



HAL
open science

OBSERVATIONS SUR L'HYDROLOGIE DE LA BAIE ET DU CANYON DE VILLEFRANCHE-SUR-MER

Youssef Halim

► **To cite this version:**

Youssef Halim. OBSERVATIONS SUR L'HYDROLOGIE DE LA BAIE ET DU CANYON DE VILLEFRANCHE-SUR-MER. Vie et Milieu , 1958, pp.278-292. hal-02880416

HAL Id: hal-02880416

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02880416v1>

Submitted on 25 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

OBSERVATIONS SUR L'HYDROLOGIE DE LA BAIE ET DU CANYON DE VILLEFRANCHE-SUR-MER (1)

par Youssef HALIM (2)

L'intérêt faunistique exceptionnel de la baie de Villefranche a été reconnu de longue date par les biologistes. Il nous a paru utile d'esquisser ici les principales caractéristiques du régime hydrologique de cette baie et du canyon sous-marin dont elle n'est que le prolongement. Ces observations ont été effectuées au cours d'un travail portant sur l'écologie du phytoplancton (Dinoflagellés) entre 1952 et 1955 (*Thèse*, Paris 1956).

I. — LE RÉGIME DES VENTS

Le régime des vents a une importance primordiale pour l'interprétation de l'hydrologie de la baie de Villefranche. La circulation et la stabilité verticales des eaux en dépendent. Par l'intermédiaire de ces deux facteurs, les vents agissent également sur le plancton et constituent ainsi un agent écologique des plus importants. Le tableau I résume les relevés trois fois quotidiens de la direction et de la force des vents, effectués pendant trente-deux mois au Sémaphore du cap Ferrat. Ces observations n'étant effectuées que trois fois par jour (à 6 h, 12 h et 18 h) ne peuvent donner qu'une image fragmentaire du régime des vents. Elles permettent cependant de se rendre compte de la direction et de la force des vents dominants.

(1) Reçu le 24 janvier 1958.

(2) Maître de conférences au Département d'Océanographie. Faculté des Sciences, Alexandrie (Égypte).

TABLEAU I

Les vents dominants de janvier 1953 à août 1955

Direction	N.	N.-E.	E.	S.-E.	S.	S.-W.	W.	N.-W.
	%	%	%	%	%	%	%	%
Total des relevés	2.8	7.6	43.6	5.3	2.3	12.6	19.5	3.8
Vents atteignant 6 m/s	3.2	5.9	43.6	2.9	0.5	3.5	31.2	8.8
Vents atteignant ou dépassant 16 m/s			25				75	

Les vents dominants soufflent parallèlement à la côte d'est en ouest et d'ouest en est. A des vitesses modérées, les vents soufflant du secteur est sont les plus fréquents (43,6 %). Ils ne présentent aucun caractère périodique et sont généralement d'une force moyenne. Les vents du secteur ouest, les plus fréquents après les premiers, sont plus irréguliers, plus violents et soufflent en rafales intermittentes. A des vitesses atteignant ou dépassant 16 m/s, ils représentent 75 % de tous les relevés. Le vent d'ouest, ou « Mistral », peut souffler en toutes saisons. Il a été cependant observé avec une certaine régularité au printemps (début juin) et à la fin de l'été (mi-septembre). Les observations disponibles ne suffisent pas toutefois pour lui assigner un caractère saisonnier.

II. — LES EFFETS HYDROLOGIQUES DES VENTS DOMINANTS

Deux exemples permettront de préciser les effets hydrologiques des deux vents dominants.

Le vent d'est.

Il est bien connu que tout vent soufflant parallèlement à la côte, celle-ci étant située sur la droite, crée un courant de surface dirigé perpendiculairement à la côte. L'accumulation (ou « piling-up ») des eaux du large le long de la côte a pour effet de créer en profondeur un courant de compensation dirigé vers le large. Cette théorie s'applique au vent d'est et se trouve vérifiée par les observations. Nous avons observé très fréquemment à Villefranche que les eaux de surface, repoussées du large dans la baie, se mélangent avec les eaux de celle-ci et, le mouvement gagnant peu à peu en profondeur, au bout d'un certain temps, les eaux de la baie deviennent quasi-homogènes. Les caractéristiques de salinité et de température ainsi acquises par ces eaux sont

très rapprochées de celles des eaux superficielles. La profondeur atteinte par ce mouvement est variable. Elle dépend de la durée et de la force du vent, ainsi que du degré de stratification des eaux. Son amplitude est sensiblement plus grande l'hiver — les différences de densité étant minimales sinon nulles — qu'en été. Si, l'été, elle n'est que de quelques dizaines de mètres, elle atteint en hiver les couches profondes jusqu'à 200-300 mètres, au large de la baie. Pour les mêmes raisons, toutefois, le phénomène est mieux observable au printemps et en été. Les deux séries d'observations du tableau II, effectuées à la position *A*, sont séparées par une période dominée par un régime de vent d'est.

