

LA COUCHE SUPERFICIELLE DE LA MEDITERRANEE
 AU LARGE DES CÔTES PROVENCALES
 DURANT LES MOIS D'ETE *

par

Xavier LE PICHON et Jean-Paul TROADEC

Enseignes de Vaisseau de Réserve

Troisième Partie **

HYDROLOGIE DE SURFACE ET CONDITIONS CLIMATIQUES

L'étude précédente met en évidence la variation suivant un axe nord-sud des propriétés hydrologiques de la région étudiée : si l'on excepte la région de Marseille, la structure hydrologique s'allonge parallèlement à la côte. Les facteurs climatiques au contraire, évoluent de Marseille à Menton : ainsi le mistral, violent au large de Marseille jusqu'à Toulon, faiblit ensuite en force et en fréquence, pour disparaître au delà de Saint-Tropez; la température atmosphérique diurne augmente progressivement en moyenne de Marseille à la frontière italienne.

Pour analyser les relations océan-atmosphère dans le secteur étudié, nous avons distingué 4 régions climatiques se succédant le long de la côte. Les axes de variation des facteurs météorologiques et hydrologiques étant perpendiculaires entre eux, les 4 régions seront assez semblables entre elles du point de vue hydrologique et différentes du point de vue climatique. Les limites de ces 4 zones ont été définies en tenant compte de 2 catégories de critères :

- climatiques : chaque région doit être homogène quant à ses caractéristiques atmosphériques (influence du mistral, nébulosité, température atmosphérique diurne, etc...),

- hydrologiques : chaque zone, s'étendant perpendiculairement à la côte, devrait englober des proportions semblables de chaque structure hydrologique (zone côtière, zone de la divergence). Mais la région de Marseille, du

* Manuscrit reçu le 4 décembre 1962

** Les première et deuxième parties de cette étude ont été publiées dans les Cahiers Océanographiques, XV, 5 (mai 1963) pp.299 314.

fait de la disparition de la divergence au sud de Toulon, n'est pas vraiment comparable aux trois autres. D'autre part la région de Ramatuelle contient une plus grande proportion de la divergence que la région d'Antibes.

Sur le littoral de chacune de ces zones, nous avons choisi une station météorologique caractéristique par sa position géographique. Les tableaux climatiques mensuels, établis par la Météorologie Nationale fournissent des observations continues dans le temps. Les observations effectuées par l'"Origny" présentent l'inconvénient d'être obligatoirement localisées dans l'espace et le temps. C'est pourquoi nous ne les avons utilisées que pour la définition des zones, en examinant, par exemple, l'extension vers le large de l'aire d'influence du mistral.

Les quatre zones climatiques ainsi définies sont les suivantes : (fig.25).

a) Région sud de Marseille : Pomègues -

- caractérisée par la station météorologique de Pomègues.
- Mistral violent et fréquent, mer souvent agitée. Nébulosité assez élevée. (sauf par temps de mistral).
- Structure hydrologique particulière (absence fréquente de divergence).

b) Région sud des îles d'Hyères : Porquerolles -

- caractérisée par la station de Porquerolles.
- Mistral moins violent et moins fréquent - Nébulosité assez élevée.
- Fin de la zone de divergence.

c) Région Est des îles d'Hyères : Ramatuelle -

- caractérisée par les stations de Ramatuelle (Cap Camarat) et du Cap Corse entre lesquelles elle s'étend.
- Zone d'extension limite du mistral. Cette zone et celle de Porquerolles sont deux régions de transition où les régions climatologiques ouest (Porquerolles) et est (Antibes) alternent. De ce fait, elles sont assez voisines quant à leurs caractéristiques. Nébulosité faible.
- Grande extension de la zone de divergence.

d) Région sud de la côte d'Azur : Antibes -

- caractérisée par la station d'Antibes (La Garoupe)
- absence de mistral et de vents violents. La température atmosphérique diurne qui augmente progressivement de Marseille à Menton y est ici maximale. Nébulosité assez élevée. Mer belle.
- La zone côtière et la zone de divergence y ont des extensions comparables.

METHODES ET CONDITIONS DE TRAVAIL

L'intervalle de temps qui sépare l'action des facteurs climatiques de leur répercussion sur la structure hydrologique nous a arrêtés. Nous avons pu, à l'aide de mesures directes, estimer ce décalage dans certains cas : L'effet du mistral apparaît 24 heures à 48 heures après sur la structure superficielle (remontées d'eau). Après avoir comparé la structure hydrologique d'une région aux données climatiques relevées pendant la période correspondant aux mesures en mer augmentée d'un décalage de 3 jours, nous avons renoncé à étudier ces relations simultanées et immédiates. Les méthodes employées ne permettent pas d'étudier ces relations à courte période. La méthode de travail de l'"Origny" introduit une indétermination qui interdit ces comparaisons. Du fait des conditions météorologiques, le plan chronologique d'une campagne est souvent modifié : lorsque le mistral souffle à des vitesses supérieures à 30 noeuds, l'"Origny" doit abandonner la partie occidentale pour aller travailler dans la partie orientale du secteur, protégée par le môle d'Hyères. Il en résulte en période de vents fréquents, une prospection désordonnée des zones. Ainsi donc, une région peut être étudiée en 4 ou 5 jours de façon homogène, si les conditions sont favorables, comme elle peut l'être en plusieurs sorties beaucoup plus courtes souvent étalées sur près d'un mois, dans le cas contraire. De ce fait, il est impossible de procéder à des comparaisons immédiates des facteurs climatiques et hydrologiques. Au cours de la campagne A.60, chaque région a été prospectée en une semaine environ. Pourtant, il n'a pu être décelé de relations précises entre le climat et la structure hydrologique au cours de ces périodes. L'existence d'une dérive horizontale des structures hydrologiques rend ces comparaisons non valables. Une étude aussi détaillée ne pourra être entreprise que lorsque l'"Origny" procèdera à des mesures continues au cours de mouillages par grands fonds : l'influence immédiate de certains facteurs (mistral, nébulosité, illumination, évaporation), sur une structure hydrologique donnée pourrait alors être suivie de façon continue et permettrait une évaluation chiffrée des paramètres.

Le problème des relations atmosphère-océan ne peut être abordé que sur une situation moyenne s'étalant sur la durée de la campagne (un mois environ). Les trois campagnes d'été de l'"Origny" ont été effectuées :

- A 60 : 28 juin au 28 juillet 1960
- C 61 : 27 juin au 4 août 1961
- D 61 : 21 août au 21 septembre 1961.

Nous avons comparé les situations de ces campagnes aux moyennes des observations météorologiques effectuées pendant les mêmes périodes.

1 - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE L'EAU DE SURFACE

1) Température

Pour obtenir une valeur moyenne représentative de la température de l'eau de surface, les surfaces limitées par les isothermes ont été mesurées

sur les coupes horizontales de température (fig.26, 27, 28, 35,36,37). Les valeurs suivantes ont été ainsi obtenues :

	A.60	C.61	D.61	moyennes par régions
Pomègues	19,44	21,42	21,83	20,9
Porquerolles	20,63	21,31	21,65	21,2
Ramatuelle	21,71	21,03	22,25	21,7
Antibes	22,56	22,07	22,96	22,5
moyennes / campagnes *	21,00	21,48	22,02	
* Ces moyennes ont été pondérées proportionnellement aux surfaces des régions.				

a) Comparaison des campagnes -

La campagne D 61 a eu lieu du 21 août au 21 septembre. Elle est partout la plus chaude.

Les campagnes A 60 et C 61, pourtant toutes deux effectuées au mois de juillet, ne fournissent pas les mêmes températures : juillet 1960 est plus froid que juillet 1961. Ces différences s'observent pour les valeurs moyennes caractéristiques de chaque campagne comme à l'intérieur de chaque région. Une seule exception : les régions de Ramatuelle et d'Antibes sont plus froides en 1961 qu'en 1960. Cette anomalie doit s'expliquer par les modifications imposées par le mistral au programme de l'"Origny", comme nous allons le voir en comparant les 4 régions.

b) Comparaison des régions -

En général, la température de l'eau de surface, augmente de l'Ouest vers l'Est, lorsque l'on passe d'une région à l'autre. Ceci s'observe dans les moyennes des 3 campagnes et pour la campagne A 60.

En A.60 : Les 4 zones climatiques n'ont pas été prospectées simultanément. Les régions de Ramatuelle et d'Antibes ont été étudiées antérieurement (début juillet), aux régions de Pomègues (mi-juillet) et de Porquerolles (fin juillet). Pourtant la température de l'eau augmente régulièrement de Pomègues à Antibes. Ceci démontre la stabilité des conditions hydrologiques superficielles à l'intérieur d'un même mois d'été. S'il n'en était pas ainsi, les régions de

