

REMARQUES SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX MARINES DANS LE GOLFE DE GASCOGNE, EN MAI 1964

par Léopold BERTHOIS

Ayant eu l'occasion d'embarquer à bord de la « Thalassa » au cours de la campagne d'hydrologie et de sondages dans le golfe de Gascogne en mai et juin 1964 pour étudier la turbidité des eaux profondes, j'ai profité de ce séjour pour faire quelques dosages sur les eaux recueillies.

Je tiens à remercier M. DARDIGNAC, chef de mission de l'I.S.T.P.M. de l'aide qu'il m'a apportée pour la mise en œuvre des mesures et pour m'avoir ensuite communiqué les résultats des dosages de salinité et les mesures de températures qui ont été faites sous sa direction.

Mon travail ayant été exécuté en marge du programme d'hydrologie de l'I.S.T.P.M. il m'était impossible d'envisager l'examen de tous les prélèvements recueillis pour l'étude des eaux du golfe de Gascogne. D'autre part, mon but essentiel était la mesure de la turbidité des eaux profondes, aux abords des canyons sous-marins ou à proximité du talus continental. C'est pourquoi les observations ont été exclusivement limitées aux stations hydrologiques profondes exécutées sur le talus continental sous-marin.

Un tableau général donné à la fin de ce travail fournit, avec les positions des stations, les résultats des dosages; je passerai rapidement en revue les résultats qui peuvent être déduits de cette investigation partielle.

1° Mesures du pH.

Les mesures ont été exécutées à bord de la « Thalassa » à l'aide d'un pHmètre portatif Beckmann fonctionnant sur piles. Les résultats ont ensuite été corrigés à l'aide des formules classiques pour obtenir le pH *in situ* (BRUNEAU *et al.* 1953; BUCH et GRIPENBERG, 1932).

On observe comme de coutume de nombreuses fluctuations de la valeur du pH dans les eaux de la tranche supérieure mais l'interprétation des résultats est impossible par suite de la dispersion des stations de mesures.

Il est à noter que, aux stations profondes, la plupart des valeurs obtenues sur la verticale passent par un minimum puis se stabilisent dans les eaux profondes, entre 1 500 m et 3 000 m ; c'est notamment le cas pour les stations n° 143, 151, 170.

La valeur minimum du pH est généralement atteinte par les eaux situées entre les profondeurs de 750 m et 1 200 m .

2° Dosages de l'oxygène dissous.

Les dosages de l'oxygène dissous ont été exécutés par la méthode classique dite de Nicloux en tenant compte des remarques formulées par STRICKLAND et PARSONS (1960).

Les résultats sont donnés dans le tableau à la fin de ce travail; ils ont été traduits en plusieurs graphiques pour permettre une étude détaillée.

a) *Eaux de la tranche supérieure : de 0 à 100 m* (fig. 1).

En général, la teneur en oxygène est plus élevée dans les eaux de 20 m de profondeur que dans celles de 10 m.

