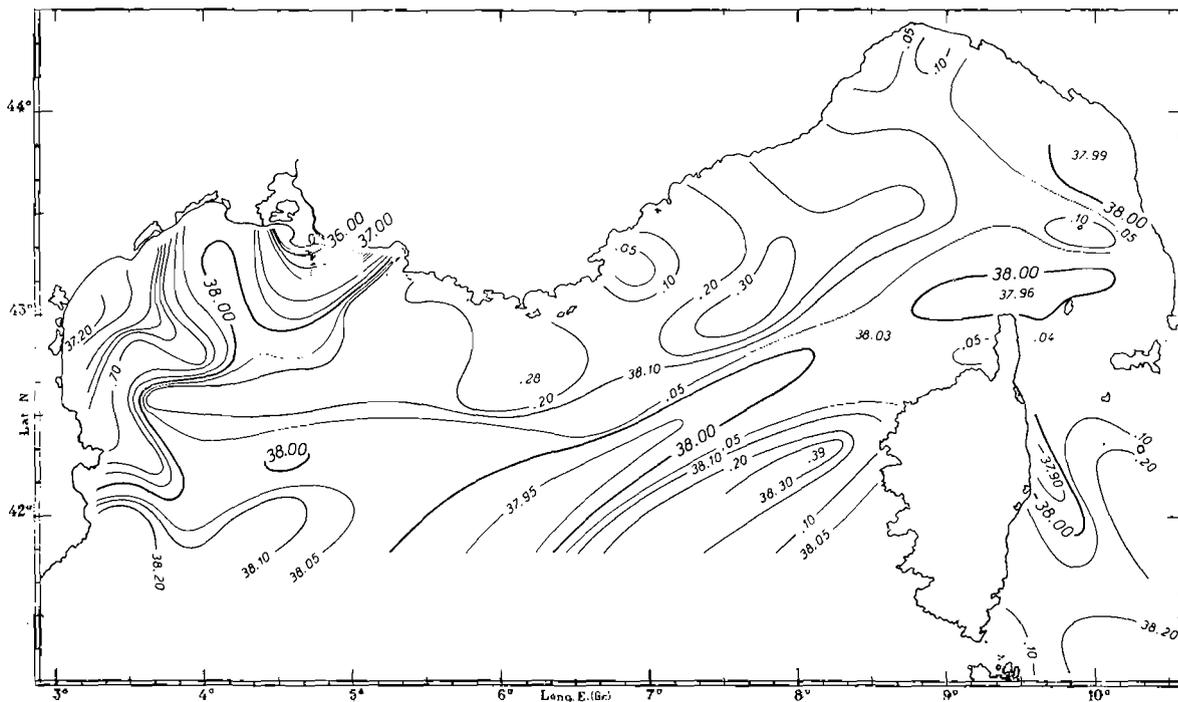


FIG. 2. — Isohalines à 5 m.

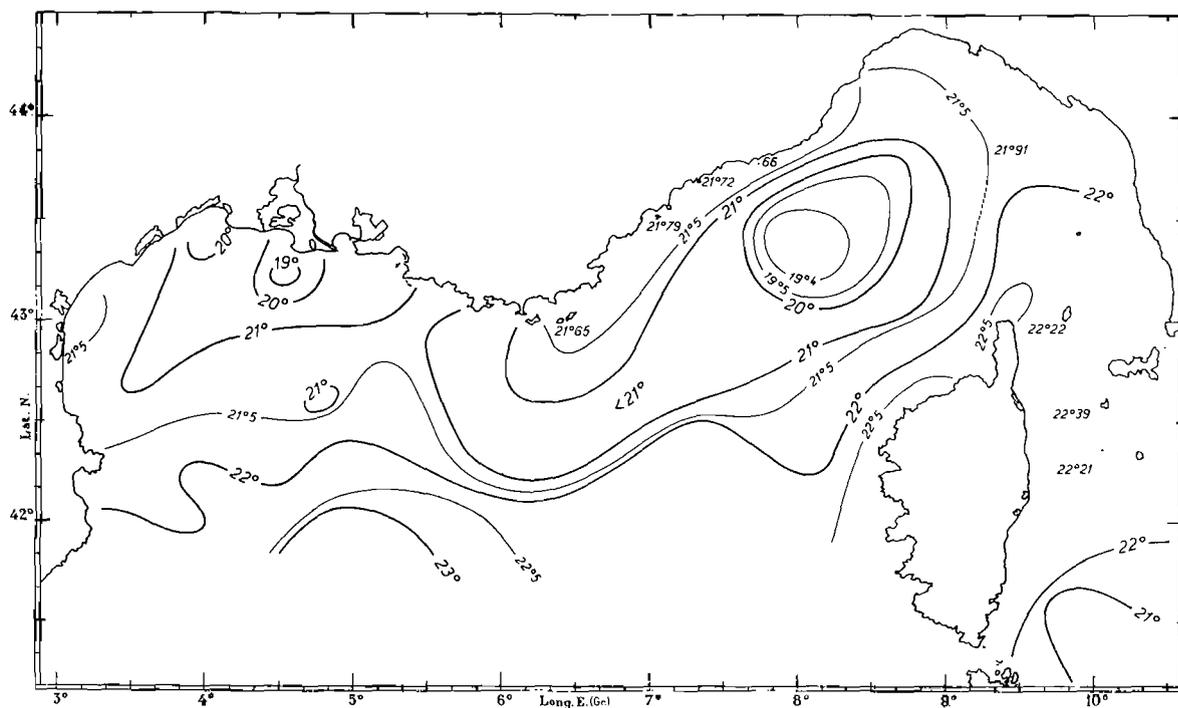


FIG. 3. — Isothermes à 5 m.

Niveau de 50 m (fig. 6 et 7).

Les eaux d'influence atlantique. C'est à ce niveau qu'elles sont le mieux définies, en-deçà de l'isohaline de 38 ‰.

Elles se séparent en deux lobes principaux à partir du 42^e parallèle, de part et d'autre du méridien de 6° :

a) l'un qui se dirige vers le nord-ouest en direction du golfe du Lion, ne dépassant pas toutefois la latitude de 42° 20' ;

b) l'autre, déjà apparent aux niveaux supérieurs, qui s'en va vers le nord-est. Il occupe à ce niveau tout le secteur occidental de la Corse, s'étend jusqu'au versant toscan et emplit le nord de la Mer tyrrhénienne jusqu'au 42^e parallèle. Ces eaux du courant atlantique pénètrent également en Mer tyrrhénienne par les bouches de Bonifacio et déterminent un lobe au taux minimum de 37,84 ‰ dans le sud de la Corse orientale.

Simultanément, le courant atlantique remonte vers le nord au-delà du cap Corse et s'infléchit en un mouvement cyclonique entourant la zone de divergence ligurienne.

Il s'engage ainsi le long de la côte liguro-provençale et s'y mélange plus ou moins aux eaux de résurgence qui le recouvrent. Celles-ci, en état voisin de l'instabilité que font ressortir les valeurs de σ_t dans la couche superficielle aux stations 151, 152, 161, 162..., ont tendance à plonger.

Plus à l'ouest, le courant atlantique atteint le golfe du Lion où ses eaux s'étalent et se mélangent avec celles du courant du Rhône.

Ces dernières sont caractérisées par un lobe à 37,86 ‰ devant la Camargue et une lentille de même valeur dans le prolongement sud-ouest du delta. Le tracé des isohalines, au niveau de 50 m, ne manque pas de rappeler celui qui était le leur en surface, pendant l'été 1957. Le mouvement de ces eaux rhodaniennes que gonfle l'apport atlantique, semble donc bien avoir un caractère permanent dans ce secteur où le contraste entre les eaux diluées et les eaux du large plus denses est constant.

En Mer ligurienne, les eaux de résurgence qui, à partir du secteur de remontée maximum, se sont étendues en diverses directions, s'accumulent à ce niveau, entre Livourne et La Spezzia, mais en subissant si fortement l'influence de l'eau atlantique qu'elles se confondent presque avec elle (sal. : 38,09, T° 20° 76). Il en est de même entre le cap Ferrat et Porto Maurizio où la salinité maximum n'est que de 38,15 et la température supérieure à 21°.

Le lobe étiré que délimite l'aire de divergence principale est fermé par l'isohaline de 38,30 et l'isotherme de 14° ; il s'est aminci dans sa partie occidentale qui s'étend jusqu'au large du Planier. Les eaux les plus salées (38,39 ‰) et les plus froides (13° 03) se situent toujours en Mer ligurienne au centre d'un système de lignes concentriques dessiné par les isohalines et les isothermes et qui représente le point le plus important de remontée des eaux profondes. Nous voyons dans cette basse température l'indice de la présence de l'eau *septentrionale supérieure* soulevée jusqu'à 50 m par les eaux profondes en ascension. Les coupes hydrologiques qui suivront, permettront de mieux repérer cette formation hivernale.

Niveau de 100 m (fig. 8 et 9).

La topographie hydrologique, à cette profondeur, n'est pas très différente de celle des niveaux supérieurs.

Le courant atlantique, toujours défini par l'isohaline de 38 ‰, apparaît sur le versant occidental de la Corse en direction nord-est. Sa branche qui double le cap Corse, est active jusqu'au 42^e parallèle, ainsi qu'en témoignent des salinités de 37,89/37,95 sur la côte orientale de l'île.

Sa branche principale continue à baigner le secteur toscan et à contourner la divergence ligurienne. On retrouve donc ses eaux faiblement salées dans toute la zone littorale, de Gênes au golfe du Lion où il se mélange avec les eaux du Rhône.

