

## L'HYDROLOGIE ALGERIENNE EN HIVER

### (Campagne du « Président-Théodore-Tissier », février 1960)

par Jean FURNESTIN et Charles ALLAIN

Le secteur algérien a déjà fait l'objet de plusieurs reconnaissances hydrologiques, depuis que NIELSEN (1912) a mis en évidence l'importance du courant atlantique qui pénètre en Méditerranée par le détroit de Gibraltar et longe, d'ouest en est, la côte africaine.

Mais, si la composition de la couche superficielle sur laquelle ce courant influe fortement est assez bien connue, il n'en est pas de même des niveaux profonds où quelques coupes faites normalement à la côte par différents auteurs n'ont donné jusqu'ici qu'une idée imprécise de la nature et de la disposition des masses en contact. Comme par ailleurs les conditions hydrologiques de la Méditerranée occidentale ont été moins bien étudiées en hiver que pendant la belle saison, c'est sur la période hivernale que nous avons fait porter nos recherches. A cette fin, une campagne hydrologique a été faite avec le « Président-Théodore-Tissier », du 30 janvier au 23 février 1960, entre la côte nord-africaine et le 38° parallèle, depuis Oran jusqu'au détroit de Sicile.

Les 37 stations qu'elle comporte se situent sur 8 lignes sensiblement perpendiculaires à la côte (fig. 1) :

- 1) *d'Oran au cap de Palos (secteur oriental de la Mer d'Alboran),*
- 2) *de Ténès à 45 milles au large,*
- 3) *d'Alger à 70 milles au large,*
- 4) *de Bougie à 70 milles au large,*
- 5) *du cap Bougaroni à 60 milles au large,*
- 6) *de Bône à 50 milles au large,*
- 7) *du cap Blanc au cap Carbonara (canal de Sardaigne),*
- 8) *du cap Bon au cap Granitola (canal de Sicile).*

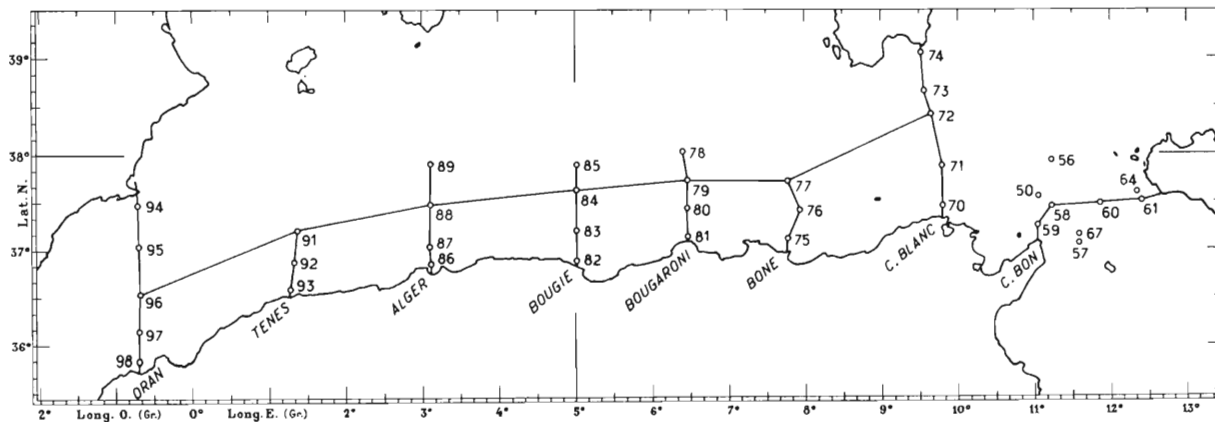


FIG. 1. — Carte des stations hydrologiques faites du 30 janvier au 23 février 1960.



Ses eaux ont une salinité inférieure à 37,00/37,50 avec, dans le secteur central, une poche très diluée à 36,55 ; il se déploie en largeur jusqu'à proximité de la côte sud de Sardaigne et recouvre tout le détroit de Sicile.

Il n'y a guère qu'entre les côtes ibérique et oranaise qu'il est resserré par la divergence, déjà signalée dans notre travail de l'été 1957, qui se manifestait toutefois plus à l'ouest en cette dernière saison ; elle pointe ici avec une salinité supérieure à 38,00 au milieu des eaux atlantiques peu salées.

Une température supérieure à 14° 00 (jusqu'à 14° 60 ) caractérise le courant atlantique ; vers le nord, elle diminue jusqu'à 13° 6.

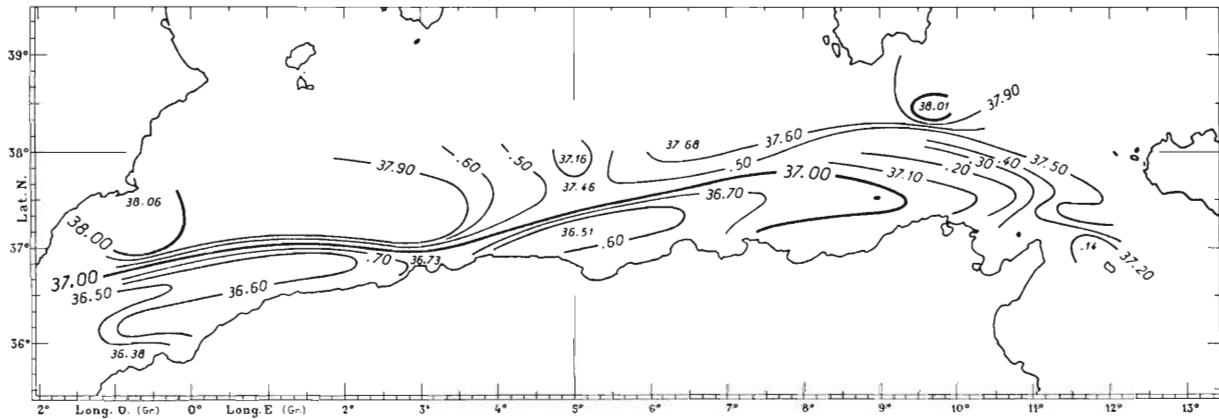


FIG. 4. — Carte des isohalines à 50 m .

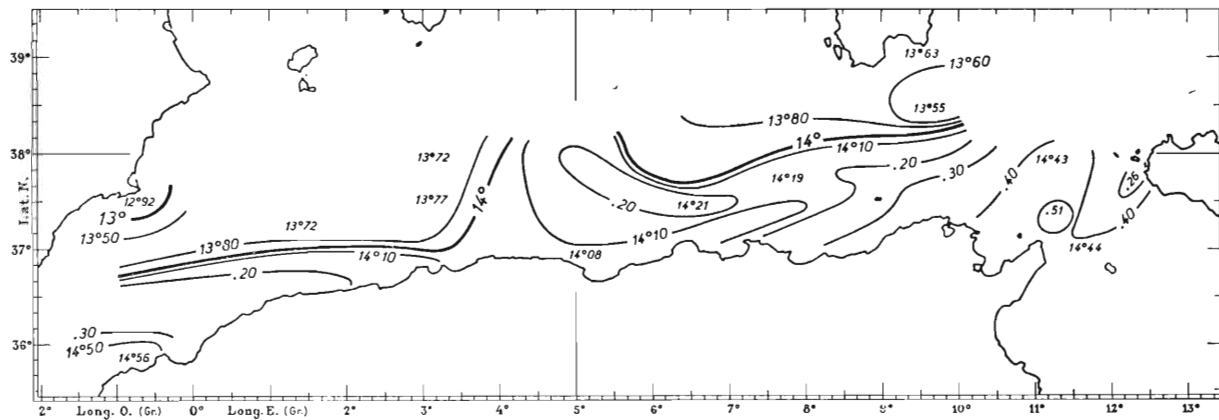


FIG. 5. — Carte des isothermes à 50 m .

### Niveau de 50 m (fig. 4 et 5).

C'est à ce niveau que les isohalines donnent la meilleure représentation du courant atlantique par leur enboîtement qui schématise bien son mouvement d'ouest en est.

Ses eaux, partout inférieures à 37,00, sont plus pures qu'en surface le long de la côte, situation

paraissant assez générale dans le bassin occidental puisque nous l'avons remarqué au nord du 42° parallèle, et qui traduit un certain mélange des eaux de surface avec celles issues des divergences.

On saisit déjà, sur cette carte, à la hauteur de Bougie, sur le méridien de 5° et le 38° parallèle, l'émission vers le nord d'une branche du courant principal. Ce n'est qu'en deux points extrêmes, sur la divergence du cap de Palos à l'ouest, et au sud de la Sardaigne à l'est, qu'une salinité de peu supérieure à 38,00 (38,07 - 38,01) se manifeste.

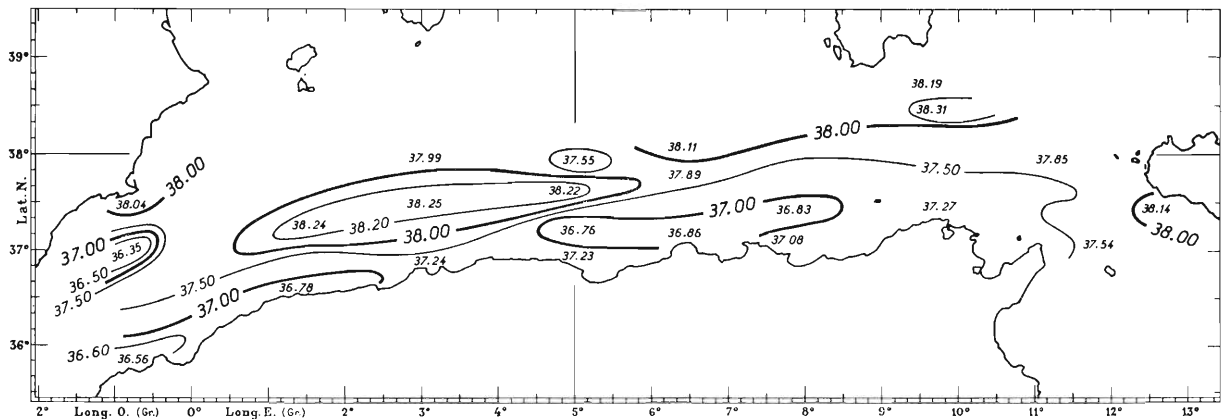


FIG. 6. — Carte des isohalines à 100 m.

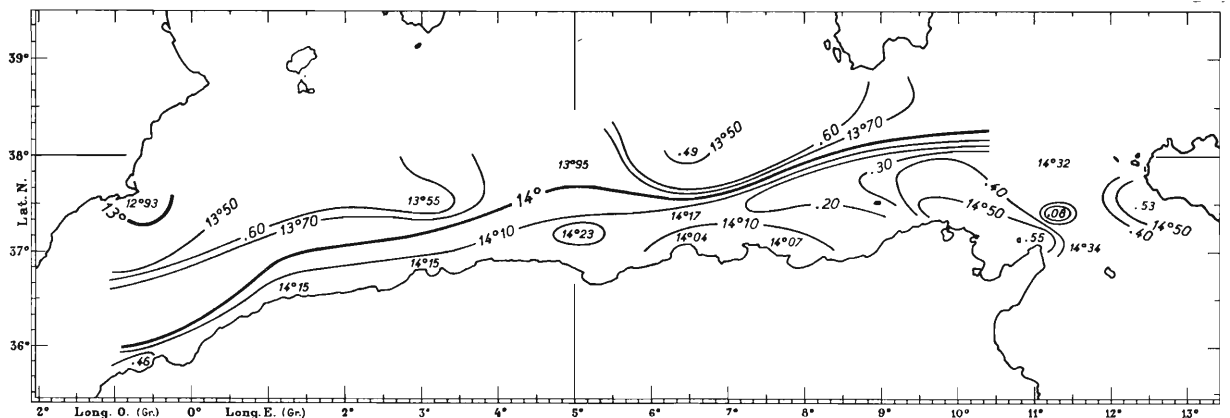


FIG. 7. — Carte des isothermes à 100 m.

Les températures légèrement supérieures à 14°, là encore, caractérisent le courant. Elles permettent, elles aussi, de discerner l'amorce d'une digitation vers le nord, à partir de Bougie (14° 21').

#### Niveau de 100 m (fig. 6 et 7).

A ce niveau, subsistent des zones étendues à salinité inférieure à 37,00, donc encore très atlantiques, et si l'on excepte le long fuseau d'une résurgence à 38,20/38,25, qui borde le courant au large entre 0° et 5° de longitude E, la ligne de 38,00 est encore fort éloignée du continent (sur le 38° parallèle).

Sauf en un point ( st. 61 ), près de la Sicile, le détroit siculo - tunisien reste, lui aussi, le domaine d'eau largement inférieure à 38,00 donc à caractère atlantique encore accentué.

La température maintient, également, dans le tracé de ses lignes à plus de 14°, le développement du plein courant atlantique. Seul, le secteur de Palos fait contraste avec lui, par ses eaux déjà froides ( 13° 19 à 12° 93 ) qui annoncent une formation d'eau septentrionale.

Sur cette carte s'élargit, avec l'écartement de la ligne à 13° 70 ( 13° 95 ) au nord de Bougie, l'échappée vers le nord d'une branche atlantique, déjà visible à 50 m .

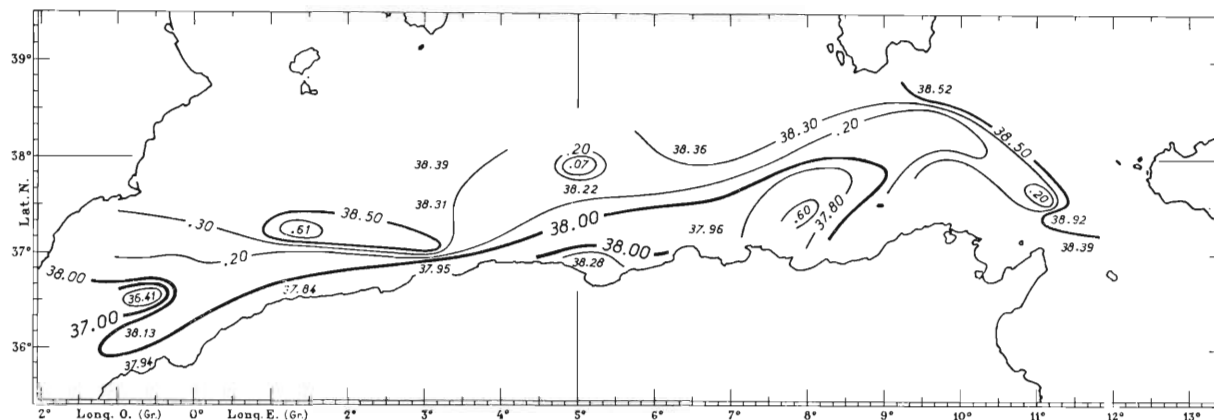


FIG. 8. — Carte des isohalines à 200 m .

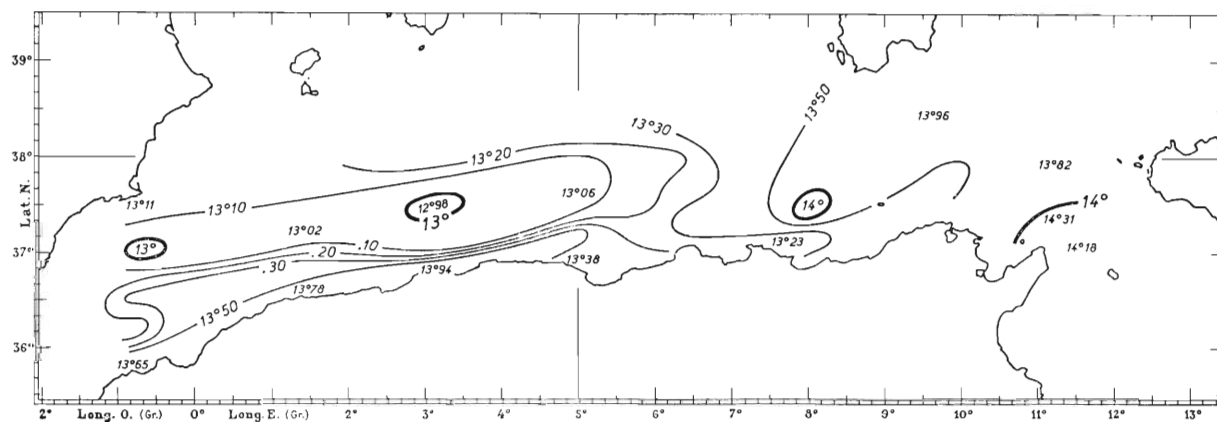


FIG. 9. — Carte des isothermes à 200 m .