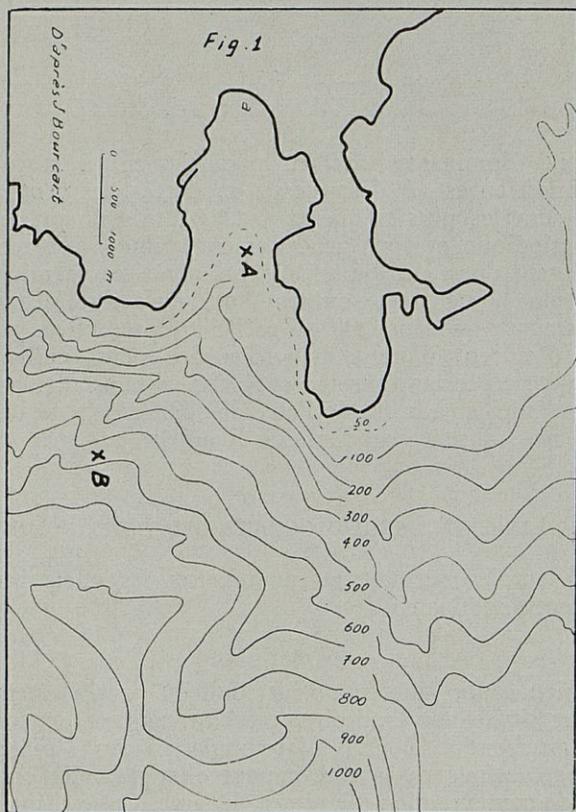


Fig. 1. — La baie de Villefranche et le début du canyon. Positions des stations *A* et *B*. Les isobathes sont reproduits d'après les cartes de J. BOURCART.

On peut constater que sous l'action du vent d'est les eaux sont devenues quasi-homogènes jusqu'à 25 mètres et que la stabilité verticale est passée de 44 à 1. Dans tous les autres cas observés le vent d'est

a eu pour effet de réduire les écarts de température, de salinité et de densité entre les couches affectées, rapprochant ainsi la stabilité de zéro. Ces conclusions sont en accord avec les observations d'IDRAC (1934) sur l'effet thermique du vent d'est.

TABLEAU II
Effets du vent d'est sur la salinité, la température,
la densité et la stabilité (Station A).

m	22 Mai 1953			8 Juin 1953		
	t°	S ‰	σ_t	t°	S ‰	σ_t
1	19,84°	37,88	27,02	17,97°	37,98	27,57
10	17,14°	37,98	27,79	17,91°	37,98	27,60
25	15,92°	38,03	28,12	17,91°	37,98	27,60
	Stabilité de 1 m à 25 m = 44			Stabilité de 1 m à 25 m = 1		

Le vent d'ouest ou « Mistral » et les remontées d'eaux.

Les effets hydrologiques du vent d'ouest sont à l'opposé de ceux du vent d'est. Les eaux de surface de la baie sont repoussées vers le large et leur déplacement crée un courant de compensation ascendant (ou « up-welling ») qui peut finalement amener en surface des eaux du canyon sous-marin prolongeant la baie. Ces remontées d'eaux, connues empiriquement de longue date et associées à des chutes de température soudaines, ont été démontrées par les observations d'IDRAC (1933-34) confirmées par ROMANOWSKY (1950). C'est à ces remontées d'eaux provoquées par le mistral — et à la proximité des grandes profondeurs — que la baie de Villefranche doit sa richesse et la variété de sa faune et de sa flore planctoniques. Il nous a été possible d'observer ce phénomène de nombreuses fois : il suffira d'analyser l'exemple très caractéristique du mois de décembre 1954.