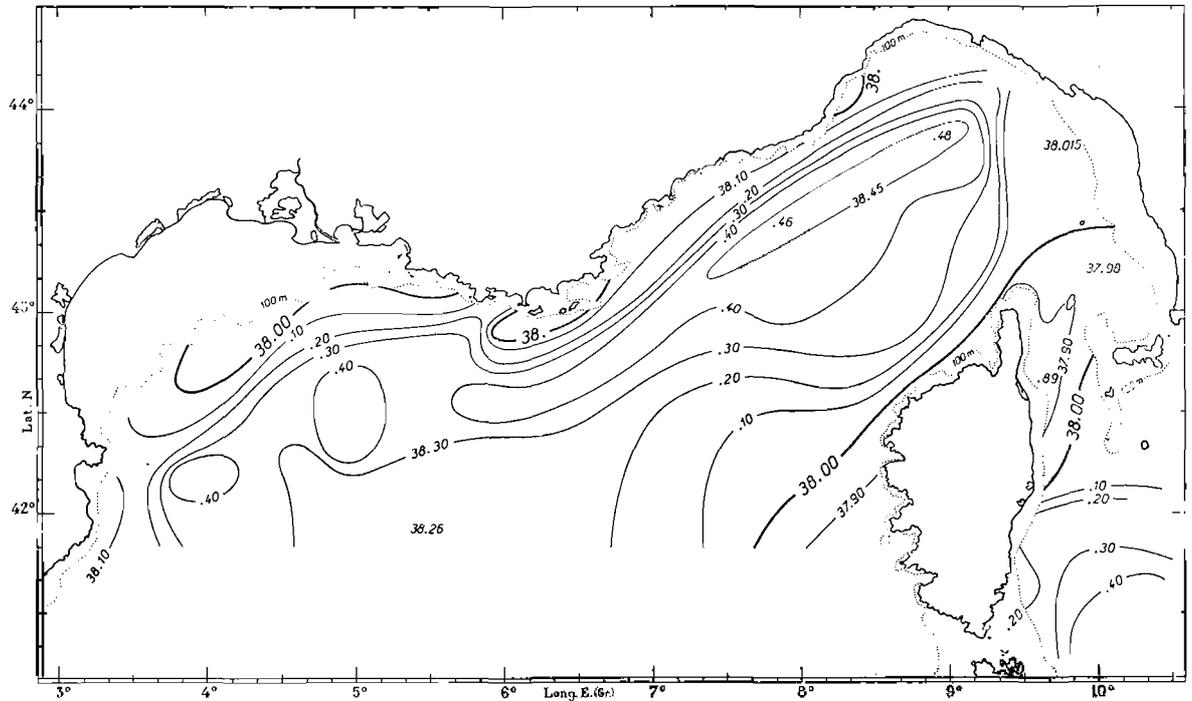


FIG. 8. — Isohalines à 100 m .

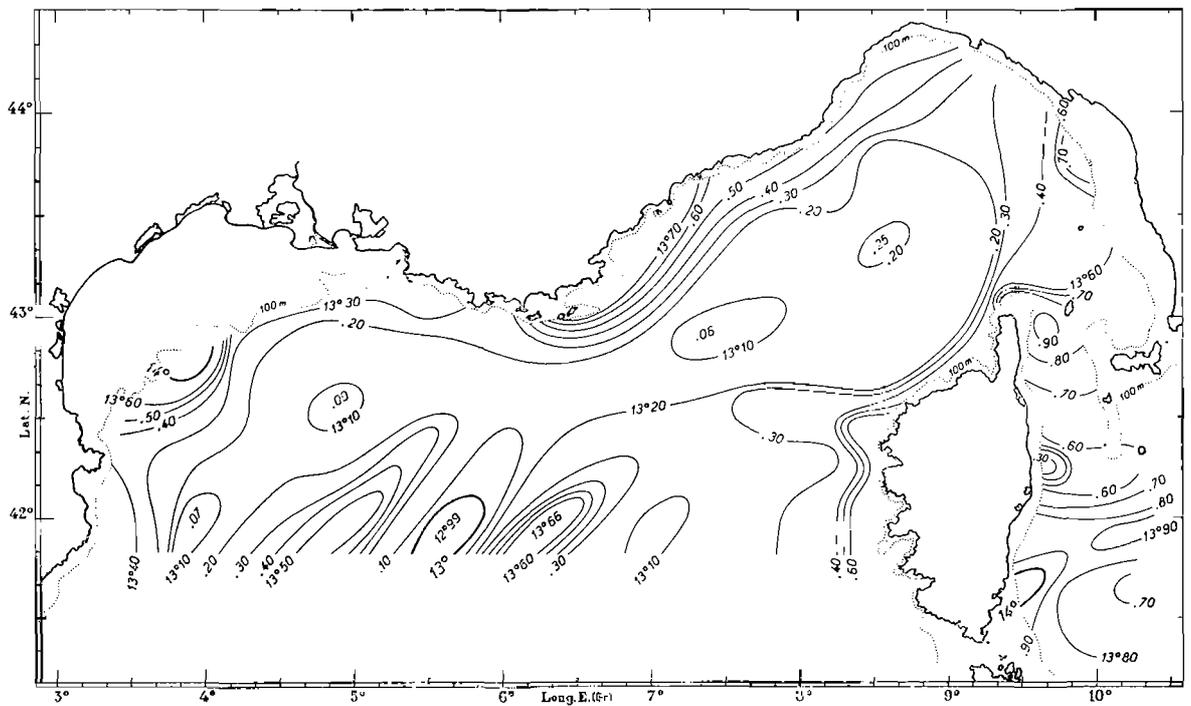


FIG. 9. — Isothermes à 100 m .

Mais le lobe qui, sur le 42° à mi-chemin de la Catalogne et de la Corse, revêtait à 50 m une certaine importance, n'apparaît plus ici ; seule, une température de 13° 66, plus élevée que celles du voisinage, en est la trace légère.

Les eaux de remontée s'étendent désormais en un grand lobe allongé sur l'ensemble de la région septentrionale (de Gênes au cap Creus). On y remarque des salinités élevées (38,45 à 38,48 ‰) qui annoncent déjà la couche « orientale » soulevée ; on sait, en effet, que cette couche se définit ordinairement à un niveau nettement plus bas.

A la montée générale des eaux divergentes correspond un refroidissement qui, en certains pointements, porte la température à moins de 13° 10.

Une station particulièrement intéressante est le n° 124, au sud du mouvement ascendant, sur le 42°. Sa salinité de 38,26 montre que ses eaux sont mélangées, mais sa température inférieure à 13° (12° 99) est un caractère d' « eau septentrionale ». C'est un reliquat de la couche septentrionale supérieure (cf. notre étude pour 1957) qui se forme en hiver et s'écoule vers le sud. On voit ici qu'en automne, cette couche a totalement abandonné le secteur septentrional où des eaux d'influence orientale, dès ce niveau, la remplacent. Ce n'est qu'aux profondeurs plus grandes que l'on va retrouver l'eau septentrionale ancienne qui, en plus grande masse, s'écoule plus lentement.

Niveau de 200 m (fig. 10 et 11).

L'aspect des courbes ne s'est guère modifié ; ce sont les taux de la salinité surtout, qui ont changé.

Là où se dessinait le cheminement du courant atlantique, se manifeste encore, mais sous forme atténuée, son influence ; il est certainement responsable des salinités moyennes (inférieures à 38,30) qui y règnent.

Sur l'ensemble de l'aire centrale, la salinité est partout supérieure à 38,40. Elle dépasse 38,50 dans sa partie axiale. On atteint là le domaine de l'eau orientale dont l'intumescence la plus forte se situe naturellement au centre essentiel de la divergence, soit entre la Corse nord-occidentale et la côte ligurienne.

A ces salinités supérieures à 38,50, correspondent des températures plus élevées qu'au niveau des 100 m, bien caractéristiques donc de cette couche orientale. On remarquera toutefois que ces températures diminuent de l'est à l'ouest, pour s'abaisser entre 13° 06 et 12° 99 au large du golfe du Lion, ce qui montre que, pour légère qu'elle soit, l'influence de l'eau septentrionale se manifeste encore sur cette eau orientale en expansion.

En Mer tyrrhénienne, les eaux orientales ne dépassent pas le 42°. Leur salinité et température maximum sont de 38,56 et 13° 80, en conformité avec nos observations de l'été 1957.

Niveau de 300 m (fig. 12 et 13).

A cette profondeur, on est au cœur des eaux orientales qui recouvrent la presque totalité de la région au nord du 42°.

C'est à partir de ce niveau que se produit d'une manière visible leur pénétration vers le nord-est. Elle se fait par le large de la Corse occidentale où existe un couloir de salinité à plus de 38,50 (maximum 38,59) et d'une température de 13° 28. Le cours de cette veine orientale se poursuit jusqu'au fond du golfe de Gênes. De là, elle s'infléchit vers l'ouest parallèlement à la côte, puis le long du talus du golfe du Lion avant d'entrer dans la Mer catalane, ce qui confirme ce que nous connaissons de l'hydrologie de ce secteur méditerranéen, notamment par nos résultats de 1957. Il est à peine nécessaire de rappeler que ce mouvement d'allure cyclonique s'apparente à celui du courant atlantique de la couche superficielle.

Dans le secteur occidental, au large du golfe du Lion, jusqu'au méridien de 6°, on a, plus évidente qu'aux niveaux supérieurs, l'intervention de l'eau septentrionale caractérisée, sur le 42° par des salinités de 38,41 et 38,43 (st. 110 et 124) et des températures de 12° 95 et 13° (st. 102 et 124).

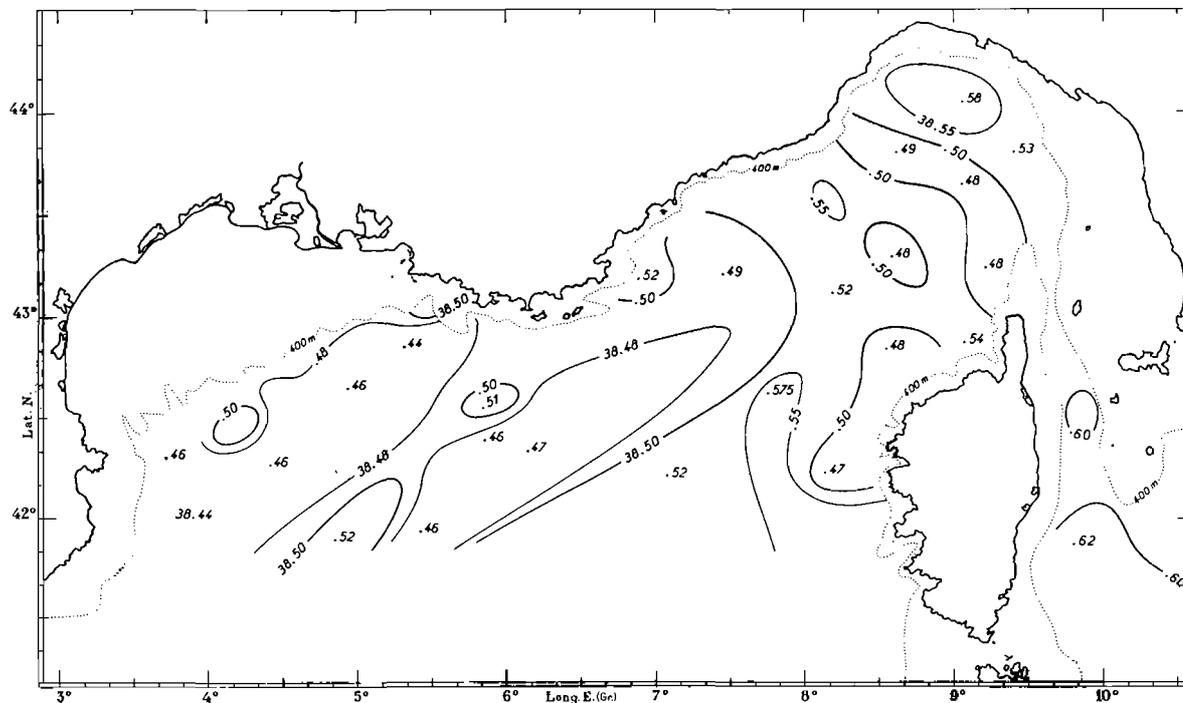


FIG. 14. — Isohalines à 400 m.