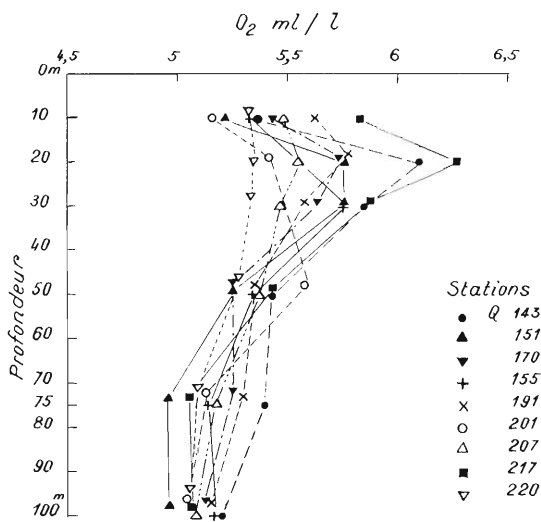
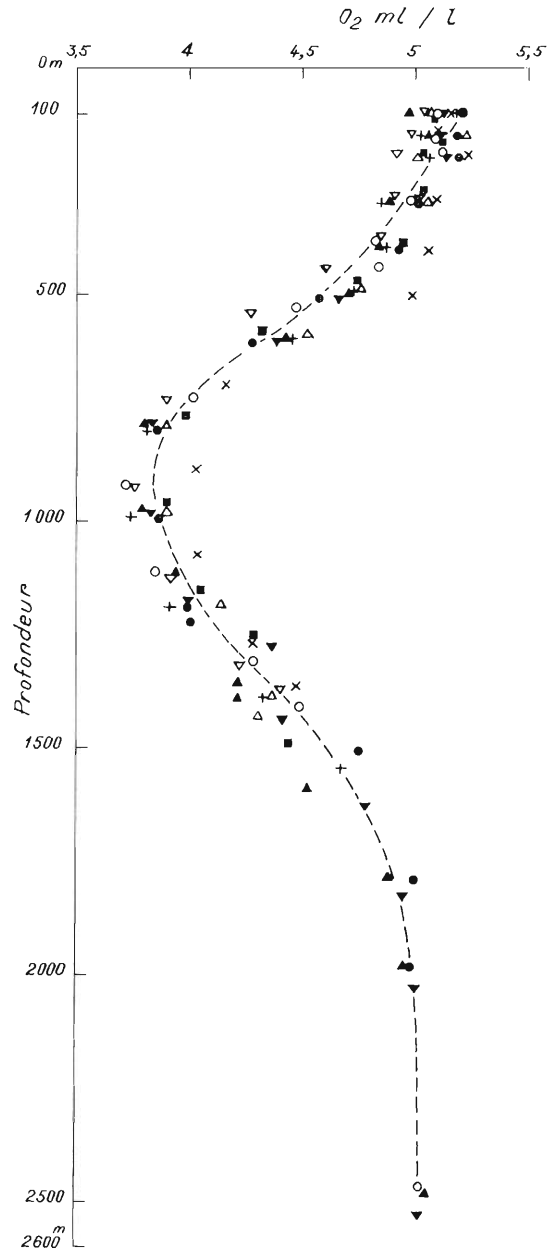


FIG. 1. — Teneur en oxygène, en ml/l, en fonction de la profondeur dans la tranche d'eau supérieure (de 10 à 100 m).

FIG. 2. — Répartition de l'oxygène dissous en fonction de la profondeur au-dessous de 100 m (identification des stations, cf. fig. 1).



Cette variation, qui est due au brassage des eaux de surface et à l'activité des organismes dans la zone photosynthétique, est un phénomène bien connu sur lequel il est inutile d'insister.

b) *Eaux profondes (au-dessous de 100 m de profondeur).*

La répartition des teneurs en oxygène des eaux profondes est représentée sur la figure 2.

Les résultats obtenus sont très concordants pour toutes les stations étudiées. Les teneurs en oxygène dissous diminuent progressivement à partir de 100 m de profondeur ; elles passent par une valeur minimum à des profondeurs comprises entre 800 m et 1 000 m, puis elles augmentent à nouveau, et atteignent vers 1 500 m des valeurs analogues à celles des eaux situées à 500 m de profondeur.

Au-dessous de 1 500 m l'augmentation de la teneur en O_2 se poursuit encore, mais beaucoup plus lentement, jusqu'à 2 000 m de profondeur. Au-delà de 2 000 m l'augmentation est pratiquement nulle.

Il est même possible qu'il y ait une régression de la teneur en oxygène dissous dans les eaux encore plus profondes, car l'eau d'un échantillon prélevé à 3 000 m ne contient que 4,62 ml/l d'oxygène dissous, ce dosage n'est mentionné qu'à titre indicatif car il n'a été fait que sur un seul prélèvement.