Le 6 décembre 1954, la couche de surface (Station A) était fortement dessalée par les eaux de pluie; la salinité, 36,85 ‰ à 1 mètre augmentait d'abord rapidement jusqu'à 10 mètres puis graduellement jusqu'au niveau des 50 mètres où elle atteignait 37,93 ‰. Par suite du refroidissement de l'atmosphère, la température était de 1,10° plus faible en surface qu'à 50 mètres. La densité augmentait régulièrement avec la profondeur, indiquant une stratification stable des couches d'eau. La couche de surface se différençait ainsi des couches sous-jacentes par une salinité, une température et une densité sensiblement plus faibles. Durant les dix jours qui ont suivi, de fortes rafales de vent

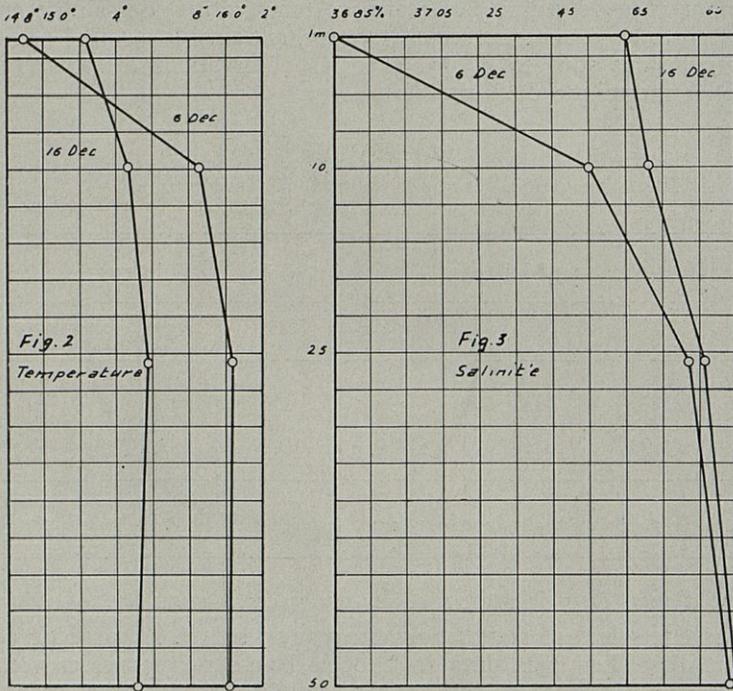


Fig. 2. — Répartition verticale de la température à la station A les 6 et 16 décembre 1954.

Fig. 3. — Répartition verticale de la salinité aux mêmes dates.

d'ouest et sud-ouest (dépassant 14 m/s) ont eu lieu, entrecoupées de vent d'est accompagné d'orages pluvieux. Des observations de température effectuées quatre fois par jour au pied du débarcadère de la Station Zoologique, ont permis de constater une *augmentation* de température par paliers (voir fig. 5).

Cette augmentation atteignait son maximum les 9 et 10 décembre, deux à trois jours après la levée de mistral et déclinait ensuite. L'écart atteint + 1° le 9 décembre, quoique la température atmosphérique, relevée en même temps, ait sensiblement baissé (— 2° pour les moyennes quotidiennes).

Le 16 décembre, une deuxième série d'observations fut effectuée à la Station A et donna une répartition de la salinité, de la température et de la densité tout à fait différentes (tableau III, fig. 2, 3 et 4). La température a augmenté à 1 mètre de 0,34° et la salinité de 0,80 ‰ en dépit de fortes chutes de pluies (48,6 mm). Également à 10 mètres, 25 mètres et 50 mètres la salinité s'est élevée, mais par contre, la tem-

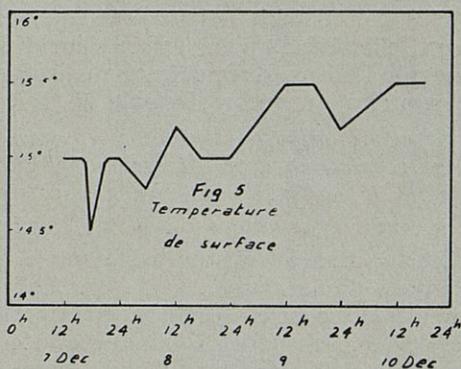
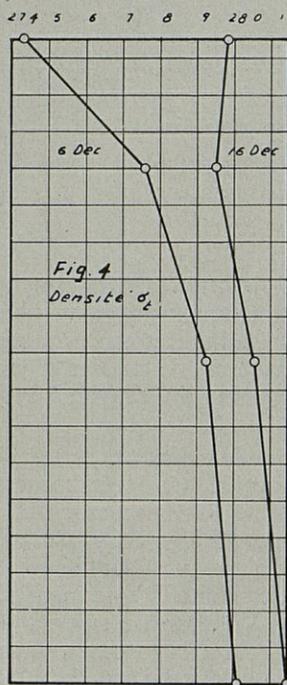


Fig. 4. — Répartition de la densité.