**Niveau de 200 m (fig. 8 et 9).**

A cette profondeur, on peut encore parler d'un courant atlantique, dont l'isohaline de 38,00 marque de l'ouest à l'est le tracé général. La divergence ibéro-algérienne soulève jusqu'à ce niveau une nappe de caractère oriental accentué ( 38,60 ), écrase le courant contre la côte oranaise, mais après Alger, celui-ci s'élargit à la fois vers le nord et vers l'est où, près de l'île de la Galite, la salinité ne dépasse pas 37,60/37,80 .

Au large du saillant tunisien, entre la Sicile et la Sardaigne, ainsi qu'au centre du détroit de Sicile, la profondeur de 200 m marque déjà le domaine de l'eau orientale de salinité supérieure à 38,50/38,60 ; elle atteint même dans le détroit (st. 58) le taux très élevé de 38,92.

Allant de pair avec l'augmentation de la salinité, l'abaissement de la température se manifeste, jalonnant de ses chiffres les plus élevés (13° 78, 13° 94 et même 14°) la zone côtière où l'eau reste encore de caractère atlantique affirmé. Les pointements à 13°, 13° 02, 12° 98, qui, au large, bloquent le courant contre le continent, concordant avec la forte salinité de 38,60, signalent la divergence qui, à l'ouest, fait monter la couche orientale à ce niveau.

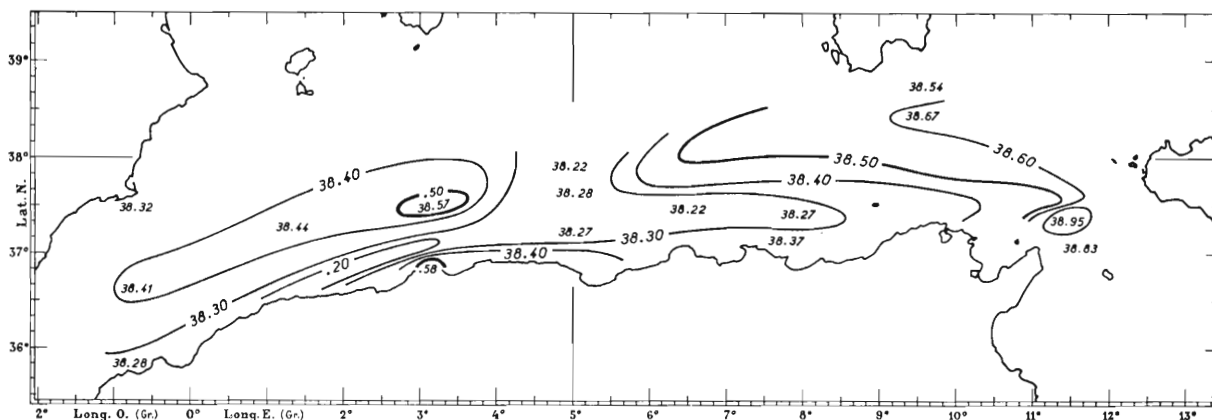


FIG. 10. — Carte des isohalines à 300 m.

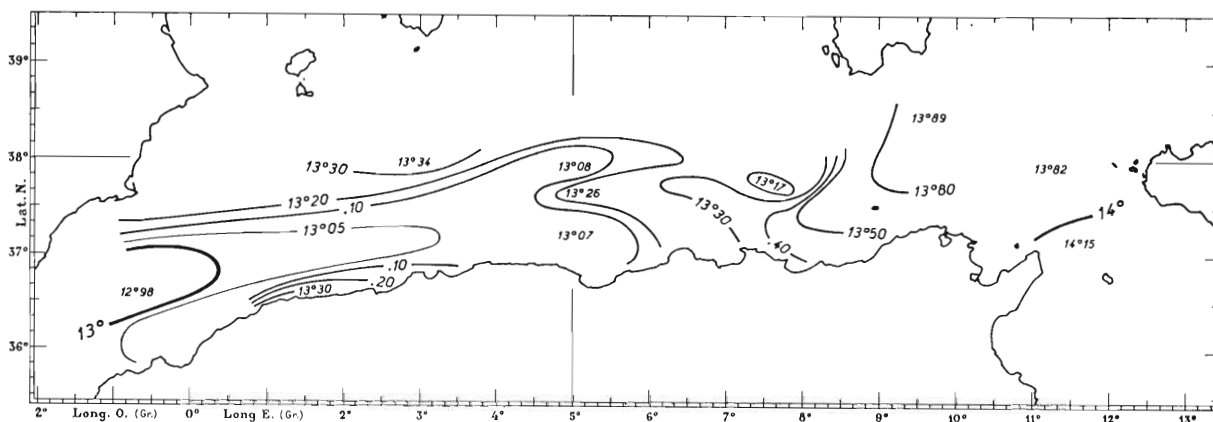


FIG. 11. — Carte des isothermes à 300 m.

**Niveau de 300 m (fig. 10 et 11).**

Les isohalines permettraient encore de reconnaître un courant atlantique se dirigeant vers l'ouest. C'est pourtant à 200 m que les auteurs marquent sa limite en profondeur. Néanmoins, en dépit des masses à très forte salinité qui se développent au large de l'Algérie-Tunisie, tant dans la

divergence ibéro-oranaise que dans les détroits de Sardaigne et de Sicile, la bordure continentale algérienne est encore influencée par l'eau atlantique. Les basses salinités qui longent la côte en témoignent ( 38,20 à 38,27 entre Ténès et Bône ) et un chenal d'eau mélangée à 38,22 seulement coupe au large les eaux orientales pour s'engager vers le nord suivant le 5° de longitude, marquant ainsi l'enfoncement évident de la branche atlantique qui, à la hauteur de ce méridien, se détachait du courant principal, en surface.

A noter que les températures, assez peu significatives, correspondent néanmoins aux salinités par leur tracé général.

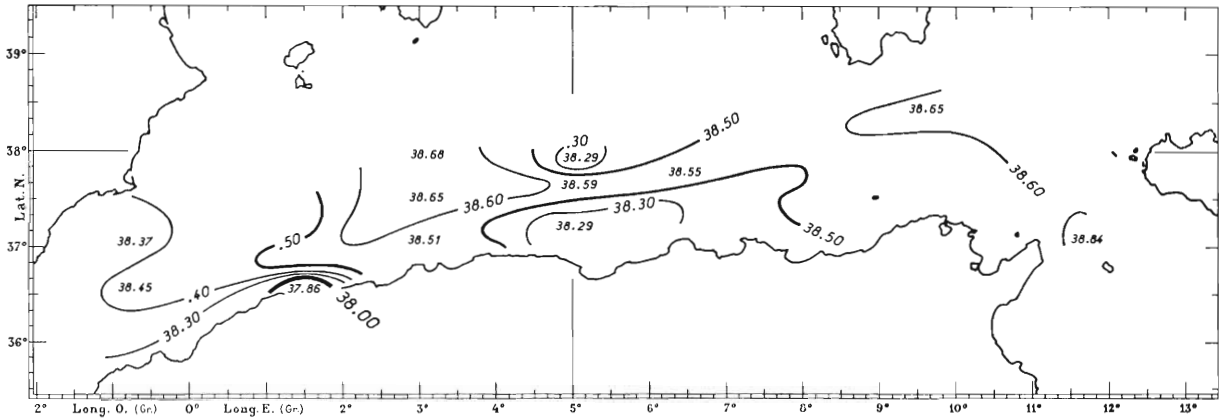


FIG. 12. — Carte des isohalines à 400 m .

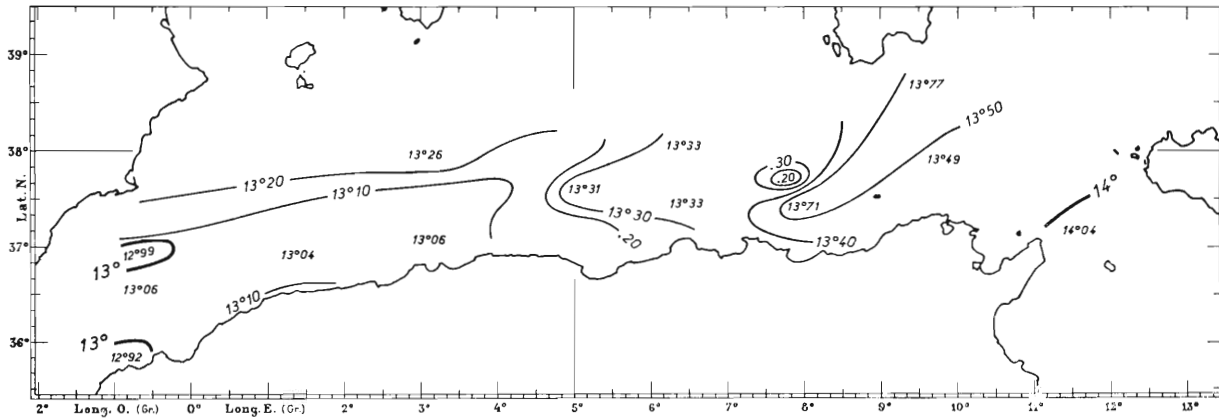


FIG. 13. — Carte des isothermes à 400 m .

**Niveau de 400 m (fig. 12 et 13).**

A cette profondeur, la presque totalité de cette région méditerranéenne est occupée par des eaux orientales d'une salinité très forte ( 38,65/38,68 au large d'Alger, 38,65 dans le canal de Sardaigne, 38,84 dans le détroit de Sicile) et d'une température inférieure à 13° 10 à l'ouest du 5° méridien, supérieure à 13° 30 et 13° 40 à l'est.

Mais il subsiste, entre la Kabylie et Bône, sur ce méridien, une zone assez étendue d'eau de mélange relativement peu salée (38,29/38,21), dans laquelle nous voyons le prolongement d'une influence de l'eau atlantique en plongée. De même, à la station 93, la plus côtière de la ligne de Ténès, la persistance d'une salinité inférieure à 38,00 (37,86) est l'indication d'un « cascading » important d'eau atlantique.

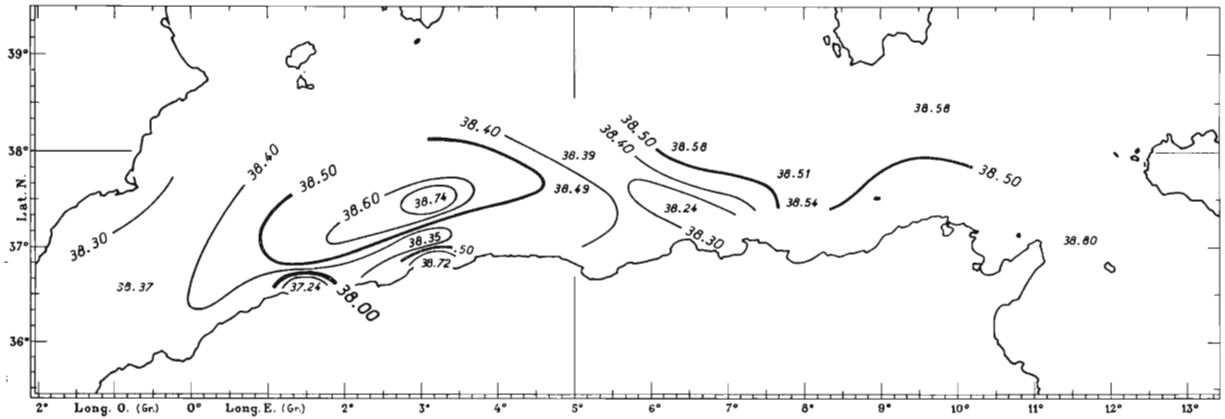


FIG. 14. — Carte des isohalines à 500 m.

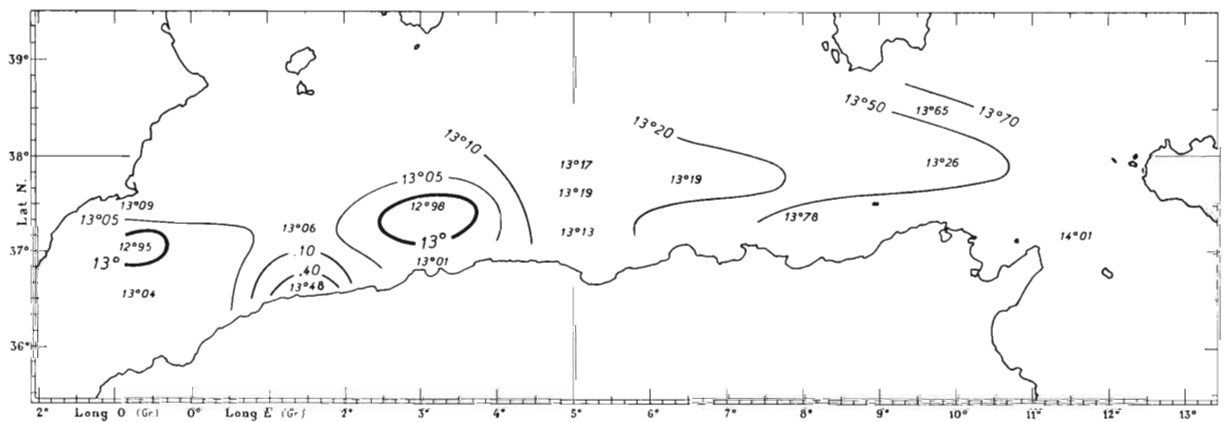


FIG. 15. — Carte des isothermes à 500 m.

**Niveau de 500 m (fig. 14 et 15).**

On retrouve les mêmes aspects que ci-dessus, la salinité des points que marque l'influence atlantique étant même un peu plus basse (38,24 au cap Bougaroni, 37,24 à Ténès).

**Niveau de 600 m (fig. 16 et 17).**

Ce niveau se signale surtout par l'élévation du taux de salinité (38,80) de la masse d'eau allongée au large de la côte entre 0° et 5° de longitude E et la diminution de la température qui tombe



au-dessous de  $13^{\circ}$ . Ces deux caractères en opposition signifient que cette importante masse d'eau orientale subit, à cette profondeur, un refroidissement qui l'apparente à l'eau septentrionale. C'est donc, en dépit de sa haute salinité, une eau mixte. Nos observations antérieures ont déjà mis en évidence de tels phénomènes, mais ce dernier exemple est le plus caractéristique et montre combien il est parfois illusoire de vouloir définir trop étroitement des types d'eau méditerranéenne.

