

CONDITIONS HYDROLOGIQUES DANS LE SUD DU GOLFE DU LION DE NOVEMBRE 1968 A JUILLET 1969

par Michel FEY † et Catherine ROUALT
Laboratoire Arago, 66 - Banyuls-sur-Mer

I. — INTRODUCTION

19 radiales, comprenant chacune 6 stations hydrologiques, ont été effectuées de novembre 1968 à juillet 1969, entre Banyuls-sur-Mer et le rech Lacaze-Duthiers; 4 radiales ont été réalisées plus au Sud, vers le rech du Cap.

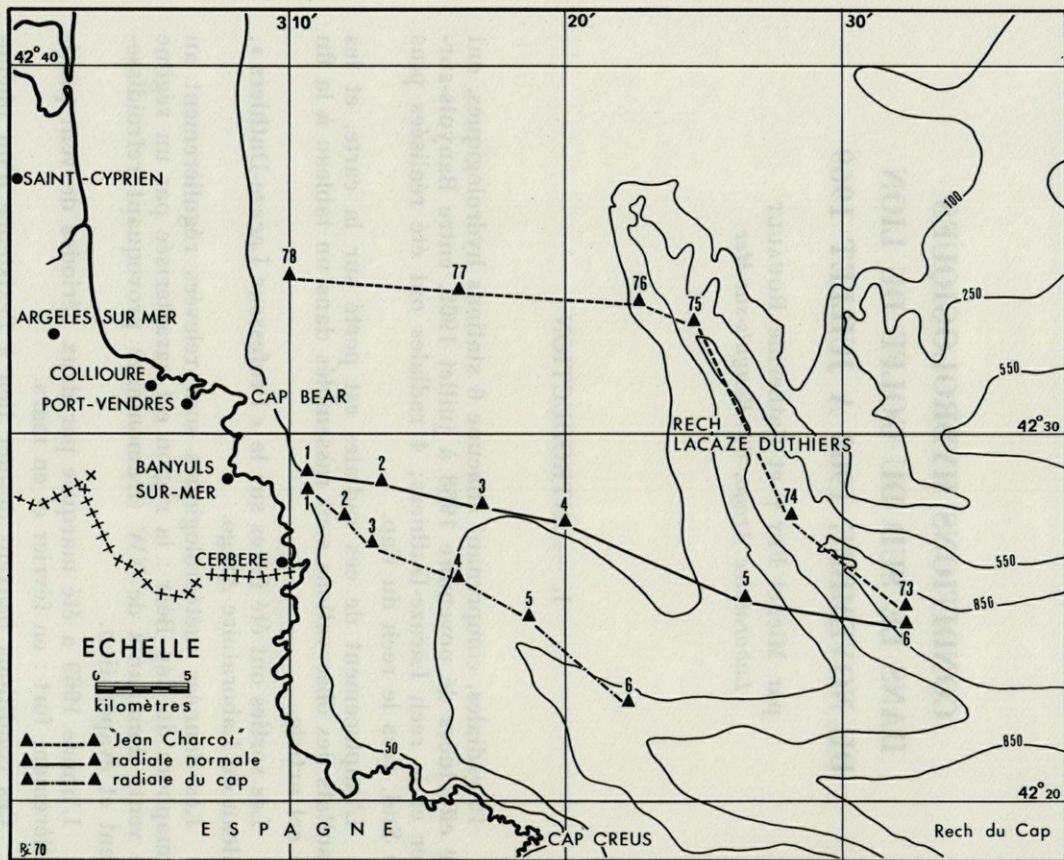
L'emplacement de ces radiales est porté sur la carte, et les résultats des observations sont rassemblés dans un tableau à la fin de cet article.

Les sorties ont été faites sur le « Professeur Lacaze-Duthiers », bateau du Laboratoire Arago.

Les données météorologiques sont relevées régulièrement au sémaphore du Cap Béar : la région est caractérisée par un régime de vents dominants de NW (tramontane) provoquant refroidissement et évaporation.

L'année 1969 a été marquée par deux périodes de vent particulièrement fort : en février et en mars.

Ces conditions peuvent donner lieu à l'existence d'un phénomène de " cascading " qui consiste en une plongée d'eau à la côte et en leur descente sur le plateau continental, jusqu'à ce qu'elles soient en équilibre de densité. Ce phénomène a déjà été reconnu dans la région (BOUGIS, 1954).



Carte de la région de Banyuls-sur-Mer; localisation des points.

II. — ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE

Nous avons utilisé, pour les relevés de température, des thermomètres à renversement Yoshino et Richter et Wiese.

Nous avons tracé, pour chaque station, la coupe de l'évolution de la température de novembre à juillet (fig. 1, 2 et 3).

1) Nous observons un premier minimum fin janvier, début février, qui se fait sentir jusqu'à la station 5 (nous n'avons pas de données pour le point 6 à cette époque).

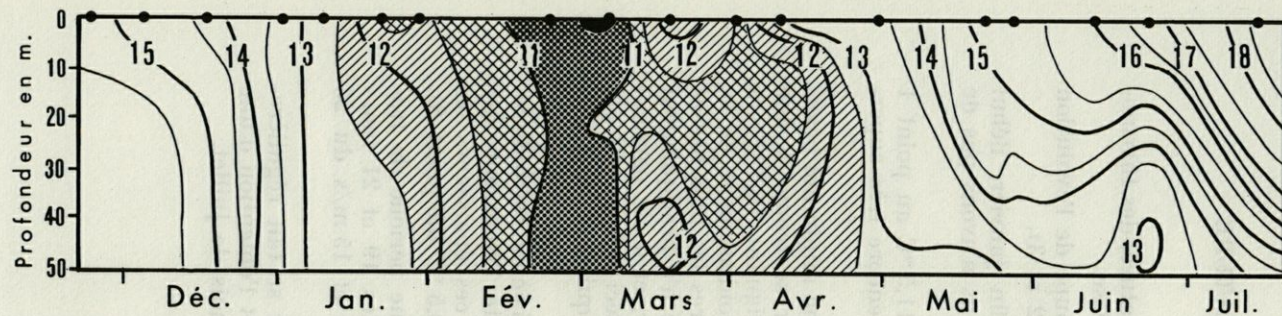
Les températures de surface descendent à $11,5^{\circ}\text{C}$ au point 1 et $12,92^{\circ}\text{C}$ au point 5. Cette première étape est encore très superficielle.

2) A la fin de février, nous avons un deuxième minimum beaucoup plus marqué : au point 1 toute l'épaisseur se trouve à une température inférieure à 11°C , la surface atteignant $10,3^{\circ}\text{C}$ au début de mars. Pour les stations 3 à 5, ce refroidissement ne se fait sentir que sur le fond. Ce sont les températures les plus basses atteintes au cours de l'hiver 1969. La tramontane n'a pratiquement pas arrêté de souffler pendant le mois de février, et a été particulièrement forte du 3 au 18, atteignant 29 m/s . Ceci a bien sûr été accompagné d'une chute de température de l'air qui était de $2,5^{\circ}\text{C}$ le 16 février.

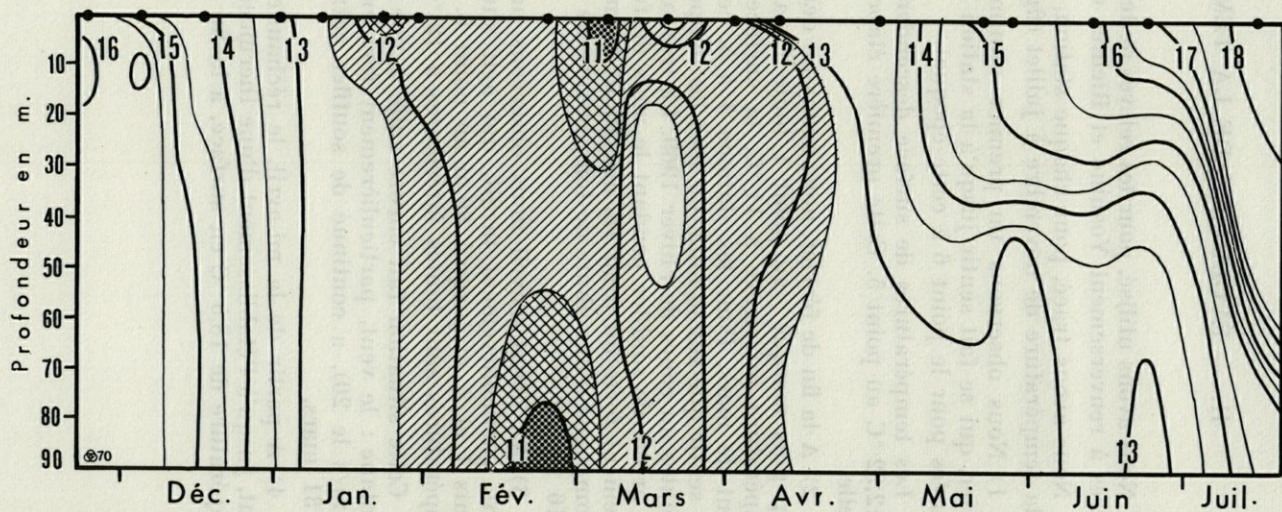
3) Au début d'avril nous observons un troisième refroidissement, particulièrement tardif, qui agit sur toute l'épaisseur aux points 1 et 2, et jusqu'à 60 m au point 6. Sur ces épaisseurs les températures sont toutes inférieures à 12°C ($12,5^{\circ}\text{C}$ au point 6).

Cette situation fait encore suite à une longue période de tramontane : le vent, particulièrement fort entre les 19 et 21 mars (25 m/s le 20), a continué de souffler entre 10 et 15 m/s du 23 au 31 mars.

4) A partir de la mi-avril, le réchauffement se fait régulièrement, jusqu'à l'établissement d'une thermocline et l'obtention d'une température de $18,5^{\circ}\text{C}$ en surface, à la fin du mois de juillet.



Point 1



Point 2

FIG. 1 — Coupes de l'évolution de la température (point 1, point 2).