Fig. 5. — La température de surface relevée au débarcadère de la station du 7 au 10 décembre.

TABLEAU III

Effets du mistral sur la salinité, la température et la densité au mois de décembre 1954 (St. A.).

m	TEMPÉRATURE			SALINITÉ			DENSITÉ σ_t		
	6 déc.	16 déc.	diff.	6 déc.	16 déc.	diff.	6 déc.	16 déc.	diff.
I	14,90°	15,24°	+ 0,34	36,85	37,65	+ 0,80	27,43	27,99	+ 0,56
10	15,86°	15,47°	- 0,39	37,55	37,71	+ 0,16	27,78	27,95	+ 0,19
25	16,04°	15,58°	- 0,40	37,82	37,86	+ 0,04	27,93	28,06	+ 0,14
50	16,02°	15,51°	- 0,51	37,93	37,95	+ 0,02	28,01	28,15	+ 0,14

pérature accuse une baisse sensible et l'écart entre les deux stations est plus considérable à 50 mètres qu'aux autres niveaux. Quant à la densité, elle révèle qu'en surface s'étend une couche d'eau un peu plus dense que les eaux directement sous-jacentes jusqu'à 15 mètres, et donc une stratification encore instable en voie de se rétablir.

L'augmentation en densité des eaux en surface (+ 0,56) et à tous les autres niveaux, en dépit des conditions atmosphériques, ne laisse pas de doute sur le fait qu'il s'est bien produit un « up-welling ».

De ces observations on peut déduire :

1° L'action du mistral a été suivie d'une *substitution* à la couche de surface d'une masse d'eau ayant les caractéristiques des eaux plus profondes de la baie à cette époque de l'année (salinité et température plus élevées, densité plus grande), et à ces dernières, de masses d'eau plus salines, plus froides et plus denses, provenant du canyon sous-marin prolongeant la baie.

2° La profondeur de la colonne d'eau ébranlée dépasse certainement 50 mètres. En effet, la densité de surface le 16 décembre est pratiquement égale à celle des eaux à 50 mètres le 6. Mais l'amplitude réelle du phénomène est certainement plus grande. Elle a été masquée, d'une part par la pluie, d'autre part par le vent d'est qui a soufflé entre les rafales de mistral, freinant ainsi le courant ascendant. D'une manière générale, l'amplitude de ce phénomène varie à Villefranche suivant le degré de stratification des eaux, et suivant la durée et la force du vent. Pour un vent d'une force et d'une durée égales, la colonne d'eau ébranlée sera plus grande en hiver, à la période d'homothermie, qu'en été.

3° Contrairement à l'opinion admise, le mistral n'est pas nécessairement associé à un refroidissement des eaux. Le vent d'ouest, soufflant au début de l'hiver peut comme on l'a vu, avoir pour effet d'augmenter la température en surface.

4° Aucune augmentation du taux des sels nutritifs ni de la production du phytoplancton n'a été observée à la suite du mistral. Le courant ascendant de Villefranche ne semble pas être un agent d'enrichissement des eaux de surface, contrairement à ce qui se produit le long de la côte africaine de l'Atlantique Sud (courant du Benguela), de la côte du Pérou ou de la côte Californienne. Ceci permet de penser que le phénomène n'atteint jamais les couches riches en sels nutritifs, profondes de plus de 200 mètres en Méditerranée.

III. — HYDROLOGIE DU CANYON SOUS-MARIN DE VILLEFRANCHE (juillet 1955)

Une coupe de 4 stations a été effectuée dans une direction nord-sud à partir de la position *A*. Ces observations ont été faites à bord du « Passeur-du-Printemps », grâce à l'obligeance de M. V. ROMANOWSKY,

directeur du « Centre de Recherches et d'Études Océanographiques », avec le concours de M. LE FLOCH du même Centre. Voici les positions approximatives de ces stations : Station *A*, centre de la baie; Station *B*, 1 700 mètres au sud du cap de Nice; Station *C*, 10 500 mètres; Station *D*, 25 000 mètres. Les données obtenues semblent suffisamment significatives pour permettre d'esquisser l'essentiel de l'hydrologie du canyon, dans ses rapports d'une part avec le régime des vents, d'autre part avec la circulation des masses d'eaux en Méditerranée (NIELSEN, 1912).