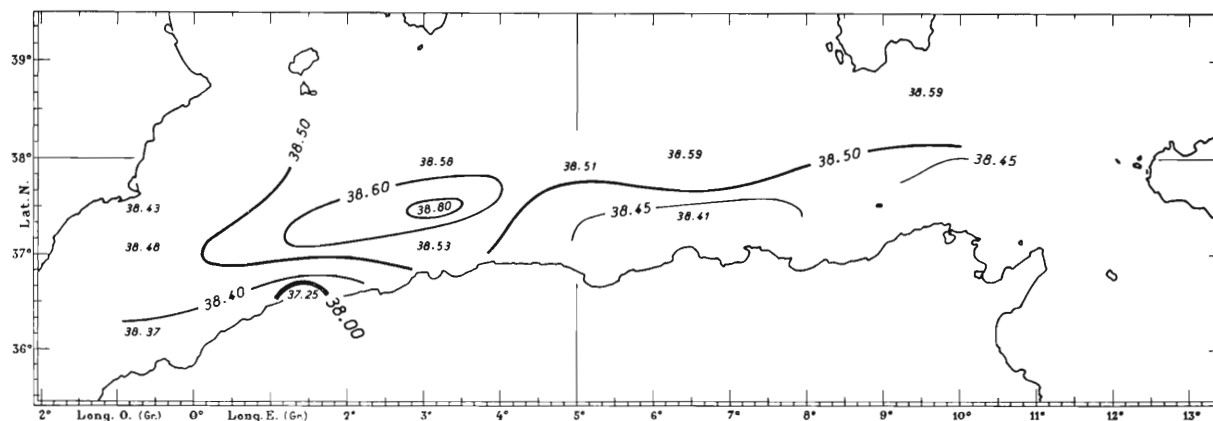


FIG. 16. — Carte des isohalines à 600 m.

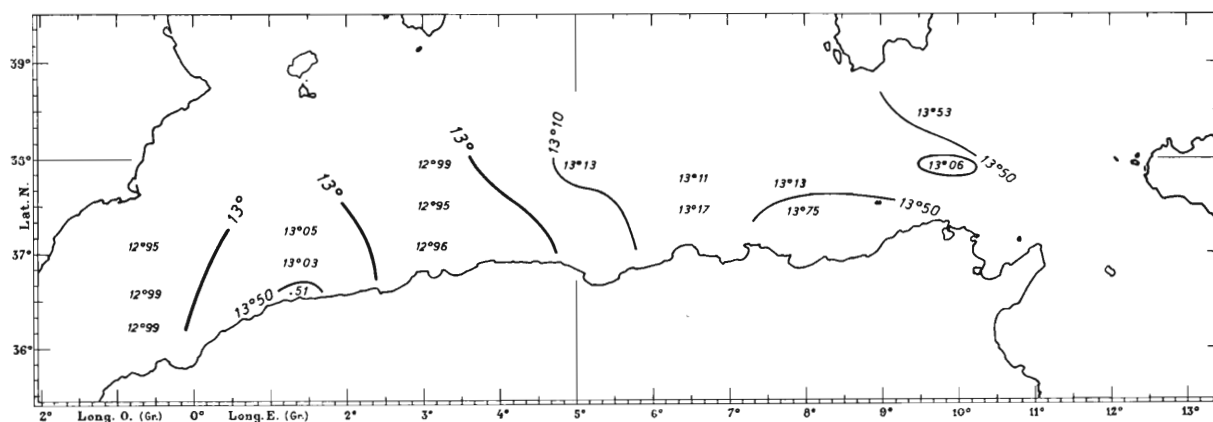


FIG. 17. — Carte des isothermes à 600 m.

A l'est du  $5^{\circ}$  méridien, si la salinité continue à être supérieure à 38,50/55 au large, répondant au caractère oriental de l'hydrologie locale, elle n'est que de 38,45 ou moins dans la bande côtière comprise entre le  $5^{\circ}$  et le  $10^{\circ}$  méridien est.

**Niveau de 700 m (fig. 18 et 19).**

On relèvera ici le contraste qui se produit entre la masse d'eau orientale de l'ouest, de  $0^{\circ}$  à  $4^{\circ}$  de longitude (salinité supérieure à 38,60, température inférieure à  $13^{\circ}$ ), et la formation située à l'est où l'on retrouve de basses salinités (38,24/38,32) comparables à celles des niveaux de 500 et 400 m.

On notera aussi, du point de vue thermique, un certain contraste entre l'est et l'ouest, de part et d'autre du 5<sup>e</sup> méridien (température voisine de ou inférieure à 13° à l'ouest, largement supérieure à 13° à l'est). Ce caractère qui s'annonçait déjà vers 300 m subsistera jusqu'au-delà de 1 000 m.

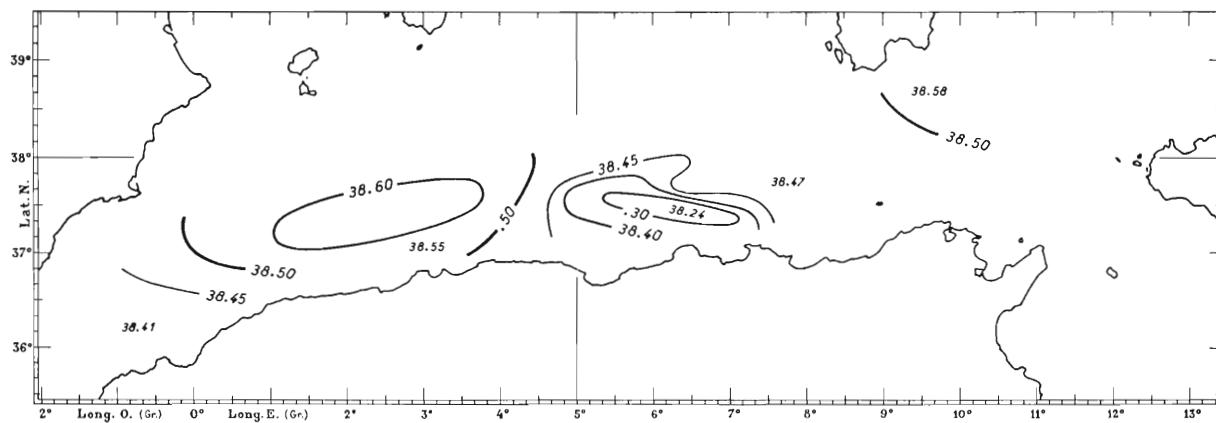


FIG. 18. — Carte des isohalines à 700 m.

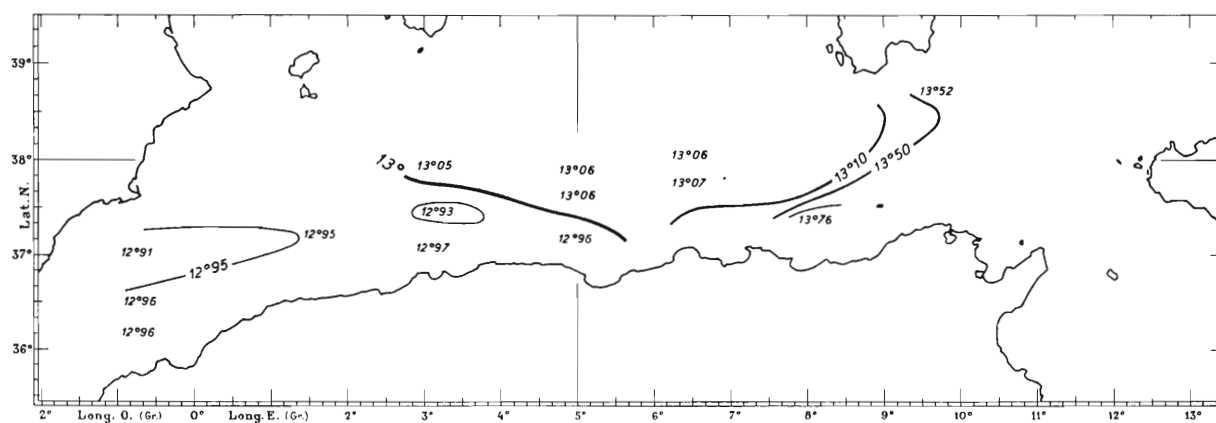


FIG. 19. — Carte des isothermes à 700 m.

**Niveau de 800 m (fig. 20 et 21).**

L'eau orientale du large, bien qu'encore très salée estompe son caractère et se refroidit encore.

L'eau de mélange, à l'est du 5<sup>e</sup> méridien, maintient sensiblement sa basse salinité (38,33/38,38) et sa température supérieure à 13°.

**Niveau de 1 000 m (fig. 22 et 23).**

On assiste à l'extension des basses températures de type septentrional (12° 90 à 13°) sur l'ensemble du secteur situé entre le 38<sup>e</sup> parallèle et la côte algérienne.

On constate la permanence d'une zone peu salée entre Bône et le 5<sup>e</sup> méridien (38,27/38,32).

Niveau de 1 200 m (fig. 24 et 25).

L'eau profonde perd de plus en plus de son caractère oriental (salinité et température s'abaissent).

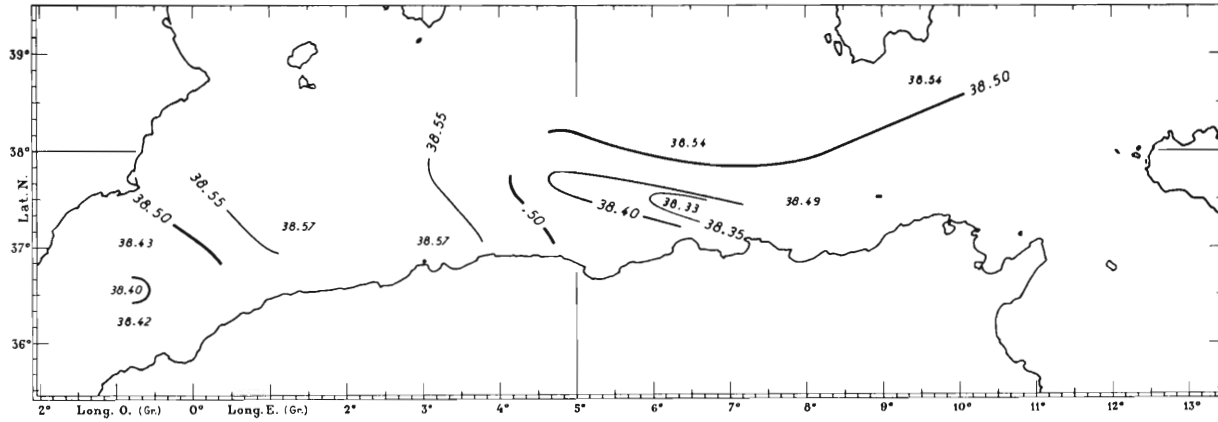


FIG. 20. — Carte des isohalines à 800 m .

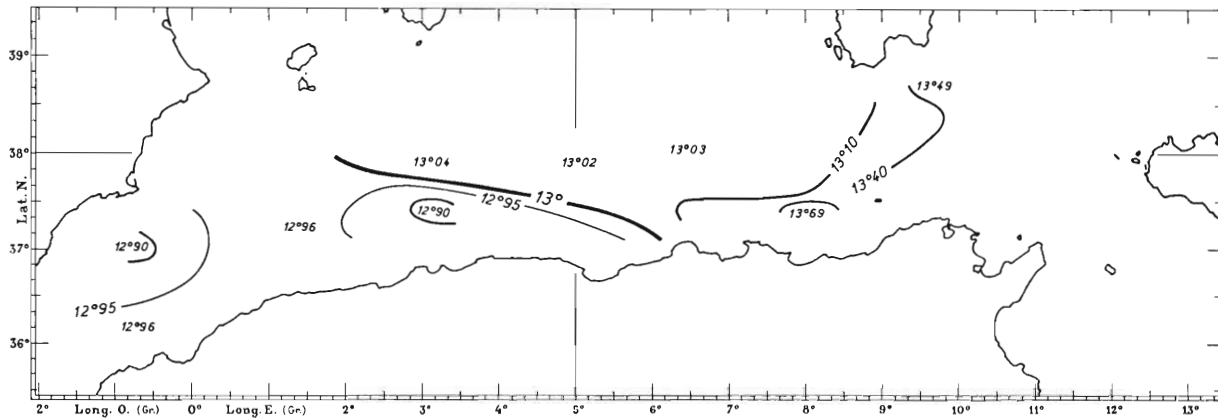


FIG. 21. — Carte des isothermes à 800 m .

La zone d'eau peu salée du 5° méridien se développe, non seulement vers le nord, mais vers le nord-est, avec des taux encore plus bas qu'aux niveaux supérieurs ( 38,25 - 38,18 - 38,32 ).

Niveaux de 1 400/1 500 m (fig. 26 et 27).

Enfin, à ce dernier niveau, sur le 5° méridien, avec une salinité en diminution par rapport aux niveaux sus-jacents (38,16 à 38,21) et une température qui se tient encore au-dessus de 13°, on a une coulée d'eau d'origine superficielle vers le nord, qui sépare en deux masses les eaux de salinités orientales du large.

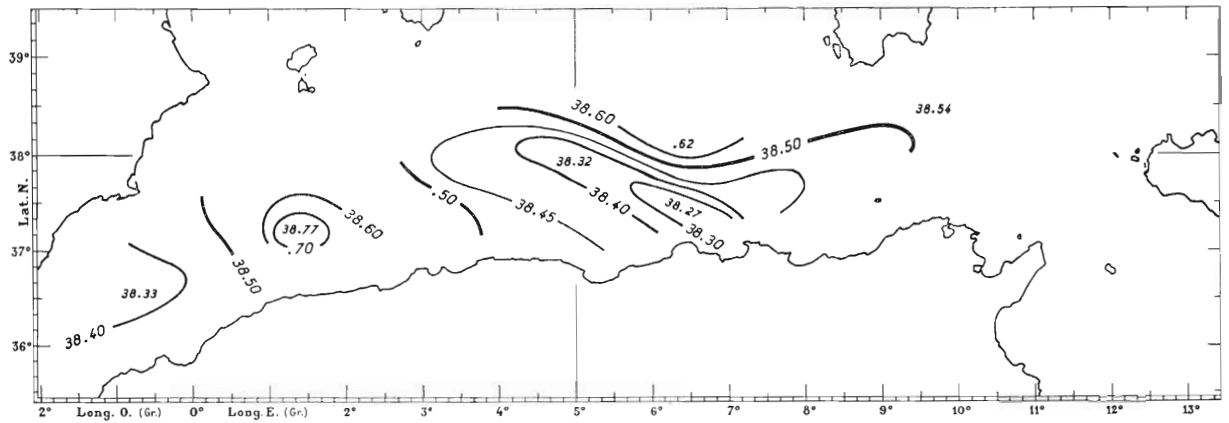


FIG. 22. — Carte des isohalines à 1 000 m .

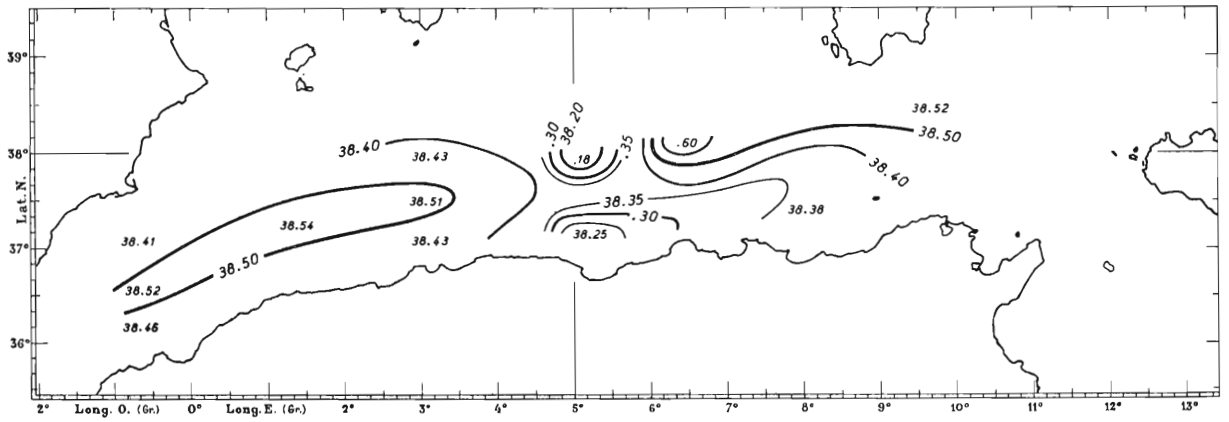


FIG. 24. — Carte des isohalines à 1 200 m .