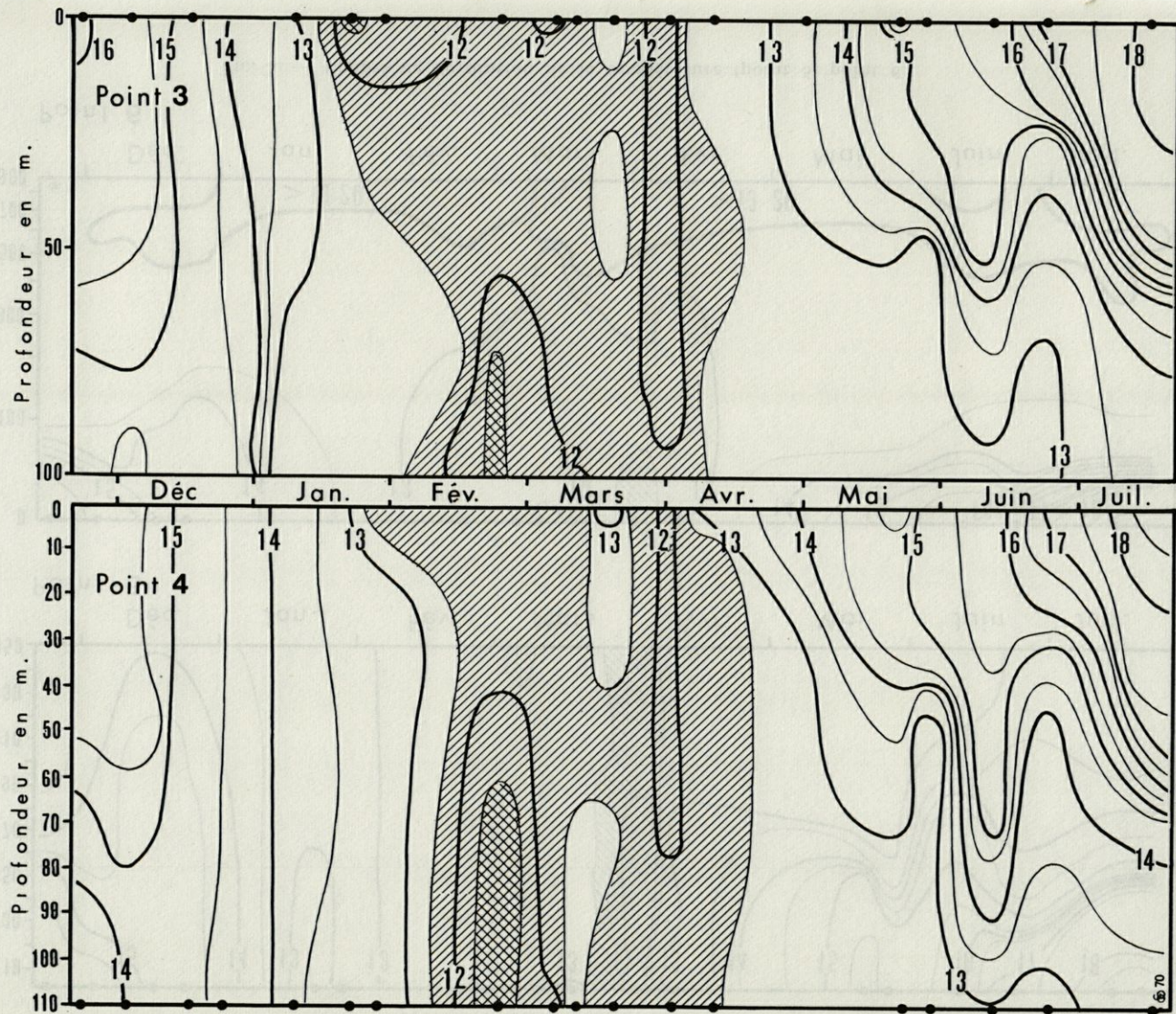


FIG. 2. — Coupes de l'évolution de la température (point 3, point 4).

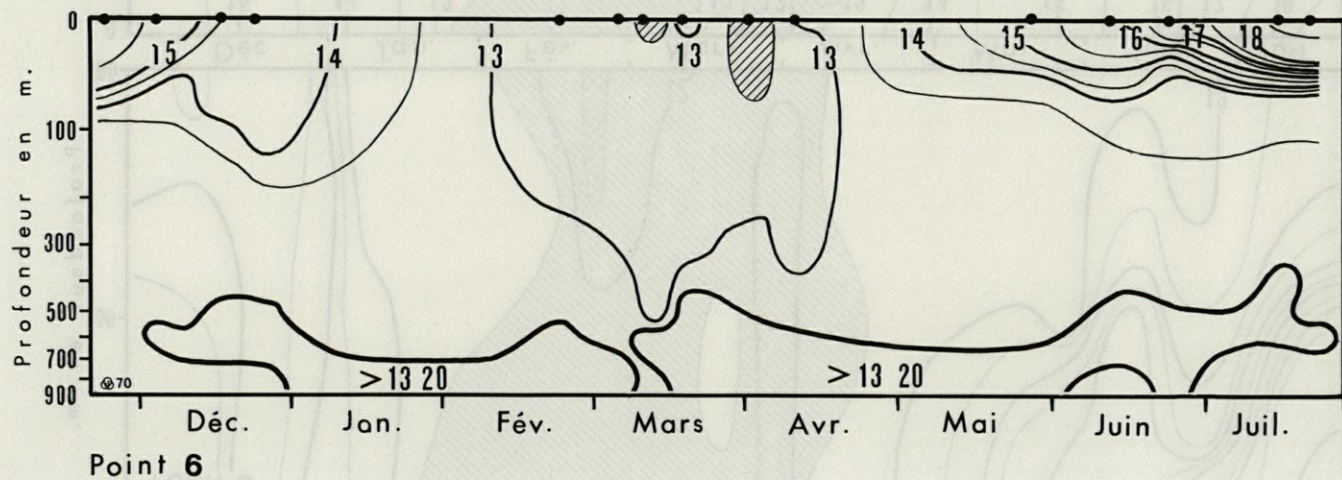
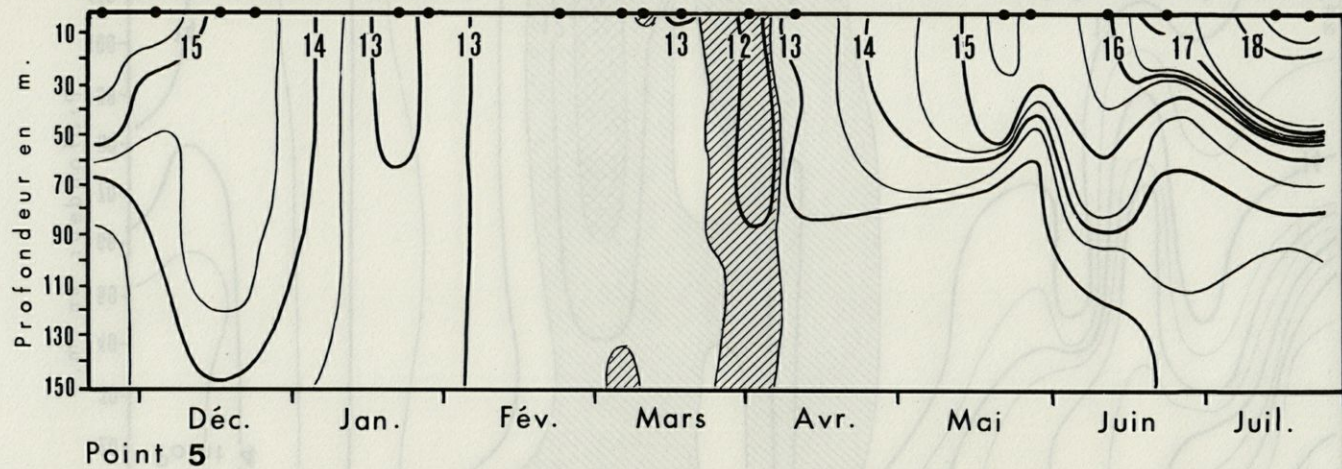


FIG. 3. — Coupes de l'évolution de la température (point 5, point 6).

III. — ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ

Les salinités ont été mesurées au salinomètre Itech, qui n'a pas donné entière satisfaction; nous avons dû supprimer plusieurs valeurs manifestement erronées. A partir de février nous avons utilisé un salinomètre I.M.E. qui a donné de bons résultats.

L'examen des différentes courbes de l'évolution de la salinité (fig. 4, 5, 6) fait ressortir les faits suivants :

1) Des dessalures fréquentes apparaissent en surface, et peuvent être suivies jusqu'au point 6. Elles sont dues aux pluies (début mars et début avril), et surtout aux apports d'eau douce des rivières (Têt, Tech et Agly).

2) Aux stations inférieures à 150 m, en faisant abstraction de ces dessalures superficielles, la salinité varie de 37 à 38 ‰.

3) Trois périodes de maximum de salinité semblent correspondre aux trois périodes de minimum de température examinées précédemment.

Nous pourrions comparer plus facilement l'évolution de la température et de la salinité en examinant les volants thermiques et halins aux différentes stations.

4) A la station profonde nous avons, comme nous pouvions nous y attendre, des salinités plus fortes qu'à la côte (37,80 ‰ à 38,49 ‰).

Nous observons une zone de salinité maximale, qui caractérise les eaux intermédiaires. Elles apparaissent à partir de 500 m, avec des salinités allant de 38,45 ‰ à 38,50 ‰, et des températures allant de 13,18 °C à 13,30 °C. Nous remarquons, dans cette couche, des valeurs particulièrement basses au mois de mars : 13,16 °C et 38,42 ‰.

L'eau intermédiaire semble avoir disparu; elle a pu être repoussée par des eaux venant de la côte, qui coulent dans le rech, et qui vont ensuite se mélanger aux eaux environnantes. Nous verrons plus loin la justification d'une telle hypothèse.

Ces maximums, permettant de déterminer l'eau intermédiaire, sont beaucoup plus nets en salinité qu'en température. Les valeurs données ici sont bien inférieures à celles attribuées à l'eau intermédiaire au moment de sa formation; à la sortie du canal de Sicile, on a : $13\text{ °C} < T < 14,30\text{ °C}$ et $38,65\text{ ‰} < S < 38,70\text{ ‰}$. Dans leur mouvement vers l'Ouest cette eau a vu ses caractéristiques s'atténuer par mélange avant d'atteindre le golfe du Lion.