Salinité et température (fig. 6 et 7). — La salinité maximum est située entre 300 mètres et 600 mètres. A ce niveau, une couche d'eau intermédiaire dont la salinité est sensiblement plus élevée que celle des eaux de surface et des eaux profondes est observable aux trois stations *B*, *C* et *D*. Les isohalines de 38,45 ‰ délimitant cette masse d'eau, se rapprochent de la surface à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers le sud. La valeur du maximum de *S* ‰ diminue dans le même sens et passe de 38,48 ‰ à la station *C* à 38,46 ‰ à la station *D*. C'est la « couche intermédiaire » de salinité maximum observée par NIELSEN (1912) dans toute la Méditerranée occidentale et qui provient du bassin oriental. Cette couche intermédiaire apparaît également dans les observations de l'expédition du « Dana » (1928-1930), dans celle de l'« Atlantis » (1948), ainsi que dans celles de RICHARD, OXNER et SIRVENT (1907-1914) au large de Monaco, et de TROTTI dans la mer Ligurie (1953).

La coupe de la figure 6 montre aussi par ailleurs la présence d'une nappe de salinité minimum, axée cette fois autour des 50 mètres et qui s'étend aux quatre stations, entre les isohalines de 38,00 ‰. Son épaisseur diminue à mesure que l'on se rapproche de la station *D* et la valeur du minimum de salinité augmente dans le même sens, passant de 37,81 ‰ à la station *A*, à 37,97 ‰ à la station *D*.

TABLEAU IV

La couche de salinité minimum

<i>m</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	38.01	37.88	37.97	38.06
25	37.97	37.95	37.94	37.97
50	37.91	37.83	37.83	37.99
100		37.94	38.02	38.15

Les moyennes générales des salinités à la station *A* (novembre 1952-août 1955) montrent également — compte tenu des précipitations atmosphériques sur les eaux de surface — une salinité relativement faible à 50 mètres.

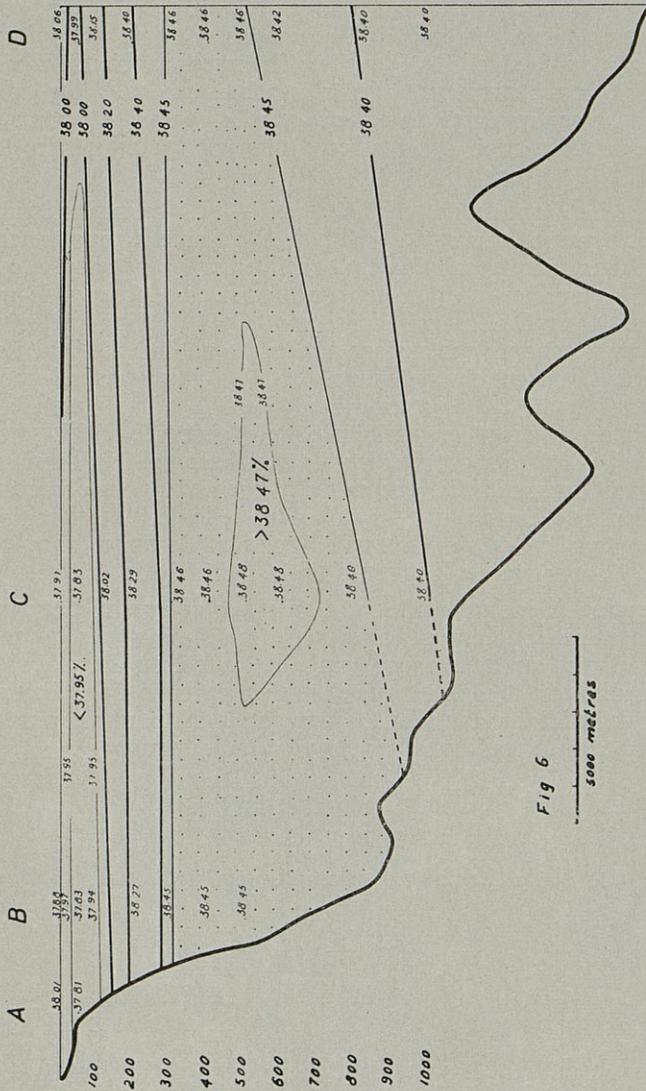


Fig. 6. — Répartition verticale de la salinité entre les stations A, B, C et D

TABLEAU V

Salinités minimum, maximum et moyennes à la station A
(nov. 1952-août 1955)

<i>m</i>	minimum	maximum	moyenne générale
1	36.84	38.24	37.89
25	37.61	38.21	37.99
50	37.79	38.06	37.96

Cette nappe de salinité minimum qui apparaît également dans les stations de TROTTI (1953) entre Capo Grosso et Capo delle Mele, n'a pas d'explication dans les conditions locales de la baie et de la région de Villefranche. Elle ne peut trouver son explication que dans le régime de la circulation des eaux en Méditerranée occidentale. *Il semble probable que ce minimum de salinité soit dû à l'influence du courant de l'Atlantique*, pénétrant en Méditerranée par le détroit de Gibraltar et dont une branche se trouve déviée vers le nord, en suivant les côtes.