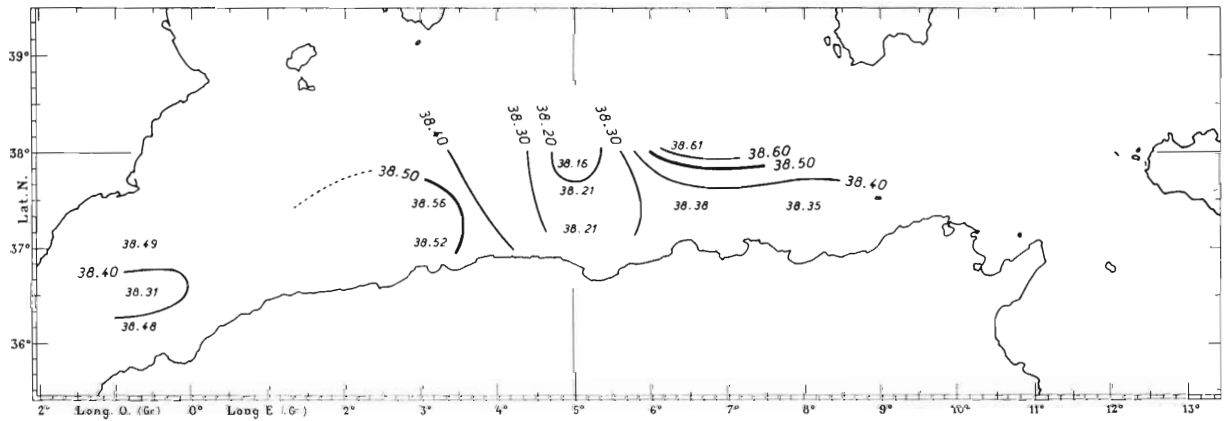


FIG. 26. — Carte des isohalines à 1 400/1 500 m .

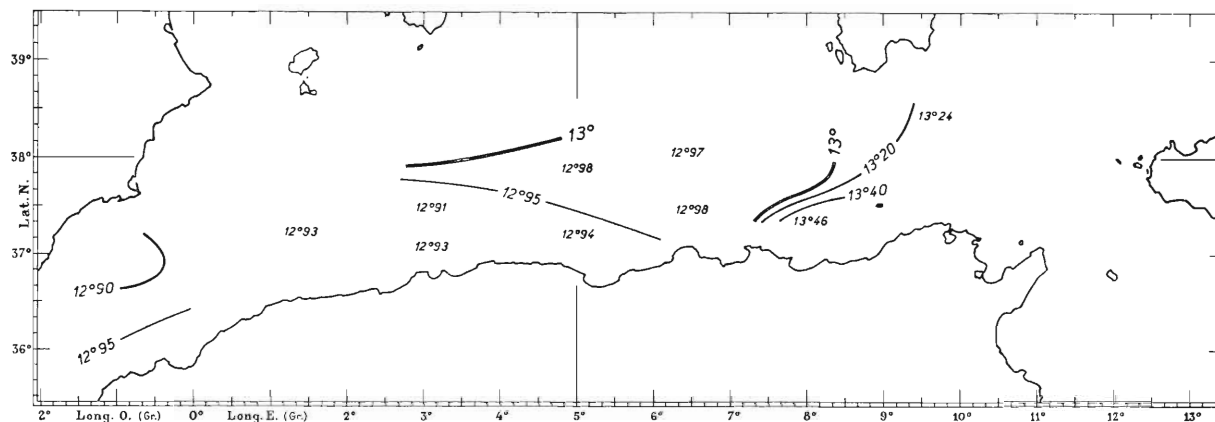


FIG. 23. — Carte des isothermes à 1 000 m .

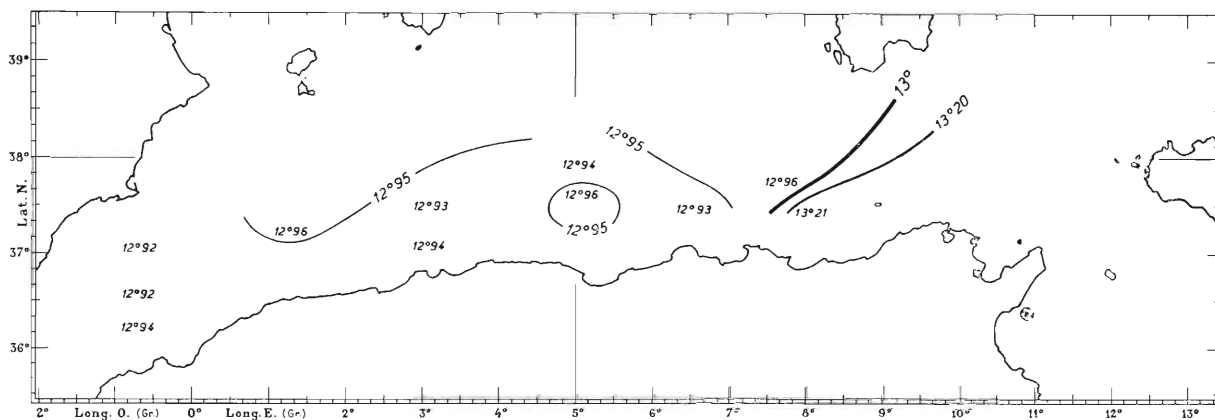


FIG. 25. — Carte des isothermes à 1 200 m .

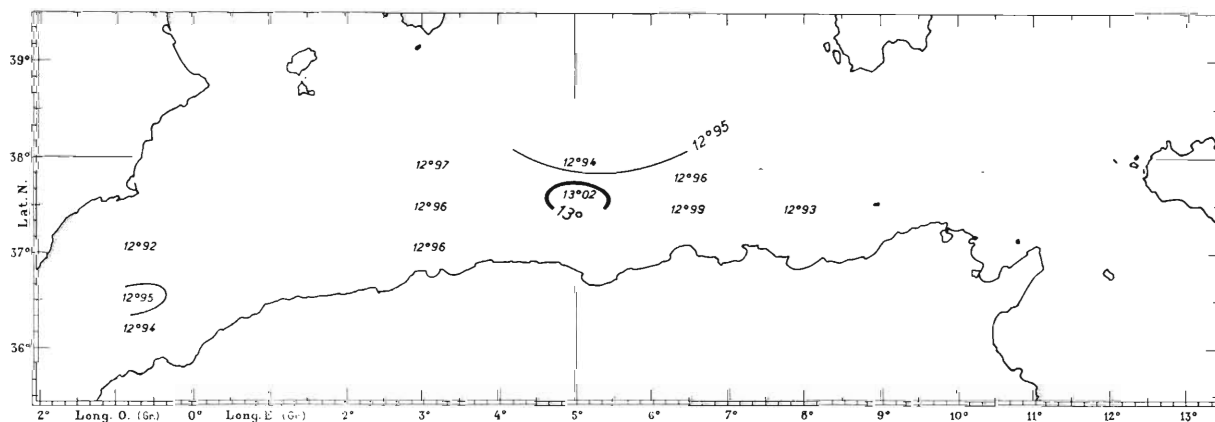


FIG. 27. — Carte des isothermes à 1 400/1 500 m .

Ainsi, après examen des cartes dressées aux différents niveaux entre la surface et le fond, la situation hydrologique du secteur algéro-tunisien apparaît sous les aspects principaux suivants.

1) De la surface jusqu'à la profondeur de plus de 200 m, le courant atlantique se développe d'ouest en est sur l'ensemble de la zone comprise entre la côte et le 38° parallèle. D'abord resserré contre le rivage oranais par une forte résurgence d'eau profonde, déjà observée en été 1957 et qui semble permanente entre les côtes ibéro-oranaises, il s'étale sans obstacle vers l'est, atteignant en largeur le sud de la Sardaigne et recouvrant entièrement le détroit de Sicile.

Sa température, sur toute la tranche d'eau qu'il intéresse, est, en cette période d'hiver, de 13° 90 à 14° 50 environ et sa salinité de 36,60 à 37,50, le taux de l'un et l'autre de ces facteurs augmentant assez régulièrement d'ouest en est.

2) Il s'écoule au-dessus d'une eau orientale de salinité très élevée, qui occupe la plus grande partie de la région, apparaissant dès le niveau de 200 m, là où une divergence la rehausse, et se maintenant jusque près du fond. Mais cette eau, orientale par sa salinité, emprunte, à la profondeur de 600 m, les températures de 12° 90 à 13°, qui sont celles des eaux septentrionales. La mi-profondeur et la profondeur sont donc le domaine d'une eau de caractère thermohalin mixte échappant à la définition ordinaire de chacun des types dont elle relève.

Le fait le plus marquant que cette série de cartes fait ressortir, est, en un point secondaire près de Ténès, en une zone beaucoup plus importante vers le cap Bougaroni, l'influence que l'eau atlantique exerce sur les couches inférieures. En ces lieux, et jusqu'au fond, les faibles salinités relevées à tous les niveaux ne peuvent s'expliquer que par une plongée des eaux atlantiques. Cette descente qui à Ténès ne représente qu'un phénomène de « cascading » localisé, prend dans les parages de Bougaroni une grande importance, puisque le mélange avec les eaux ambiantes, très fortement salées, ne parvient pas à homogénéiser cette eau superficielle en plongée dont le mouvement ne s'exerce pas seulement le long de la côte kabyle, mais aussi en direction du nord, suivant une coulée dont le 5° méridien constitue l'axe.

Ainsi, nos observations révèlent que, de même que l'eau du Rhône dans le golfe du Lion et le nord de la Catalogne, l'eau du courant atlantique, sur la côte algérienne, devient, par une plongée que l'on peut estimer rapide étant donné sa faible salinité, l'un des éléments constitutifs des eaux du fond. Il est remarquable aussi que ce phénomène se manifeste soit en grande masse comme au cap Bougaroni, soit en quantité plus limitée comme à Ténès, en des secteurs côtiers où le plateau continental devient très étroit et sa pente très abrupte jusqu'au-delà de 1 000 à 2 000 m. C'est aussi le cas au cap Creus (golfe du Lion) et au cap de Palos.

Les observations que permettent les cartes des températures et des salinités vont pouvoir être complétées par les 8 coupes perpendiculaires à la côte.

## II - Les coupes hydrologiques

### 1) *D'Oran au cap de Palos* (fig. 28).

A ne considérer que le facteur thermique, la situation, dans cette région qui précède la Mer d'Alboran, apparaîtrait simple.

1) En surface, on saisit un contraste entre les deux extrémités de la coupe : courant atlantique signalé par la température supérieure à 14° sur la côte oranaise ; formation d'une eau « septentrionale » sur la côte d'Espagne ( $T^{\circ}$  inférieure à 13°). Une telle formation avait retenu notre attention en été 1957, au même endroit où elle subissait un « cascading » qui, étant donné la période estivale pendant laquelle il se produisait, devait la faire considérer comme une anomalie. Les chiffres de l'hiver 1960 confirment bien ce que nous en disions à l'époque : le secteur du cap Palos est une source permanente d'eau septentrionale.

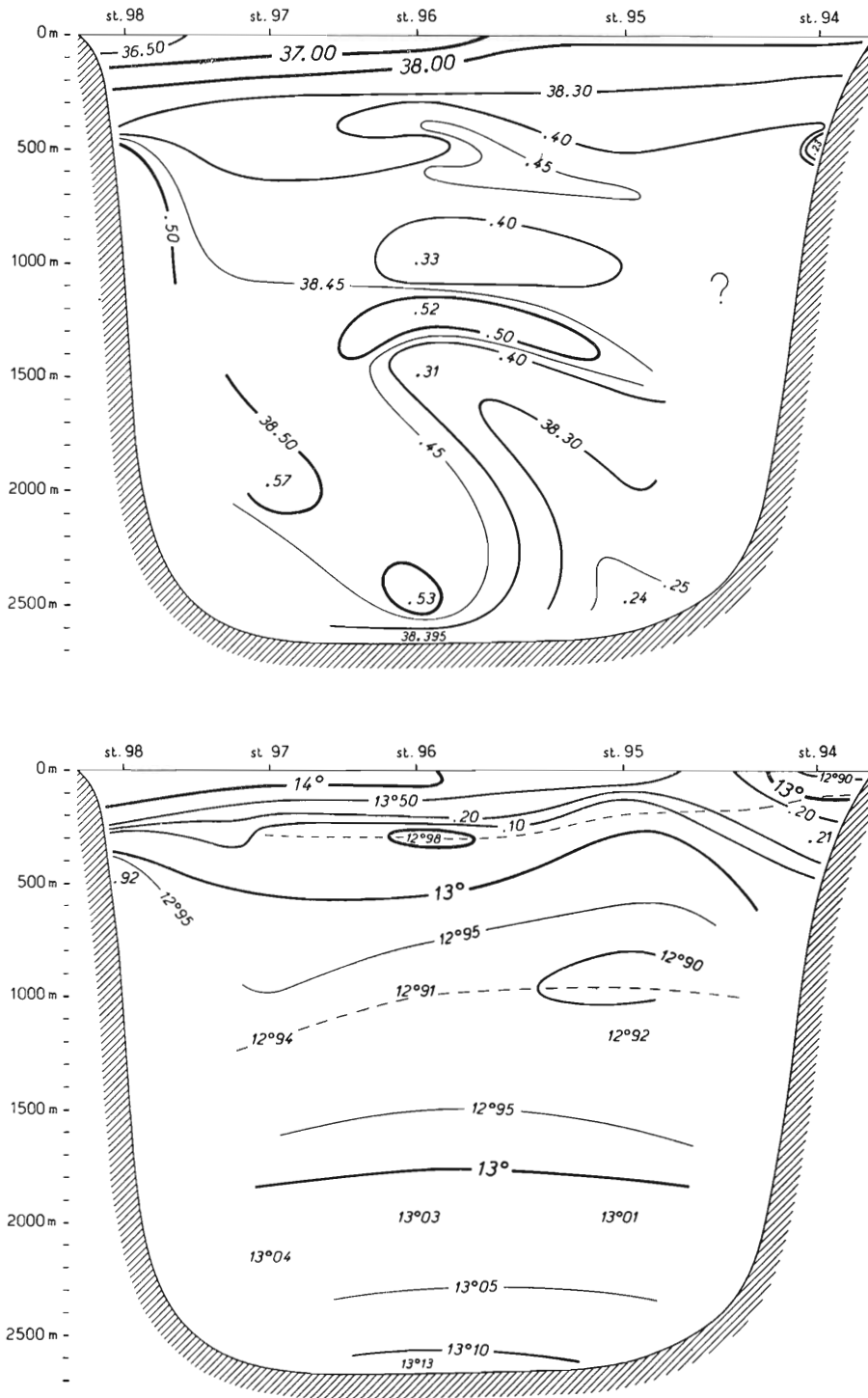


FIG. 28. — Coupe hydrologique d'Oran au cap de Palos (salinités et températures).  
Les tirets situent les minimums thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure.

2) Un minimum thermique qui peut être tracé entre les niveaux de 200 et 300 m est l'expression de l'eau septentrionale supérieure qui se signale en toute saison dans cette région (cf. travail sur l'hydrologie en 1957).

3) En profondeur, entre 500 et 2 000 m, la température homogène mais basse (de  $12^{\circ} 90$  à  $13^{\circ}$ ), avec un minimum thermique vers 1 000-1 500 m, rappelle la formation classique d'eau septentrionale inférieure, sous laquelle de 2 000 à 2 700 m se rencontrent les températures croissantes ( $13^{\circ} 03$  à 2 000 m,  $13^{\circ} 08$  à 2 500 m,  $13^{\circ} 13$  à 2 700 m) qui caractérisent généralement les eaux du fond.

Mais la figure des salinités est moins simple. Si, en surface, elle signale comme la précédente, le courant atlantique avec son eau à moins de 37,00 sur le versant africain et le « cascading » du cap de Palos (38,23 à 500 m, entre 38,40 à 400 m et 38,43 à 600 m), plus bas, elle est l'image d'une situation plus complexe.