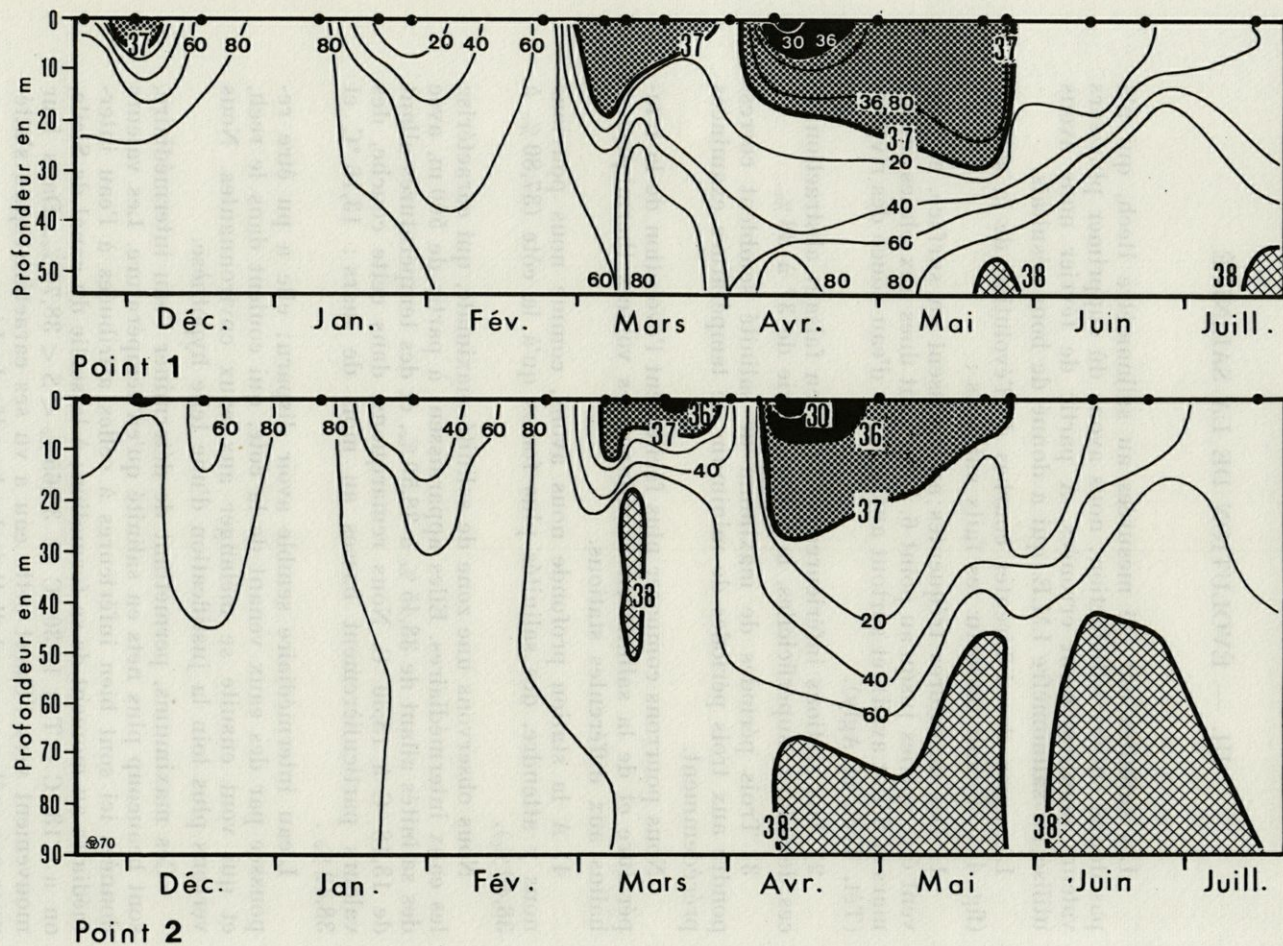


FIG. 4. — Coupes de l'évolution de la salinité (point 1, point 2).

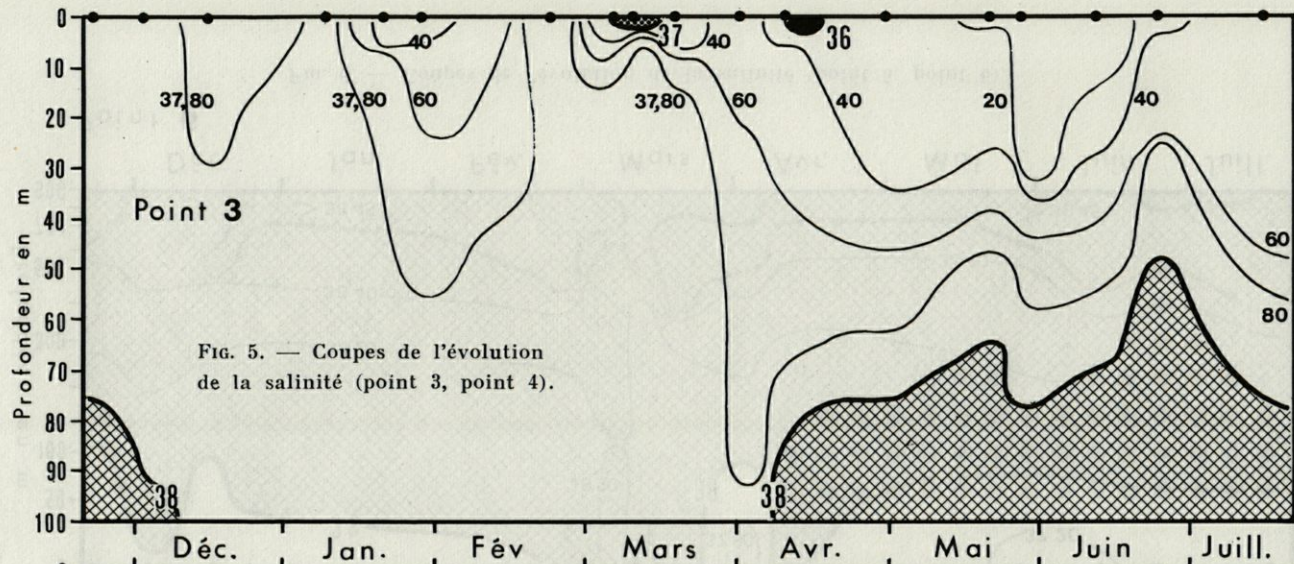
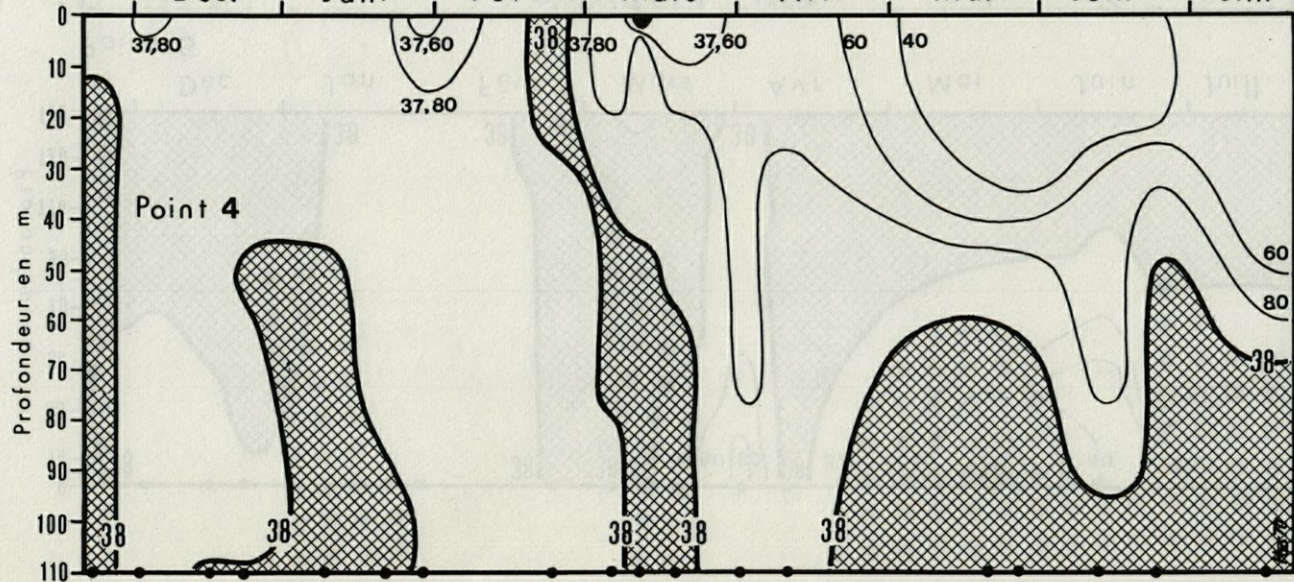
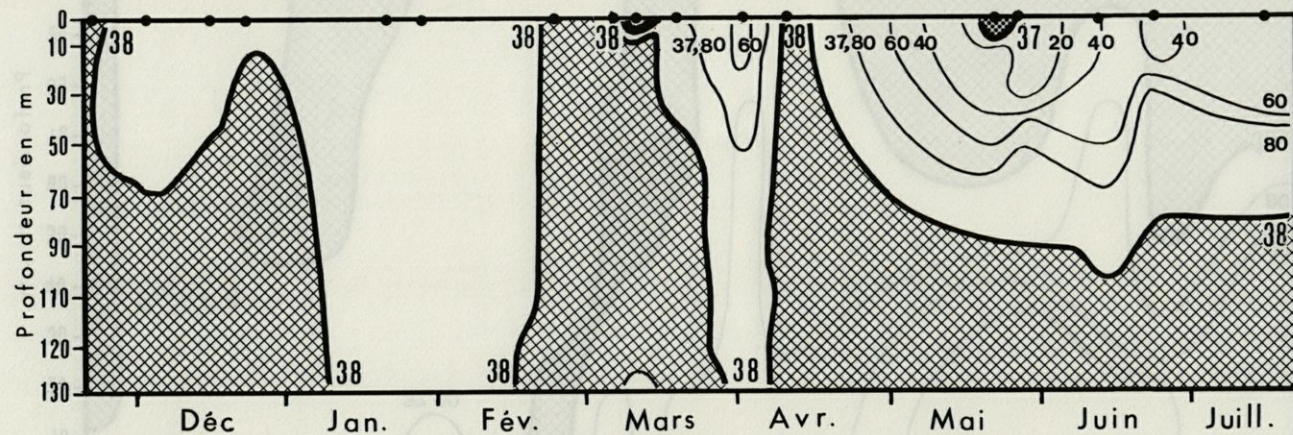
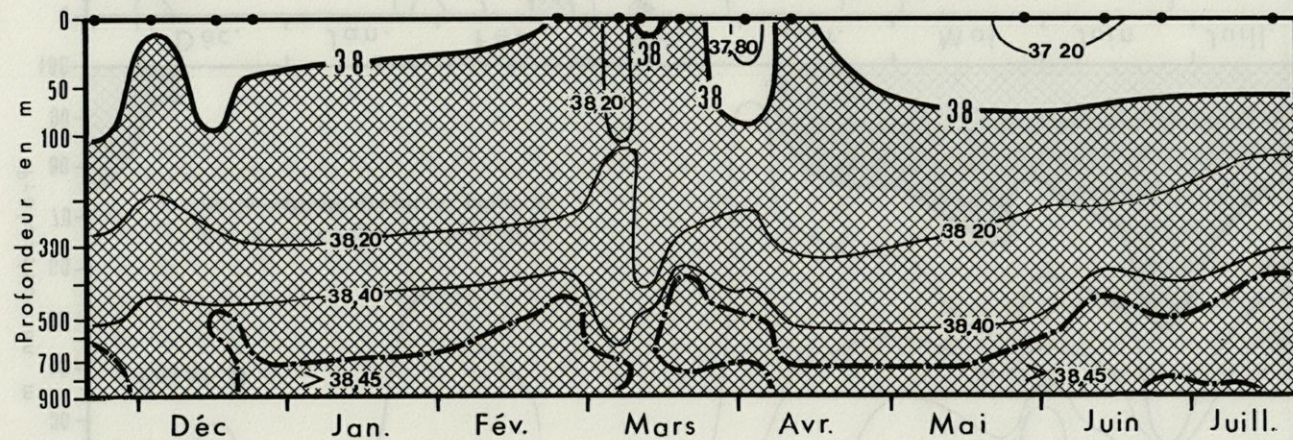