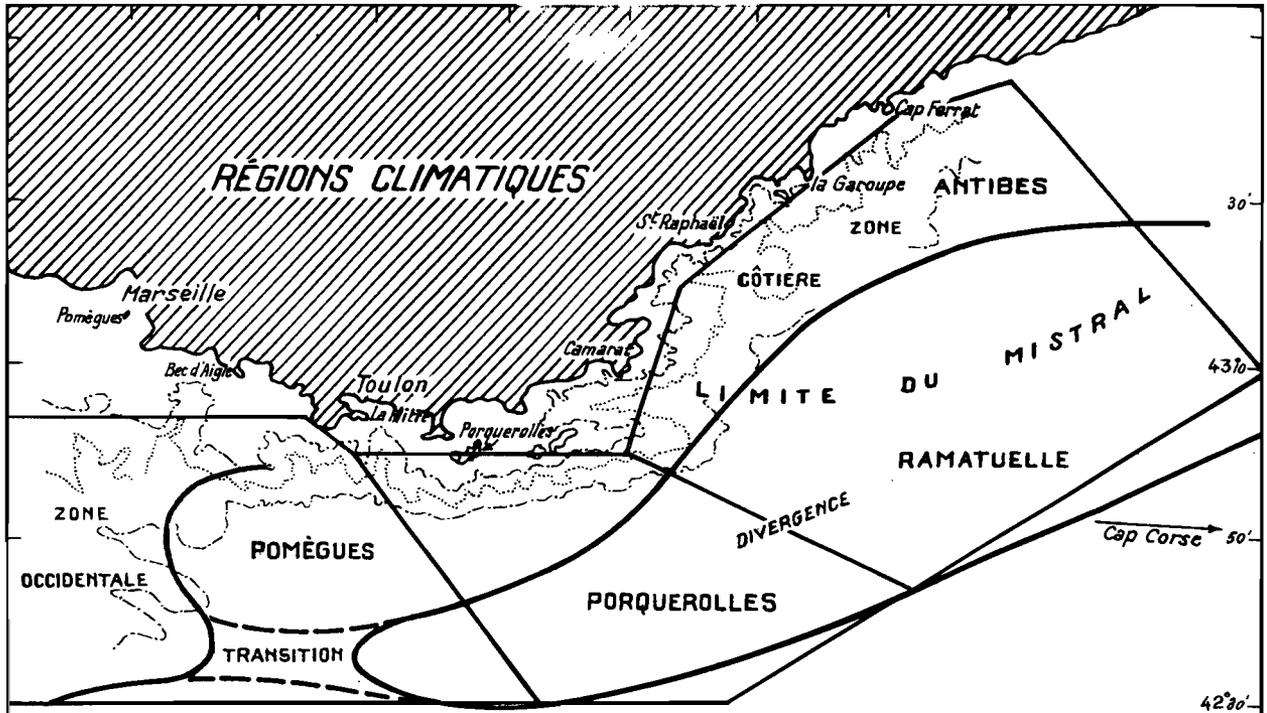


Fig. 25

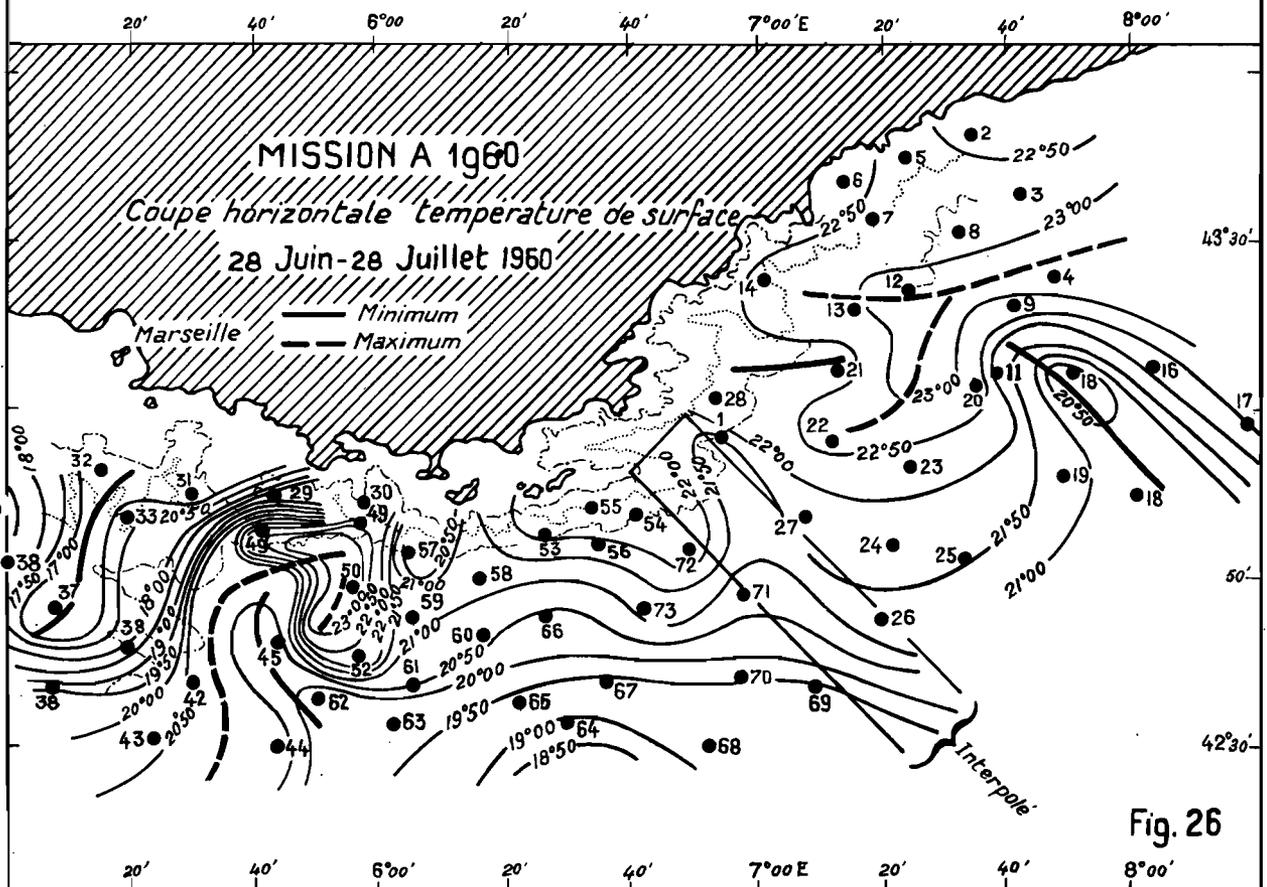
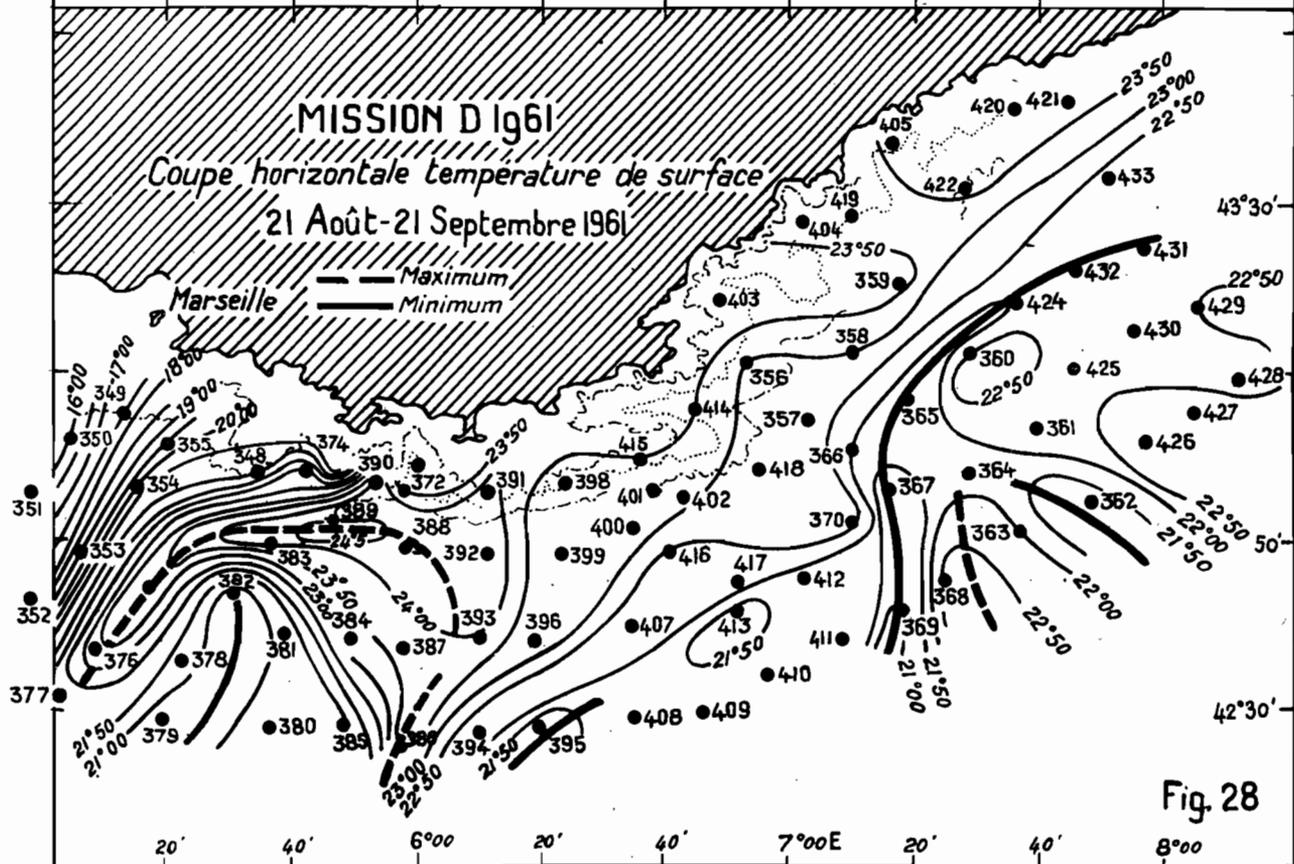
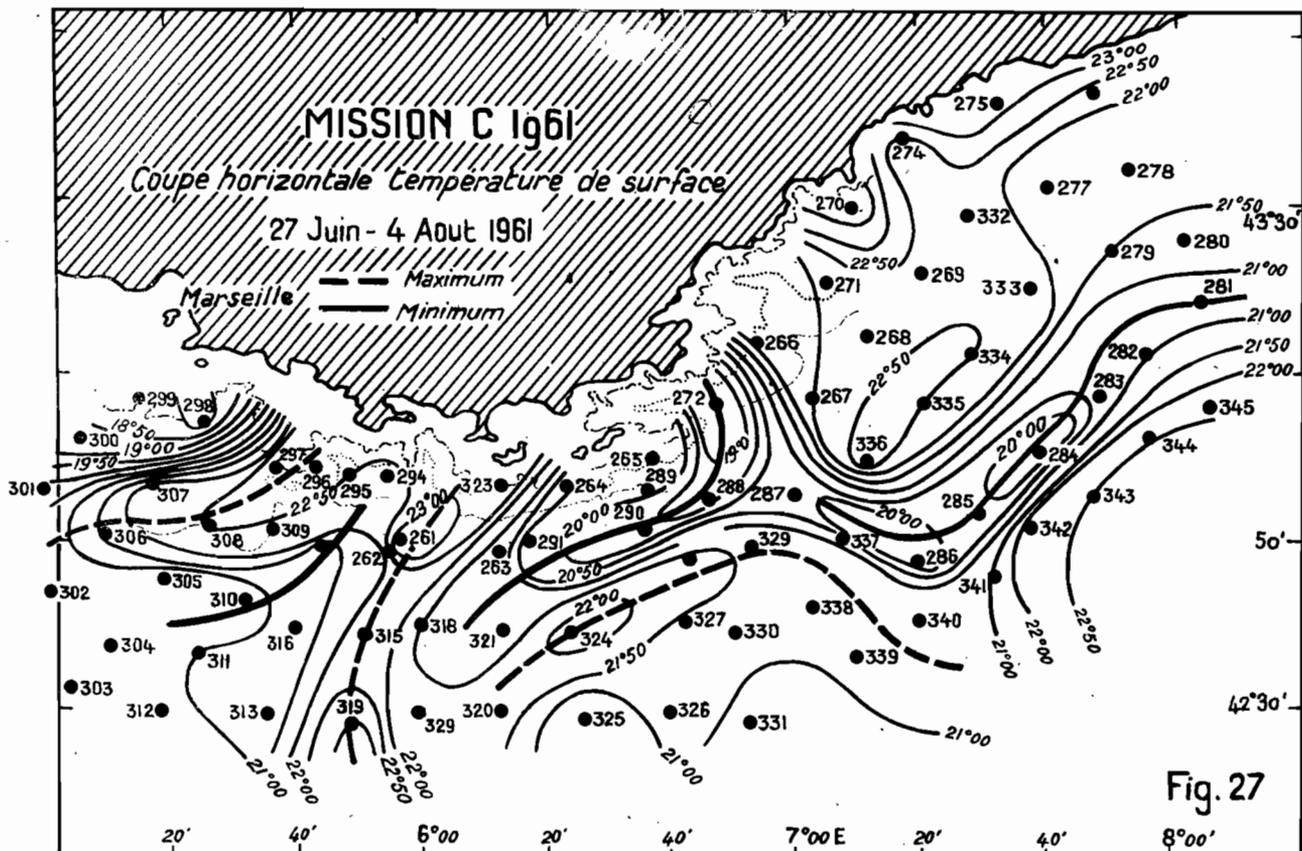