Elle recoupe alternativement :

- a) une nappe d'influence orientale (supérieure à 38,45) vers 400-600 m ;
- b) une couche peu salée (inférieure à 38,40, minimum 38,33) entre 800 et 1 000 m ;
- c) une couche d'influence orientale plus affirmée que la précédente (38,50 entre 1 200 et 1 500 m) ;
- d) une seconde couche de faible salinité (38,25 à 38,40) entre 1 500 et 2 600 m, et latéralement à celle-ci
- e) une 3<sup>e</sup> couche de type oriental (38,53/57 de 1 500 à 2 500 m).

Ces deux dernières couches s'imbriquent plus ou moins l'une dans l'autre, l'orientale s'appuyant largement sur la pente algérienne, l'eau septentrionale, de faible salure, sur le versant espagnol.

Sans vouloir aller trop loin dans l'interprétation « dynamique » de cette coupe, il semble qu'on puisse y voir un double mouvement des eaux profondes et mi-profondes.

L'eau septentrionale qui se forme sur la pente de Palos et coule en profondeur sous l'effet des basses températures qui la caractérisent, se trouve relevée vers les profondeurs moyennes par l'eau de type oriental du versant africain qui se refroidit dans la zone des basses températures de la mi-profondeur et que sa densité ainsi accrue fait plonger presque jusqu'au fond. C'est ce mouvement de bascule qui, aux horizons supérieurs, soulève les formations homologues : eau diluée du niveau des 500 m plus légère parce que moins froide et eau d'influence orientale qui la recouvre.

## 2) Coupe de Ténès

On vérifie ici, aux profondeurs de 400 à 600 m et plus, la plongée le long de la pente continentale abrupte d'une eau diluée (37,15) et chaude ( $13^{\circ} 78$ ) donc issue du courant atlantique de surface dont elle se trouve séparée par une lame d'eau beaucoup plus salée (38,20) et refroidie ( $13^{\circ} 10$ ). Ce « cascading », en équilibre instable, se refroidit rapidement par contact avec la masse orientale très salée (38,50 à 38,75), mais très froide ( $12^{\circ} 93$  à  $12^{\circ} 96$ ) qui se tient au large de la côte et en profondeur et accentue ainsi, comme on l'a vu sur les cartes, son mouvement de descente.

## 3) Coupe d'Alger (fig. 30).

Là aussi se décèle un mouvement de plongée d'une eau qui pour être plus salée (38,33 à 600 m) qu'à Ténès, n'en est pas moins d'origine superficielle. Mais cette plongée ne s'exerce pas le long de la pente comme sur la coupe précédente, elle se fait plus au large et ouvre son chemin à travers la couche orientale de forte salinité, ce qui explique l'augmentation rapide de sa teneur en sel. Le minimum thermique supérieur qu'on voit plonger de 200 à 500 m, entre la station 87 et la côte d'Alger, révèle ici l'existence de la couche septentrionale supérieure froide qui aide à cette plongée.



Sur cette coupe, comme sur celle de Ténès, l'eau orientale, au moins dans sa masse inférieure, est très refroidie (inférieure à  $12^{\circ} 95$ ) et par conséquent très dense. Son enfoncement qui en résulte facilite vers le large la tendance divergente de l'eau profonde moins salée et plus chaude.

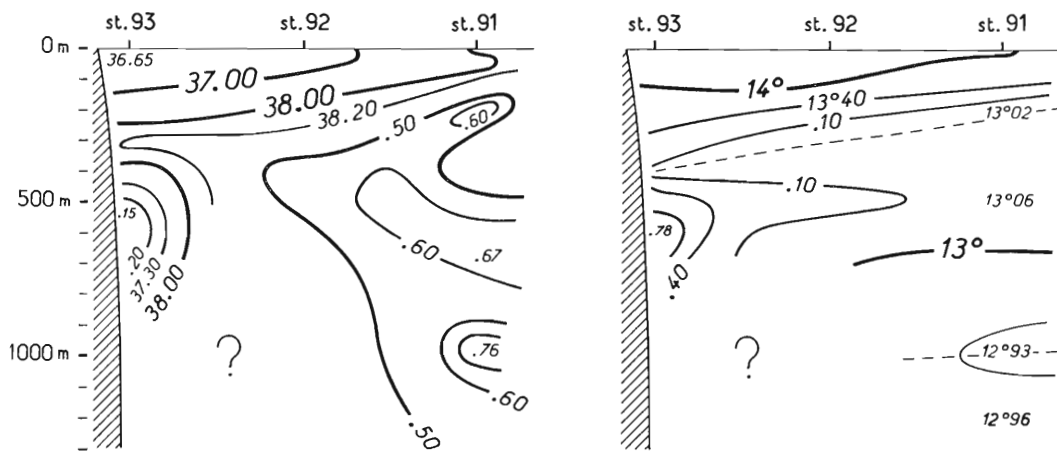


FIG. 29. — Coupe hydrologique de Ténès (salinités et températures). Les tirets situent les minimum thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure (cette dernière étant déjà, en fait, une eau mixte à fort caractère oriental).

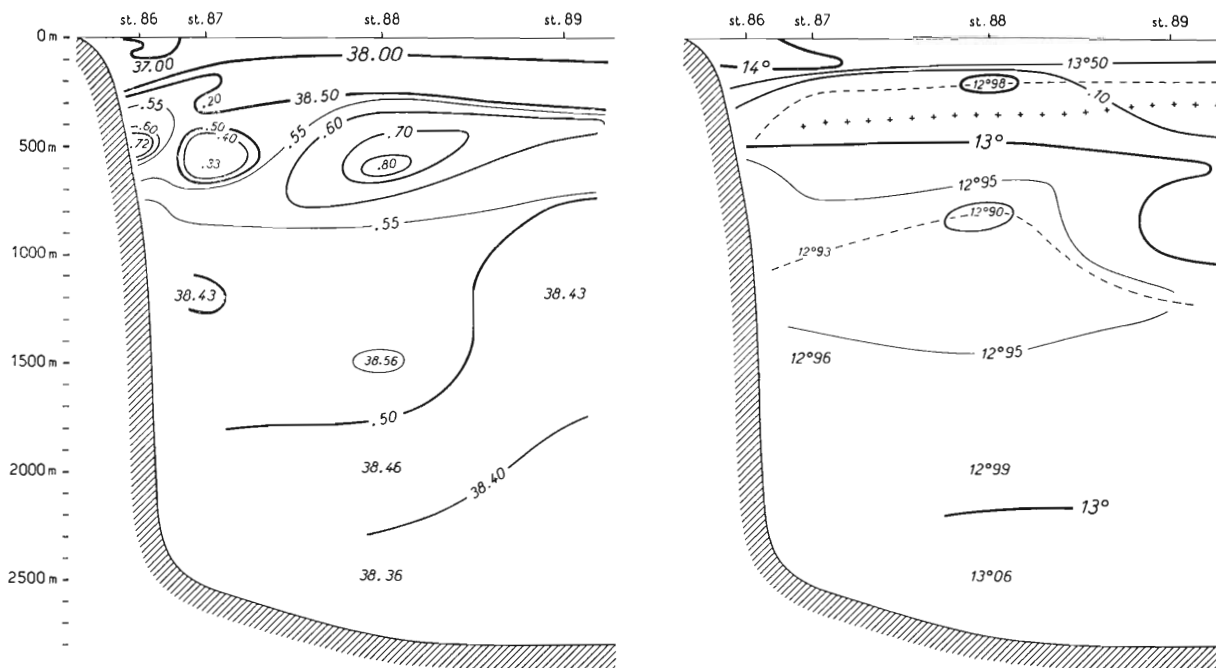


FIG. 30. — Coupe hydrologique d'Alger (salinités et températures). Les tirets situent les minimum thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure (cette dernière étant déjà une eau mixte à caractère oriental) ; les croix, le maximum de l'eau orientale intermédiaire.

#### 4) Coupe de Bougie (fig. 31).

Cette section présente un grand intérêt. Au-dessous du minimum thermique qui révèle la couche septentrionale supérieure, laquelle est elle-même recouverte comme plus à l'ouest par le courant atlant-

tique à plus de  $14^{\circ}$ , elle recoupe la couche intermédiaire d'eau orientale franche par 500 m. En effet, cette dernière a non seulement une salinité forte (jusqu'à 38,59), mais encore une température nettement orientale ( $13^{\circ} 31$ ) par laquelle passe le maximum thermique caractéristique que l'on rencontre sur chacune des coupes faites durant l'été 1957 dans la mer d'Alboran et plus au nord.

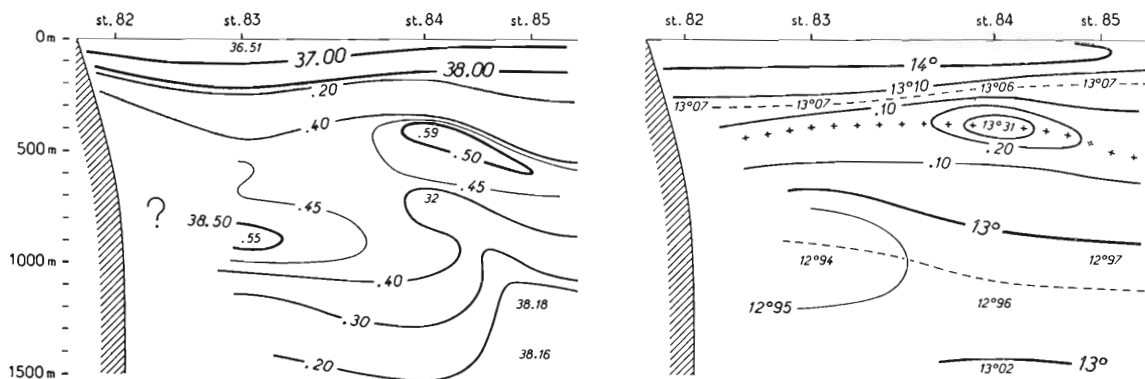


FIG. 31. — Coupe hydrologique de Bougie (salinités et températures). Les tirets situent les minimums thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure; les croix, le maximum de l'eau orientale intermédiaire.

Il faut descendre vers 800/1 000 m, plus près de la côte, pour revoir, comme entre Oran et Ténès, une formation orientale influencée par la masse septentrionale profonde qui porte sa température au-dessous de  $13^{\circ}$ .

Mais le trait le plus marquant de cette section est fourni par la station 85 du large où l'on a, aux niveaux de 1 500 à 1 000 m, une salinité basse (38,16 - 38,18 - 38,32) qui tend à faire remonter vers la subsurface une eau profonde certainement d'origine superficielle qui soulève elle-même la couche orientale typique des 500 m.

Ce mouvement ascendant peut avoir comme origine, la pression, en sens inverse, de l'eau dense (salée et froide) des niveaux de 1 000 m, non loin de la côte.

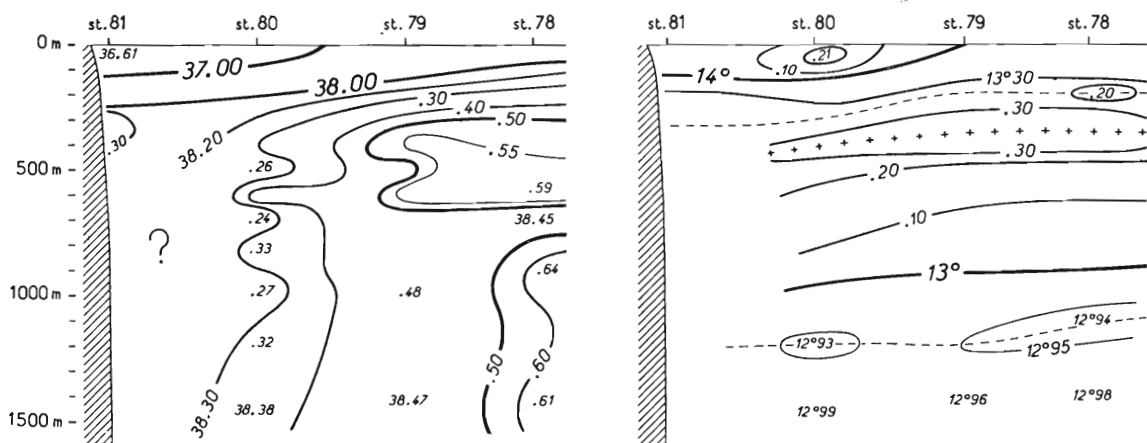


FIG. 32. — Coupe hydrologique du cap Bougaroni (salinités et températures). Les tirets situent les minimums thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure; les croix, le maximum de la couche orientale intermédiaire.

### 5) Coupe du cap Bougaroni (fig. 32).

Plus encore qu'à Ténès, la pente continentale est abrupte et les fonds de plus de 1 000 m se trouvent très près de la côte. C'est probablement l'un des facteurs déterminants de la plongée

qui, d'évidence, en dépit du manque de données entre les stations 80 et 81, se fait à partir de l'eau de surface. Les faibles salinités de la station 80 (38,26 à 500 m, 38,24 à 700 m, 38,27 à 1 000 m) font contraste avec celles, très fortes du large, qui sont de formation orientale. On est là aux abords du méridien de 5° qui, sur les cartes, était jalonné de ces basses salinités marquant à la fois une plongée et un mouvement vers le nord de l'eau d'influence atlantique.

La coupe des températures, comme les précédentes, montre : par son minimum supérieur, l'eau septentrionale récente à son niveau habituel (200 à 300 m) ; par son maximum intermédiaire, la couche orientale franche (salinité supérieure à 38,55, température supérieure à 13° 30) vers 500 m, et par son second minimum profond, une masse d'eau mixte de caractère indiscutablement oriental par sa salinité (supérieure à 38,50/38,60) mais refroidie par la formation septentrionale (température inférieure à 13°) entre 700 et 1 500 m.

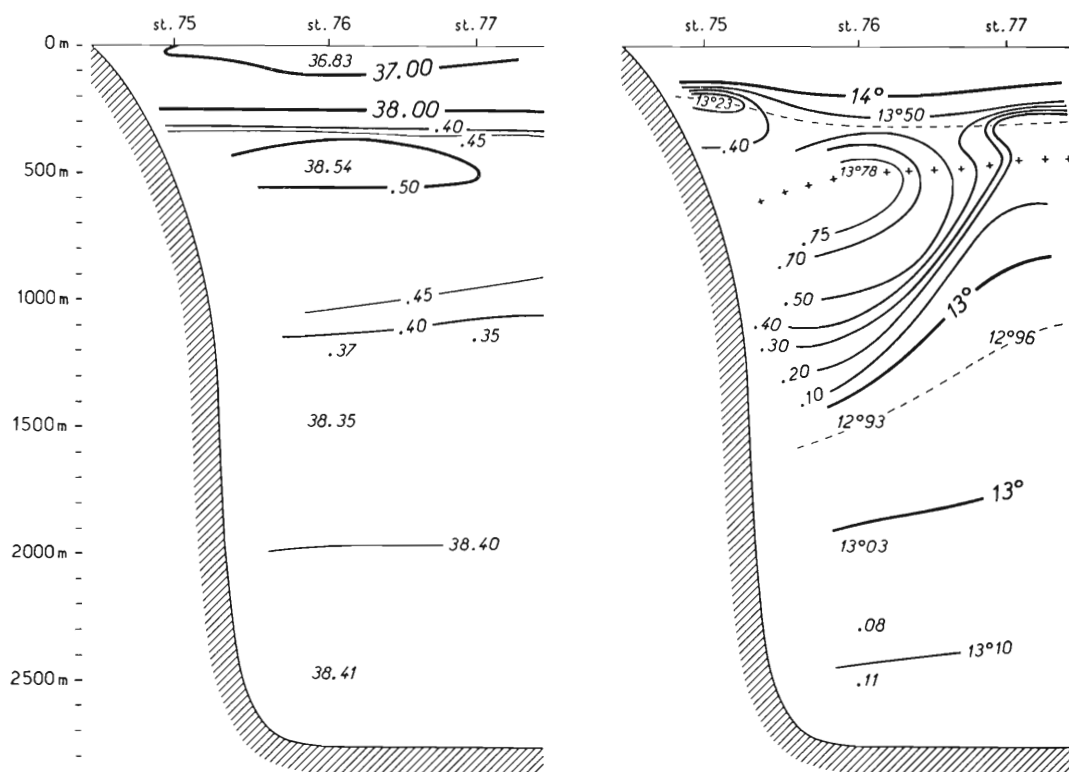


FIG. 33. — Coupe hydrologique de Bône (salinités et températures). Les tirets situent les minimum thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure ; les croix, l'eau orientale intermédiaire.