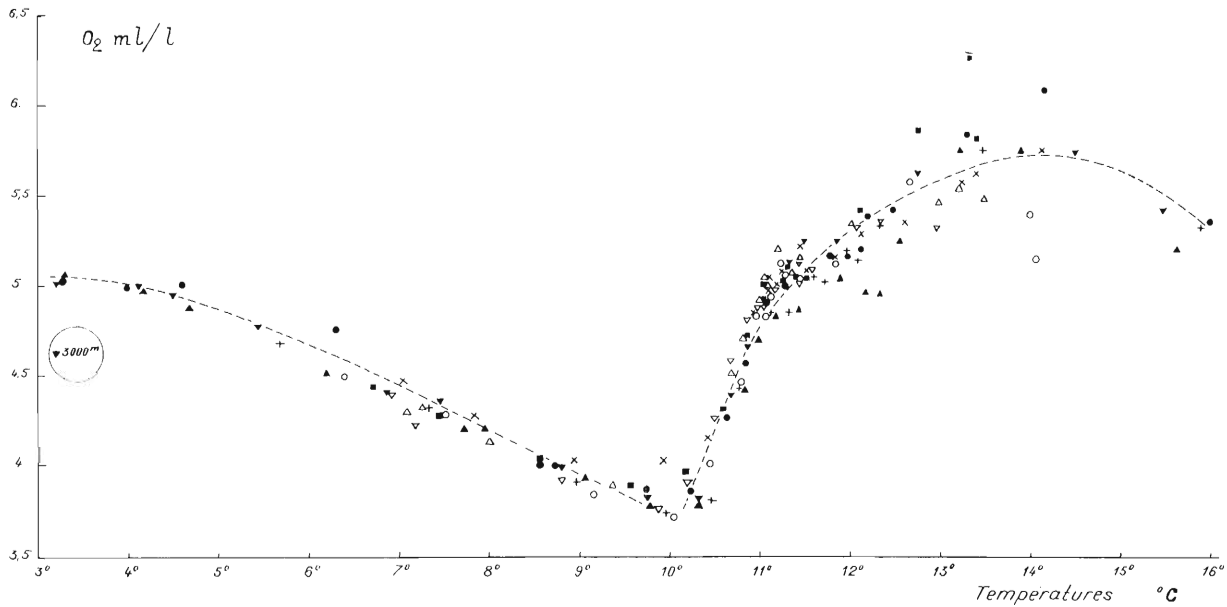


FIG. 3. — Variation de la teneur en oxygène dissous en fonction de la température (identification des stations, cf. fig. 1).

c) Répartition des teneurs en O₂ dissous, en fonction de la température des eaux (fig. 3).

Les eaux chaudes, dont la température est comprise entre 15°4 et 16° C possèdent des teneurs en O₂ variant de 5,2 à 5,5 ml/l.

Puis, lorsque la température s'abaisse, la teneur en oxygène dissous augmente et elle atteint des valeurs maximales dans les eaux dont la température varie de 14°6 à 12°5 C. Elle peut être voisine de la saturation, d'après les tables de Fox (*in* HARVEY, 1949) et les valeurs indiquées par RICHARDS et CORWIN (1956). Deux dosages, l'un provenant de la station Q 143, l'autre de la station Q 217 ont même atteint des teneurs de sursaturation ; mais ce fait paraît très rare et une erreur accidentelle de dosage ou de manipulation préalable est toujours à redouter. Cette sursaturation possible, devra être confirmée par d'autres dosages.

Lorsque la température s'abaisse encore les teneurs en O₂ diminuent également, mais la régression n'est pas très rapide entre 12°5 et 11°2 C.

Entre 11° et 11°6 il existe une forte concentration des points du graphique. Les eaux qui sont à cette température ont fréquemment des teneurs en O₂ comprises entre 4,8 et 5,2 ml/l.

Ensuite, l'abaissement de la température des eaux s'accompagne d'une diminution beaucoup plus rapide de la teneur en O₂ dissous, qui atteint des valeurs minimales pour les températures variant de 9°8 à 10°5.

A partir de ces valeurs minimales de l'oxygène dissous, qui s'échelonnent entre 3,7 et 4,1 ml/l, on observe une lente mais constante augmentation avec l'abaissement de la température des eaux. Ainsi dans les eaux à 7° la teneur en O₂ dissous est comprise entre 4,2 et 4,5 ml/l.