Les variations de la *température* présentent des analogies avec celles de la salinité. La coupe de la figure 7 montre un maximum intermédiaire situé approximativement au même niveau que le maximum intermédiaire de la salinité. De plus, cette couche intermédiaire de température maximum, délimitée par les deux isothermes inférieurs de 13,20°, a son axe incliné par rapport à l'horizontale. Il est plus éloigné de la surface à mesure que l'on se rapproche de la côte. Le maximum intermédiaire est atteint à partir de 200 mètres à la station D (13,33°); à la station C il est situé à 500 mètres. Sa valeur, 13,35°, est également plus élevée à cette dernière station.

L'inclinaison des isothermes et des isohalines vers le bas à mesure que l'on se rapproche de la côte résulte de la prédominance des vents de secteur est. Tout se passe comme si l'accumulation des eaux de surface le long de la côte provoquée par ces vents, repoussait la couche intermédiaire — plus dense — vers le bas. Par le même effet, à une certaine distance de la côte (station D) cette couche est *appelée* vers la surface en compensation des eaux repoussées vers la côte. La forme très caractéristique du second isotherme de 13,30° (fig. 7) est à l'appui de cette interprétation. *Ainsi, par un effet indirect, le vent d'est occasionne une remontée des eaux intermédiaires en haute mer.*

En considérant par ailleurs la couche délimitée par les deux premiers isothermes de 13,20°, on constate qu'elle constitue un *premier minimum* de température, précédé et suivi de températures plus élevées. Cette couche, très étroite à la station D, s'élargit sensiblement à mesure que l'on se rapproche de la côte. Elle est également inclinée plus ou moins parallèlement à la couche qui lui fait suite, de sorte que le minimum de température situé à 100 mètres à la station D (13,18°) n'est atteint qu'à 200 mètres aux stations C et B. Ce minimum s'accroît également dans le même sens (respectivement 13,10° et 13,04°).

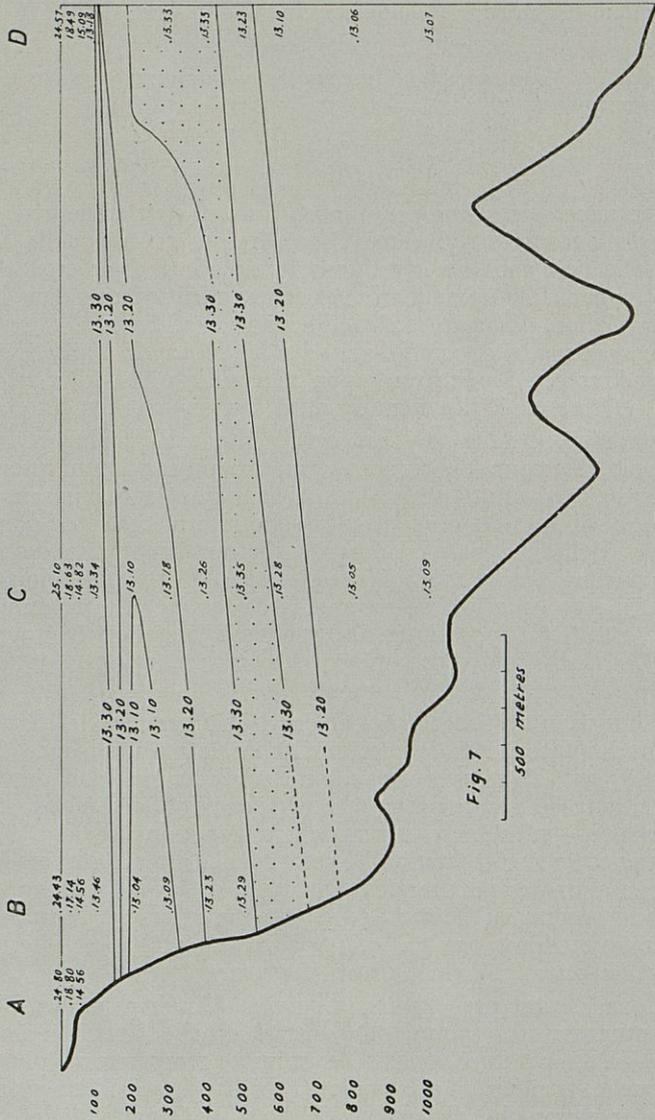


Fig. 7. — Répartition verticale de la température entre les stations A, B C et D.