### 6) Coupe de Bône (fig. 33).

La coupe ne présente pas la même originalité que les précédentes. Elle offre un aspect classique de l'hydrologie méditerranéenne :

1) sous le courant atlantique à moins de 37,00 et à plus de 14°, le minimum thermique quoique très légèrement marqué dénonce la couche septentrionale supérieure de faible importance vers 300 m ;

2) des températures relativement fortes (jusqu'à 13° 75/13° 78) correspondant à des salinités supérieures à 38,45 et 38,50 circonscrivent, entre 400 et 1 000 m, la section de la grosse veine d'eau orientale ;

3) le second minimum thermique ( $12^{\circ} 93/12^{\circ} 96$ ) entre 1 200 et 2 000 m définit la couche d'eau septentrionale inférieure qui recouvre l'eau du fond ( $38,40/38,41$  et  $13^{\circ} 03$  à  $13^{\circ} 11$ ) ; mais les faibles salinités ( $38,35$ ) de la mi-profondeur témoignent d'un apport d'origine superficielle qui a sa source dans le secteur du cap Bougaroni.

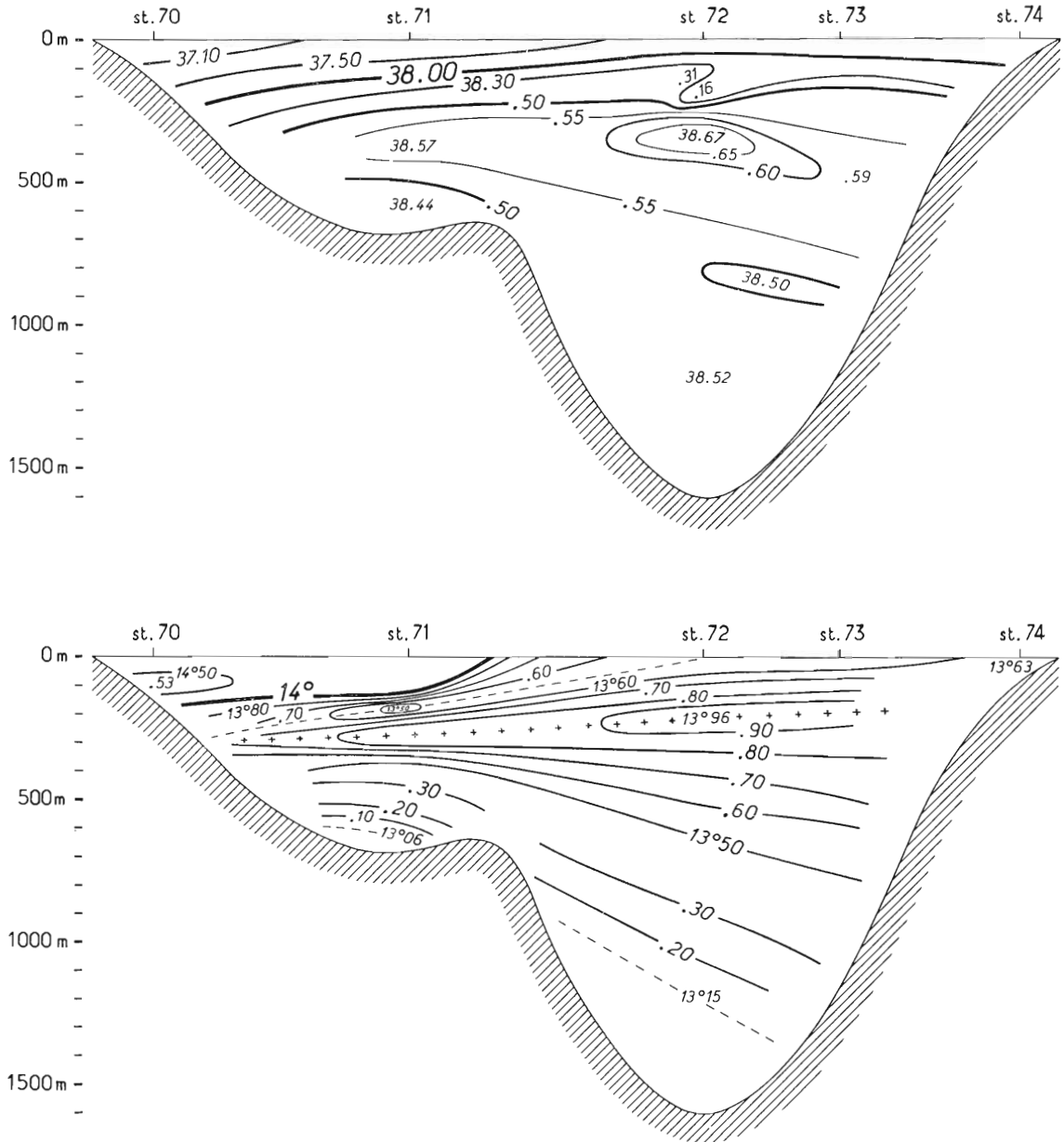


FIG. 34. — Coupe hydrologique à travers le canal de Sardaigne (salinités et températures). Les tirets supérieurs indiquent le minimum de la couche d'eau septentrionale supérieure : les croix, le maximum de l'eau orientale intermédiaire.

7) *Coupe du canal de Sardaigne* (entre le cap Blanc de Tunisie et le cap Carbonara de Sardaigne) (fig. 34).

Cette section nous renseigne sur l'hydrologie d'un secteur particulièrement important puisque par ce canal qui fait suite au détroit de Sicile, se font les échanges entre l'occident et l'orient.

En cette saison d'hiver, la situation est simple. Deux formations essentielles se partagent inégalement le canal.

1) L'eau du courant atlantique qui, encore très diluée et réchauffée sur le versant tunisien (de 37,02 à 37,50 et de 14° à 14° 50) où son influence dépasse assez largement le niveau de 100 m, se développe jusqu'à la côte méridionale de Sardaigne.

2) A partir de 300 m vers l'Afrique et de 200 m sur la côte sarde, le détroit devient le domaine pour ainsi dire exclusif de l'eau orientale dont le caractère est très pur dans une veine centrale, entre 300 et 500 m (salinité supérieure à 38,60, atteignant 38,67, température supérieure à 13° 80/13° 90).

Toutefois entre ces deux formations s'insère un minimum thermique léger mais suffisant pour signaler la persistance d'une mince couche d'eau septentrionale supérieure, très dégradée (13° 50).

Dans le canal de Sardaigne, la température fait nettement exception à la règle - qui, d'ailleurs, en souffre d'autres - suivant laquelle la température s'élèverait près du fond. Que ce soit à la station 72, au plus profond du détroit ou à la station 71, dans le creux nord tunisien, ce facteur décroît avec régularité, en même temps d'ailleurs que la salinité, au-dessous de la couche orientale franche de la mi-profondeur, et le minimum thermique se situe près du fond.

### 8) *Coupe à travers le canal de Sicile* (du cap Bon en Tunisie au cap Granitola en Sicile) (fig. 35 et 36).

Faisant suite à la section du canal de Sardaigne, cette coupe, en cette saison, fournit des données qui retiennent l'attention.

En dépit de sa faible profondeur (maximum de moins de 400 m) et en raison du relief irrégulier du seuil siculo-tunisien que des chenaux sinueux entaillent plus ou moins profondément, l'hydrologie y est moins simple que dans le détroit de Sardaigne, plus ouvert et plus profond. Ici, les deux courants contraires (atlantique en surface, oriental au fond) n'ont que peu de profondeur pour jouer l'un par rapport à l'autre.

Dans ce secteur, où l'eau méditerranéenne est de type franchement oriental, donc très salée, on peut considérer que les salinités inférieures à 38,10 marquent encore l'influence atlantique.

En partant de là, on constate que le courant atlantique s'écoule sur toute la largeur du détroit, plus profond sur le versant tunisien jusqu'à 130/150 m (il emplit même un chenal côtier, st. 59, jusqu'à 200/250 m), d'importance un peu moindre sur le bord sicilien (100 m).

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'eau de ce courant est traversée vers 70 m par un minimum thermique léger mais suffisant pour montrer que la formation hivernale supérieure arrive jusque dans ce détroit, ce qui constitue vraisemblablement son lieu de pénération le plus oriental.

Dans le chenal principal la salinité atteint très vite un taux considérable, 38,92 à 200 m; puis elle diminue tout en restant nettement orientale: 38,78 à 250 m; pour remonter: 38,95, taux maximum, à 300 m et décroître à nouveau légèrement près du fond: 38,82 à 375 m.

Il y a donc une alternance des salinités qui s'accompagne d'ailleurs d'une alternance des températures, relativement concordantes:

13° 79 à 150 m,	13° 98 à 300 m,
14° 39 à 175 m,	14° 01 à 350/380 m.

Les différences, on le voit, sans être très grandes, sont sensibles et laissent à penser que l'équilibre qui règne dans ce flot d'eau orientale en mouvement est assez relatif et, surtout, que l'eau du bassin oriental, comme celle du bassin occidental, n'est jamais absolument homogène.

C'est fort probablement à un apport provenant du canal d'Otrante (Adriatique - Mer ionienne) qu'il convient d'attribuer, au moins pour une part, les minimums thermiques et halins constatés au sein de l'eau orientale qui franchit le détroit.

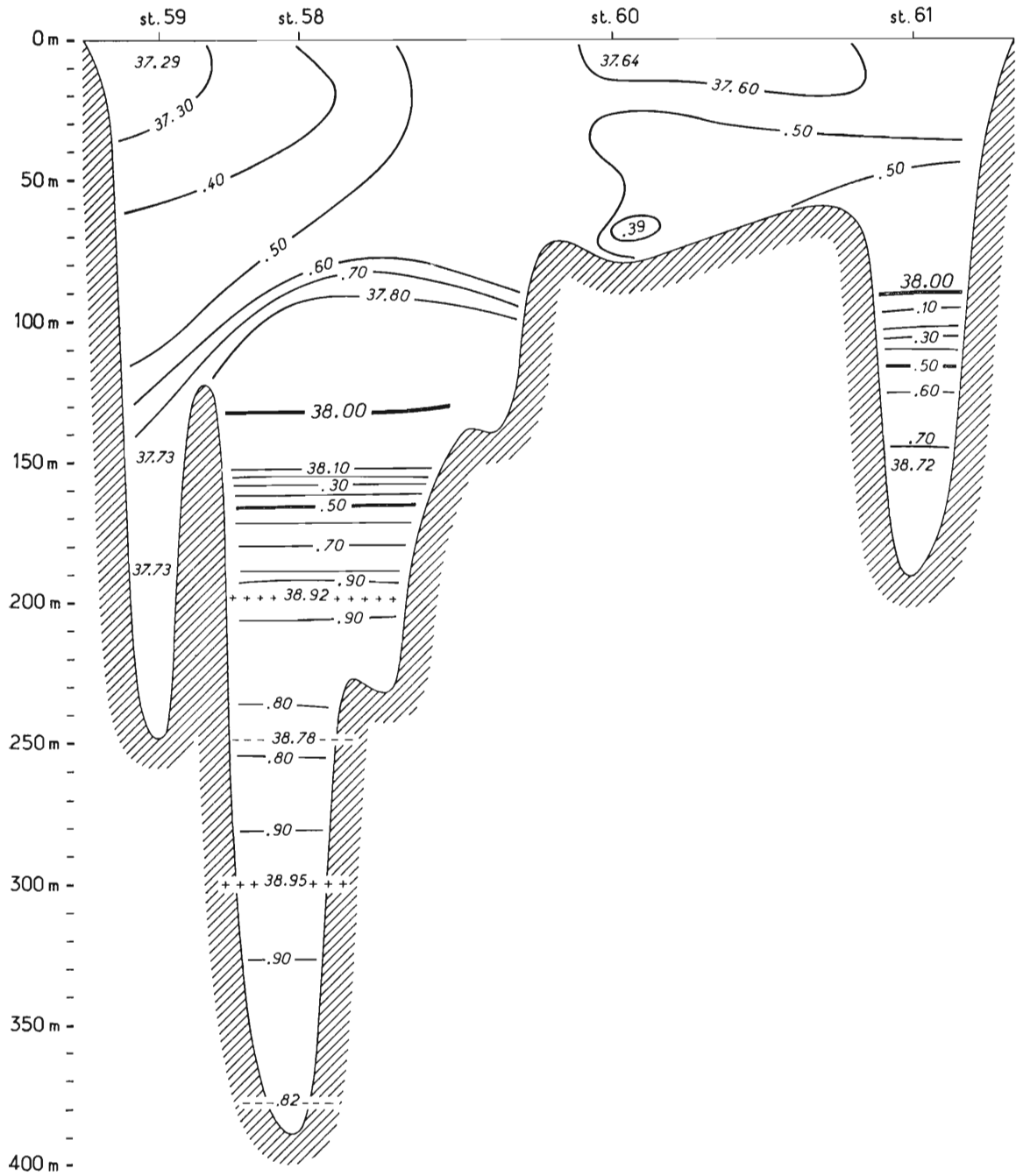


FIG. 35. — Coupe à travers le canal de Sicile (salinités). Les croix situent les maximum et les tirets les minimum alternés de salinité au sein de l'eau orientale.

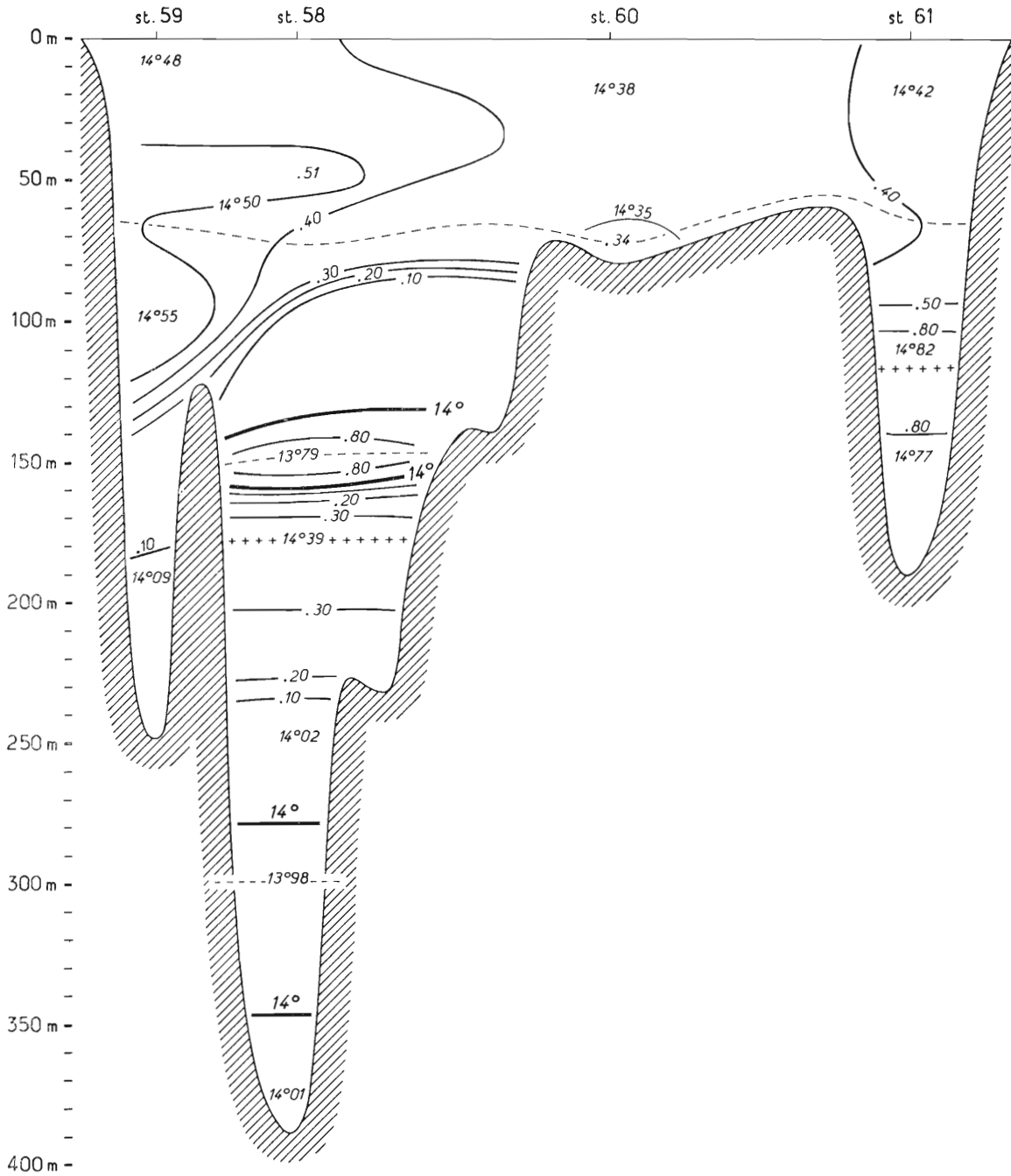


FIG. 36. — Coupe à travers le canal de Sicile (températures). Les tirets supérieurs situent le minimum thermique de la couche septentrionale supérieure dégradée. Les tirets et les croix au-dessous de 150 m marquent les minimum et maximum thermiques, alternés, au sein de l'eau orientale.