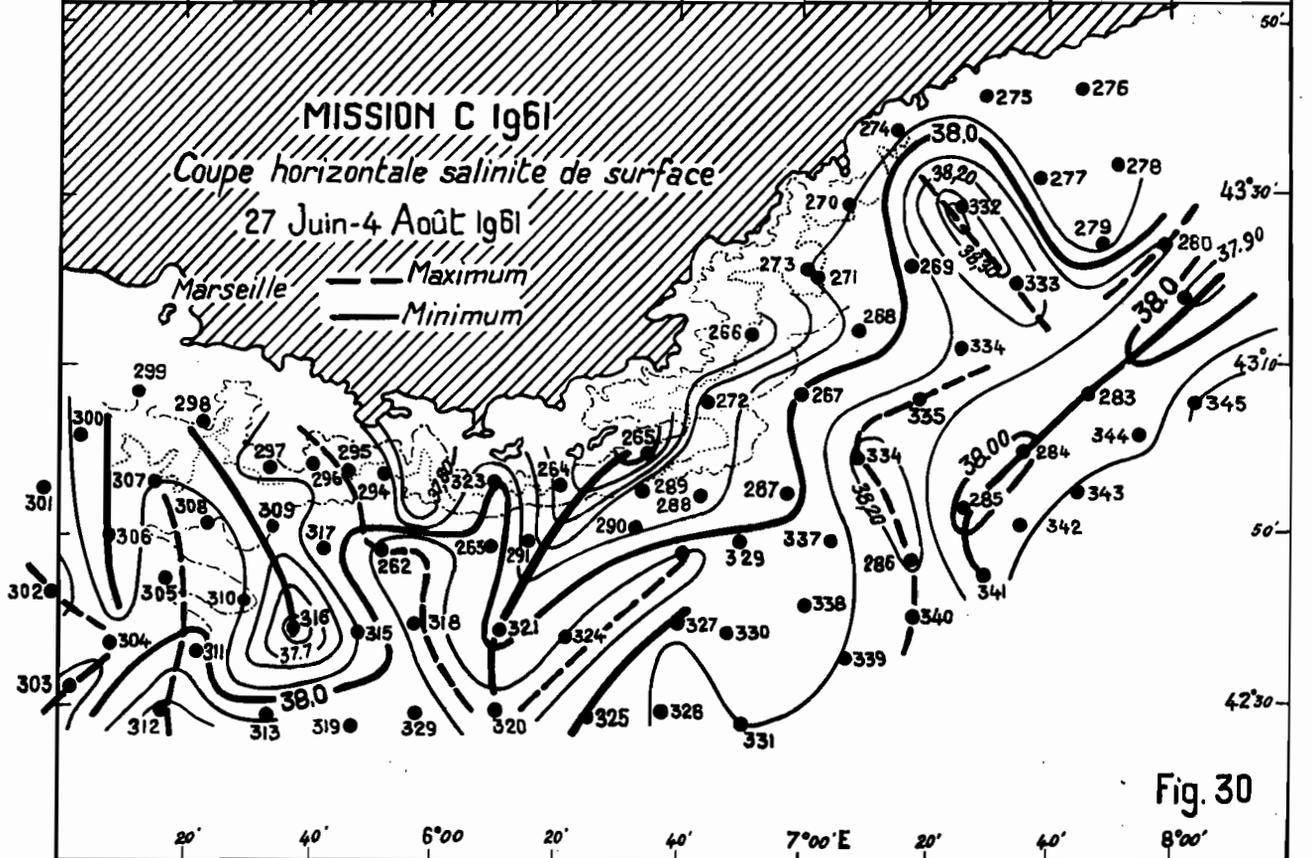
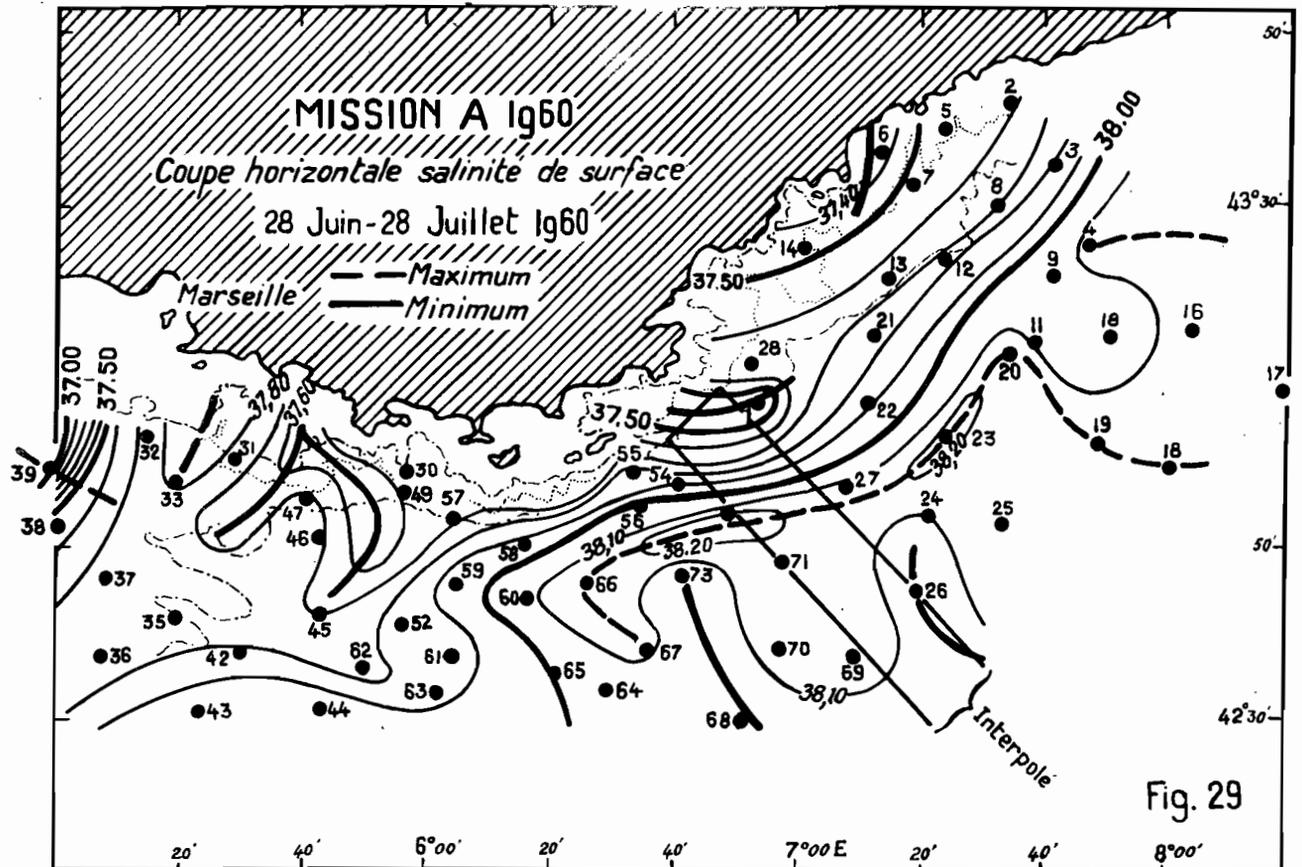
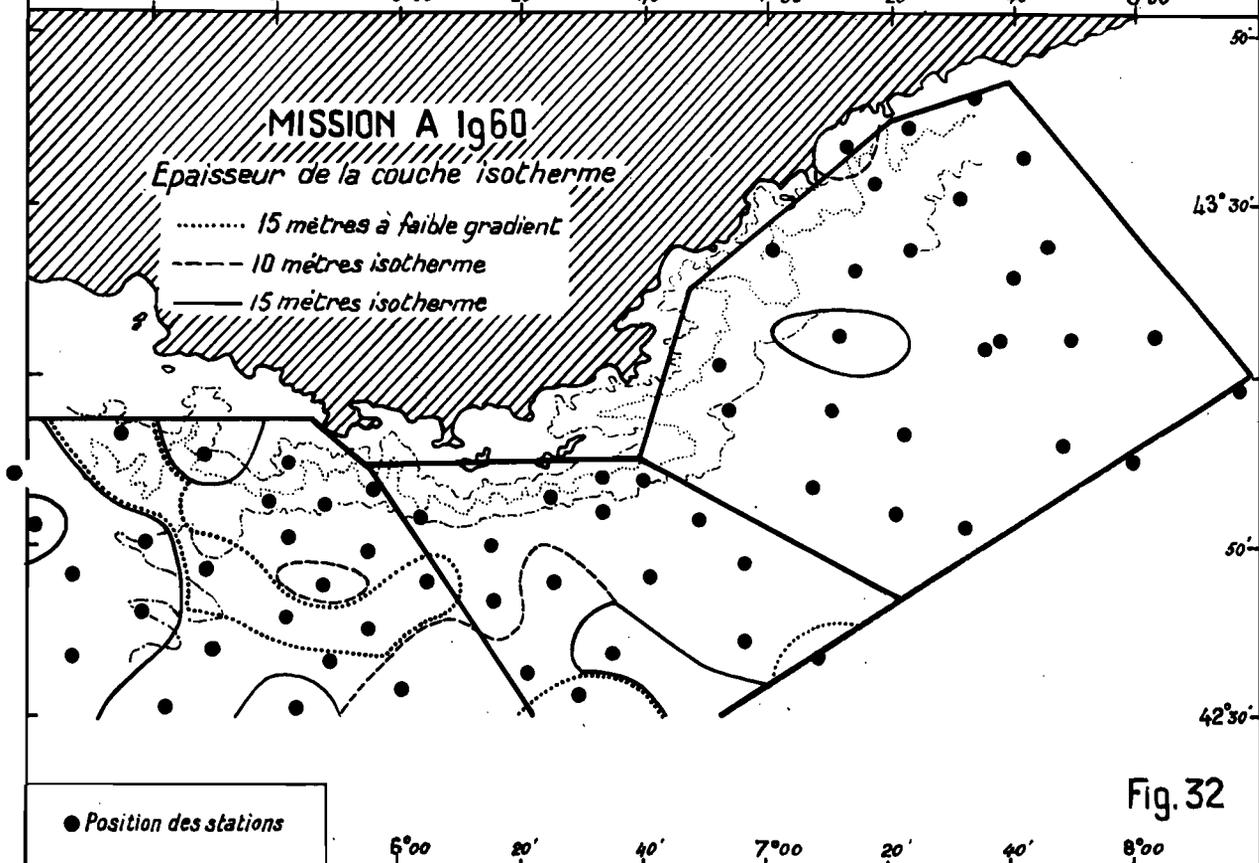
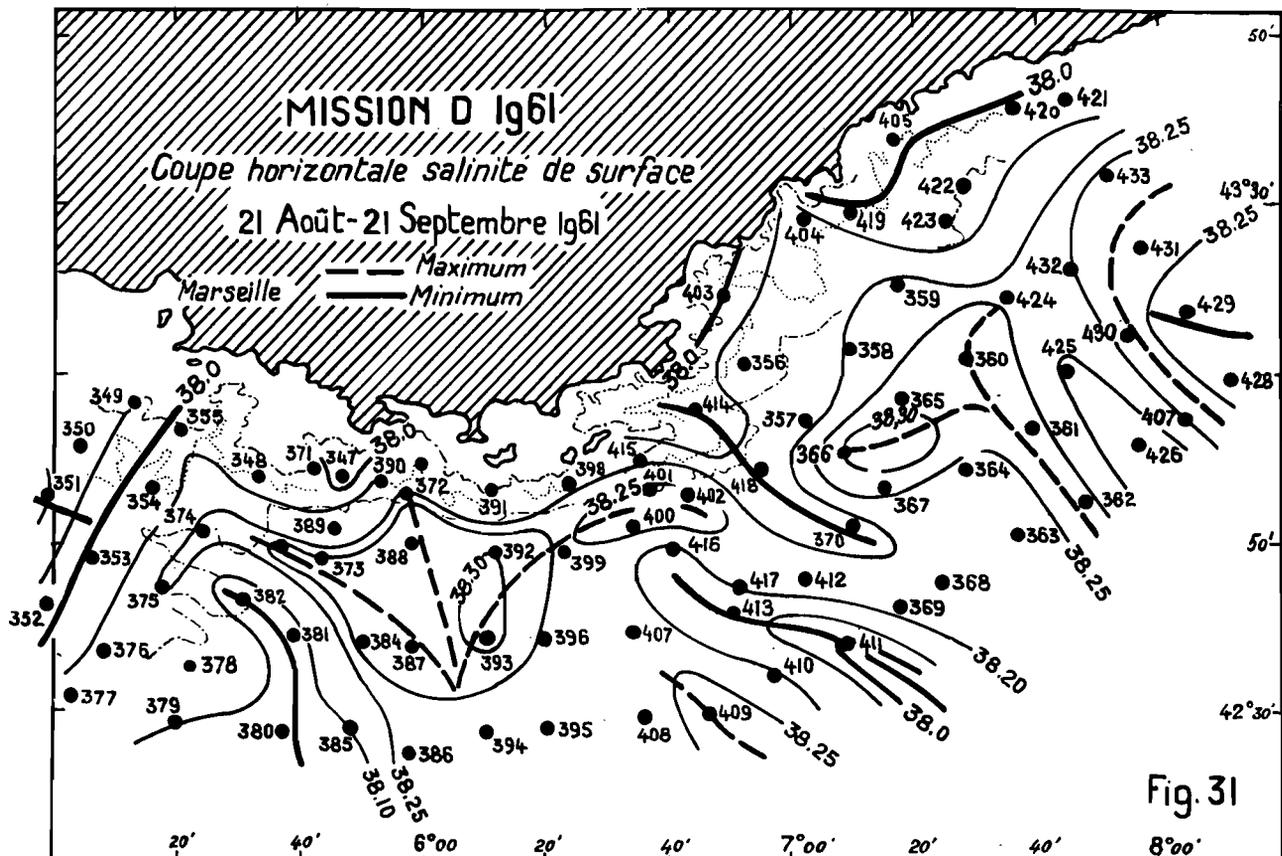