La couche de température minimum, située approximativement à la limite inférieure des eaux affectées par les changements saisonniers de la température atmosphérique s'est constituée l'hiver précédent à la période d'homothermie, par un processus analogue au « cascading » décrit par COOPER et VAUX (1949). Conservant encore en juillet une température proche de celle des eaux de surface en janvier-mars, elle s'est différenciée peu à peu de l'épithalasse. Le minimum plus accentué de la température et l'amplitude plus grande de cette couche à proximité de la côte résultent de l'action du vent d'est l'hiver précédent. Enfin, l'inclinaison des isothermes est un effet de la remontée, au large, de la couche intermédiaire.

Les sels nutritifs. — La répartition des phosphates dans les eaux du canyon est non moins significative. Les plus hautes concentrations en phosphates sont celles de la couche intermédiaire, considérablement plus élevées que celles des eaux de surface et même des eaux profondes (tableau VI). La richesse en phosphates de la couche intermédiaire permet de la caractériser comme étant constituée par des eaux « âgées », ayant quitté la couche photique depuis plus longtemps que les eaux à 800-1 000 mètres. Ceci confirme les conclusions tirées des indices de salinité et de température de la couche intermédiaire.

TABLEAU VI

Répartition des phosphates dans le canyon de Villefranche
(en μ -at.g. $PO_4/P/L$)

m	A	B	C	D
1	0,16	0,22	0,25	0,16
25	0,16	0,20	0,19	0,27
50	0,22	0,20	0,31	0,22
100		0,33		0,30
200			0,44	0,52
300		0,38	0,44	0,46
400			0,49	0,71
500		0,44	0,55	0,71
600			0,41	0,49
800			0,38	0,47
1 000			0,38	0,33

Le maximum intermédiaire des phosphates n'apparaît pas dans les eaux étudiées par F. BERNARD au large de Monaco (1937) ni dans les stations du « Dana » ou de l'« Atlantis » dans le sud du bassin occidental.

Contrairement aux phosphates, les nitrates augmentent continuellement avec la profondeur et ne présentent pas de maximum intermédiaire (tableau VII).

TABLEAU VII
Répartition verticale des nitrates à la St. D.
(exprimée en μ -at.g. $\text{NO}_3/\text{N/L}$)

m	NO_3/N	m	NO_3/N
I	0,88	400	5,70
25	0,88	500	5,70
50	1,32	600	6,05
100	4,40	800	6,05
200	4,40	1 000	6,05
300	5,70		

CONCLUSIONS

1° Les vents de secteur est, prédominants, provoquent l'accumulation des eaux de surface le long de la côte. Ce régime a pour conséquence en hiver l'homogénéisation des eaux côtières jusqu'à une profondeur approximative de 300 mètres; en été, occasionnellement, de quelques dizaines de mètres. Des courants de compensation se forment, dirigés, l'un, de la côte vers le large en profondeur; l'autre, en haute mer, de la « couche intermédiaire » vers la surface.

2° Les rafales de vent d'ouest occasionnent des remontées d'eaux (*upwelling*) du fond de la baie vers la surface et du canyon sous-marin vers la baie. Par suite de la discontinuité du vent d'ouest, l'amplitude de ce mouvement est relativement limitée et n'atteint pas les couches riches en sels nutritifs.

3° La couche intermédiaire de salinité et de température maximum, originaire du bassin oriental (NIELSEN), est observable dans le canyon de Villefranche. Elle est ici caractérisée également par un maximum en phosphates. Sa profondeur est affectée par les vents de secteur est : repoussée vers le bas le long de la côte, elle subit un *mouvement ascendant* en haute mer.

4° Une nappe d'eau de salinité relativement faible, axée autour des 50 mètres, est observable aussi bien dans la baie qu'en haute mer. Elle résulte de l'influence d'une branche du courant Atlantique déviée vers le nord.

APPENDICE

LES MÉTHODES.