FIG. 5. — Coupes de l'évolution de la salinité (point 3, point 4).





Point 5



Point 6

FIG. 6. — Coupes de l'évolution de la salinité (point 5, point 6).

IV. — VOLANT THERMIQUE ET HALIN

Nous appelons volant thermique, le nombre de calories disponibles sur une colonne d'eau de section unité, en choisissant une température de référence commune pour chaque station (le volant halin est défini de la même façon).

Nous avons choisi comme référence les eaux sortant à Gibraltar :

$$T = 13 \text{ }^\circ\text{C} \text{ et } S = 38,40 \text{ } \text{‰}.$$

Nous traçons alors les courbes correspondant à chaque station :

$$h \sum \delta T = f(t) \quad (\text{cal.cm}^{-2})$$

$$h \sum \delta S = g(t) \quad (S \text{ } \text{‰} \cdot h)$$

(fig. 7 et 8)

Ces courbes mettent en évidence :

- un déficit en calories de janvier à mars, la station côtière étant celle qui présente le plus grand déficit tout au long de l'année;
- deux maximums de déficit en calories très nettement marqués, qui correspondent aux minimums de températures de fin février et fin mars;
- une très bonne concordance des courbes pour les 5 stations choisies. Il faut remarquer la variation de près $1.10^5 \text{ cal.cm}^{-2}$, en moins de 15 jours, à la fin de mars.

Il est donc possible, pour étudier le refroidissement sur le plateau continental, de se limiter, tout au moins dans une première étape, à une station choisie par un fond de 50 m; ce qui, du point de vue pratique, présente des avantages très importants.

La courbe du volant halin est beaucoup moins nette : les dessales de surface pouvant être très importantes, influent énormément sur le calcul fait pour l'ensemble de la colonne.

Nous pouvons cependant constater un déficit pendant toute l'année.

D'autre part, aux deux maximums de déficit en calories semblent correspondre des minimums de déficit en salinité, ce qui confirmerait le fait que l'action de la tramontane est très importante sur l'évaporation; en effet la salinité augmente notablement après une période de vent.

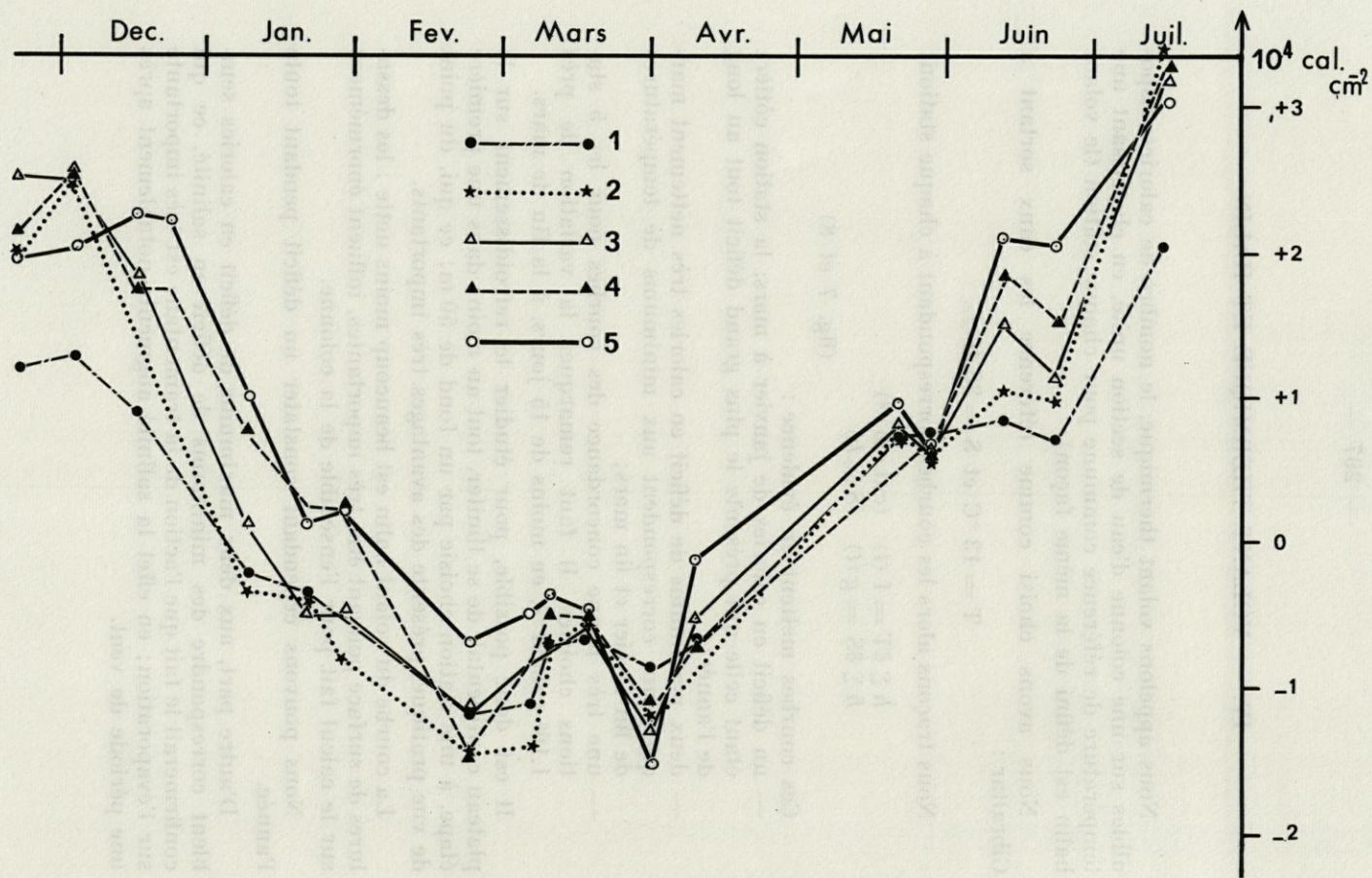


FIG. 7. — Volant thermique (référence 13 °C).

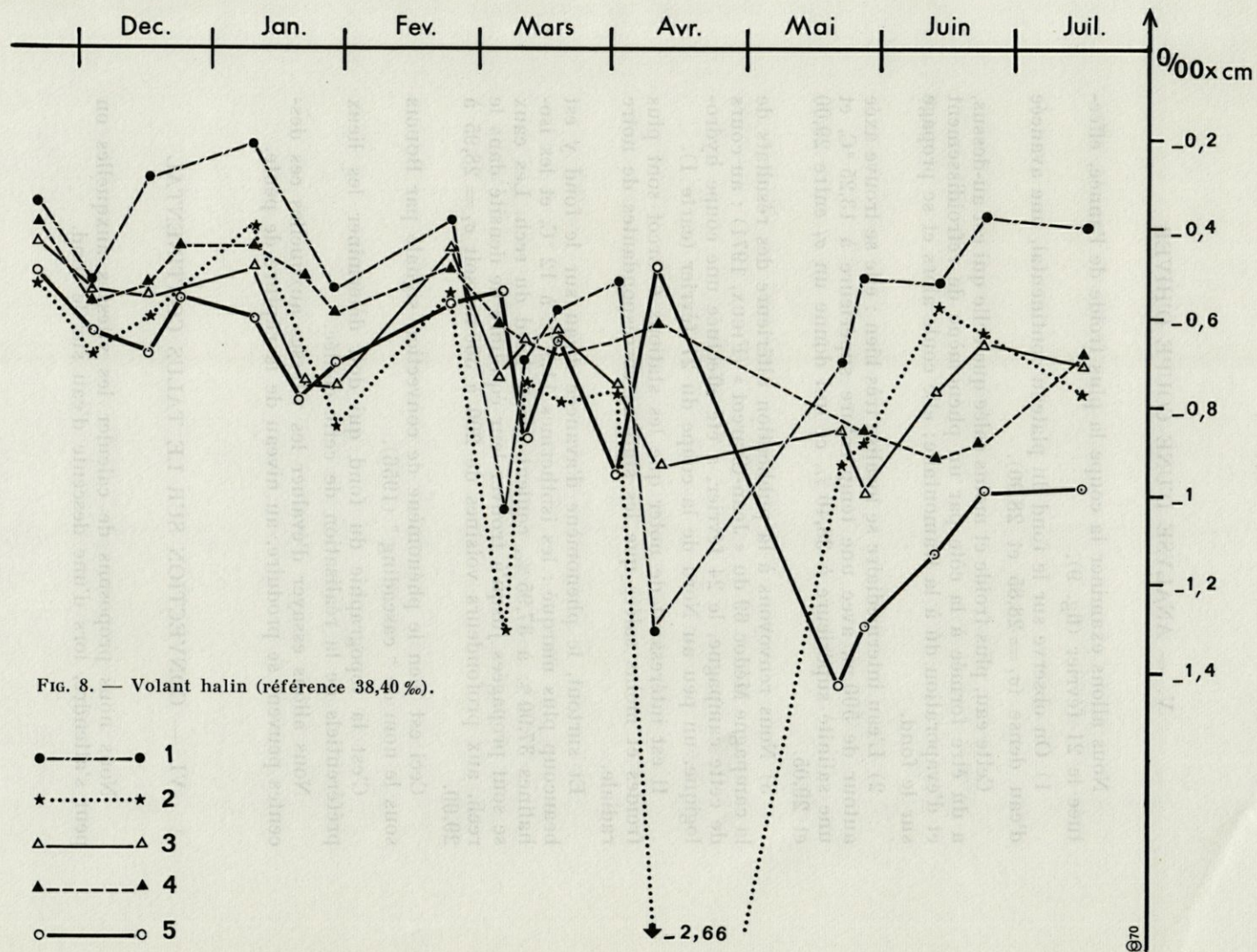


FIG. 8. — Volant halin (référence 38,40 %).