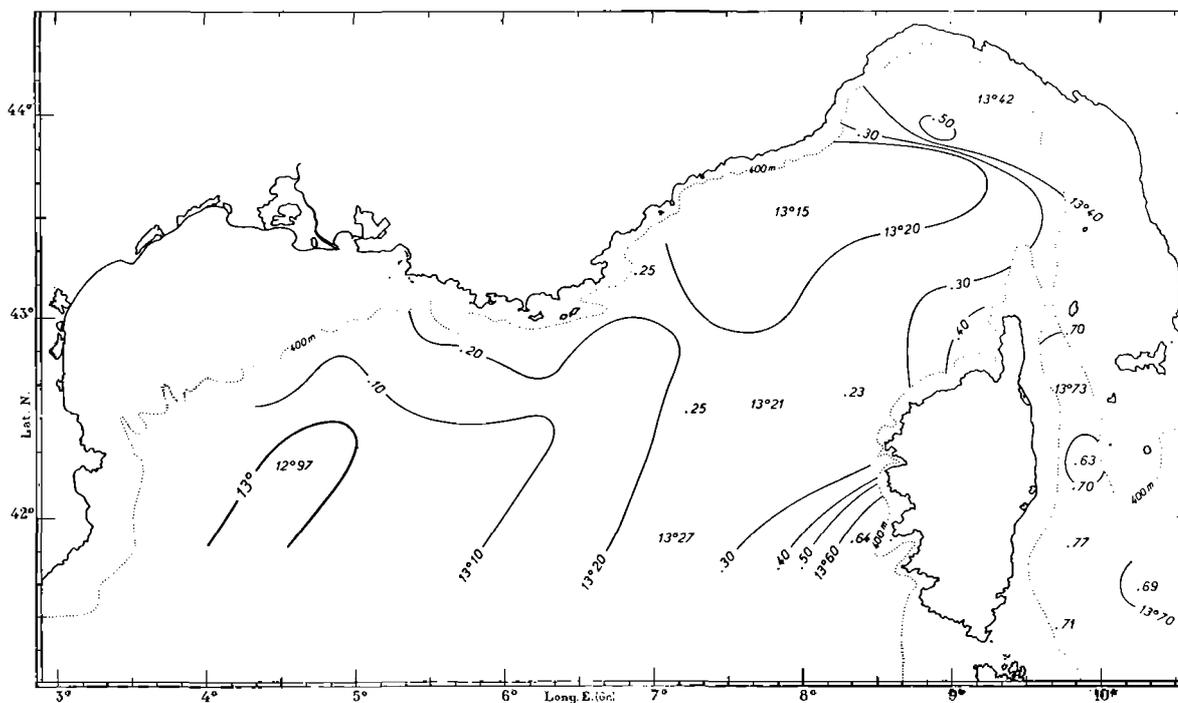


FIG. 15. — Isothermes à 400 m.

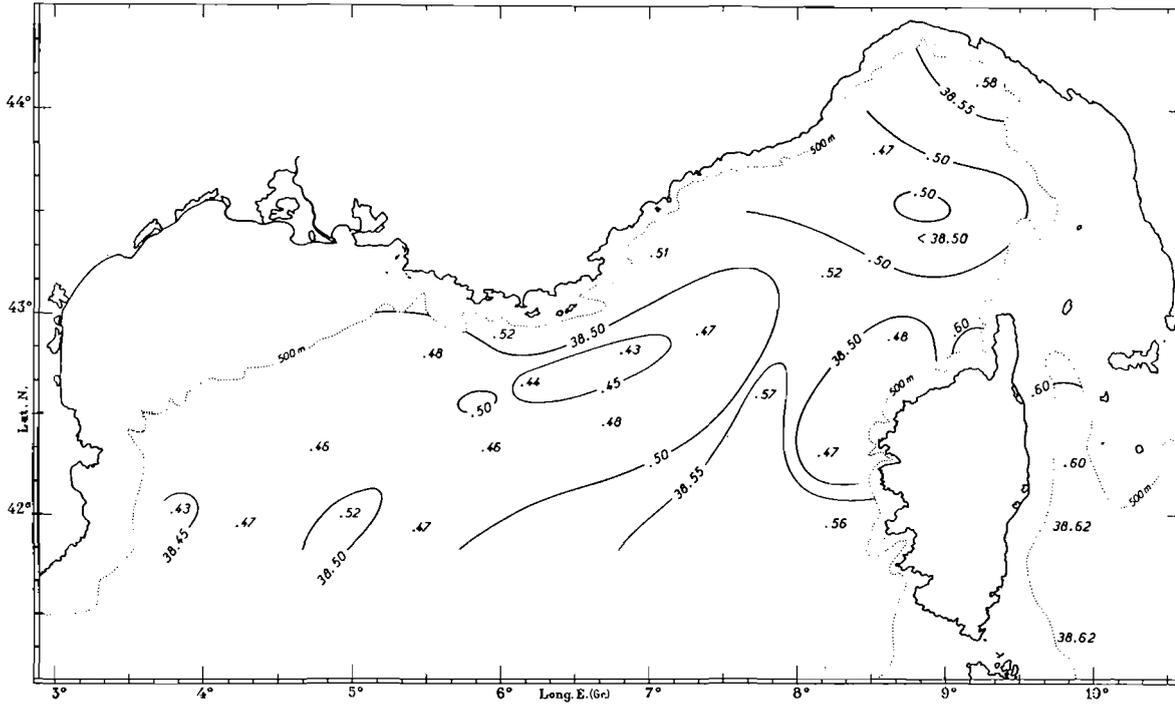


FIG. 16. — Isohalines à 500 m.

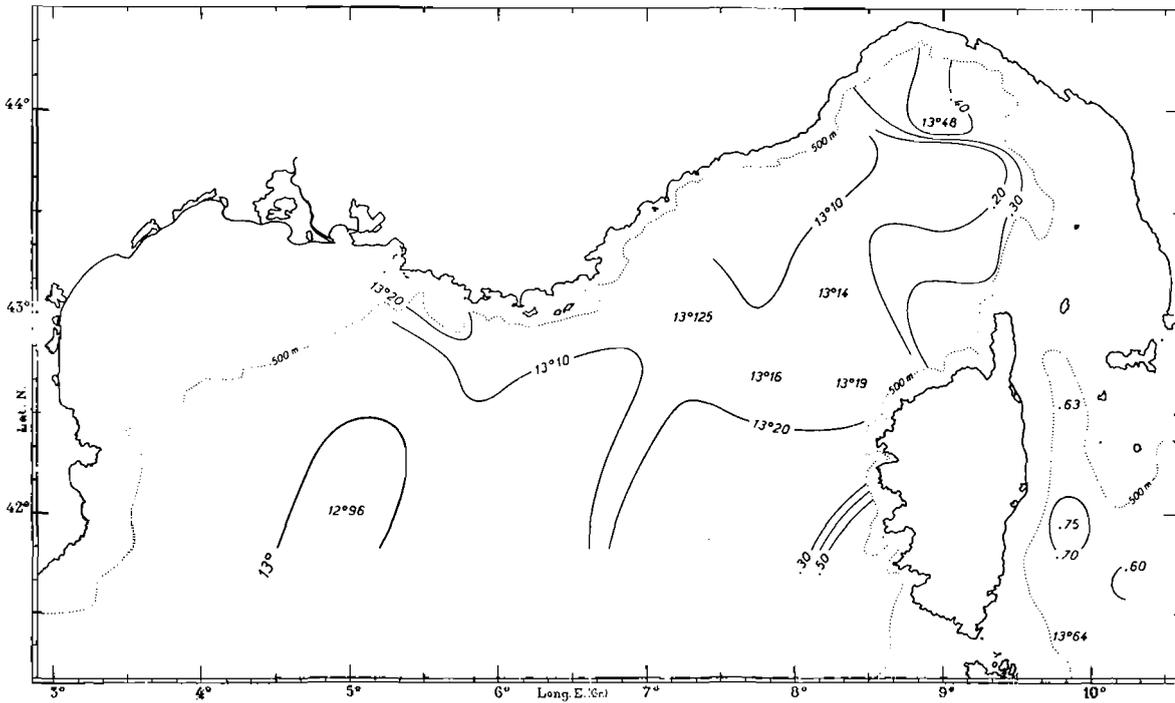


FIG. 17. — Isothermes à 500 m.

Dans le nord de la Tyrrhénienne, l'eau orientale occupe tout le secteur à partir d'un noyau à 38,63 et à 13° 75. Ces données, comparées aux résultats de l'été 1957, montrent que de tels chiffres sont constants et donc caractéristiques de cette formation, au large de la Corse orientale.

A noter que dans le détroit du cap Corse, un abaissement de la salinité (38,495) et de la température (13° 60) signale l'existence d'un bouchon d'eau de mélange, résonance déjà lointaine de l'influence des eaux atlantiques accumulées dans ce secteur toscano-corse, plus nette d'ailleurs près de l'île Capraia (st. 175, sal. 38,435).

Niveau de 400 m (fig. 14 et 15).

Le couloir par lequel passent, à l'ouest de la Corse, les eaux orientales, reste largement ouvert et présente des salinités fortes (38,55 à 38,575). C'est ici que l'on saisit le mieux que la couche orientale, dont 400/500 m constituent le niveau moyen, doit se soulever sous l'effet d'un mouvement général ascendant qui, déjà à ce niveau, fait apparaître l'eau profonde (st. 159, sal. 38,48), pour retomber dans le fond du golfe de Gênes où elle s'accumule (sal. 38,55 à 38,58, T° 13° 45 à 13° 54) ainsi que le montrera la coupe *cd*. Ces eaux orientales empruntant en quelque sorte le circuit du courant atlantique de surface, longent la côte liguro-provençale, puis le talus du golfe du Lion en direction du sud.

La divergence centrale s'affirme par : une diminution encore faible de la salinité (38,44 à 38,48) et une diminution plus forte de la température, laquelle est devenue inférieure à 13° 20 dans le chenal ligurien, à 13° 10 au centre, à 13° dans l'ouest. Dans ce dernier secteur, température et salinité également basses (38,44 et 12° 99, st. 101 et 102) nous rappellent que l'on a affaire à l'eau septentrionale à peine influencée par le contact de la nappe orientale.

Quant à la Mer tyrrhénienne, elle est devenue le domaine absolu de l'eau orientale à salinité voisine de ou supérieure à 38,60 et à température voisine de ou supérieure à 13° 70.

Niveau de 500 m (fig. 16 et 17).

Ce sont les températures qui nous renseignent le mieux sur la situation hydrologique.