La salinité a été dosée par la méthode de KNUDSEN, l'eau de mer normale de Copenhague étant prise comme référence. La densité (σ)

est obtenue d'après les tables de KNUDSEN. La stabilité est calculée d'après la formule simplifiée $\frac{\delta\sigma_t 10^{-3}}{\delta z}$ (SVERDRUP, JOHNSON, FLEMING).

Les phosphates ont été dosés par la méthode de HARVEY (1948). Les mesures étant effectuées à l'aide d'un électro-colorimètre du type « MEUNIER ». L'erreur instrumentale est de $\pm 0.07 \mu\text{.at.g.PO}_4/\text{P/L}$.

Les nitrates ont été dosés avec le réactif à la strychnine réduite et la plupart des prélèvements analysés deux ou trois fois. L'erreur est de $\pm 0.3 \mu\text{.at.g.NO}_3/\text{N/L}$.

Les résultats des dosages seront publiés *in extenso* dans un travail ultérieur.

ABSTRACT.

The wind regime and the effects of the predominating winds are described. The main hydrographic features of the Bay and submarine canyon are outlined. NIELSEN's intermediate layer of salinity and temperature maximum is here characterised also by a maximum in phosphates. As an effect of the East winds, this layer shows a tendency to upwell at about 16 miles offshore. Occasional squalls of West winds also produce upwellings within the Bay, but they are less frequent and of a limited extent. A wedge shaped layer, the layer of first minimum in temperature, formed the preceding winter, extends off the continental slope at depths of about 200-300 meters. Mixed Atlantic waters are observed as a subsurface thin layer off' salinity minimum.

Station Zoologique, Villefranche-sur-Mer.

Faculté des Sciences, Alexandrie.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD (F.), 1938. — Cycle annuel du nanoplancton à Monaco et Banyuls : Étude quantitative. *Ann. Inst. Océanogr.*, XVII, pp. 349-405.
- BOURCART (J.), 1944. — Les sables profonds de la Méditerranée. *Arch. des Sciences*, Genève, vol. 8, fasc. 1, 9 p.
- Bulletin Hydrographique pour l'année 1948*. Service Hydrographique. Bureau du Conseil Int. Expl. mer, 1952.
- COOPER (L.-H.-N.) et VAUX, DAVID, 1949. — Cascading over the continental slope of water from the Celtic Sea. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 28, pp. 719-750.
- Dana Report n° 12*, 1937. — Hydrographical observations made during the « Dana », Expedition 1928-30. Copenhagen, Carlsberg Foundation, 46 p.
- HALIM (Y.), 1956. — Étude quantitative et qualitative du cycle écologique des Dinoflagellés dans les eaux de Villefranche (1953-1955). *Thèse*. Paris.
- HARVEY (H.-W.), 1948. — The estimation of Phosphate and of total phosphorus in sea waters. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, XXVII, pp. 337-59.

- IDRAC (P.), 1933. — Influence du mistral et du vent d'Est sur la température des couches sous-marines sur la Côte d'Azur. *C. R. Acad. Sci.*, pp. 1 680-81
- IDRAC (P.), 1934. — Recherches sur les mouvements et fluctuations de température des eaux sous-marines en Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, 14, pp. 21-35.
- NIELSEN (J.-N.), 1912. — Hydrography of the Mediterranean Sea et adjacent waters. *Rep. Danish Oceanogr. Exp.*, 1908-10, vol. I.
- RICHARD (J.), OXNER (M.) et SIRVENT (L.), 1923. — Observations méthodiques de température et salinité à diverses profondeurs au large de Monaco de décembre 1907 à mars 1914. *Bull. Inst. Océanogr.*, n° 436.
- ROMANOWSKY (V.), 1950. — Les remontées des eaux profondes dans la baie de Villefranche. *Cahiers du Centre Recher. Études Océanogr.*, n° 2.
- THOMSEN (H.), 1931. — Nitrate and Phosphate content of Mediterranean water. *Rep. Danish Ocean. Exp.*, 1908-10, III, n° 6, 14 p. Copenhagen.
- TREGOUBOFF (G.), 1946. — Le Plancton marin. *Bull. Inst. Oceano. Monaco*, n° 894.
- TROTTI (L.), 1951. — Ricerche idrografiche sulle acque costiere ligustiche. *Centro. Talasso. Tirreno. Pubbl.*, VIII, Genova.
- TROTTI (L.), 1953. — Risultati delle crociere talassografiche nel mar Ligure e nell'alto Tirreno. *Centro Talasso. Tirreno. Pubbl.* 14, Genova.