Fig. 26







Ramatuelle et d'Antibes, prospectées au début du mois devraient présenter une température inférieure à celle de Pomègues (mi-juillet) et de Porquerolles (fin-juillet).

En C 61 et D 61 : Certaines anomalies apparaissent pourtant : l'augmentation progressive de température de l'Ouest vers l'Est ne s'observe pas parfaitement. Si la région d'Antibes est toujours la plus chaude, la région de Pomègues et même celle de Porquerolles (en juillet 1961) sont plus chaudes que les régions qui les bordent à l'Est. Ces irrégularités doivent provenir des servitudes imposées à l'"Origny" par le temps : au cours de ces 2 campagnes et surtout en juillet 1961 (C.61), l'"Origny" a dû prospecter la région de Ramatuelle par temps de mistral (d'où les températures relativement basses de l'eau de surface qui y ont été observées), attendant les accalmies pour opérer dans les 2 régions occidentales (d'où les températures plus élevées). Ces erreurs systématiques imposées par le mistral entraînent une certaine relative relativité dans les résultats, lorsque ce vent souffle fréquemment au cours d'une campagne.

2) Salinité (fig.29, 30, 31, 38, 39 et 40).

En planimétrant les coupes horizontales de salinité (surface), comme nous l'avons fait pour la température, nous avons obtenu les résultats suivants :

	A.60	C.61	D.61	moyennes par régions
Pomègues	37,74	37,93	38,12	37,93
Porquerolles	38,01	37,98	38,20	38,06
Ramatuelle	38,01	38,05	38,20	38,09
Antibes	37,81	37,98	38,15	37,98
moyennes/campagnes*	37,86	37,98	38,16	
* Ces moyennes ont été pondérées proportionnellement aux surfaces des régions.				

a) Comparaison des campagnes -

La salinité augmente de la campagne A 60 à la campagne D 61. Au mois de septembre les salinités sont plus fortes qu'au cours des 2 mois de juillet précédents. En juillet 1961, la salinité est plus élevée qu'en

juillet 1960. Il faut voir là l'influence des conditions météorologiques régnant au cours de ces deux étés. Les tableaux climatiques mensuels indiquent que pour toutes les régions l'été 1961 a été beaucoup plus chaud que l'été 1960. Tous ces résultats s'observent sur les moyennes de chaque campagne comme sur les valeurs que présente une même région au cours des 3 campagnes. Une seule exception : la salinité dans la région de Porquerolles fut plus élevée en 1960 qu'en 1961. Cela tient au fait que le programme de l'"Origny" fut très perturbé par le mistral en juillet 1961 : comme nous le verrons en analysant les moyennes météorologiques, la campagne C 61 présente, de ce fait, de nombreuses anomalies.

b) Comparaison des régions -

Les salinités les plus basses s'observent toujours :

- Dans la région de Pomègues : L'influence du Rhône s'y fait toujours plus ou moins sentir. En juillet 1960, par exemple, des eaux à 36,90 ‰ apparaissent dans la partie occidentale de cette région (Fig.29).
- Dans les régions de Porquerolles et de Ramatuelle : Les salinités sont nettement plus élevées et pratiquement identiques.
- Dans la région d'Antibes : La salinité est intermédiaire entre celle des régions de Porquerolles et de Ramatuelle et celle de Pomègues. La salinité relativement faible de cette région s'explique par le découpage des régions par rapport à la divergence : caractérisée par une remontée des eaux sous-jacentes plus salées, elle occupe dans la région d'Antibes une surface proportionnellement plus faible que dans les 2 autres régions et en particulier dans celle de Ramatuelle où elle est prépondérante. D'autre part, l'influence des eaux continentales (le Var en juillet 1960 - Figure 29) y est plus sensible que dans les autres zones.

3) Diagrammes T S -

Sur un graphique Température Salinité, nous avons reporté les diverses valeurs de température et de salinité obtenues par planimétrie ainsi que les valeurs moyennes caractéristiques de chaque région ou de chaque campagne. L'analyse des diagrammes T S ainsi obtenus permet de vérifier les relations précédentes et de dégager certaines corrélations. Les points T.S. peuvent être reliés de 2 façons différentes :

- Jonction des points caractéristiques des 4 régions d'une même campagne (fig.42)
- Jonction des points caractéristiques d'une même région pour les 3 campagnes (fig.43)