A l'est, bien que le flux oriental persiste au large de la Corse, les eaux plus diluées dans le golfe de Gênes indiquent la proximité d'eau septentrionale, mais de type ligurien qu'influence l'eau orientale qui l'environne (sal. 38,47/38,48, T° 13° 04 à 13° 12).

Au centre du secteur, la diminution de la salinité et de la température s'accroît (moins de 38,45 et moins de 13° 10), plus particulièrement dans un noyau au large des îles d'Hyères où la remontée est la plus marquée.

A l'ouest, les températures inférieures à 13° (12° 96, st. 111) jointes à des salinités encore fortes (minimum 38,52, st. 111) sont l'indice d'une plongée des eaux orientales refroidies et s'écoulant vers le sud.

Coupes hydrologiques

Huit coupes viendront compléter les renseignements apportés par les cartes de salinité et de température. Elles permettront, en dépit de quelques redites difficiles à éviter, de préciser les phénomènes hydrologiques qui se produisent sur l'ensemble du secteur nord du Bassin occidental.

Coupe *ab* (le long du 42° parallèle) (fig. 18 et 19).

Au-dessous de 200 m, bien que des variations, d'ailleurs relativement concordantes et dégressives, de la salinité et de la température s'observent d'est en ouest, cette coupe fait apparaître, sur l'ensemble de la ligne, la prépondérance des eaux orientales. Mais, à l'est, elles sont plus caractéristiques et, à l'ouest, soumises à certains mélanges.

En partant du versant corse, la section recoupe, entre 200 m et 1 200 m, la veine « orientale » qui s'écoule dans le golfe de Gênes. Sa salinité supérieure à 38,50, avec un noyau central supérieur

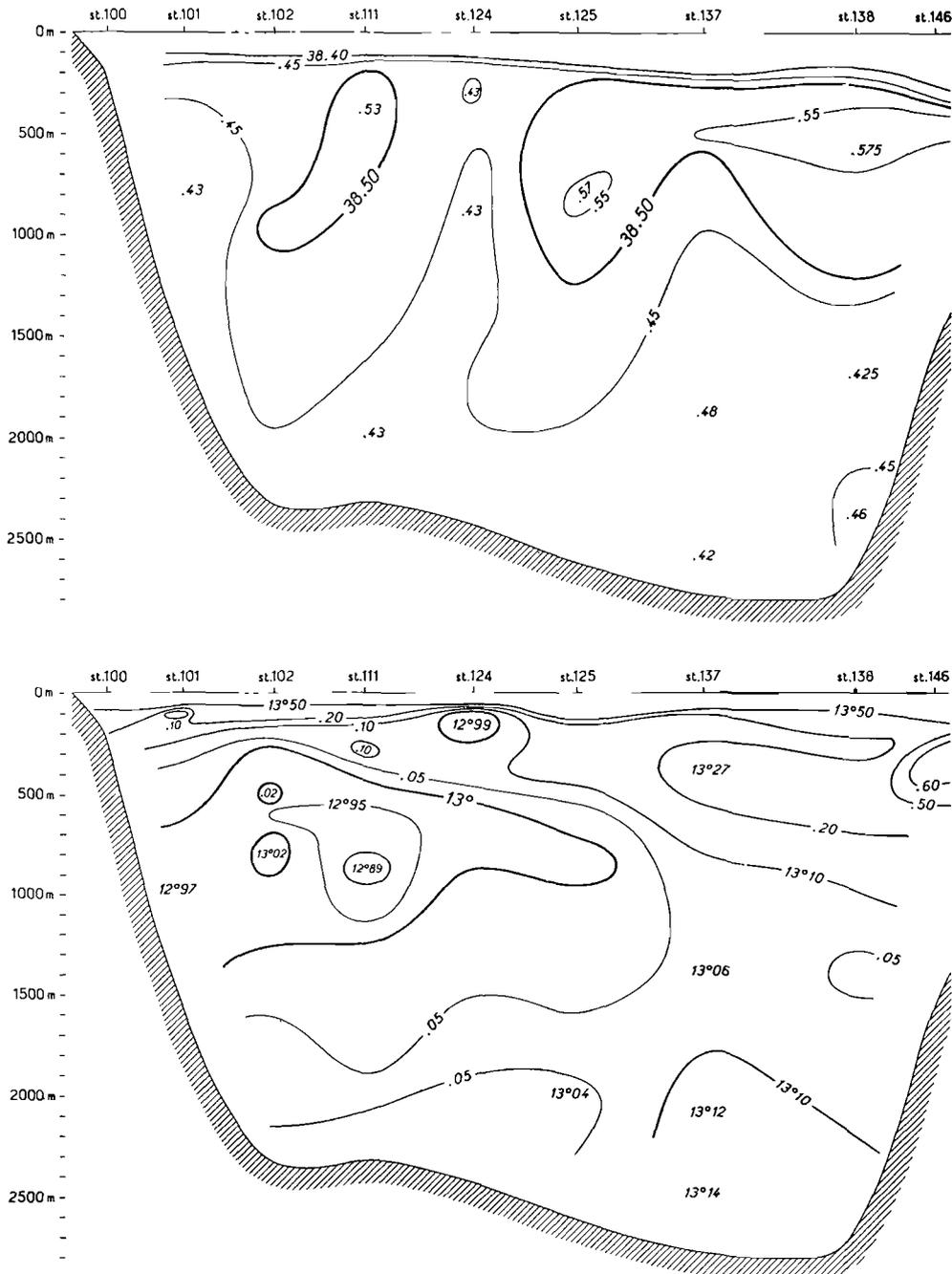


FIG. 18 et 19. — Coupe hydrologique profonde ab, sur le 42° parallèle (salinités et températures).

à 38,55 (vers 400/700 m) et sa température supérieure à 13° 20 et jusqu'à 13° 64 dans le noyau, sont tout à fait caractéristiques de cette formation bien connue.

Vers le centre de la coupe, une masse de cette eau orientale s'épaissit vers le fond, donnant l'image d'une plongée qui s'explique fort bien par le refroidissement qu'elle subit à cette longitude. En effet, si sa salinité reste égale au taux initial, sa température diminue dans d'assez fortes proportions, tombant à moins de $13^{\circ} 05$ et même de 13° à partir de 500 m.

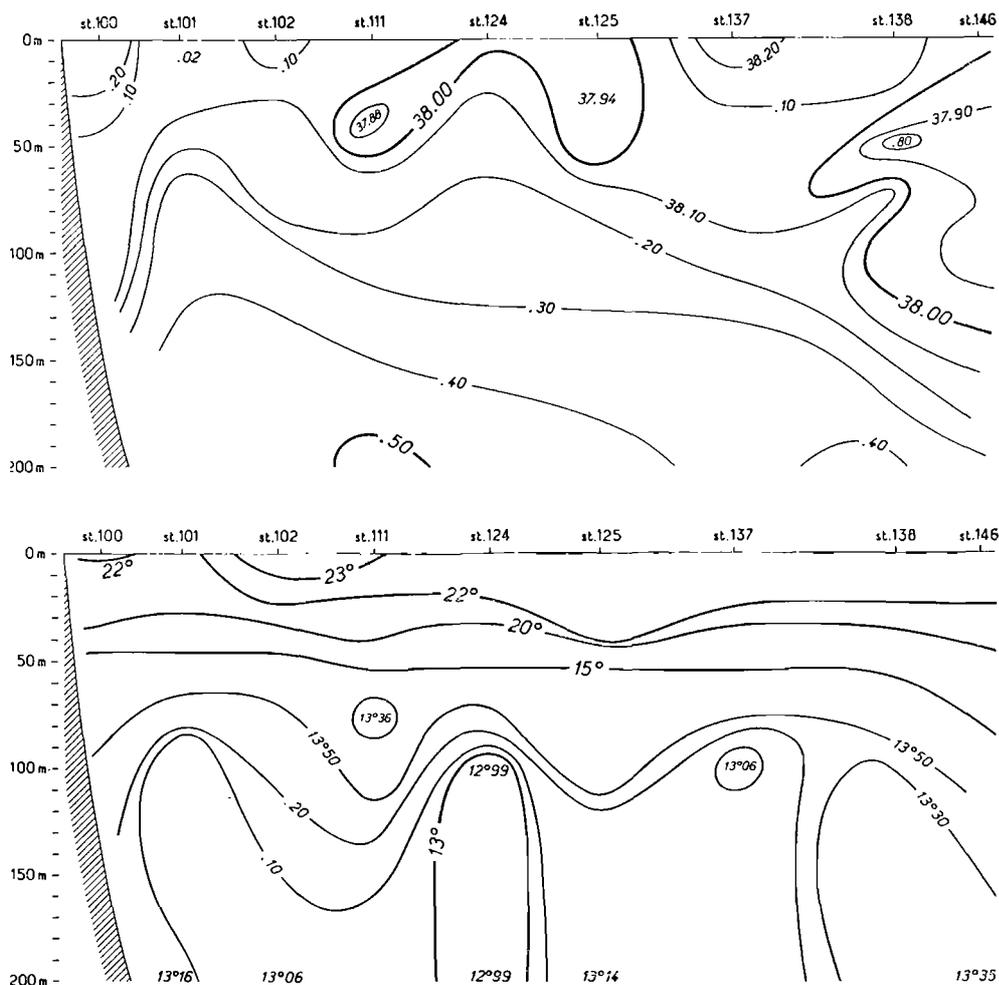


FIG. 20 et 21. — Coupe hydrologique de 0 à 200 m ab (salinités et températures).

Plus à l'ouest encore, aux abords du golfe du Lion, on recoupe aux mêmes profondeurs, une masse dont le noyau à 38,50/53 en fait une eau orientale, mais diluée à sa périphérie (de 38,45 à 38,49) et de température inférieure à 13° (jusqu'à $12^{\circ}89$). Il s'agit là de la branche d'eau orientale qui, après avoir circulé le long de la côte provençale et des accores du golfe du Lion va s'engager vers le sud. Elle succède en cette saison aux eaux septentrionales profondes. Plus ou moins mélangée à ces dernières et perdant ainsi une partie de sa salinité, mais plus encore de sa température, elle prend, elle aussi, l'allure d'une masse en plongée. En fait, c'est une eau mixte de caractère oriental par sa salinité, et septentrional par son degré thermique. Nous avons déjà vu une situation comparable en été 1957 dans la même région.

Si l'eau septentrionale profonde ne se présente en ce point que sous une forme dégradée, par l'effet du courant oriental, elle conserve une relative pureté en un lieu : sur la pente continentale de Catalogne où l'on en voit un plaquage important, avec une salinité de 38,42/45 et une température inférieure à 13° sur près de 1 000 m de profondeur.

Ceci nous amène à considérer les eaux du fond. On y trouve deux formations principales : à l'est des eaux à plus de 13° 10 ; à l'ouest, des eaux à moins de 13° 05 .