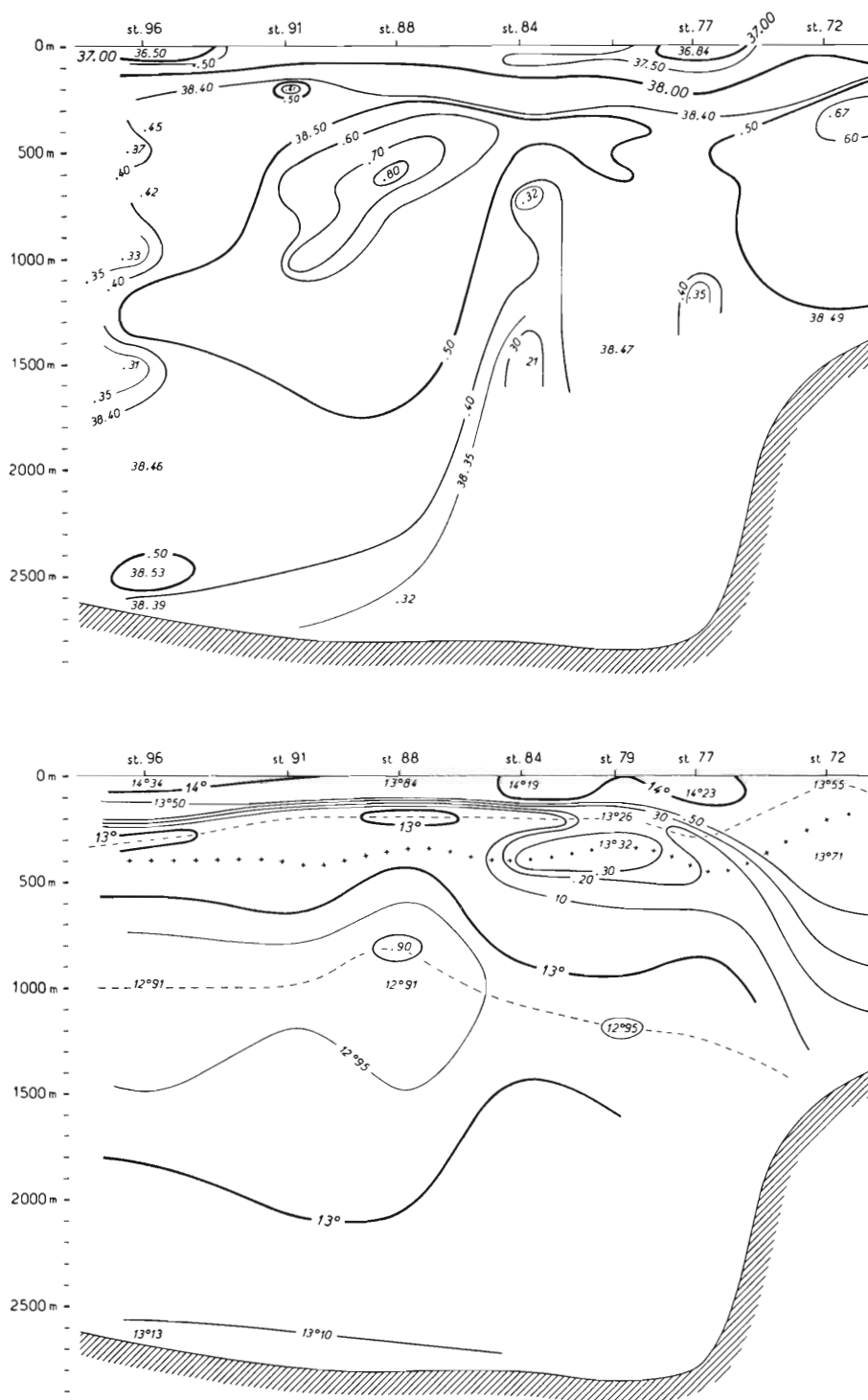


FIG. 37. — Coupe parallèle à la côte algéro-tunisienne, au large (salinités et températures). Les tirets situent les minimums thermiques des couches d'eau septentrionale supérieure et inférieure; les croix, le maximum de l'eau orientale intermédiaire.



**Coupe parallèle à la côte algéro-tunisienne**, depuis la ligne d'Oran au cap de Palos jusqu'au canal de Sardaigne (fig. 37).

Il nous a paru intéressant de donner cette longue section qui recoupe, au large, les principales formations reconnues sur les lignes perpendiculaires à la côte africaine. Elle fournit en quelque sorte un raccourci de l'hydrologie algérienne.

1) Bien que cette ligne passe à 45 milles, en moyenne, du rivage, l'eau d'influence atlantique y est partout présente (inférieure à 38,00, voisine de 14°) et montre que le courant venu de l'Océan s'élargit loin vers le nord, sur une profondeur de 100 à 200 m.

2) Le minimum thermique qui s'inscrit au voisinage des 200 m témoigne que l'eau septentrionale supérieure se développe en une mince couche de bout en bout de la coupe.

3) Dans le canal de Sardaigne, de 200 à 1 200 m, se voit la section d'une masse d'eau à forte salinité (noyau à plus de 38,50). C'est l'eau orientale charriée par le courant profond issu du canal de Sicile.

Une eau de même origine, aux sels encore plus concentrés (noyau à 38,80) se tient entre 300 et 1 600 m, dans le secteur central d'Alger-Ténès.

4) Plus à l'ouest (st.96, ligne d'Oran), elle affronte une formation toute différente (salinité inférieure à 38,40, température inférieure à 13°) qui représente l'eau septentrionale profonde à la constitution de laquelle participe sans aucun doute l'important « cascading » du cap de Palos.

On notera que la masse d'eau orientale d'Alger-Ténès est froide elle aussi (par contact avec l'eau septentrionale) ; elle est donc dense et doit plonger.

5) C'est le secteur de Bougie-cap Bougaroni-Bône qui rompt la continuité de la masse orientale entre le canal de Sardaigne et la zone d'Alger-Ténès. Là, de la mi-profondeur (700 m) au fond, sont des eaux de mélange relativement très peu salées, voisines de 38,35 (st. 77), allant même jusqu'à 38,21 par 1 500 m (st. 84). Ce secteur de faibles salinités se trouve être aussi celui des températures les moins basses. Une eau chaude le coiffe en subsurface (vers 300-500 m). L'isotherme de 13°, supérieure, descend en ces lieux jusqu'à près de 1 000 m, tandis que la ligne correspondante (13°), profonde, remonte jusqu'au-dessus du niveau des 1 500 m.

Les conditions thermohalines y sont donc favorables à une divergence des eaux peu salées du fond et c'est cette résurgence qui semble responsable de la solution de continuité observée dans la masse orientale.

### III - Stabilité

L'originalité de l'eau algéro-atlantique que cette recherche nous a fait découvrir pose un problème, celui de la stabilité. En effet, sa plongée, sur le versant nord-africain ne s'effectue pas sans que l'état d'équilibre des masses en présence en soit affecté. Il nous a donc paru utile d'étudier le phénomène dans les secteurs où se manifeste de la façon la plus évidente la descente et la progression de cette eau algéro-atlantique, c'est-à-dire sur les coupes de Ténès, du cap Bougaroni et de Bougie.

Pour les calculs de stabilité auxquels nous avons procédé, sont d'abord considérées les valeurs de  $d\sigma_t/dz$  ; mais l'on sait que ce seul terme ne donne qu'une appréciation et qu'il est insuffisant pour calculer la stabilité à partir de 300 m.

Quand ce rapport est négatif au-dessous de cette immersion, nous calculons donc tous les termes de l'équation proposée par HESSELBERG et SVERDRUP (1915) :

$$E = \frac{\delta\sigma}{\delta\tau} \left( \frac{d\tau}{dz} - \frac{d\zeta}{dz} \right) + \frac{\delta\sigma}{\delta S} \frac{dS}{dz}$$

1) **Coupe de Ténès** : on constate, aux stations 93 et 92, une instabilité de la couche superficielle jusqu'à 35 m, due à la situation en subsurface du minimum halin de la couche atlantique ; la plus grande instabilité se manifeste à la station 92 entre 25 et 35 m ( $10^5 d\sigma_t/dz = -1500$ ).

P (m)	T (°C)	S ‰	$\sigma_t$	$10^5 d\sigma_t/dz$	$10^8 E$
STATION 93					
5	14.29	36.71	27.45	— 100	
25	14.27	36.66	27.43	0	
50	14.24	36.65	27.43	+ 220	
100	14.15	36.77	27.54	+ 100	
200	13.77	37.83	28.44	+ 350	
350	13.02	38.30	28.97	— 530	— 520
550	13.78	37.15	27.91	+ 270	
650	13.25	37.35	28.17		
STATION 92					
5	14.26	36.70	27.45	— 1200	
10	14.26	36.62	27.39	+ 660	
25	14.25	36.73	27.49	— 1500	
35	14.20	36.53	27.34	+ 780	
100	14.04	37.48	28.12	+ 950	
265	12.97	38.42	29.07	— 155	— 155
310	13.04	38.34	29.00	+ 690	
346	13.04	38.67	29.25	— 157	— 153
441	13.05	38.48	29.10	+ 100	
500	13.14	38.59	29.16	— 60	— 57
640	12.98	38.43	29.08		
STATION 91					
5	14.10	38.02	28.52	+ 252	
100	13.73	38.24	28.76	+ 440	
200	13.02	38.61	29.20	+ 170	
247	13.02	38.70	29.28	— 428	
310	13.06	38.38	29.01	+ 35	
400	13.06	38.45	29.06	+ 70	
500	13.06	38.54	29.13	+ 70	
600	13.05	38.61	29.20	+ 80	
700	12.95	38.67	29.27	— 90	— 83
800	12.96	38.56	29.18	+ 75	
1000	12.93	38.76	29.33	— 85	— 84
1200	12.96	38.54	29.17		

Ligne de Ténès (calculs de stabilité).

L'eau atlanto-algérienne qui a plongé sur le versant algérien est instable à la station 93 entre 350 et 550 m ( $10^8 E = -520$ ). Cette instabilité subsiste mais plus atténuée à la station 92 entre 250 et 300 m ( $10^8 E = -155$ ) et devient plus grande à la station 91, entre 240 et 300 m ( $10^5 d\sigma_t/dz = -428$ ) du fait de la proximité des eaux orientales.

Nous remarquons par ailleurs que l'eau orientale est instable à la station 91 entre 600 et 700 m ( $10^8 E = -83$ ) et entre 1 000 et 1 200 m ( $10^8 E = -84$ ). Cette instabilité traduit une chute de cette couche due à son refroidissement au contact de l'eau septentrionale.

2) **Coupe du cap Bougaroni** : de même que dans la coupe de Ténès, la couche superficielle est instable aux stations 81, 80 et 79 (maximum :  $10^5 d\sigma_t/dz = -350$  en surface à la station 80).

Les eaux atlanto-algériennes en plongée sont instables à la station 80 entre 400 et 500 m

P (m)	T (°C)	S ‰	$\sigma_t$	$10^5 d\sigma_t/dz$	$10^8 E$
STATION 81					
5	14.04	36.60	27.44		
25	14.05	36.64	27.46	+ 100	
50	14.09	36.61	27.43	— 120	
75	14.09	36.54	27.38	— 200	
100	14.03	36.86	27.64	+ 1040	
200	13.30	37.76	28.49	+ 850	
300	13.27	38.36	28.94	+ 450	
STATION 80					
5	14.10	36.63	27.41		
25	14.10	36.69	27.48	— 350	
50	14.21	36.61	27.42	+ 240	
100	14.17	37.15	27.81	+ 780	
200	13.33	37.98	28.65	+ 840	
300	13.28	38.21	28.83	+ 180	
400	13.33	38.30	28.90	+ 70	
500	13.27	38.26	28.91	— 10	
600	13.17	38.41	29.02	+ 110	
700	13.11	38.24	28.90	— 120	— 114
800	13.11	38.33	28.97	+ 90	
1000	12.98	38.27	28.94	— 15	— 15
1200	12.93	38.32	29.00	+ 20	
STATION 79					
5	14.02	37.60	28.21		
50	13.95	37.50	28.14	— 150	
100	13.54	37.89	28.54	+ 800	
200	13.26	38.22	28.86	+ 320	
300	13.32	38.49	29.05	+ 190	
400	13.31	38.55	29.09	+ 40	
500	13.19	38.47	29.06	— 30	— 30
600	13.11	38.57	29.15	+ 90	
700	13.07	38.47	29.09	— 70	— 64
800	13.03	38.48	29.09	+ 10	
1000	12.99	38.48	29.10	+ 5	
1200	12.95	38.47	29.11	+ 5	
STATION 78					
5	13.80	37.38	28.08		
50	13.89	37.68	28.30	+ 480	
100	13.49	38.11	28.72	+ 840	
200	13.20	38.36	28.98	+ 260	
300	13.32	38.50	29.06	+ 80	
400	13.33	38.50	29.06	0	
500	13.19	38.58	29.15	+ 90	
600	13.11	38.59	29.17	+ 20	
700	13.06	38.45	29.07	— 100	— 92
800	13.03	38.54	29.14	+ 70	
1000	12.97	38.61	29.22	+ 40	
1200	12.95	38.59	29.21	— 5	— 2

Ligne du cap Bougaroni (calculs de stabilité).

(  $10^5 d \sigma_t/dz = - 10$  ), entre 600 et 700 m (  $10^8 E = - 114$  ) et entre 800 et 1 000 m (  $10^8 E = - 15$  ), mais elles se stabilisent au-dessous de 1 000 m, bien que la salinité soit encore de 38,32, car la température de 12° 93 exerce une compensation.