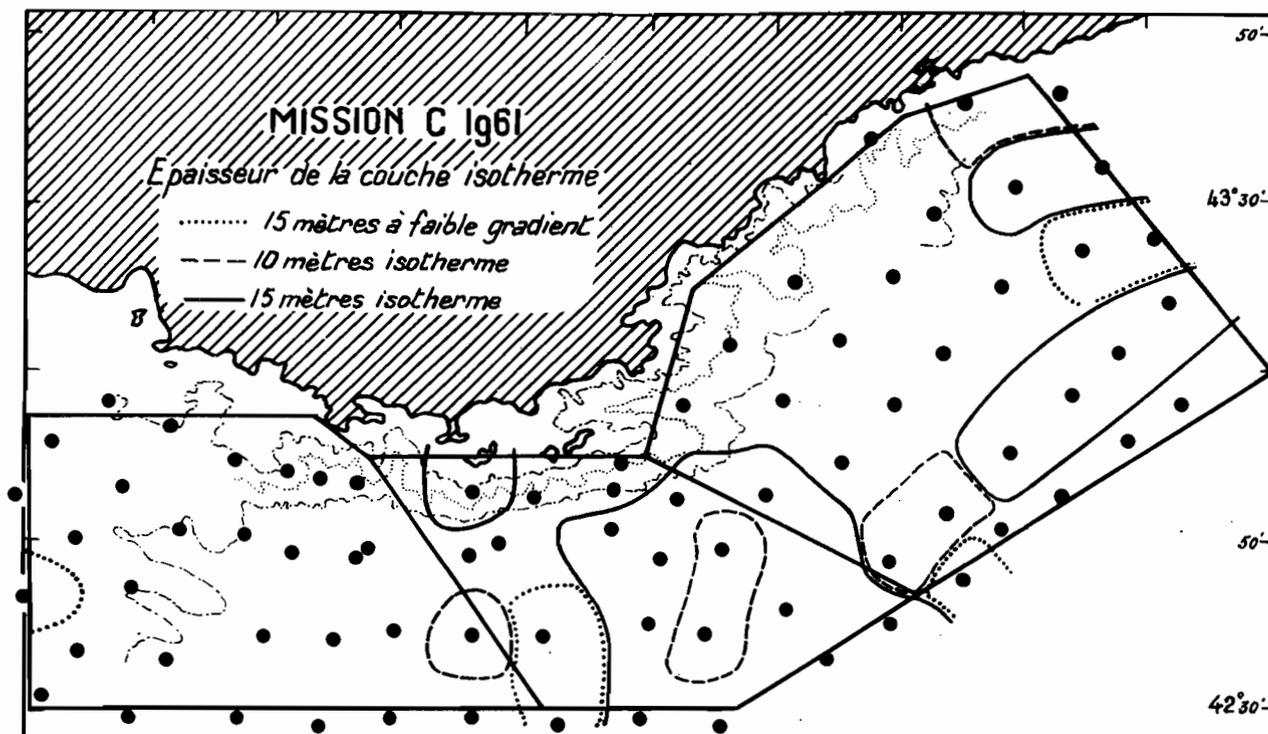


Fig. 33

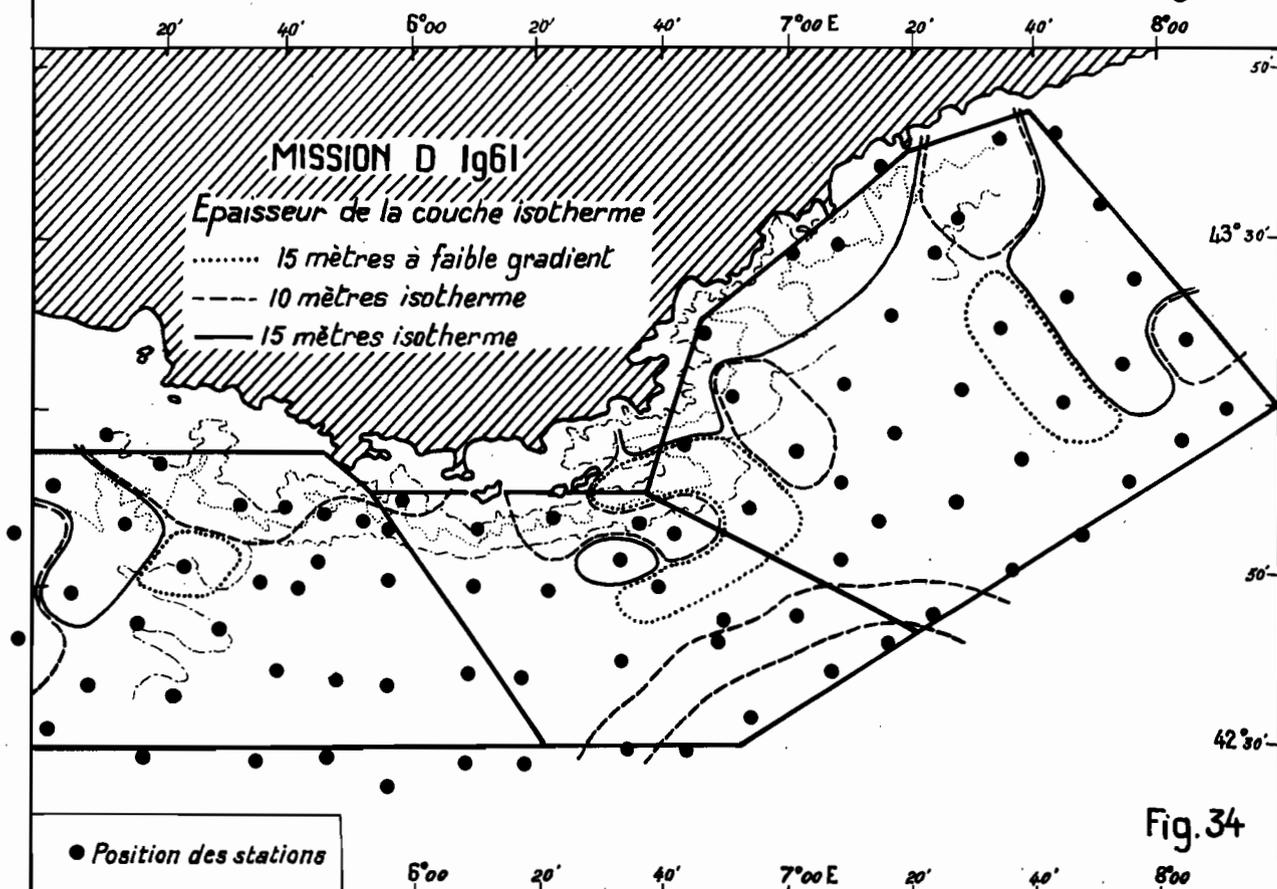
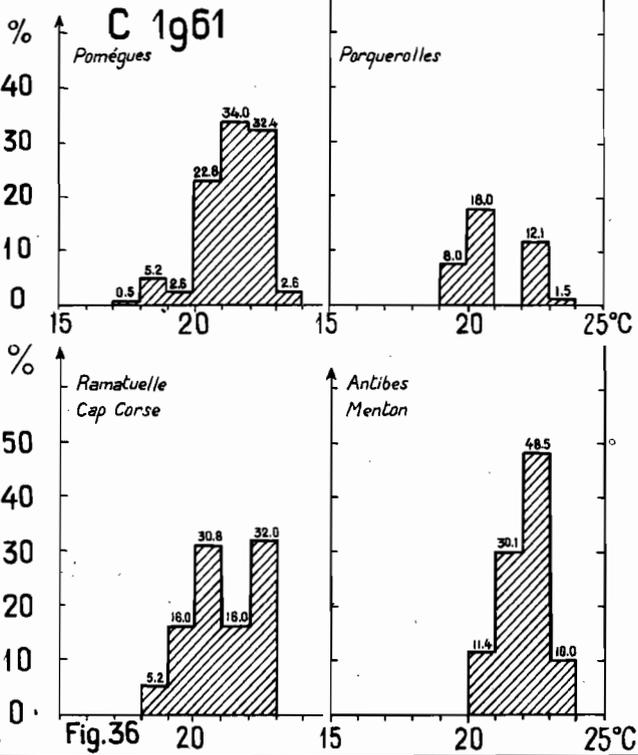
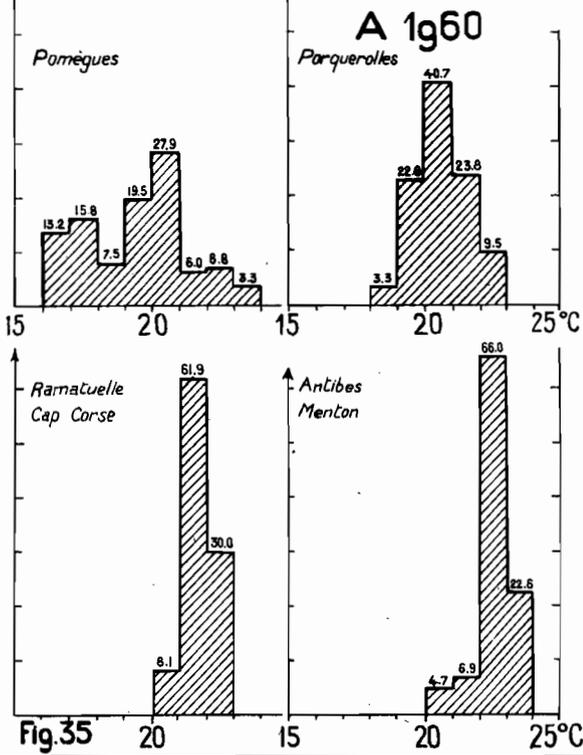


Fig. 34

Pourcentages des températures de surface

Pourcentages des températures de surface

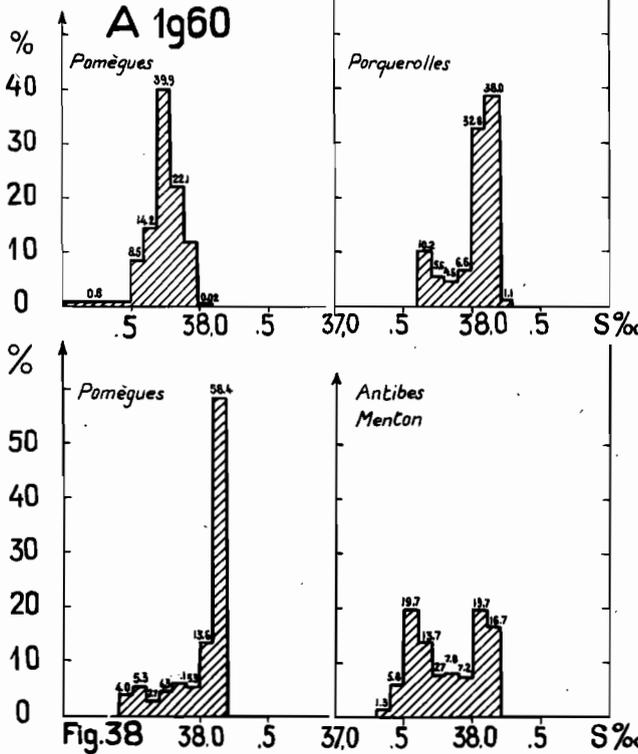
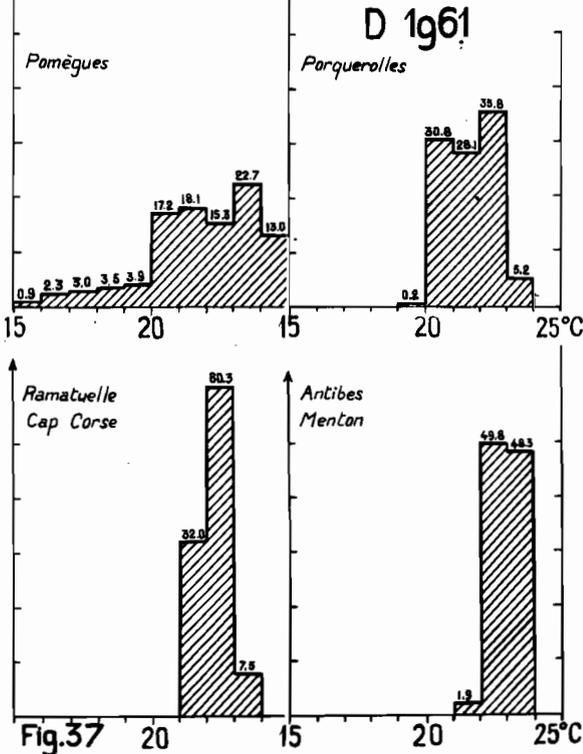
MISSIONS