Dans la coupe des températures, ces dernières apparaissent avec un certain caractère septentrional affaibli par la plongée des eaux d'influence orientale. Ces eaux de fond ont tendance à remonter vers des niveaux intermédiaires, entre la masse d'eau orientale qui s'accumule au large de la Corse et sa branche provençale qui plonge aux accores du golfe du Lion. Leur mouvement ascendant se prolonge même jusqu'au voisinage de la surface ainsi qu'il apparaît sur les figures 20 et 21 (station 124).

L'eau de fond du versant corse, à 13° 10/13° 14, dont la salinité est supérieure à 38,42 ‰ doit représenter l'eau septentrionale d'origine ligurienne, mais ayant subi une certaine dégradation sous l'effet d'un apport oriental dont on trouve la trace dans le coin est de la coupe (salinité : 38,45/46 et température supérieure à 13° 10).

On remarquera que d'un bout à l'autre du 42° parallèle, comme du reste sur la coupe *cd*, en Mer ligurienne, la salinité des eaux profondes ne tombe en aucun cas au-dessous de 38,415 (le soin apporté à nos analyses garantit la validité de tels chiffres). En conséquence, la situation de l'automne 1958, comparée à celle de l'été 1957, où les eaux de salinité inférieure à 38,40 constituaient une masse importante d'origine hivernale, nous renseigne sur les déplacements de cette masse. En été, elle occupe encore un secteur profond considérable de la région nord ; en automne, elle l'a en grande partie évacué.

Les eaux de surface de 5 à 200 m (fig. 20 et 21) constituent surtout un mélange que traduisent assez bien les détours des isothermes et isohalines. On y décèle néanmoins des phénomènes précis et, notamment, l'écoulement de l'eau d'influence atlantique qu'arbitrairement on peut circonscrire par l'isohaline de 38 ‰.

Sur le versant corse, à l'est, on a la section de la branche du courant atlantique qui s'enfonce jusqu'à plus de 140 m. Au centre, apparaît la veine médiane du même courant qui, ainsi que l'indiquent les cartes de 5 à 50 m, ne progresse guère plus loin que le 42°. Cette veine est divisée en deux lobes sous l'effet d'une poussée ascensionnelle qui, on l'a vu, amène jusqu'au voisinage de la zone superficielle une eau d'influence septentrionale (12° 99). Le lobe à plus de 38,10/38,20 qui sépare cette veine médiane de celle du versant corse, provient d'un point de résurgence voisin. Sur le versant catalan, la faible salinité (38,04, st. 100 et 38,02, st. 101) entre 5 et 100 m, confirme la présence des eaux du Rhône et atlantiques mélangés.

Coupe *cd* (de la station 143 à la station 170) (fig. 22 et 23).

Cette coupe intéresse le chenal de la Mer ligurienne.

Sur toute son étendue, se développe la nappe orientale bien caractéristique à l'intérieur de l'isohaline de 38,50 avec des températures supérieures à 13° 30 - 13° 40, nettement plus élevées que celles des couches sus- et sous-jacentes. Elle atteint le cul-de-sac du golfe de Gênes entre 200 et 600 m et au sud-est, à la sortie du Golfe, constitue une masse puissante qui plonge jusque près du fond où s'observe (st. 149) des salinités supérieures à 38,50.

Sur le versant italien, à partir de la profondeur de 800 m, une masse de nature différente (inférieure à 38,45 et 13° 05) se trouve calée contre la pente jusque vers 2 000 m. Cette eau doit être considérée comme l'eau septentrionale formée dans le golfe de Gênes en hiver. Elle est, sur ce versant, l'homologue de la masse septentrionale de même âge, issue du golfe du Lion, qui s'appuie sur la pente catalane (ouest de la coupe *ab*).

Le reste de l'axe ligurien est occupé par des eaux à 38,46/38,48, depuis 400 m jusqu'au fond, leur température étant inférieure à 13° 10 entre 500 et 2 500 m et de peu supérieure à ce chiffre entre 2 000 m et le fond. C'est un mélange d'eau liguro-orientale.

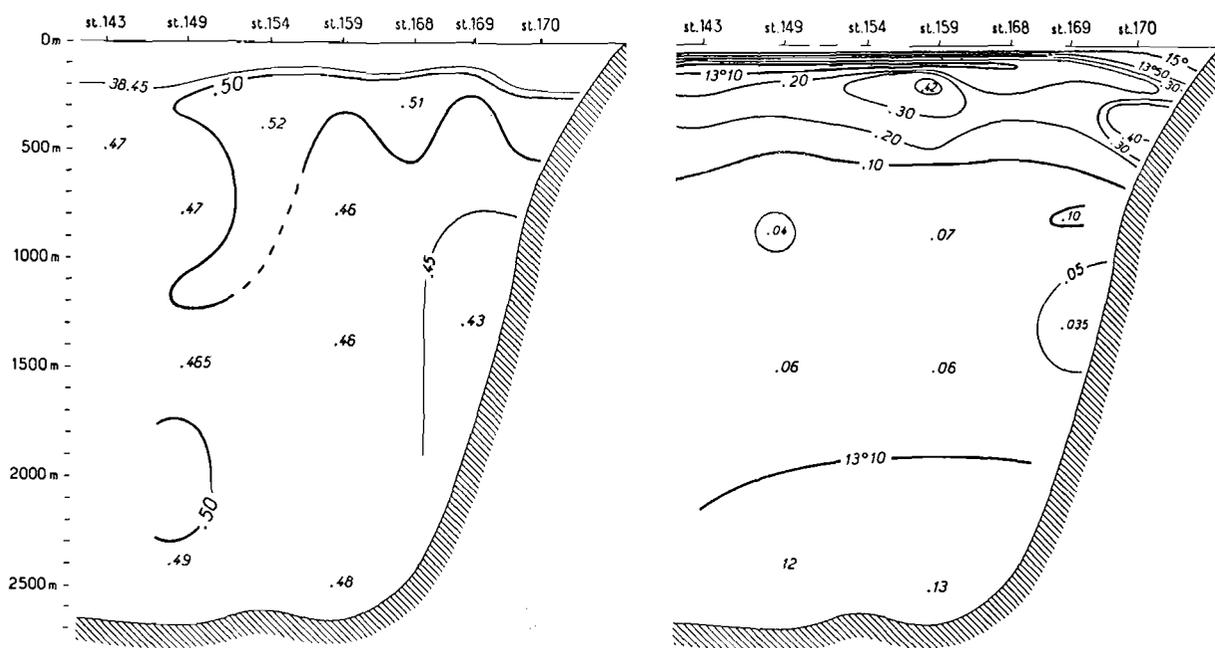


FIG. 22 et 23. — Coupe hydrologique profonde cd, dans le chenal de la Mer ligurienne (salinités et températures).

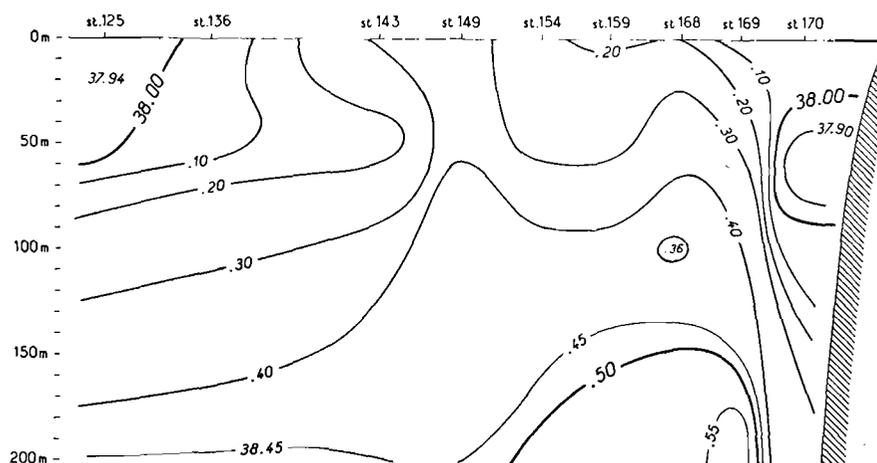


FIG. 24. — Coupe hydrologique de 0 à 200 c'd (salinités).

Les eaux de surface (fig. 24 et 25), pour lesquelles nous avons prolongé la coupe jusqu'au 42° parallèle (st. 125) présentent un particulier intérêt.

Elles sont d'origine atlantique

a) dans un secteur relativement réduit du fond du Golfe, par profondeur de 20 à 80 m (sal. inférieure à 38,00)

b) au sud-ouest de la section où on retombe dans la « branche médiane » décrite sur la coupe *ab*.

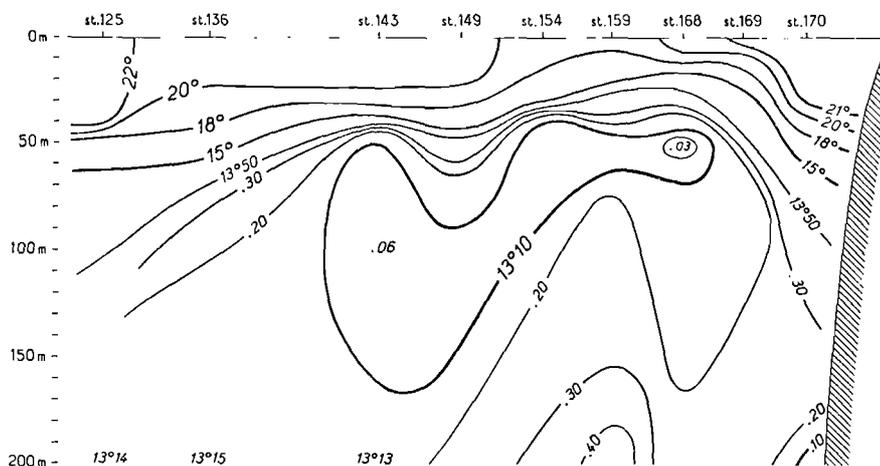


FIG. 25. — Coupe hydrologique de 0 à 200 m c'd (températures).

Mais le phénomène le plus significatif se marque entre 50 et 150 m environ, sous forme d'un lobe que dessinent les isothermes de 13° 20 et 13° 10 se refermant sur elles-mêmes, au sein duquel la température peut s'abaisser jusqu'à 13° 03. Ce lobe a une salinité de 38,30 à 38,42, eau de mélange par conséquent. Il ne peut s'expliquer que comme un reliquat d'eau septentrionale supérieure formée dans le golfe de Gênes au cours de l'hiver précédent et que soulèvent les eaux orientales sous-jacentes. Sa présence en une période aussi tardive de l'année suppose une stagnation relative des masses d'eau dans le cul-de-sac du golfe de Gênes qui, par sa configuration, favorise une certaine accumulation des eaux qui y convergent.

Les cinq sections suivantes, sensiblement parallèles et recoupant la région étudiée depuis l'entrée du golfe de Gênes jusqu'au golfe du Lion, bien que limitées aux niveaux de 500/600 m, vont nous fournir des indications complémentaires sur l'influence qu'y exercent les eaux diluées (courants atlantique et du Rhône) et sur les témoins qu'y laissent en cette saison d'automne, les formations hivernales d'eau septentrionale.