- — ● 1
- ★ ★ 2
- △ — △ 3
- ▲ — ▲ 4
- — ○ 5

↓ -2,66

V. — ANALYSE D'UNE COUPE D'HIVER

Nous allons examiner la coupe la plus froide de l'année, effectuée le 21 février (fig. 9).

1) On observe sur le fond du plateau continental, une avancée d'eau dense ($\sigma_t = 28,85$ et $28,90$).

Cette eau, plus froide et moins salée que celle qui est au-dessus, a dû être formée à la côte par un phénomène de refroidissement et d'évaporation dû à la tramontane; elle coule alors et se propage sur le fond.

2) L'eau intermédiaire se localise très bien : elle se trouve axée autour de 500 m, avec une température supérieure à $13,25$ °C, et une salinité supérieure à $38,40$ ‰, ce qui donne un σ_t entre $29,00$ et $29,05$.

3) Nous renvoyons à la publication ultérieure des résultats de la campagne Médoc 69 du « Jean-Charcot » (FIEUX, 1971) : au cours de cette campagne, le 24 février, a été effectuée une coupe hydrologique, un peu au Nord de la coupe du 21 février (carte 1).

Il est intéressant de noter que les stations Charcot sont plus froides et moins salées que les stations correspondantes de notre radiale.

Et surtout, le phénomène d'avancée d'eau sur le fond y est beaucoup plus marqué : les isothermes $11,5$ °C à 12 °C, et les isohalines $37,90$ ‰ à $37,95$ ‰, coulent sur le bord du rech. Les eaux se sont propagées jusqu'à trouver leur équilibre de densité dans le rech, aux profondeurs voisines de 200 à 300 m, soit $\sigma_t = 28,95$ à $29,00$.

Ceci est bien le phénomène de convection signalé par BOUGIS sous le nom de "cascading" (1956).

C'est la topographie du fond qui doit déterminer les lieux préférentiels de la réalisation de cette coulée.

Nous allons essayer d'évaluer les vitesses auxquelles ces descentes peuvent se produire, au niveau de la rupture de pente.

VI. — CONVECTION SUR LE TALUS CONTINENTAL

Nous nous proposons de calculer les vitesses auxquelles on peut s'attendre, lors d'une descente d'eau sur le fond.

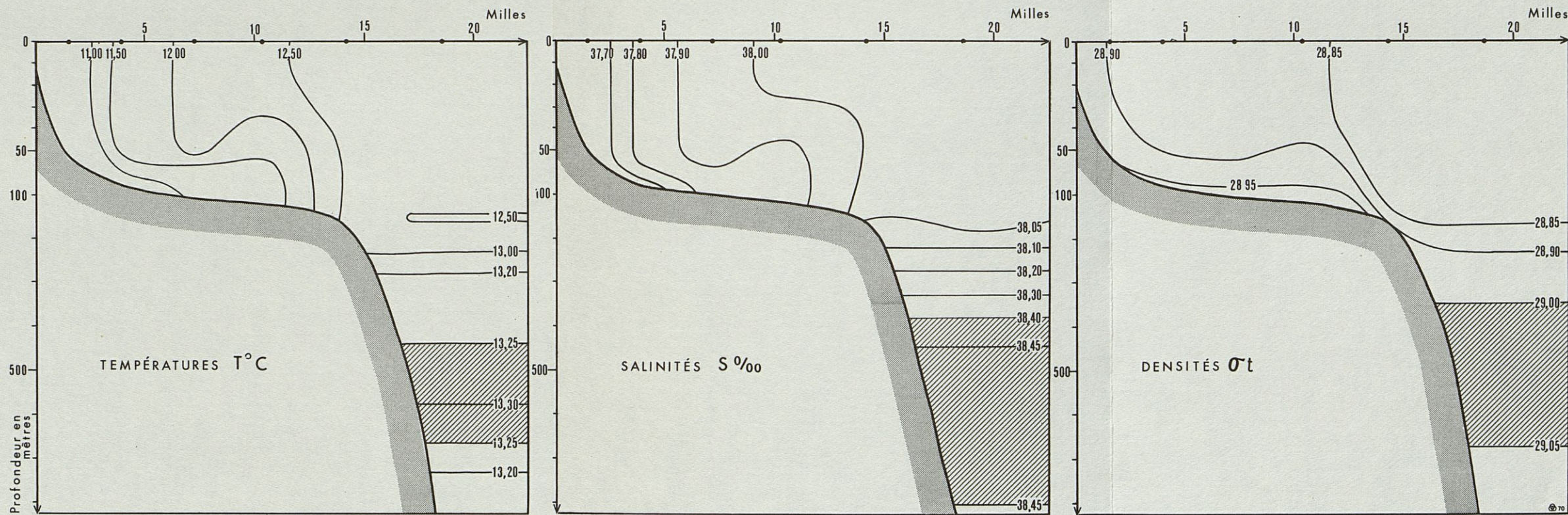
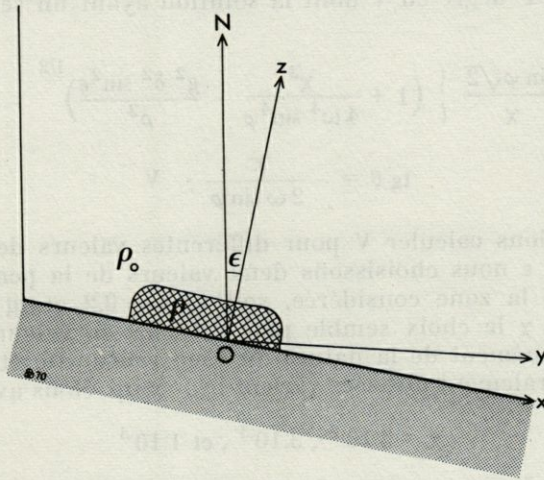


FIG. 9. — Coupe d'hiver. 24 février 1970.



Nous considérons une lentille d'eau de masse volumique ρ dans un milieu de masse volumique ρ_0 ($\rho > \rho_0$).

Nous écrivons les équations du mouvement dans le plan xOy . Pour cela nous supposons le mouvement lent et permanent, et le frottement proportionnel au carré de la vitesse.

Nous posons :

ϵ : angle de la normale au plan du mouvement avec la verticale.

δ : $\rho - \rho_0$

V , vitesse de la lentille : $u = V \sin \theta$
 $v = V \cos \theta$

χ : coefficient de frottement sur le fond.

ω : vitesse angulaire de rotation de la terre.

φ : latitude.

Nous obtenons ainsi :

$$\begin{cases} -2 \omega \sin \varphi \rho v = -g \delta \sin \epsilon - \chi (u^2 + v^2) \sin \theta \\ 2 \omega \sin \varphi \rho v = -\chi (u^2 + v^2) \cos \theta \end{cases}$$

d'où :

$$V^4 + \frac{4 \omega^2}{\chi^2} \sin^2 \varphi V^2 - \frac{g^2 \delta^2}{\chi^2 \rho^2} \sin^2 \epsilon = 0$$

équation du 4^e degré en V dont la solution ayant un sens physique est :

$$V = \frac{\sin \varphi \sqrt{2}}{\chi} \left\{ \left(1 + \frac{\chi^2}{4 \omega^4 \sin^4 \varphi} \cdot \frac{g^2 \delta^2 \sin^2 \epsilon}{\rho^2} \right)^{1/2} - 1 \right\}^{1/2}$$

$$\operatorname{tg} \theta = - \frac{\chi}{2 \omega \sin \varphi} \cdot V$$

Nous allons calculer V pour différentes valeurs de χ , ϵ , et δ :
 — pour ϵ nous choisissons deux valeurs de la pente du talus dans la zone considérée, soit $\operatorname{tg} \epsilon = 0,2$ et $\operatorname{tg} \epsilon = 3.10^{-2}$.
 — pour χ le choix semble plus difficile, sa valeur dépendant énormément de la nature du fond rencontré, et les valeurs généralement utilisées varient beaucoup. Nous avons choisi :

$$\chi = 3.10^{-2}, 3.10^{-3}, \text{ et } 1.10^{-3} \quad (\text{DEFANT})$$

— pour δ nous prenons deux valeurs trouvées sur les coupes ; nous obtenons alors le résultat suivant :

$$\delta/\rho = 1.10^{-4}, \text{ et } 3.10^{-5}.$$

Les valeurs de V correspondantes sont données dans le tableau suivant :

		$\delta/\rho = 1.10^{-4}$		$\delta/\rho = 3.10^{-5}$	
χ (cm^{-1})	$\operatorname{tg} \epsilon$	V (cm/s)	$\operatorname{tg} \theta$	V (cm/s)	$\operatorname{tg} \theta$
1.10^{-3}	0,2	4,5	- 45	2,5	- 25
	0,03	1,7	- 17	0,9	- 95
3.10^{-3}	0,2	2,6	- 26	1,4	- 14
	0,03	1,0	- 10	0,6	- 6
3.10^{-2}	0,2	0,8	- 8	0,4	- 4
	0,03	0,3	- 3	0,2	- 2

La vitesse maximale que l'on peut atteindre est donc 4,5 cm/s. Bien que faible, cette vitesse est cependant suffisante pour être mesurable, il serait donc intéressant de faire des mesures de courant sur le talus en période d'hiver.