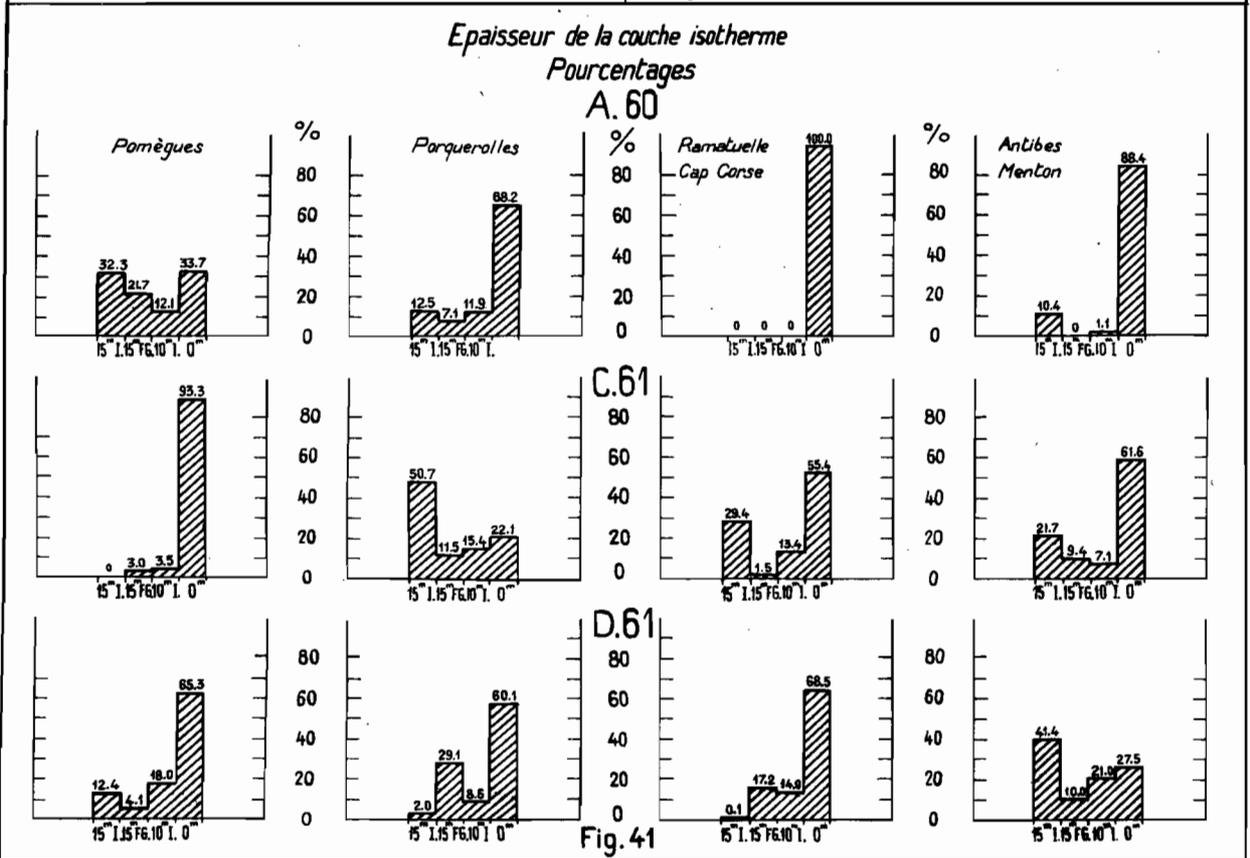
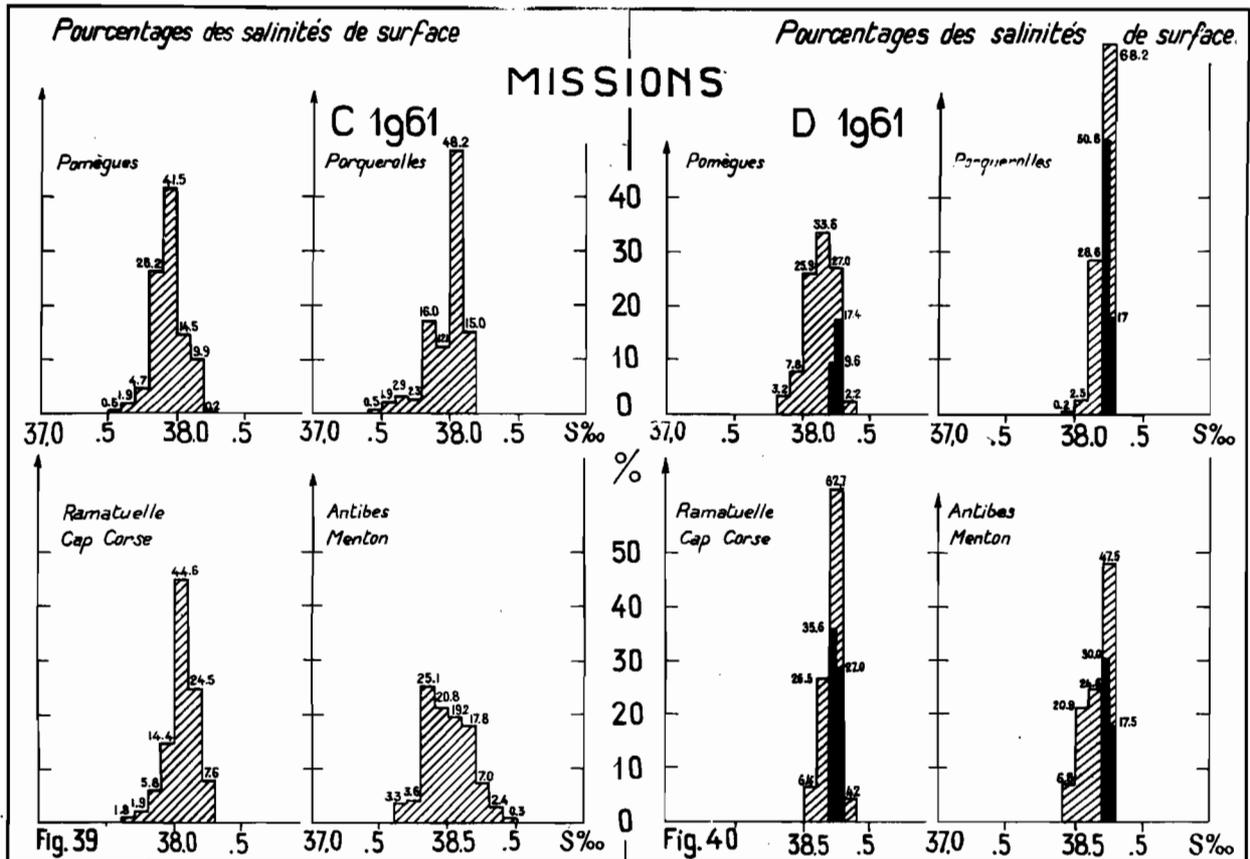