P (m)	T (°C)	S ‰	$\sigma_t$	$10^5 d\sigma_t/dz$	$10^8 E$
STATION 82					
5	14.10	36.55	27.37	+ 570	
40	14.10	36.76	27.55	— 800	
60	14.05	36.55	27.39	+ 1250	
100	14.14	37.22	27.89	+ 980	
200	13.38	38.28	28.87	+ 190	
300	13.07	38.44	29.06		
STATION 83					
5	14.25	36.55	27.34	+ 1000	
25	14.16	36.78	27.54	— 840	
50	14.15	36.51	27.33	+ 380	
100	14.23	36.76	27.52	+ 940	
200	13.58	37.80	28.46	+ 480	
300	13.07	38.27	28.94	— 20	
400	13.17	38.28	28.92	+ 120	
500	13.13	38.43	29.04	+ 40	
600	13.02	38.45	29.08	+ 5	+ 9
700	12.96	38.44	29.085	+ 40	
800	12.94	38.48	29.12	+ 50	
900	12.94	38.55	29.17	— 80	— 75
1000	12.94	38.45	29.09	— 60	— 58
1300	12.96	38.21	28.90		
STATION 84					
5	14.80	36.74	27.37	+ 1530	
50	14.19	37.46	28.06	+ 500	
100	14.01	37.73	28.31	+ 580	
200	13.06	38.21	28.89	+ 10	
300	13.26	38.28	28.90	+ 230	
400	13.31	38.59	29.13	— 60	
500	13.19	38.48	29.07	+ 10	
600	13.07	38.46	29.08	— 110	— 101
700	13.06	38.32	28.97	+ 50	
800	13.03	38.37	29.02	+ 30	
1000	12.96	38.42	29.08	— 38	— 31
1500	13.02	38.21	28.89		
STATION 85					
5	13.84	37.27	27.96	— 1850	
25	13.87	36.74	27.58	+ 1000	
50	14.20	37.16	27.83	+ 1760	
75	14.02	37.67	28.27	— 360	
100	13.95	37.55	28.18	+ 590	
200	13.07	38.07	28.77	+ 120	
300	13.08	38.22	28.89	+ 50	
400	13.12	38.29	28.94	+ 60	
500	13.17	38.39	29.00	+ 100	
600	13.13	38.50	29.10	— 20	— 19
800	13.02	38.41	29.06	— 56	— 47
1100	12.94	38.19	28.89		

*Ligne de Bougie (calculs de stabilité).*

Plus au large, le mélange des eaux atlanto-algériennes et orientales est rapide, mais les salinités les plus faibles, supérieures à 38,40 marquent encore des zones d'instabilité aux stations 79 et 78 ; station 79, entre 400 et 500 m,  $10^8 E = -30$  station 78, entre 600 et 700 m,  $10^8 E = -92$  entre 600 et 700 m,  $10^8 E = -64$

On observe à la station 78 une instabilité des eaux orientales en mouvement de plongée entre 1 000 et 1 200 m ( $10^8 E = -2$ ).

3) **Coupe de Bougie** : ici, l'instabilité de la couche superficielle est encore plus marquée que dans les coupes précédentes et atteint son maximum à la station 85, la plus au large ( $10^5 d\sigma_t/dz = -1\,850$  en surface). Or, dans cette coupe, il ne semble pas qu'il y ait de mouvement de convection direct de la surface vers les couches profondes. L'instabilité superficielle ne participe donc pas au mouvement de plongée atlanto-algérien.

On a, entre 900 et 1 000 m à la station 83 et entre 400 et 500 m à la station 84, une instabilité de la couche orientale ( $10^8 E = -75$  et  $10^5 d\sigma_t/dz = -60$  à la station 84).

Au-dessous, les eaux atlanto-algériennes venues latéralement à la coupe, sont instables :  
station 83, entre 1 000 et 1 300 m :  $10^8 E = -58$     station 85, entre 600 et 800 m :  $10^8 E = -19$   
station 84, entre 600 et 700 m :  $10^8 E = -101$     entre 800 et 1 100 m :  $10^8 E = -47$   
entre 1 000 et 1 500 m :  $10^8 E = -31$

C'est donc entre 600 et 700 m, à la station 80, au large du cap Bougaroni, que l'instabilité des eaux atlanto-algériennes est la plus grande, instabilité qui continue à se manifester au même niveau à la station 84 au large de Bougie.

Ces eaux atlanto-algériennes ont donc tendance à remonter vers la couche supérieure en se dirigeant vers le nord, tandis qu'une partie des eaux orientales dont l'instabilité est ici mise en évidence, tend à plonger ce qui confirme bien le mouvement dessiné par les isohalines dans les coupes hydrologiques.

On peut ainsi se rendre compte que dans certains secteurs, comme celui que nous venons d'étudier, l'équilibre peut être instable à de grandes profondeurs, bien qu'aux dires de certains océanographes, cet état ne puisse exister. D'autres auteurs ont d'ailleurs, avant nous, démontré l'existence d'instabilités en Méditerranée, par exemple TROTTI (1954) dans la coupe cap Grosso.

De telles instabilités pourraient être calculées à partir des séries de mesures de BERNARD (1956) qui a, lui aussi, enregistré des anomalies thermohalines attribuables à des mouvements de plongée, et même dans le travail de NIELSEN pour certaines de ses stations de février 1909, Ténès, Bougaroni et La Calle.

On trouverait en maints endroits de la Méditerranée d'autres exemples du même ordre. Et ceci nous fait dire que l'instabilité, tout au moins dans cette mer intérieure, n'est pas impossible aux niveaux profonds comme d'aucuns le pensent, mais qu'elle peut être un état sinon fréquent, du moins non exceptionnel entre une divergence et la côte.

### Résumé et conclusion

Cet examen des conditions hydrologiques du secteur algéro-tunisien en hiver (janvier 1960) nous fait connaître les rapports qu'ont entre elles les différentes formations d'eau que nous avons reconnues dans les autres régions du bassin occidental, en été 1957 et en automne 1958.

1° *Les eaux septentrionales*. Ce sont surtout leurs faibles températures qui permettent de les déterminer, aussi bien dans la couche supérieure que dans la couche profonde. Mais, partout dans cette région sud-méditerranéenne leurs salinités témoignent de leur mélange plus ou moins intime avec les eaux d'autre origine (atlantique et orientale).

La couche supérieure qui se décèle par son minimum thermique aux valeurs variables suivant les zones de mélange se présente généralement à l'immersion de 200/300 m. Peu épaisse, elle sert en quelque sorte de lit au courant atlantique et doit aider dans certains cas à la plongée de ses eaux légères qu'elle refroidit à leur base.

Bien que nous nous trouvions en janvier dans sa pleine période de renouvellement, nous ne pouvons saisir dans cette région méridionale qu'un seul point de formation directe, au cap de Palos où la température est de  $12^{\circ} 86$  en surface. Ce secteur, ainsi que nous l'avions déjà remarqué en été 1957, est un lieu favorable au « cascading ». Ailleurs, sauf exception, un réchauffement progressif vers le sud et vers l'est se manifeste qui semble bien indiquer qu'elle a son origine dans la partie nord du bassin, ce qui n'exclut pas que la zone côtière d'Algérie puisse, dans les brèves périodes de refroidissement hivernal qui parfois l'affectent, participer à sa formation.

Il est intéressant de savoir qu'elle parvient, bien que fort dégradée, jusqu'au détroit de Sicile qu'elle franchit avec le courant atlantique à l'action duquel par conséquent elle contribue.

L'eau septentrionale profonde occupe de larges zones entre 1 000 et 2 000 m, refroidissant l'eau orientale et provoquant sa plongée. De même, elle favorise en abaissant son degré thermique, la coulée de l'eau algéro-atlantique vers la profondeur dans le secteur du  $5^{\circ}$  méridien est.

2° *L'eau orientale.* Dans le détroit de Sicile, sous la thermocline qui la sépare du courant atlantique, l'eau orientale se présente elle-même en un courant de sens opposé, de température élevée ( $14^{\circ} 39$ ) et de salinité très forte (maximum 38,95). Il n'y a pas lieu d'insister ici sur les aspects de ces deux courants contraires bien connus sur le seuil siculo-tunisien.

Mais une constatation que nous avons faite mérite quelque attention, ce sont les alternances, corrélatives, de plusieurs minimums thermiques et halins qui existent dans cette masse d'eau orientale en mouvement vers l'ouest. Elles montrent que cette eau n'est pas homogène, qu'elle est constituée de strates d'origine différente, dans lesquelles entre vraisemblablement un apport ionien sinon adriatique.

Dans la zone algérienne, l'axe le plus caractéristique de l'eau orientale en progression vers l'ouest se maintient entre 400 et 600 m, avec des salinités toujours fortes. Mais elle peut se soulever jusqu'au niveau de 200 m dans les secteurs de divergence, de même qu'elle constitue en profondeur des masses importantes. Dans ce dernier cas, l'eau orientale se refroidit au contact de l'eau septentrionale ( $13^{\circ}$  à  $12^{\circ} 90$ ) et plonge; il se forme alors une eau mixte, orientale par sa salinité, septentrionale par sa température, processus déjà mis en évidence en automne 1958 dans le nord du bassin occidental.

On a vu aussi que dans le secteur du  $5^{\circ}$  méridien est, l'eau de fond, d'origine algéro-atlantique rompt la continuité de cette formation orientale.

3° *L'eau atlantique.* Son courant est d'abord resserré entre la côte et une importante divergence déjà remarquée dans notre travail de l'été 1957, à mi-chemin des rives espagnoles et oranaises. Puis il se développe, occupant la surface sur une largeur de plus de 45 milles et une épaisseur parfois supérieure à 200 m et s'écoule jusqu'au détroit de Sicile qu'il franchit sans perdre, apparemment, beaucoup de sa puissance.

Ses taux de salinité et de température en hiver, progressifs d'ouest en est, sont de  $36,60$  à  $37,50$  et de  $13^{\circ} 90$  à  $14^{\circ} 50$ .

A la hauteur du  $5^{\circ}$  méridien est, il émet une digitation vers le nord qui peut être à l'origine du courant superficiel septentrional que nous avons étudié en automne 1958 au nord du  $42^{\circ}$  parallèle.

Mais le phénomène le plus remarquable que le présent travail fait découvrir est la participation du courant atlantique - disons plutôt des eaux algéro-atlantiques - à la constitution de la masse profonde. Ceci se produit surtout dans les secteurs se signalant par une déclivité abrupte du talus continental.

Près de Ténès, la plongée des eaux côtières ne prend guère que la forme d'un « cascading » important certes, mais localisé. En revanche, sur la côte de Kabylie, elle affecte un large secteur et l'eau algéro-atlantique devient l'élément constitutif principal des eaux profondes. Sa chute doit être rapide, ainsi que le suggèrent la température élevée ( $13^{\circ} 50$  à  $13^{\circ} 20$ ) de la mi-profondeur et la salinité basse ( $38,20$  à  $38,35$ ) du fond; elle lui permet d'écarter l'eau plus dense, orientale, qui n'a sur cette formation qu'une faible influence marquée par un état d'équilibre instable. Cette instabilité, quoique partiellement compensée aux grandes profondeurs par le refroidissement qu'apporte le contact de la masse septentrionale, persiste lorsque l'eau algéro-atlantique cherchant une issue

s'évacue vers le nord entre 1 000 et 2 000 m de profondeur, suivant un chenal dont l'axe se situe sur le méridien de 5°, à hauteur de Bougie. Dès le 37° parallèle, cette eau de fond d'origine côtière tendra à remonter et déterminera une divergence au large du secteur Bône - Bougaroni - Bougie qui scindera en deux éléments le corps de l'eau orientale en provenance du canal de Sardaigne.

Ainsi, le secteur algéro-tunisien n'est pas seulement caractérisé par les deux grands courants connus : courant superficiel atlantique d'ouest en est et courant oriental profond de sens contraire. Il est aussi le siège d'importants mouvements verticaux : mouvements de plongée dans le secteur côtier, de divergence au large, qui font jouer les unes par rapport aux autres les masses d'eau de nature différente, souvent en état d'équilibre instable.

Le rôle que peut avoir dans ce jeu l'eau diluée de surface est à retenir. Dans certaines conditions, elle participe largement à la formation de l'eau profonde que ce soit par refroidissement direct hivernal comme au cap de Palos, que ce soit par accumulation contre un talus continental décline, plus particulièrement lorsqu'une divergence proche de la côte lui interdit de s'étendre vers le large. C'est le cas en hiver à Ténès et dans le secteur kabyle comme c'était le cas au cap Creus en automne 1958.

N. B. — *Les données chiffrées concernant T°, Sal. et σt 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), p. 121-45.
- « ATLANTIS » (Stations hydrographiques de l'), 1952. — *Cons. int. Explor. Mer, Bull. hydrogr. pour l'année 1958*, Copenhague.
- BERNARD (F.), 1952. — Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. I. Hydrographie, sels nutritifs et phytoplancton en 1950. — *Ann. Inst. océanogr.*, **27** (1), p. 1-48.
- 1956. — Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. II. Courants et nannoplancton de 1951 à 1953. — *Ann. Inst. océanogr.*, **31** (4), p. 231-54.
- BOUNHIOL (J.P.), 1910. — Essai sur le régime thermique des eaux littorales superficielles dans la Méditerranée algérienne. — *Ann. Inst. océanogr.*, **1** (9), p. 1-45.
- « DANA ». — Hydrographical observations made during the « Dana » Expedition 1928-1930. — *Dana Report*, **2**, n° 12, 1937.
- 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), p. 5-119.
- FURNESTIN (J.) et ALLAIN (C.), 1962. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale au nord du 42° parallèle en automne 1958 (campagne du « Président-Théodore-Tissier ») 27 sept. au 18 oct. 1958. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (2), p. 133-62.
- GENNESSEAUX-DENAMUR (J.), 1960. — Remarques sur l'eau de surface dans le bassin sud-ouest de la Méditerranée occidentale (des îles Baléares à Gibraltar). — *Trav. Cent. Rech. Etud. océanogr.*, n. s. **3** (4), p. 23-30.
- GUYOT (M.A.), 1951. — L'hydrologie du canal de Sicile. — *Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **3** (7), p. 269-80.

- LACOMBE (H.) et TCHERNIA (P.), 1960. — Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne, d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée, dans le proche atlantique et dans le détroit de Gibraltar. — *Cah. océanogr., Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **12** (8), p. 527-47.
- LE FLOCH (J.), 1951. — Caractéristiques hydrologiques et transport des masses d'eaux dans le canal de Sicile en mars et juin 1950. — *Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **3** (7), p. 281-300.
- NIELSEN (J.N.), 1912. — Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. — *Rep. dan. océanogr. Expéd. 1908-1910*, **1**, p. 77-191, 19 fig., h. t. pl. II-XI, tables numériques p. 53-75.
- « PASSEUR DU PRINTEMPS » (Stations hydrologiques effectuées par le, 1957) 1960. — *Trav. du Cent. Rech. Etud. océanogr.*, n. s. **3** (4), p. 17-22.
- POLLAK (M.J.), 1957. — The sources of the deep water of the eastern mediterranean sea. — *J. mar. Res.*, **10** (1), p. 128-52.
- SAINT-GUILY (B.), 1959. — Essai en vue d'une théorie d'Ekman généralisée. — *Cahiers océanogr., Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **11** (2), p. 101-29.
- SCHMIDT (J.), 1929. — Introduction to the oceanographical reports including list of the stations and hydrographical observations. — *Danish « Dana » Exped. 1920-22*, n° 1.
- TCHERNIA (P.), 1954. — Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. Premier rapport préliminaire. — *Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **6** (1), p. 7-30.
- 1956. — Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. Deuxième mémoire préliminaire. — *Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **8** (9), p. 425-54.
- TCHERNIA (P.) et SAINT-GUILY (B.), 1959. — Nouvelles observations hydrologiques d'hiver en Méditerranée occidentale. — *Cahiers océanogr., Bull. Com. centr. Océanogr. Etud. côtes*, **11** (7), p. 499-542.
- TROTTI (L.), 1954. — Report on the oceanographic investigations in the ligurian and north tirrenian seas hydrography. — *Centro talassogr. Tirreno*, publ. n° 16.
- WÜST (G.), 1960. — Die Tiefenzirkulation des Mittelländischen Meseres in den Kernschichten des Zwischen und des Tiefenwassers. — *Dtsch. hydrogr. Z.*, **13** (3), p. 105-31.