CONCLUSION

Cette étude d'une radiale allant de la côte au talus continental nous a permis de mettre en évidence les points suivants :

— Sur une radiale Est-Ouest, le processus de refroidissement se fait de façon très semblable sur tout le plateau continental; il est donc possible de le suivre de façon satisfaisante en un point proche de la côte.

— Ce refroidissement, ainsi que l'évaporation causée par l'action de la tramontane, engendre à la côte la formation d'eaux plus denses qui vont s'écouler sur le fond du plateau, sur le talus et dans le rech, jusqu'à trouver leur équilibre de densité et se mélanger au niveau correspondant. Pour une pente de 20 %, cet écoulement doit se faire à des vitesses de l'ordre de 4,5 cm/s.

RÉSUMÉ

Dans cet article sont exposés les résultats d'observations hydrologiques régulières au large de Banyuls-sur-Mer, entre novembre 1968 et juillet 1969.

Le processus de refroidissement des eaux en période d'hiver est examiné, ainsi qu'un phénomène de descente des eaux côtières sur le fond du plateau continental.

ABSTRACT

In this paper are described the results of regular hydrological observations made off Banyuls-sur-Mer, between November 1968 and July 1969.

The winter cooling process is examined, so as a phenomena of diving of coastal waters, which flow over the bottom of the continental shelf.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Artikel werden die Ergebnisse regelmässiger hydrologischer Beobachtungen dargelegt, die zwischen November 1968 und Juli 1969 auf dem offenen Meer vor Banyuls-sur-Mer durchgeführt wurden.

Der Abkühlungsprozess der Wasser im Winter wird überprüft hinsichtlich des Phänomens, dass die Küstenwasser in dieser Jahreszeit bis auf den Grund des Kontinentalplateaus absteigen.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUGIS, P. et M. RUIVO. Sur une descente d'eaux superficielles en profondeur dans le sud du golfe du Lion. *Bull. Inf. COEC*, 6 (4) : 147-154.
- BHAUD, M., G. JACQUES, C. RAZOULS. Données météorologiques et hydrologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 18 (1B) : 137-151.
- DEFANT, A. Physical Oceanography. Pergamon press, 1961.
- JACQUES, G., C. RAZOULS, A. THIRIOT. Données météorologiques et hydrologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 19 (1B) : 185-195, et 20 (1B) : 63-74.
- TCHERNIA, P. Contribution à l'étude de la Méditerranée Occidentale, Premier rapport préliminaire. *Bull. Inf. COEC*, 6 (1) : 7-30.
- TCHERNIA, P. Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée Occidentale. *Bull. Inf. COEC*, (9) : 425-463.
- TCHERNIA, P. L'eau intermédiaire dans le bassin algéro-provençal. *Bull. Inf. COEC*, 10 (1) : 19-22.

Reçu le 10 avril 1970.

ANNEXE

prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t	prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t	prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t	prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t	prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t	prof. m.	Temp °C	Sal. ‰	σ_t				
22 novembre 1968																											
42°24,7N 3°32,4E				42°24,7N 3°32,4E				42°25,3N 3°26,5E				42°26,7N 3°21,6E				42°27,6N 3°17,7E				42°28,3N 3°13,2E				42°29,2N 3°10,6E			
0	15,76	37,84	28,01	150	13,12	38,05	28,75	0	15,62	—	—	0	15,87	37,99	28,11	0	16,02	—	—	0	15,68	37,86	28,04	0	15,36	37,56	27,88
10	15,77	37,92	28,07	200	13,14	38,08	28,76	10	—	—	—	5	15,82	37,99	28,11	5	16,01	—	—	5	15,48	37,76	28,01	5	15,44	37,62	27,91
20	15,67	37,88	28,06	250	13,12	38,14	28,83	20	15,62	38,00	28,16	10	15,83	37,99	28,11	10	16,05	37,93	28,02	10	15,41	37,68	27,97	10	15,48	37,69	27,95
30	15,53	37,89	28,10	300	13,19	38,28	28,91	30	15,60	38,09	28,24	20	15,86	38,08	28,16	20	15,98	37,93	28,02	20	—	—	—	20	15,59	—	—
50	15,05	37,92	28,29	400	13,19	38,33	28,95	50	15,07	37,99	28,28	30	15,80	38,08	28,17	30	15,88	37,91	28,03	30	—	—	—	30	15,77	37,83	27,90
75	13,54	37,94	28,56	500	13,23	38,36	28,96	75	13,62	38,03	28,63	50	15,52	37,99	28,18	50	15,77	37,96	28,10	50	15,72	37,96	28,10	53	15,66	—	—
100	13,26	—	—	600	13,23	38,44	29,03	100	13,49	38,04	28,66	75	14,17	38,08	28,55	75	14,91	37,99	28,32	75	15,66?	—	—	—	—	—	—
				800	13,04	—	—	138	13,46	38,15	28,75	110	13,64	38,11	28,69	100	14,78	38,01	28,36	85	15,71?	—	—	—	—	—	—
3 décembre																											
42°24,7N 3°32,5E				42°24,7N 3°32,5E				42°26,1N 3°26,7E				42°26,7N 3°21,6E				42°27,3N 3°17,7E				42°28,2N 3°13,5E				42°28,6N 3°10,6E			
0	15,39	39,98	28,20	200	13,18	38,20	28,85	0	15,97	37,97	28,05	0	15,95	37,78	27,92	0	15,91	—	—	0	14,63	36,26	27,04	0	14,72	36,35	27,10
10	15,36	37,99	28,21	250	13,15	38,23	28,89	10	15,59	37,97	28,14	10	15,99	37,86	27,97	5	15,95	—	—	5	15,80	37,84	28,00	5	14,93	36,96	27,51
20	15,13	38,01	28,28	300	13,18	38,27	28,91	20	15,26	37,90	28,17	20	15,90	—	—	10	15,88	37,83	27,97	10	15,97	37,89	27,99	10	15,16	37,27	27,70
30	14,95	38,03	28,33	400	13,22	38,37	28,97	30	14,98	37,99	28,30	30	15,94	37,88	28,00	20	15,87	37,84	27,98	20	15,93	37,91	28,01	20	15,77	37,73	27,92
50	13,82	37,97	28,54	500	13,24	38,41	29,00	55	14,27	37,93	28,41	50	15,74	37,96	28,10	30	15,88	37,84	27,98	30	15,95	—	—	30	15,83	37,85	28,00
75	13,55	38,08	28,68	600	13,27	38,43	29,01	80	14,05	38,02	28,53	75	15,11	37,88	28,19	50	15,79	37,85	28,00	50	15,87	37,92	28,04	50	15,86	37,88	28,01
100	13,45	38,08	28,70	800	13,16	38,42	29,03	130	13,74	38,05	28,62	110	14,08	37,93	28,45	75	15,02	37,78	28,13	75	15,76	37,94	28,08	—	—	—	—
150	13,30	38,16	28,79													95	14,49	38,01	28,42	—	—	—	—	—	—	—	—
16 décembre																											
42°23,6N 3°32,6E				42°23,6N 3°32,6E				42°25,8N 3°27,2E				42°26,6N 3°22,0E				42°27,1N 3°17,6E				42°28,3N 3°13,4E				42°29,3N 3°10,2E			
0	14,50	—	—	150	13,33	38,10	28,74	0	14,63	37,91	28,32	0	14,76	37,88	28,27	0	14,63	37,76	28,20	0	14,29	37,57	28,13	0	14,36	37,67	28,19
10	—	—	—	200	13,30	38,13	28,77	10	14,66	37,92	28,31	10	14,78	37,90	28,28	5	14,64	39,77	28,20	5	14,31	37,57	28,12	5	14,43	37,57	28,20
20	14,48	37,98	28,41	300	13,20	—	—	30	14,66	37,91	28,31	20	14,76	—	—	10	14,67	37,77	28,20	10	14,34	37,58	28,13	10	14,65	—	—
30	14,48	—	—	400	13,16	38,29	28,93	50	14,66	37,99	28,38	30	14,68	37,89	28,29	20	14,70	37,78	28,20	20	14,44	37,62	28,14	20	14,87	37,86	28,22
50	14,44	37,99	28,42	500	13,25	38,46	29,04	75	14,63	38,00	28,38	50	14,62	—	—	30	14,77	37,80	28,20	30	14,64	37,75	28,18	30	14,84	37,86	28,23
75	14,47	—	—	700	13,24	38,42	—	100	14,61	—	—	75	14,54	37,91	28,34	50	14,89	37,86	28,22	50	14,72	37,81	28,22	50	15,00	37,91	28,23
100	13,98	38,00	28,53					140	14,61	—	—	110	14,29	38,01	28,47	75	14,96	37,92	28,25	75	14,90	37,90	28,25	—	—	—	—
																100	14,96	38,01	28,32	85	14,94	37,92	28,26	—	—	—	—
23 décembre																											
42°23,6N 3°33,0E				42°23,6N 3°33,0E				42°25,6N 3°26,7E				42°27,0N 3°24,5E															
0	14,66	37,98	28,36	150	13,99	—	—	0	14,56	37,97	28,37	0	14,66	—	—												
10	14,65	37,98	28,37	200	13,32	38,13	28,77	10	14,58	37,96	28,38	10	14,62	37,99	28,38												
20	14,67	—	—	250	13,17	38,21	28,86	20	14,54	—	—	20	14,65	37,99	28,38												
30	14,69	37,98	28,36	300	13,15	38,20	28,86	30	14,56	38,06	28,45	30	14,56	37,98	28,39												
50	14,65	—	—	400	13,24	38,39	28,98	50	14,56	38,07	28,45	50	14,59	38,00	28,39												
75	14,66	—	—	500	13,33	38,43	29,00	75	14,57	38,07	28,45	75	14,57	—	—												
100	14,65	38,08	28,44	600	13,22	38,44	29,03	100	14,50	38,07	28,47	110	14,53	38,00	28,41												
				800	13,11	—	—	150	13,59	37,98	28,59																