Pourcentages des températures de surface

Pourcentages des salinités de surface

MISSIONS





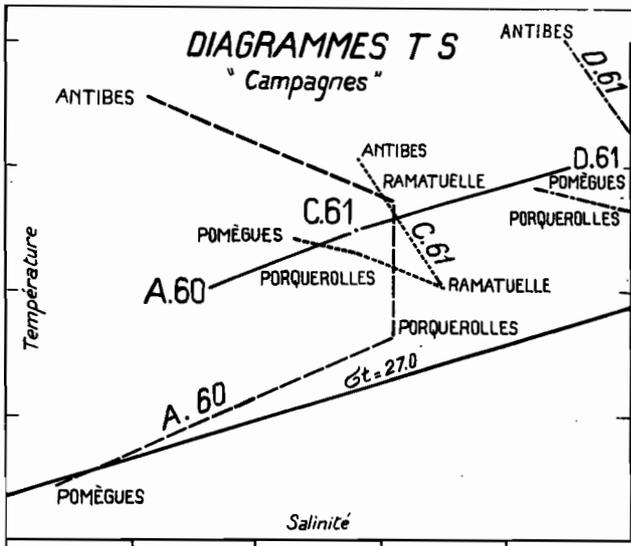


Fig. 42

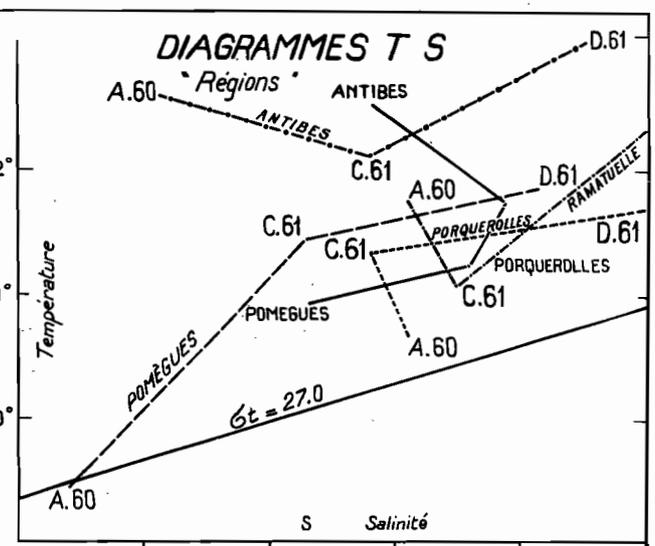


Fig. 43

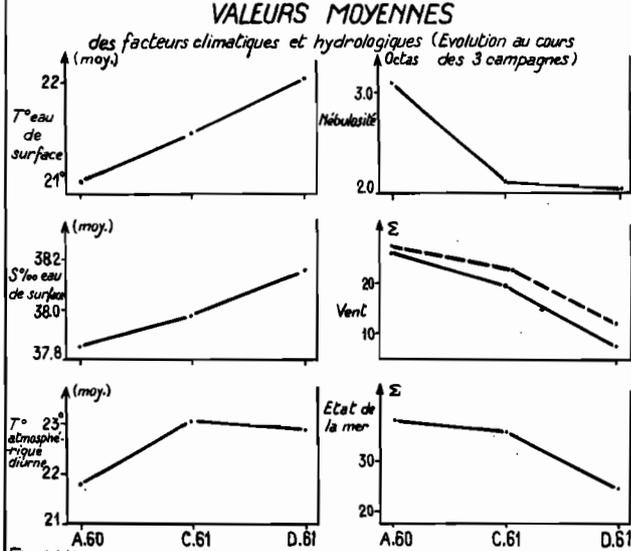


Fig. 44 bis

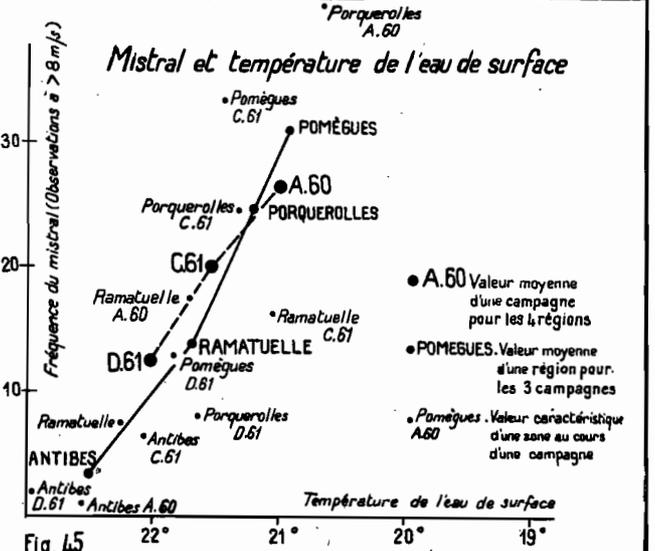


Fig. 45

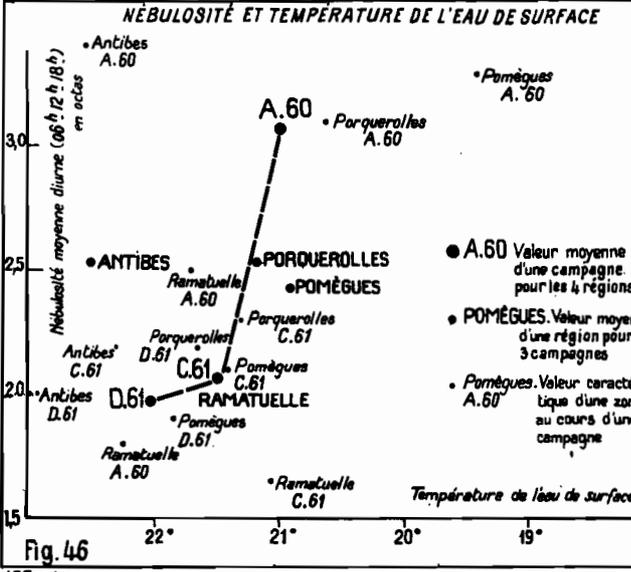


Fig. 46

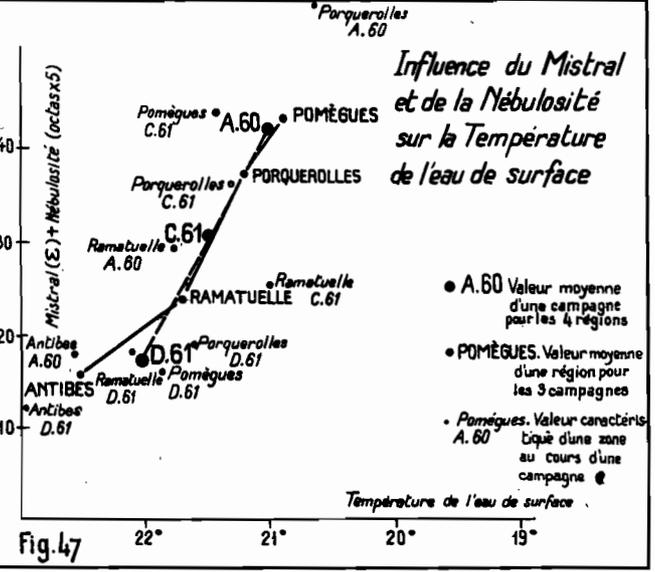


Fig. 47

J.P. Trœddec

a) Comparaison des campagnes (Fig.42) -

Le diagramme T.S. des valeurs moyennes caractéristiques de chaque campagne matérialise l'augmentation de température et de salinité de juillet 1960 à juillet 1961 et de juillet à septembre 1961. L'alignement de ces trois points parallèlement aux lignes d'égale densité, dont la pente est figurée par l'isopycne $\sigma_t = 27,0$, témoigne de l'homogénéité de l'eau de surface au cours de l'été et de sa stabilité entre les mois d'avril-mai et d'octobre-novembre (périodes de transition). D'autre part, les diagrammes T.S. de chaque campagne, font apparaître une évolution de la dispersion des points régionaux : lorsque la température et la salinité de surface augmentent, les points régionaux de chaque campagne se concentrent.

b) Comparaison des régions (Fig.43) -

Les diagrammes TS de chaque campagne représentés sur la figure 42 montraient la symétrie existant entre les régions : au cours des 3 campagnes, de Pomègues à Antibes les diagrammes TS présentent un aspect semblable à concavité tournée vers les faibles salinités. Cette disposition caractéristique se retrouve sur le diagramme TS des valeurs moyennes de chaque campagne (fig.43 trait plein); les points Porquerolles et Ramatuelle sont assez proches l'un de l'autre et leurs diagrammes (tireté fig.43) sont concentrés autour des valeurs moyennes. Ces 2 régions sont donc semblables et homogènes quant à leur évolution au cours de l'été. La distinction des 2 zones se justifie surtout du point de vue météorologique : ce sont là 2 régions de transition entre les 2 régions Ouest et Est à climat nettement différencié, et, où, les climats Est et Ouest alternent.

Les régions de Pomègues et d'Antibes ont par contre des points TS nettement plus dispersés. C'est que les facteurs climatiques instables y jouent un rôle prépondérant comme nous le verrons ultérieurement.

Les conclusions que permet l'analyse de ces diagrammes TS apparaissent également sur les cartes de topographie dynamique relative des 10 premiers mètres (fig.17, 18 et 19) étudiées dans la deuxième partie (Volume spécifique moyen de la couche de surface).

4) Couche isotherme

Nous avons étudié les stations effectuées par l'"Origny" au cours de ses campagnes d'été, pour dégager la présence et les caractéristiques d'une couche isotherme. Pour cela, nous avons appliqué aux courbes bathythermiques les critères suivants :

- Gradient < 0,2 degré/10 mètres = 10 mètres de couche isotherme.
- Gradient < 0,5 degré/15 mètres = 15 mètres de couche isotherme.
- Gradient < 1,0 degré/15 mètres = 15 mètres à faible gradient.

Ces limites peuvent paraître élevées; mais elles présentent l'avantage de dégager les zones à très faible stabilité des zones stratifiées, où la diminution de température peut dépasser 1 degré par mètre dans la thermocline. Les cartes de gradient moyen de densité (fig.20, 21 et 22) délimitaient déjà ces zones. Les cartes de couche isotherme établies d'après les critères ci-dessus (fig.32, 33 et 34) mettent en évidence les mêmes zones. De plus elles fournissent des indications sur l'épaisseur de la couche. Au cours des 3 campagnes d'été, l'épaisseur maximale des couches isotherme ou à faible gradient n'a dépassé 15 mètres que très rarement (quelques observations de 25 mètres à Pomègues et au Sud de Porquerolles).

Comme le chapitre sur la stabilité de la couche de surface avait permis de le constater, les couches isothermes n'apparaissent pas dans les mêmes régions au cours des 3 campagnes : les 3 cartes de couche isotherme ne sont absolument pas superposables. L'apparition d'une couche isotherme peut donc sembler aléatoire. Pourtant une fois apparue, une telle structure se conserve au même endroit pendant toute la durée d'une campagne, malgré la dérive horizontale des eaux superficielles. Il y a équilibre dynamique : des stations effectuées à plusieurs jours d'intervalle dans les mêmes régions l'ont vérifié. La dispersion des couches isothermes doit provenir de la non-superposition des structure instables, favorables à l'apparition de telles couches, au cours des 3 campagnes. Ces structures sont toujours présentes, centrées principalement à l'Est, au Sud des îles d'Hyères et dans la région de Marseille (cf. étude dynamique : stabilité de la couche de surface), ce qui expliquerait que les pourcentages de surface de couche isotherme ou à faible gradient sont très voisins pour les 3 campagnes. En effet, la planimétrie des surfaces isothermes ou à faible gradient donne les résultats suivants :

Régions	Surface	Pourcentage de surface isotherme ou à faible gradient			moyennes par régions
		A 60	C 61	D 61	
Pomègues	707	66 %	7 %	35 %	36 %
Porquerolles	511	32 %	78 %	30 %	47 %
Ramatuelle	477	0	44 %	31 %	25 %
Antibes	631	12 %	38 %	72 %	41 %
Moyennes par campagnes*		30,3%	38,5%	33,6%	

* Ces moyennes ont été pondérées proportionnellement aux surfaces des régions

La région de Ramatuelle où la divergence est prépondérante possède le plus faible pourcentage de couche isotherme ou à faible gradient (moyenne par région).

II - INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR

LA SITUATION HYDROLOGIQUE DE SURFACE

Les tableaux climatiques mensuels (T.C.M. réduits) comportent 3 observations par jour (6 h, 12 h et 18 h). Ces observations fournissent des représentations chiffrées des conditions météorologiques régnant sur les 4 régions au cours des 3 campagnes. Nous avons essayé d'établir un bilan thermique, mais seule la station de La Mitre (Toulon), fournit des mesures d'évaporation et d'insolation : il faut sans doute voir dans sa position assez continentale, la raison de notre impossibilité de dresser un bilan cohérent. Les campagnes A.60 et D.61 ont duré 31 jours, la campagne C 61 39 jours; aussi avons-nous pondéré toutes les fréquences absolues pour la période correspondant à cette dernière campagne, mais non les moyennes journalières, de façon à obtenir des résultats comparables à ceux des 2 autres campagnes. Ces valeurs sont représentées en histogrammes sur la figure 44.