Coupe *lm* (de la côte ligurienne de Porto-Maurizio à la Corse, Golfe de Saint-Florent) (fig. 26 et 27).

Sur le versant corse, on recoupe le large secteur occupé par le courant atlantique qui s'enfonce d'une manière visible jusqu'au-delà de 100 m (sal. : 38,00 à 37,77). On le retrouve sur le versant opposé, où son axe est marqué à quelque distance de la côte italienne par une salinité inférieure à 38,10. Mais, en ce lieu, ses eaux se ressentent de l'influence d'une eau plus salée, celle de la résurgence centrale, qui s'épand dans la zone littorale.

Cette résurgence apparaît bien dans la partie centrale de la coupe où les isohalines épousent la forme d'un dôme poussant jusqu'au niveau de 100 m les eaux à 38,45 et à celui de 200 m celles à 38,52 et à 13° 40, cependant que vers 500/600 m, l'abaissement de la salinité et de la température (38,48 à 38,46 et 13° 20 à 13° 08) annonce la montée des eaux profondes.

Sur la section qui concerne la température, on rencontre à nouveau la nappe sur laquelle se referme l'isotherme de $13^{\circ} 20$ (minimum $13^{\circ} 07$) déjà vue sur la coupe axiale de la mer ligurienne. L'image

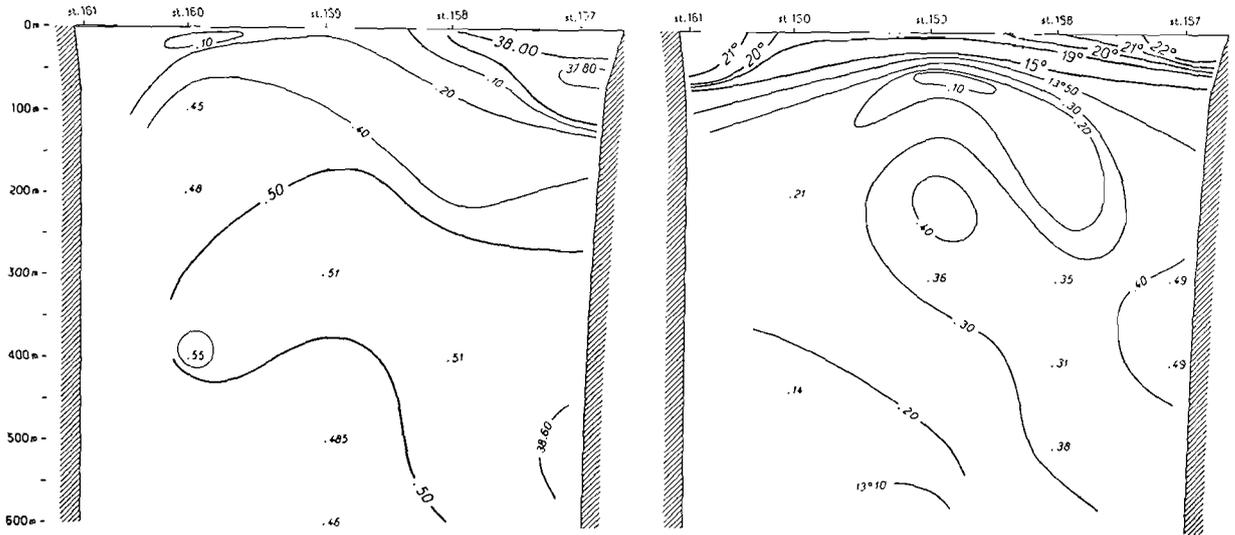


Fig. 26 et 27. -- Coupe hydrologique de 0 à 600 m lm, de la côte ligurienne à la Corse (salinités et températures).

que donnent les lignes de même température et de même salinité, confirme bien qu'il s'agit d'une eau septentrionale ligurienne, de formation hivernale récente. Cette couche soulevée par la divergence centrale tend, sur le versant sud, à s'enfoncer et participe ainsi, sur le plan vertical, à un tourbillon dans lequel elle compense le mouvement ascendant des eaux chaudes et salées de la mi-profondeur.

Coupe kb (de la côte de Provence, cap Camarat, à la Corse, Golfe de Sagone) (fig. 28 et 29).

On est ici à l'entrée de la Mer ligurienne, d'où s'écoule vers l'ouest les masses d'eau étudiées. Cette coupe répète donc dans une certaine mesure la précédente. Les variantes sont toutefois assez importantes pour être signalées.

Le courant atlantique, sur le versant de la Corse, y est plus ample et plus profond (ce qui est naturel puisque cette coupe est plus près de ses origines que la précédente). Il s'enfonce jusqu'au-dessous de 100 m et, en surface, occupe la moitié de la section, à l'exception d'une zone intercalaire (st. 145) qui le divise en deux branches. Cette zone, bien que très réduite en ce point, a une salinité relativement très élevée (38,395 en surface). Nous avons dit que c'est une divergence située au sud du 42° qui est à son origine.

Le courant atlantique se manifeste aussi avec une plus grande extension qu'à l'est sur le versant continental où les eaux résurgentes centrales le recouvrent partiellement d'une nappe superficielle à 38,20/38,30.

Entre la zone superficielle où l'eau atlantique tient une si large place et la divergence qui rehausse les eaux orientales très salées et chaudes ($38,59/57$ et $13^{\circ} 27$) jusqu'au niveau de 300 m, se prolonge la couche d'eau septentrionale ligurienne supérieure déjà observée. Sur cette coupe, elle dispose d'un secteur plus étendu. Les isothermes de $13^{\circ} 20$ et $13^{\circ} 10$ refermées sur elles-mêmes lui donnent une épaisseur de 200 m, entre les niveaux de 50 et 250 m. Sa salinité, comme plus au nord-est, est de 38,20 à 38,40. Si le mouvement principal de la résurgence l'élève à un niveau voisin de la surface à la station 143, sur le versant sud-oriental cette formation d'hiver tend à plonger vers les profondeurs intermédiaires, la température et la salinité ($38,41$ à 400 m) le démontrent.

Coupe ij (du cap Sicié au 42° parallèle, vers le sud-est) (fig. 30 et 31).

On est dans la zone intermédiaire entre la Mer ligurienne et le golfe du Lion.

De part et d'autre de la section, le courant atlantique continue à se manifester. On pourrait être tenté de relier ses deux lobes que ne sépare qu'un étroit pointement d'eau divergente plus salée. Mais on sait que le lobe méridional fait partie de la branche atlantique de sens nord-est qui s'appuie sur la Corse en direction du golfe de Gênes, tandis que le lobe calé sur la côte française représente la branche septentrionale du mouvement cyclonique (ici vers l'ouest) reconnu sur les cartes.

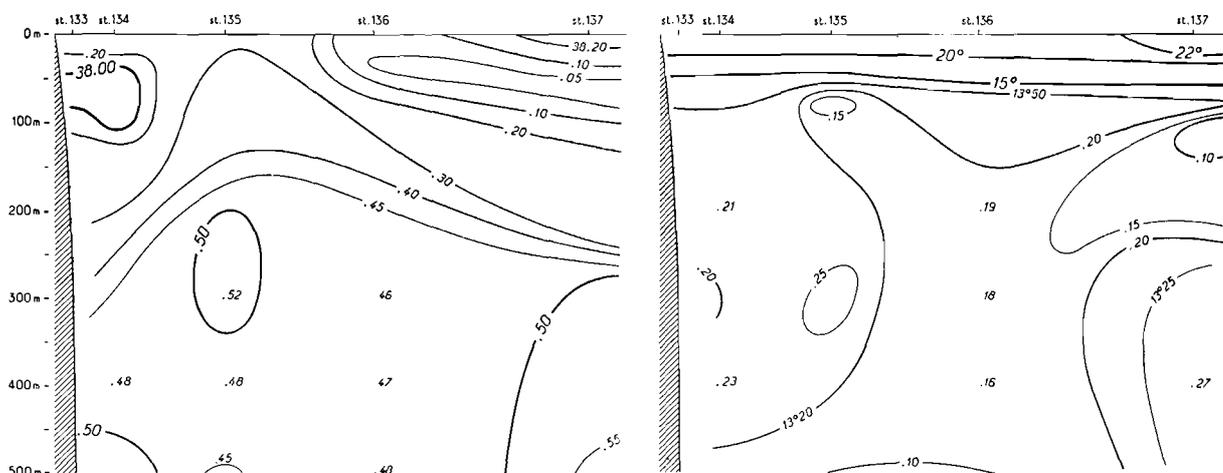


FIG. 30 et 31. — Coupe hydrologique de 0 à 500 m ij, du cap Sicié au 42° parallèle (salinités et températures).

L'eau orientale sous-jacente gonflant les eaux du niveau supérieur, dessine une intumescence qui culmine à la station 135. Dans la partie sud-est de la coupe, à partir de 300 m, cette eau orientale est typique (salinité de 38,50 à 38,55 ; température de 13° 20 à 13° 28). On se trouve dans sa zone de pénétration maximum en direction nord-est vers le secteur étudié.

Sur le bord sud de la coupe, à la profondeur de 100-150 m, la température inférieure à 13° 10/13° 15 et correspondant à des salinités intermédiaires de 38,20/38,40, marque la limite occidentale atteinte par l'eau septentrionale ligurienne en cette saison.

Coupe gh (du delta du Rhône au 42° parallèle, vers le sud-est) (fig. 32 et 33).

En surface, domaine des eaux diluées, on reconnaît :

- 1° au nord, les eaux du Rhône qui vont se mélangeant vers le sud-est,
- 2° au sud-est, la branche la plus occidentale du courant atlantique.

La coupe fait ressortir que ces eaux diluées de deux origines entrent en contact et se mélangent, au-dessous d'une couche un peu plus salée (entre 38,15 et 38,17) qui, au large du Planier, marque le bord d'une nappe issue de la divergence principale. Sous la surface, au sud-est (sur le 42°) se voit à partir de 100 m et jusqu'à 300 m, une eau de température inférieure à 13° (12° 99) et de salinité variable mais inférieure à 38,45. C'est l'eau septentrionale du golfe du Lion (formation hivernale) que l'on rencontre là dans son écoulement vers le sud. Elle est séparée de la pente continentale par une masse verticale d'eau d'influence orientale (salinité supérieure à 38,48, température de 13° 13 à 13° 17) dont le caractère, par rapport à celui des coupes précédentes, apparaît comme dégradé par mélange avec les eaux septentrionales.

Comparée à la section L2 de l'été 1957, cette coupe montre les modifications hydrologiques qui surviennent durant les mois chauds. Les eaux diluées s'étendant plus loin vers le large, l'eau septentrionale, très importante aux niveaux moyens en été, s'est fortement réduite et ne se retrouve que plus au sud en automne.