9 janvier 1969 *																							
42°24,1N 3°28,0E			42°24,1N 3°28,0E			42°25,5N 3°26,7E			42°24,5N 3°15,6E			42°25,8N 3°13,7E			42°28,3N 3°10,6E								
0	13,66	—	—	75	13,69	—	—	0	13,65	37,98	28,59	0	13,26	37,82	28,54	0	12,59	37,96	28,78	0	12,57	37,96	28,79
5	—	37,99	28,57	100	13,70	38,01	28,60	5	13,66	37,99	28,59	5	13,27	37,82	28,54	5	12,61	—	—	5	12,59	37,96	28,78
10	13,70	37,98	28,57	150	13,61	38,03	28,63	10	13,67	37,99	28,59	10	13,29	—	—	10	12,60	37,95	28,78	10	12,60	37,96	28,79
20	13,70	37,98	28,57	200	13,47	—	—	20	13,66	—	—	20	13,36	37,89	28,57	20	12,65	37,96	28,78	20	12,58	37,95	28,78
30	13,73	37,99	28,57	250	13,36	38,01	28,67	30	13,64	37,98	28,59	30	13,42	37,93	28,59	30	12,63	37,96	28,78	30	12,56	37,96	28,79
50	13,69	37,99	28,58	280	13,23	38,06	28,73	50	13,67	38,00	28,59	50	13,16	37,95	28,66	50	12,64	37,97	28,79	50	12,60	37,95	28,78
								75	—	—	—	75	12,89	37,97	28,74	75	12,65	—	—				
								100	13,64	38,00	28,60	95	12,35	37,94	28,82								
								135	13,56	—	—												
21 janvier *																							
42°22,6N 3°24,5E			42°22,6N 3°24,5E			42°24,7N 3°19,5E			42°26,2N 3°16,1E			42°27,6N 3°12,3E			42°22,6N 3°24,5E			42°28,5N 3°11,5E					
0	13,21	37,86	28,58	75	13,27	37,94	28,62	0	12,92	37,83	28,62	0	13,15	37,89	28,62	0	11,47	—	—	0	11,34	37,11	28,37
5	13,12	37,88	28,61	100	13,21	—	—	5	13,19	37,90	28,62	5	11,65	37,34	28,49	5	11,97	37,32	28,41	5	11,60	37,19	28,39
10	13,06	—	—	150	13,22	38,02	28,70	10	13,14	—	—	10	12,19	37,67	28,64	10	12,17	37,51	28,52	10	12,17	37,51	28,52
20	13,04	—	—	200	—	—	—	20	12,92	37,83	28,62	20	13,26	37,93	28,63	20	12,64	37,74	28,60	20	12,36	37,74	28,67
30	13,06	37,85	28,60	270	13,25	38,19	28,83	30	12,94	37,83	28,62	30	—	—	—	30	12,60	—	—	30	—	37,74	—
50	13,15	37,89	28,61					50	13,18	37,89	28,61	50	12,56	37,80	28,67	50	12,86	37,80	28,61	50	12,80	37,88	28,69
								75	—	—	—	75	12,77	37,87	28,68	75	12,78	37,79	28,62				
								100	13,20	37,93	28,64	85	12,80	37,89	28,69								
								140	13,30	37,95	28,63	100	13,13	38,02	28,72								
28 janvier *																							
42°22,5N 3°24,2E			42°22,5N 3°24,2E			42°23,5N 3°23,8E			42°25,0N 3°19,7E			42°25,5N 3°15,7E			42°27,3N 3°11,5E			42°28,5N 3°10,2E					
0	13,34	37,98	28,65	75	13,40	38,00	28,65	0	13,15	37,93	28,65	0	12,10	37,49	28,52	0	11,59	37,23	28,42	0	11,53	37,13	28,35
5	13,32	37,98	28,65	100	—	38,00	—	5	13,13	37,93	28,65	5	12,85	37,78	28,60	5	11,78	37,39	28,51	5	11,61	37,15	28,35
10	13,34	37,97	28,64	150	13,36	38,00	28,66	10	13,12	37,92	28,65	10	12,85	37,78	28,60	10	11,78	37,42	28,53	10	11,74	37,34	28,48
20	13,36	37,98	28,64	200	13,26	38,12	28,77	20	13,14	—	—	20	13,13	37,90	28,63	20	12,20	—	—	20	12,05	37,51	28,55
30	13,36	37,98	28,64	235	13,26	38,24	28,87	30	13,14	—	—	30	13,42	37,98	28,63	30	12,20	—	—	30	12,18	37,60	28,59
50	13,37	37,99	28,65	270	13,30	38,27	28,89	50	13,15	37,93	28,65	50	13,33	37,96	28,63	50	12,30	37,66	28,61	50	12,18	37,60	28,59
								75	13,15	37,93	28,65	75	13,30	37,95	28,64	75	12,57	37,78	28,65	75	12,26	37,64	28,61
								100	13,15	37,92	28,64	100	13,27	—	—	100	12,94	37,91	28,68	100	12,32	37,67	28,62
								150	13,15	37,93	28,65	120	13,06	37,92	28,66	100	12,65	37,86	28,69				
24 février																							
42°24,8N 3°32,6E			42°24,8N 3°32,6E			42°25,7N 3°25,8E			42°26,7N 3°21,6E			42°27,3N 3°17,5E			42°27,2N 3°13,4E			42°29,2N 3°10,5E					
0	12,62	38,00	28,81	200	12,70	38,09	28,86	0	12,64	38,00	28,81	0	12,43	38,02	28,87	0	11,68	37,84	28,87	0	10,64	37,62	28,89
10	12,59	38,01	28,82	250	13,10	—	—	5	12,63	38,00	28,81	5	12,42	38,02	28,87	5	11,66	37,84	28,88	5	10,67	37,62	28,89
20	12,59	38,00	28,82	300	13,22	—	—	10	12,64	38,00	28,81	10	12,42	38,02	28,87	10	11,65	37,84	28,88	10	10,70	37,63	28,90
30	12,61	38,01	28,82	400	13,21	38,42	29,01	20	12,64	38,00	28,81	20	12,45	38,02	28,86	20	11,68	37,84	28,88	20	10,64	37,63	28,91
50	12,59	38,01	28,82	500	13,29	38,47	29,03	30	12,61	38,01	28,82	30	12,11	—	—	30	11,68	37,84	28,88	30	10,66	37,64	28,91
75	12,56	38,01	28,83	600	13,30	38,48	29,04	50	12,57	38,00	28,82	50	12,11	—	—	30	11,63	37,85	28,89	30	10,66	37,64	28,91
100	12,58	38,02	28,83	800	13,18	38,47	29,06	75	12,51	38,01	28,83	75	11,54	37,86	28,91	50	11,53	37,84	28,90	50	10,66	—	—
150	12,48	38,00	28,84					100	12,55	38,01	28,84	100	11,46	37,85	28,92	75	11,01	37,75	28,93				
								150	—	38,05	—	110	11,35	37,88	28,97	75	11,49	37,86	28,93				
												95	11,54	37,88	28,93	85	10,52	37,65	28,95				