1) Evolution des facteurs climatiques au cours de l'été

L'évolution du climat d'une campagne à l'autre est représentée sur la figure 44 bis, matérialisée par les valeurs moyennes (par campagnes) des principaux facteurs. Les courbes joignant les points représentatifs de chaque facteur n'évoluent pas parallèlement : l'été n'atteint pas son intensification maximale aux mêmes dates pour tous les facteurs.

a) Température et salinité de surface

Augmentent régulièrement et parallèlement de juillet 1960 à septembre 1961.

b) Température atmosphérique diurne -

Le mois de juillet 1961 est beaucoup plus chaud que le mois de juillet 1960. Il en est de même pour la température de l'eau ainsi que nous l'avons vu. Par contre en septembre 1961 le parallélisme n'existe plus : alors que la température et la salinité de l'eau ont continué à augmenter, la température atmosphérique diurne est devenue plus basse qu'en juillet 1961. L'été est déjà dans sa phase décroissante dans l'atmosphère : le déphasage entre l'océan et l'atmosphère ne pourra être évalué que lorsque les campagnes hydrologiques couvriront tout un été.

c) Nébulosité

L'évolution de ce facteur permet également de vérifier la différence qui existe entre les mois de juillet 1960 et 1961. La nébulosité du mois de

Données climatologiques moyennes

MISSIONS

A 1g60

28 Juin
28 Juillet

C 1g61

27 Juin
4 Août

D 1g61

21 Août
21 Septembre

Note: C 61 a été pondéré pour 31 jours

3 Observations par jour (06^h-12^h-18^h)

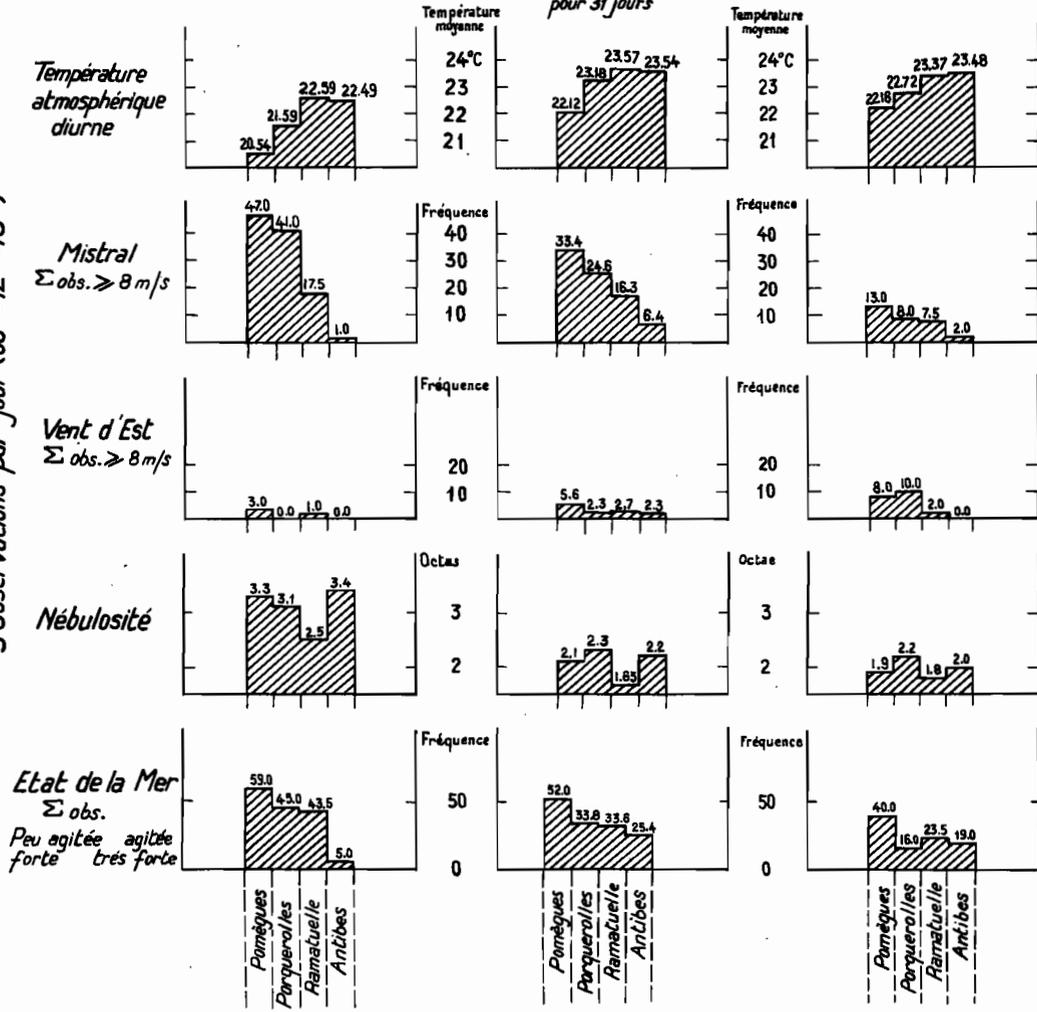


Figure 44

juillet 1961 est plus voisine de celle de septembre 1961 que de celle du mois de juillet de l'année précédente.

d) Vent (somme des mesures supérieures à 8 m/s).

Le mistral est de loin le vent dominant. De plus son action sur l'eau de surface est particulièrement importante en plus des phénomènes d'upwellings qui augmentent encore son effet thermique; des mesures directes de courant effectuées accessoirement par l'"Origny", ont révélé que lorsque ce dernier soufflait pendant plus de 3 jours, il pouvait bloquer le courant côtier ouest, et même l'inverser. Très fréquent encore en juillet (un peu plus rare en 1961 qu'en 1960), il est beaucoup plus rare en août-septembre 1961.

Le vent d'Est est assez rare sauf en septembre où il devient plus fréquent que le mistral.

Les autres vents sont exceptionnels.

e) Etat de la mer (nombre d'observations de mer peu agitée, agitée ou forte)

L'évolution de ce facteur est strictement parallèle à celle du vent (cf. courbes mistral + vent d'Est et état de la mer). Dans la région, l'état de la mer est sous l'unique dépendance des vents locaux.

2) Influence de quelques facteurs climatiques sur l'eau de surface

Nous n'avons pu mettre en évidence de relation quantitative nette entre la température ou la salinité de l'eau de surface et la température de l'air (température atmosphérique diurne ou $\Delta t^{\circ}\text{air} - t^{\circ}\text{eau}$). Pourtant ce facteur intervient certainement dans le bilan thermique. Par contre, l'influence du mistral est beaucoup plus nette.

a) Mistral

Sur la figure 45 nous avons porté les fréquences de mistral en fonction de la température de l'eau de surface. La corrélation est très nette, en particulier pour les valeurs moyennes des campagnes et des régions. L'alignement des points n'est pas aussi net lorsque l'on étudie l'effet immédiat d'un coup de mistral : la comparaison des mesures effectuées au cours de la campagne A 60 pendant laquelle chacune des 4 régions a été prospectée en une semaine environ, ne fait pas apparaître la même corrélation. Les méthodes utilisées (travail en mer, planimétrie) ne permettent pas de mettre en relief cet effet immédiat. Seule l'influence moyenne du vent sur l'eau de surface au cours d'une campagne hydrologique peut ainsi être estimée. Le refroidissement moyen des structures hydrologiques superficielles de l'Est vers l'Ouest s'explique très bien par l'augmentation progressive de la fréquence du mistral.

Nous n'avons pas étudié séparément l'influence du vent d'Est. Ce vent est rare, sauf, en D 61 dans les régions de Porquerolles et de Pomègues. Avec le mistral il agit directement sur l'état de la mer dont les variations sont exactement parallèles à celles des fréquences de vent.

b) Nébulosité

Les nuages jouant un rôle d'écran, doivent, a priori ralentir le réchauffement estival de l'eau de surface. Comme nous l'avons fait pour le mistral, nous avons étudié l'influence de la nébulosité sur la température de l'eau de surface. La figure 46 représente cette influence. La corrélation est ici moins précise. Certains points (Antibes A 60 et Ramatuelle C 61 surtout) s'écartent nettement de la direction générale des autres points. Ramatuelle C 61 est nettement trop froid pour sa nébulosité; or, dans cette région, durant cette période, le mistral a soufflé violemment, Antibes A 60 a une position symétrique par rapport à l'alignement des points et les conditions de mistral sont exactement inverses de celles régnant à Ramatuelle en juillet 1961.

Nous avons donc additionné ces deux influences. Pour estimer le coefficient à appliquer à chacun de ces 2 facteurs, nous avons reporté, sur un graphique nébulosité mistral, les points campagnes-région en notant les valeurs correspondantes de la température de l'eau de surface. Le petit nombre de points (12) rend imprécis le tracé des courbes isothermes. Pourtant, la courbe 21° nous a permis d'estimer grossièrement ce coefficient:

5 x nébulosité moyenne \leq 10 observations de mistral \gg 8 m/s
par mois \leq 8 x nébulosité moyenne (en octas).

Sur la figure 47, nous avons porté le refroidissement de l'eau de surface en fonction de la fréquence du mistral et de la nébulosité (1 octa pour 2 observations de mistral) : les points Antibes A.60 et Ramatuelle C.61 sont alors beaucoup mieux alignés. Dans cette action cumulative des 2 facteurs, il faut remarquer que leur influence est totalement indépendante, le mistral s'accompagnant toujours d'une nébulosité pratiquement nulle.

c) Etat de la mer

Nous n'avons pu mettre en évidence aucune corrélation entre l'état de la mer et l'apparition d'une couche isotherme. Pas plus que pour la fréquence du mistral, la différence de température existant entre l'atmosphère et l'eau de surface, nous n'avons pu lier la présence d'une couche isotherme à ce facteur climatologique.

CONCLUSION

Les méthodes d'hydrologie traditionnelle, utilisées par l'"Origny", nous ont permis de dégager les principales lois de la dynamique superficielle et profonde, durant l'été, le long du littoral de Marseille à Menton.

La présence de vents locaux particulièrement violents, surtout dans les deux régions occidentales, laissait penser que leur action immédiate sur la structure superficielle pouvait être importante. Or, des stations hydrologiques, effectuées aux mêmes endroits, à plusieurs jours d'intervalle, nous ont montré la permanence remarquable des structures hydrologiques, et ce, malgré des variations importantes dans le régime des vents. Les phénomènes d'upwelling liés au mistral semblent localisés près du littoral. En particulier, la présence d'une couche isotherme n'a pu être rattachée à un régime de vent ou un type de climat particuliers, pas plus qu'à une région où les conditions climatiques restent homogènes d'une campagne à l'autre. Au contraire, son apparition semble liée à des zones hydrologiques privilégiées. Il est, à ce point de vue, particulièrement significatif, que le pourcentage de surface isotherme ou à faible gradient se soit conservé pratiquement identique au cours des trois campagnes pendant lesquelles les conditions météorologiques ont varié. La couche isotherme ne se formerait donc pas par convection verticale, mais se propagerait par turbulence horizontale.

Par contre, sur de plus longues périodes, l'action de certains facteurs climatiques est particulièrement nette: la température de l'eau de surface semble être en étroite corrélation avec la fréquence du mistral et la nébulosité moyenne. Mais cette action n'est pas liée à des structures hydrologiques particulières, et n'en est jamais la cause immédiate: ces facteurs modifient des structures pré-existantes, qui gardent toujours leur identité.