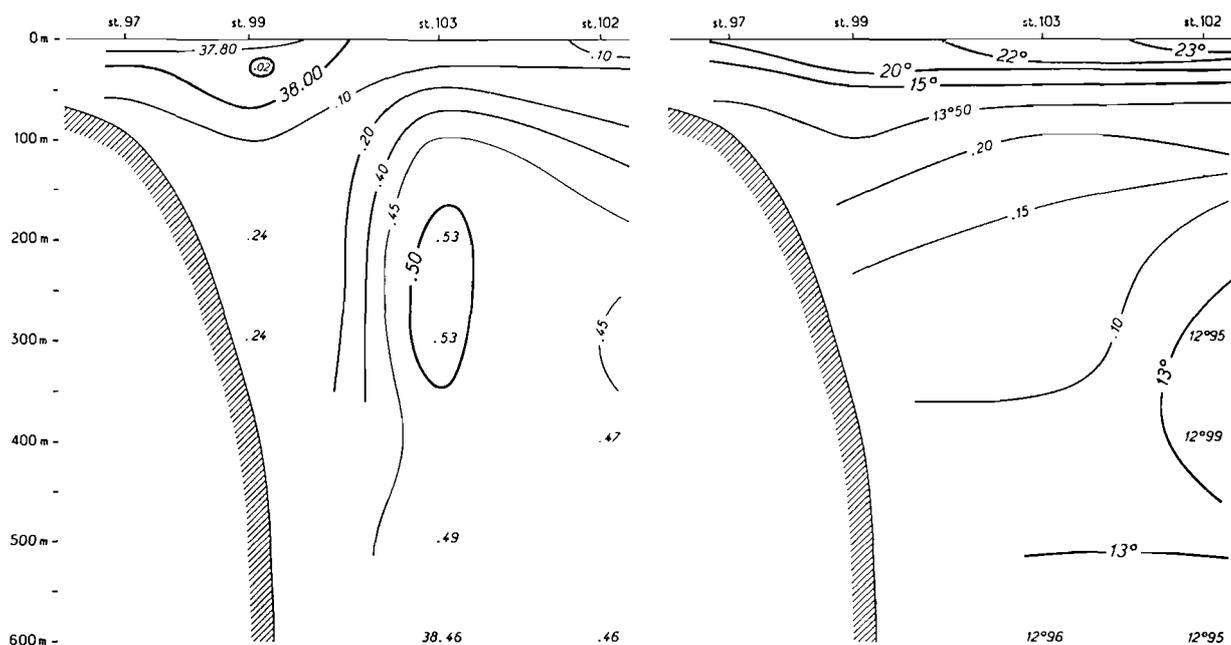


FIG. 34 et 35. — Coupe hydrologique de 0 à 600 m ef. du cap Leucate au 42° parallèle (salinités et températures).

Coupe ef (du cap Leucate au 42° parallèle, vers le sud-est) (fig. 34 et 35).

Cette coupe, qui par le tracé des isothermes et isohalines est très simple, offre un certain intérêt. Elle montre que dans cette région les eaux diluées et chaudes du courant du Rhône, en dépit de leur faible densité, s'accumulent en se mélangeant sur une épaisseur relativement considérable (plus de 300 à 400 mètres), probablement sous l'effet du resserrement qu'elles subissent entre l'avancée continentale du cap Creus et la masse divergente voisine des eaux de type oriental (38,53). On se souviendra que la coupe L4 de l'été 1957, dans les mêmes lieux, montrait une anomalie hydrologique (cascading) d'un ordre comparable. Une telle amplitude de l'accumulation, et de la descente qui en résulte, de ces eaux légères, n'a pas été, à notre connaissance, observée en Méditerranée. C'est donc un fait qu'il importait de souligner. Le phénomène qui, ici, présente son maximum de développement, intéresse d'ailleurs l'ensemble du golfe du Lion, puisque, si on se reporte à la coupe précédente (*gh*) partant de la Camargue, on peut l'observer se manifestant jusqu'au-delà de la marge continentale.

On notera, enfin, sur cette coupe *ef* que l'eau septentrionale à 12° 95 et 38,45 qui apparaît entre 250 et 450 m au sud-est de Creus, s'est, par rapport à l'été 1957, nettement réduite et écartée du plateau continental.

Coupe no (du fond du golfe de Gênes au nord de la Sardaigne, Mer tyrrhénienne) (fig. 36 et 37).

Le nord du golfe de Gênes et le secteur corse de la Tyrrhénienne sont recouverts dans leur presque totalité, jusqu'au niveau de 100 m environ, par les eaux diluées (sal. inférieure à 38,00) apportées par le courant atlantique après qu'il ait doublé le cap Corse.

ce détroit les eaux septentrionales d'origine ligurienne dont l'influence reste perceptible sur la coupe des températures où s'inscrit, du nord au sud, un lobe plus froid (inférieur à $13^{\circ} 40$) avec un axe à $13^{\circ} 10$ - $13^{\circ} 26$ au niveau de 200 m.

Cette couche d'eau septentrionale ligurienne en voie de résorption, en cette saison, du fait qu'elle n'est plus alimentée, est sans doute beaucoup plus importante en hiver et au printemps, au moment de sa formation, et même en été; elle doit alors constituer sur le seuil un véritable « bouchon » s'opposant au passage de l'eau orientale vers le nord et progressant lui-même vers le fond, au sud du seuil. Un indice de son influence dans la profondeur du canal corse nous était fourni en été 1957 par une température et une salinité plus basses que celles des eaux du voisinage.

Sous les eaux de mélange (de 38,10 à 38,45), à partir de 200-300 m, la profondeur est emplie par l'eau orientale (sup. à 38,50) qui atteint son taux le plus élevé au sud de la coupe, en Mer tyrrhénienne.

Dans ce dernier secteur, il est intéressant de comparer la section avec celle de l'été 1957. La salinité moyenne est identique (38,62); la température maximum a peu varié elle aussi (maximum $13^{\circ} 78$ contre $13^{\circ} 72$). Ceci amène à conclure que les conditions thermohalines de la masse orientale de la Mer tyrrhénienne varient peu d'une saison et d'une année à l'autre et, par conséquent, qu'une telle homogénéité traduit une grande stabilité de l'eau tyrrhénienne.

Dans le canal du cap Corse, sur le seuil, la salinité de 38,495 à 300 m et de 38,53 à 320 m près du fond indique que, contrairement aux données obtenues en été 1957, il y a en automne un léger passage de l'eau orientale - mais déjà dégradée - vers le nord. Son débit est faible puisque son épaisseur n'est guère que d'une vingtaine de mètres et son rôle, dans le golfe de Gênes, reste insignifiant.

Dans ce golfe, au-dessous du lobe subsuperficiel de la couche septentrionale ligurienne, très mélangée mais - nous l'avons déjà dit - perceptible, qui s'avance jusqu'au détroit du cap Corse, les eaux profondes ont un caractère assez complexe que révèlent le tracé des isothermes et, à un degré moindre, les taux de salinité.

Sur le versant nord du seuil, un abaissement de la température ($13^{\circ} 27$) correspondant à une salinité relativement faible de 38,50 entre 400 et 500 m, indique la plongée dont il a été question plus haut d'une eau orientale refroidie et diluée par le contact de l'eau septentrionale ligurienne sus-jacente.

Plus au nord, vers le versant italien, au même niveau, la température plus élevée ($13^{\circ} 46$) correspondant à une salinité de 38,53, montre la présence en ces lieux d'une eau de caractère oriental moins dégradé, provenant de la veine qui, par l'ouest de la Corse, pénètre dans la Mer ligurienne.

Plus bas, enfin, vers 600 m, une température de $13^{\circ} 11$ et une salinité de 38,48 nous renseignent sur la présence de l'eau septentrionale ligurienne inférieure.

Résumé et Conclusion

La campagne océanographique de l'automne 1958, par le nombre de ses sections, faites en un laps de temps suffisamment court, nous permet de saisir la situation hydrologique générale de la Méditerranée occidentale, au nord du 42° parallèle.

Cette hydrologie se caractérise essentiellement par un grand remous de forme elliptique qui, développé du golfe de Gênes au golfe du Lion, caractérise la circulation générale du secteur nord-méditerranéen. A ce remous, né d'une puissante divergence qui se manifeste avec le plus de force dans l'axe ligurien, participe surtout l'eau orientale qui exerce son influence sur toutes les formations environnantes et, pour une part moindre, le courant atlantique qui ceinture l'ellipse de ces eaux en résurgence.

Mais dans cet ensemble hydrologique de l'automne 1958, on retrouve les différents types d'eau reconnus en Méditerranée et précisés dans notre travail de l'été 1957. En plus de l'eau orientale et de l'eau atlantique, ce sont les eaux septentrionales, supérieure et inférieure d'origine hivernale, et l'eau du Rhône.

L'importance des unes et des autres varie en fonction de la saison et sans doute de l'année, mais aussi suivant le lieu. Si on les considère successivement, elles se présentent durant septembre et octobre 1958 de la manière suivante.

1° *Les eaux septentrionales* que leur grand développement nous avait permis de bien observer dans le golfe du Lion et son prolongement vers le sud pendant l'été 1957, constituent dans cette région des masses moins importantes en automne.

L'eau septentrionale profonde, affectée par l'environnement d'eau orientale, bien qu'elle ait conservé une température inférieure à 13°, est ici plus salée; en aucun cas son taux ne s'abaisse au-dessous de 38,415 sur le 42° parallèle; il est même le plus souvent voisin de 38,45.

La masse de cette eau profonde, plus réduite, s'est écartée de la côte dans son mouvement vers le sud. Ceci tient au fait que son alimentation à partir de la surface, en hiver et au printemps, ne se fait plus depuis quelques mois. Elle se reconstituera à partir de l'hiver suivant.

Quant à *l'eau septentrionale supérieure*, dont nous avons pu saisir toute l'importance en été, elle est totalement résorbée dans le golfe du Lion et n'apparaît plus que sous forme d'une masse en plongée vers 100 à 300 m, sur le 42° parallèle, au sud de Toulon.

Les présentes observations nous ont permis, en outre, de caractériser les eaux septentrionales qui, de la même manière que celles du golfe du Lion, se forment en hiver dans la Mer ligurienne.

L'eau septentrionale ligurienne supérieure (récente) peut être définie par une température (en automne) de 13° 04 à 13° 20, sa salinité étant celle d'une eau superficielle de mélange (38,25 à 38,35).