10 avril				42°24,2N 3°32,7E				42°26,0N 3°27,0E				42°26,8N 3°21,6E				42°27,4N 3°17,5E				42°28,1N 3°13,3E				42°28,7N 3°10,7E			
0	13,20	38,04	28,73	200	12,92	38,10	28,84	0	13,30	38,05	28,71	0	13,12	37,76	28,52	0	12,83	36,15	27,33	0	13,52	28,88	21,58	0	13,40	29,06	21,75
10	12,97	38,05	28,78	250	12,88	38,11	28,84	10	—	38,05	—	10	12,46	37,69	28,60	5	12,70	37,38	28,31	5	11,80	35,07	26,70	5	11,91	34,49	26,23
20	12,89	38,05	28,80	300	12,89	38,16	28,88	20	13,02	38,05	28,77	20	12,21	37,72	28,67	10	12,65	37,47	28,39	10	11,40	—	—	10	11,30	36,73	28,08
30	12,88	38,05	28,80	400	13,04	38,29	28,95	30	13,00	38,05	28,77	30	12,24	37,82	28,74	20	12,61	37,56	28,47	20	11,32	—	—	20	11,40	37,08	28,34
50	12,88	38,06	28,80	500	13,03	38,36	29,01	50	13,03	38,06	28,78	50	12,31	37,89	28,79	30	12,49	37,58	28,51	30	11,43	37,21	28,43	30	11,44	—	—
75	12,90	38,07	28,81	600	13,19	38,42	29,02	75	13,02	38,08	28,79	70	12,32	37,92	28,81	50	12,20	—	—	50	12,15	—	—	40	11,58	37,34	28,51
100	12,87	38,08	28,82	800	13,11	38,46	29,06	100	12,90	38,09	28,83	90	12,33	37,94	28,82	75	12,58	37,99	28,80	70	12,50	38,01	28,84	50	12,14	37,80	28,75
150	12,87	38,20	28,84					150	12,66	—	—	115	12,47	37,99	28,83	100	12,50	38,02	28,85	90	12,46	38,05	28,88	63	12,60	38,04	28,85
30 avril *												42°25,3N 3°15,3E				42°27,3N 3°11,8E				42°27,8N 3°10,3E							
												0	13,24	37,27	28,12	0	13,20	36,61	27,61	0	13,21	36,48	27,52				
												5	13,27	37,28	28,12	5	13,21	36,66	27,65	5	13,19	36,62	27,63				
												10	13,27	37,28	28,12	10	13,15	36,85	27,81	10	13,14	36,77	27,75				
												20	13,24	37,28	28,13	20	13,13	37,02	27,95	20	13,13	36,97	27,91				
												30	13,24	37,36	28,19	30	13,13	37,11	28,02	30	13,19	37,23	28,10				
												50	12,69	37,63	28,51	50	12,98	37,22	28,13	40	13,18	37,42	28,25				
												75	12,73	37,99	28,78	75	12,83	38,00	28,77	50	13,18	37,73	28,57				
												90	12,70	38,04	28,83												
21 mai				42°30,4N 3°27,9E				42°31,0N 3°24,0E				42°30,5N 3°18,8E				42°30,6N 3°15,5E				42°30,2N 3°11,5E				42°29,7N 3°09,7E			
0	15,32	36,61	27,16	100	12,98	38,02	28,75	0	15,46	36,63	27,14	0	15,45	37,04	27,46	0	15,53	37,16	27,54	0	15,71	36,60	27,06	0	15,54	36,39	26,94
10	14,86	36,80	27,41	150	12,79	38,03	28,81	10	14,81	36,96	27,54	10	14,89	37,26	27,76	5	14,95	37,24	27,73	5	15,41	36,96	27,41	5	15,43	36,42	26,99
20	14,66	37,09	27,68	200	12,71	38,03	28,82	20	14,84	37,22	27,73	20	14,82	37,28	27,79	10	14,85	37,24	27,75	10	15,26	37,18	27,61	10	15,01	36,61	27,23
30	14,56	37,23	27,81	250	12,98	38,12	28,84	30	14,82	37,25	27,76	30	14,70	37,33	27,85	20	14,74	37,33	27,85	20	14,65	37,30	27,84	20	14,92	36,67	27,29
50	14,38	37,40	27,98	280	12,96	38,24	28,93	50	14,04	37,57	28,18	50	13,56	37,94	28,57	30	14,64	37,42	27,93	30	14,41	37,30	27,90	30	14,73	37,09	27,66
75	13,41	37,97	28,63					75	12,97	37,95	28,71	70	13,07	38,03	28,75	50	13,46	37,86	28,53	50	12,90	38,10	28,83	40	13,61	37,63	28,32
								100	13,03	38,03	28,75	90	12,95	38,06	28,79	70	12,83	38,05	28,81	70	12,91	38,10	28,83	50	12,74	38,03	28,81
								143	12,90	38,05	28,79	100	12,90	38,06	28,80	85	12,83	38,05	28,81								
26 mai				42°25,1N 3°33,1E				42°27,1N 3°25,7E				42°28,0N 3°21,2E				42°29,3N 3°16,2E				42°30,5N 3°11,2E				42°31,0N 3°09,1E			
0	15,30	37,05	27,50	200	13,16	38,18	28,84	0	15,15	37,09	27,57	0	15,02	37,10	27,61	0	15,10	37,08	27,57	0	15,12	37,08	27,57	0	—	—	—
10	15,29	37,05	27,51	250	13,16	38,22	28,87	10	15,15	37,09	27,57	10	15,02	37,10	27,61	5	15,05	37,08	27,58	5	15,11	37,08	27,57	5	15,25	37,14	27,59
20	15,31	37,06	27,51	300	13,09	38,24	28,90	20	15,16	37,09	27,57	20	15,03	37,12	27,62	10	15,07	37,08	27,58	10	15,13	37,08	27,57	10	15,18	37,16	27,61
30	14,78	37,42	27,90	350	13,09	38,29	28,94	30	14,99	37,17	27,66	30	14,70	37,18	27,63	20	15,08	37,09	27,58	20	15,08	37,08	27,58	20	14,87	37,24	27,74
50	13,75	37,90	28,50	400	13,15	38,34	28,96	50	13,09	37,77	28,54	50	12,92	37,91	28,68	30	14,80	37,16	27,70	30	14,68	37,18	27,74	35	14,06	37,45	28,09
75	13,49	38,02	28,65	500	13,07	38,38	29,02	75	12,86	37,96	28,73	70	12,98	38,03	28,76	50	12,88	37,71	28,54	50	12,87	37,81	28,61	50	13,36	37,78	28,49
100	13,43	38,08	28,71	600	—	—	—	100	12,87	38,03	28,78	90	12,94	38,05	28,78	75	12,85	37,97	28,74	70	12,67	37,99	28,79				
150	13,16	38,09	28,77	700	13,18	38,47	29,06	145	12,82	38,04	28,81	110	12,95	38,05	28,79	90	12,76	38,03	28,80	87	12,67	37,98	28,79				
				900	13,17																						

12 juin																											
42°24,0N 3°34,0E			42°24,0N 3°34,0E			42°25,7N 3°26,1E			42°28,1N 3°21,4E			42°29,5N 3°16,5E			42°29,7N 3°13,0E			42°28,8N 3°10,2E									
0	15,88	37,10	27,40	200	13,16	38,17	28,83	0	15,91	37,40	27,63	0	15,66	37,14	27,49	0	15,78	37,12	27,45	0	15,68	37,20	27,53	0	15,97	37,10	27,38
10	15,74	37,35	27,63	250	13,17	38,26	28,90	10	15,87	37,40	27,64	10	15,62	37,16	27,52	10	15,70	37,13	27,47	10	15,61	37,22	27,56	10	15,83	37,12	27,44
20	15,63	37,39	27,69	300	13,14	38,29	28,93	20	15,65	37,40	27,69	20	15,45	37,31	27,67	20	15,29	37,28	27,68	20	15,49	37,42	27,75	20	15,28	37,20	27,62
30	15,39	37,40	27,75	400	13,16	38,44	29,04	30	15,54	37,55	27,83	30	15,52	37,61	27,88	30	15,16	37,44	27,84	30	14,92	37,60	28,01	35	13,73	37,94	28,53
50	14,52	37,69	28,17	500	13,25	38,49	29,06	50	15,28	37,56	27,91	50	15,41	37,68	27,96	50	15,08	37,78	28,11	50	13,46	38,10	28,72	55	-	-	-
75	13,84	38,00	28,56	600	13,13	38,47	29,07	75	14,88	37,83	28,19	70	15,12	37,75	28,09	70	13,52	38,00	28,62	60	13,41	38,12	28,74	60	13,41	38,12	28,74
100	13,53	38,07	28,67	800	13,01	38,45	29,08	100	13,01	37,99	28,72	90	14,01	37,95	28,48	80	13,34	38,03	28,69	70	13,34	38,15	28,78	70	13,34	38,15	28,78
150	13,42	38,13	28,74	950	13,02	38,44	29,07	150	12,98	38,03	28,76	110	13,00	38,13	28,83	90	13,05	38,20	28,88	85	13,12	38,24	28,89	85	13,12	38,24	28,89
23 juin																											
42°24,1N 3°33,9E			42°24,1N 3°33,9E			42°25,6N 3°27,4E			42°26,7N 3°21,7E			42°27,5N 3°17,6E			42°28,4N 3°13,5E			42°29,2N 3°10,2E									
0	17,02	37,33	27,31	200	13,19	38,23	28,87	0	17,01	37,33	27,32	0	17,01	37,39	27,36	0	17,11	37,32	27,28	0	16,90	37,36	27,37	0	16,73	37,20	27,28
10	16,61	37,33	27,41	250	13,22	38,29	28,91	10	16,75	37,33	27,38	10	16,71	37,39	27,44	5	16,52	37,42	27,50	5	16,81	37,36	27,39	5	16,70	37,20	27,30
20	15,57	37,51	27,80	300	13,16	38,36	28,98	20	16,62	37,35	27,43	20	16,32	37,40	27,54	10	16,42	37,43	27,53	10	16,11	37,39	27,58	10	15,88	37,36	27,61
30	14,05	37,88	28,42	400	13,17	38,40	29,01	30	15,03	37,76	28,11	30	15,02	37,76	28,11	20	16,02	37,47	27,66	20	15,37	37,70	27,99	20	14,77	37,99	28,35
50	13,99	37,99	28,52	500	13,18	38,45	29,05	50	14,30	37,93	28,40	50	13,84	38,01	28,56	30	14,31	37,90	28,38	30	14,13	37,86	28,39	30	13,22	37,93	28,63
75	13,85	38,01	28,56	600	13,21	38,47	29,05	75	13,82	37,99	28,55	70	13,63	38,04	28,64	45	13,61	37,99	28,60	50	13,28	38,05	28,72	40	13,00	37,91	28,67
100	13,73	38,04	28,61	800	13,18	38,45	29,05	100	13,70	38,04	28,62	90	13,09	38,02	28,73	60	13,48	38,07	28,69	70	12,95	38,05	28,79	50	12,99	37,92	28,67
150	13,37	38,13	28,75	950	13,02	38,44	29,07	150	-	38,11	-	115	12,97	38,09	28,81	80	12,97	38,03	28,76	85	-	-	-	85	-	-	-
100	12,98	38,08	28,80																								
15 juillet																											
42°24,1N 3°33,9E			42°24,1N 3°33,9E			42°26,0N 3°27,0E			42°26,8N 3°21,7E			42°27,3N 3°17,6E			42°21,3N 3°13,6E			42°29,2N 3°10,2E									
0	18,58	37,53	27,08	200	13,22	38,32	28,94	0	18,50	37,52	27,09	0	18,67	37,52	27,05	0	18,07	37,53	27,21	0	18,40	37,52	27,12	0	18,65	37,43	26,99
10	-	37,54	-	250	13,25	38,38	28,97	10	-	37,52	-	10	-	-	-	5	-	37,66	-	5	18,33	37,53	27,14	5	18,57	37,40	26,98
20	18,02	37,55	27,23	300	13,16	38,39	29,01	20	17,95	37,53	27,23	20	18,00	37,54	27,23	10	-	37,51	-	10	18,30	37,51	27,14	10	18,48	37,45	27,04
30	18,00	37,58	27,26	400	13,23	38,47	29,04	30	17,90	37,53	27,25	30	17,91	37,50	27,23	20	18,10	37,54	27,21	20	18,02	37,51	27,21	20	17,78	37,51	27,34
50	14,05	37,97	28,49	500	-	38,50	-	40	17,82	37,55	27,29	40	17,87	37,56	27,28	30	17,83	37,51	27,26	30	17,86	37,51	27,25	30	17,10	37,62	27,52
75	13,75	38,05	28,61	600	13,18	38,49	29,07	50	15,17	37,86	28,16	50	17,35	37,60	27,44	45	17,79	37,54	27,29	50	17,85	37,65	27,36	40	15,48	37,82	28,06
100	13,54	38,11	28,71	800	13,10	38,47	29,08	75	14,01	37,98	28,50	70	14,14	38,02	28,51	60	14,97	37,86	28,21	70	14,76	-	-	50	14,14	38,01	28,50
150	13,37	38,23	28,83	950	13,02	38,45	29,08	100	13,32	38,07	28,72	90	13,66	38,05	28,63	80	13,99	38,01	28,53	85	-	-	-				
150	13,11	38,15	28,83					150	13,11	38,15	28,83	105	13,26	38,11	28,76	100	13,63	38,07	28,66								

* Radiale du Rech du Cap.