Elle occupe, en cette arrière-saison, un secteur étendu, dans l'axe de la Mer ligurienne, ce qui incite à conclure qu'elle s'écoule moins vite que l'eau septentrionale de l'ouest. C'est le mouvement tourbillonnaire provoqué par la divergence centrale qui ralentit son déplacement et la maintient partiellement en place, la soulevant dans certains cas jusqu'à la surface, l'infléchissant dans certains autres et l'amenant à plonger sur le versant sud de la résurgence. Il explique aussi son réchauffement relatif qui porte sa température, inférieure à 13° au moment de sa formation en début d'année, à 13° 05-13° 20 en automne. Mais cette eau septentrionale récente reste suffisamment caractéristique pour que soit perçue son action soit en direction du chenal du cap Corse, soit vers la côte occidentale de l'île, soit au large des îles d'Hyères, sur le 42° parallèle où l'on peut encore la distinguer de son homologue formée à l'ouest, avec laquelle elle tend à se confondre. Elle continue d'ailleurs à alimenter, en certains points, la couche profonde de même température qu'elle mais de salinité accrue (38,40 et plus) par contact avec l'eau orientale.

Cette eau profonde d'origine septentrionale s'accumule notamment dans le fond du golfe de Gênes par profondeur de 1 000 à 2 000 m.

2° *L'eau orientale* (fig. 38) est, répétons-le, la formation prépondérante en cette période de l'année. Sa poussée s'exerce puissamment de la mi-profondeur, à l'ouest de la Corse, vers le golfe de Gênes où elle s'accumule et d'où elle s'écoule parallèlement à la côte liguro-provençale, puis le long de la pente continentale du golfe du Lion, constituant ainsi une épaisse couche qui, sous l'eau superficielle composite, s'étend sur la plus grande partie de la région nord.

Cette eau orientale a une salinité forte - souvent supérieure à 38,55 - et une température élevée (voisine de ou supérieure à 13° 40). Son influence s'exerce partout, notamment sur les masses d'eau septentrionale de la profondeur dont elle altère le caractère: salinité portée parfois jusqu'à 38,50, température inférieure de peu à 13° dans le meilleur des cas, au point qu'on peut estimer qu'en certains endroits elle se substitue à elles. Son influence est également forte sur l'« eau du fond » (température et salinité).

Comparativement à la situation hydrologique de l'été 1957, où les eaux orientales présentaient des caractéristiques atténuées, celle de l'automne 1958 révèle que c'est à l'arrière-saison que leur flux a son débit le plus fort et son extension maximum.

3° *L'eau du courant atlantique* (fig. 38) joue, elle aussi, un très grand rôle en automne. Elle arrive dans la région nord-méditerranéenne, au-delà du 42^e parallèle par un réseau de sens général sud-ouest/nord-est, dont la branche principale, balayant la côte occidentale de la Corse, pénètre dans le golfe de Gênes, non sans avoir, au passage du cap Corse, émis une digitation qui recouvre le secteur de l'archipel toscan et s'insinue en Mer tyrrhénienne jusqu'à mi-hauteur de la Corse orientale où la rejoint un diverticule qui a franchi le détroit de Bonifacio.

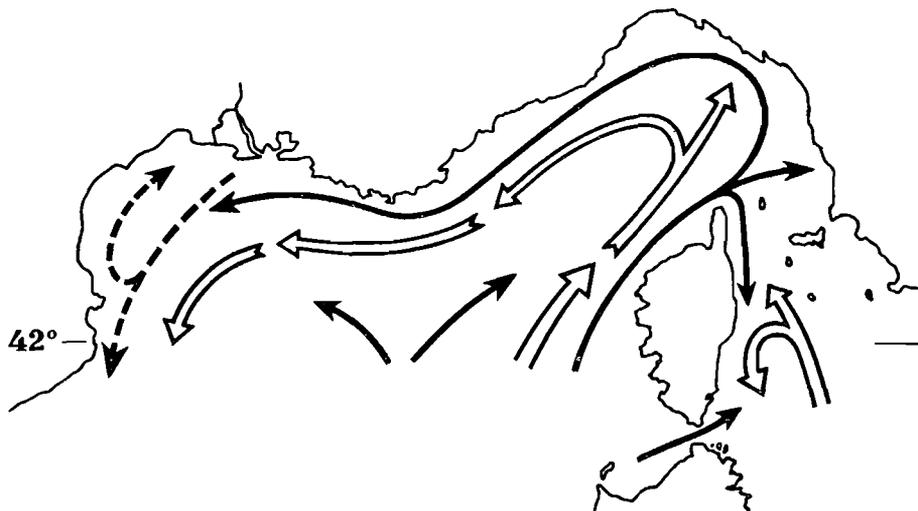


FIG. 38. — Carte très schématique montrant l'orientation des courants principaux ; double trait eau orientale, trait plein courant atlantique, trait interrompu courant du Rhône.

L'eau de ce courant, beaucoup plus légère et mobile que l'eau orientale (ou d'influence orientale) qui la supporte, circule à la périphérie de l'ellipse liguro-provençale, épousant ainsi les contours continentaux jusqu'au golfe du Lion où elle finit par se perdre dans le courant du Rhône. Son cheminement périphérique autour de la masse centrale témoigne de l'allure cyclonique du mouvement général.

4° *Le courant du Rhône* (fig. 38), aussi important qu'en été 1957, mais partiellement infléchi vers la côte languedocienne, accumule ses eaux entre le cap Creus et la divergence du large, opérant ainsi une plongée perceptible jusqu'à plusieurs centaines de mètres sur la pente continentale de la Catalogne. Il est vraisemblable que c'est à ses eaux diluées se mélangeant au cours de leur descente, que sera due, en partie, la formation des eaux profondes du secteur nord de la Mer de Catalogne.

5° Quant au secteur nord-tyrrhénien, il est pratiquement isolé de cette circulation générale et ses échanges avec le golfe de Gênes restent, en cette saison, comme en été, très restreints. En effet, d'une part, l'eau orientale tyrrhénienne ne passe qu'en faible quantité et déjà *très diluée* par le chenal du cap Corse, d'autre part, la double digitation du courant atlantique qui y aboutit par le nord et le sud de la Corse, bien que plus forte qu'en été 1957, n'intéresse guère que la surface et dans une certaine mesure le seuil du chenal.

C'est pourquoi, dans la Tyrrhénienne, domaine quasi exclusif de l'eau orientale, cette formation conserve des caractères thermohalins très purs et constants (38,62 et 13° 70) que ne possède déjà plus la veine qui, par la Corse occidentale, pénètre dans la Mer ligurienne.

N. B. — Les données chiffrées concernant T^0 , Sal. et σ_t seront publiées dans le Bulletin hydrographique du Conseil international pour l'Exploration de la Mer (Copenhague). Mais, dès à présent, on peut se les procurer sous forme d'un cahier ronéotypé, à l'I.S.T.P.M. (Paris).

OUVRAGES CONSULTÉS

- ALLAIN (C.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le Bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran et ses abords, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 121-45.
- BOUGIS (P.) et CARRÉ (C.), 1960. — Conditions hydrologiques à Villefranche-sur-Mer pendant les années 1957 et 1958. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **11** (6) : 392-9.
- DIETRICH (G.), 1960. — Temperatur-, Salzgehalts-, und Sauerstoff-Verteilung auf den Schnitten von F. F. S. « Anton Dohrn » und F. F. S. « Gauss » im Internationalen Geophysikalischen Jahr, 1957/1958. — *Dtsch. hydrogr. Z.*, Hambourg, Ergänzungsheft Reihe B (4°), Nr 4 : 103 p. 1 fig., 75 fig. h. t.
- DI MAIO (A.) et TROTTI (L.), 1961. — Sur la formation d'eau de fond et d'eau profonde dans la mer ligurienne. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **13** (4) : 227-33.
- FURNESTIN (J.), 1960. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale) 14 juin-20 juillet 1957. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 5-119.
- GOSTAN (J.), 1961. — Contribution à l'étude hydrologique de la mer ligure. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1 204 : 47 p.
- HALIM (Y.), 1958. — Observations sur l'hydrologie de la baie et du canyon de Villefranche-sur-Mer. — *Vie et Milieu*, **9** (3) : 278-92.
- IDRAC (P.), 1933. — Influence du mistral et du vent d'est sur la température des couches sous-marines sur la Côte d'Azur. — *C.R. Acad. Sci.*, Paris **197** : 1 680-81.
- LACOMBE (H.) et TCHERNIA (P.), 1959. — Résultats d'observations océanographiques. Stations hydrologiques effectuées à bord de la « Calypso » en 1955 et 1956. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **11** (5) : 332-368 ; (6) : 433-58.
- 1960. — Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **12** (8) : 527-47.
- NIELSEN (J.N.), 1912. — Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. — *Report on the danish océanogr. Exped. 1908-1910 to the Mediterranean and adjacent seas*, Copenague, 1 : 77-192.
- RICHARD (J.), OXNER (M.) et SIRVENT (L.), 1923. — Observations méthodiques de température et de salinité à diverses profondeurs au large de Monaco, de décembre 1907 à mars 1914. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 436 : 1-6.
- ROMANOVKY (V.), 1950. — Les remontées des eaux profondes dans la baie de Villefranche. — *Cahiers du C.R.E.O.*, **2** : 1-7.
- TCHERNIA (P.), 1954. — Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. — *Bull. Inform. C.O.E.C.*, **6** (1) : 8-30.
- 1956. — Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. — *Bull. Inform. C.O.E.C.*, **8** (9) : 427-54.
- 1958. — L'eau intermédiaire dans le bassin algéro-provençal. — *Bull. Inform. C.O.E.C.*, **10** (1) : 19-22.
- 1960. — Hydrologie d'hiver en Méditerranée occidentale. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **12** (3) : 184-98.
- TCHERNIA (P.) et SAINT-GUILY (B.), 1959. — Nouvelles observations hydrologiques d'hiver en Méditerranée occidentale. — *Cahiers océanogr. C.O.E.C.*, **11** (7) : 499-542.
- TREGOUBOFF (G.), 1946. — Le plancton marin. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 894, 22 p.
- 1958. — Prospection biologique sous-marine dans la région de Villefranche-sur-Mer au cours de l'année 1957. I. Plongées en bathyscaphe. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1 117, 37 p.
- 1959. — Prospection biologique sous-marine dans la région de Villefranche-sur-Mer en mars 1959. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1 156, 18 p.
- 1961. — Prospection biologique sous-marine dans la région de Villefranche-sur-Mer en juillet-août 1960. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1 220, 14 p.
- TROTTI (L.), 1953. — Risultati delle crociere talassografiche nel mare ligure et nell'altotirreno. — *Centro talassografico Tirreno*, Genova, n° 14, 12 p.
- 1954. — Report on the oceanographic investigations in the Ligurian and north Tierrenian Seas hydrography. — *Centro talassografico Tineno*, Genova, n° 16, 40 p., 38 fig., 4 pl h.t. : 19 fig.
- WÜST (G.) 1960. — Die Tiefenzirkulation des Mittlandischen Meeres in dem Kernschichten des Zwischenund des Tiefenwassers. — *Dtsch. hydrogr. Z.*, Hambourg, **13** (3) : 105-31, 9 fig., tabl., bibliog., cartes h.t. 3-9.