Entre les températures de 7° et 4° C, la teneur en oxygène dissous augmente encore à peu près suivant la même proportionnalité qu'entre 10° et 7°, de telle sorte qu'à 4° les eaux renferment environ 5 ml/l d'O₂.

Au-dessous de 4° C, la teneur en oxygène dissous paraît pratiquement stabilisée entre 5,0 et 5,1 ml/l. Toutefois, il n'est pas exclu qu'il y ait, aux profondeurs supérieures à 2 500 m un abaissement de cette teneur sans variation sensible de la température; le dosage fait sur un prélèvement à 3 000 m a révélé 4,62 ml/l d'oxygène dissous à une température de 3°20, mais il est impossible de prendre en considération cet unique dosage dans les eaux très profondes autrement que pour mentionner l'éventualité d'un rapport différent de ceux précédemment établis. Ce dosage est entouré d'un cercle sur la figure 3.

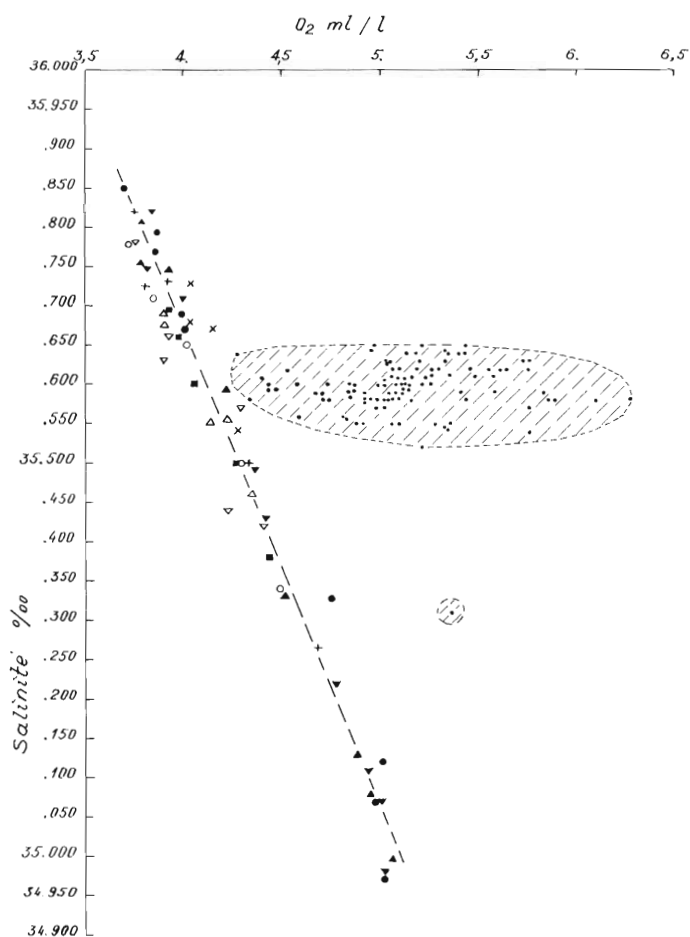


FIG. 4. — Teneur en oxygène dissous en fonction de la salinité. Profondeurs égales ou inférieures à 600 m quel que soit le n° de la station: points noirs sur champ hachuré; profondeurs égales ou supérieures à 700 m, même identification des stations que pour la figure 1.

domaines océaniques (GUILCHER, 1965) caractérisés par un comportement différent de l'oxygène dissous.

Il est hors de mon propos, et il serait présomptueux, de rechercher dans une étude aussi fragmentaire l'origine des eaux profondes présentant les particularités qui viennent d'être signalées. L'étude détaillée des salinités et des températures, entreprise par l'I.S.T.P.M. et réitérée à différentes époques, permettra sans doute de résoudre cet important problème.

3° Réserve alcaline.

Les dosages de la réserve alcaline totale de l'eau de mer ont été exécutés suivant la méthode classique remarquablement exposée par ROTSCI (1954).

Le graphique fait apparaître une très nette disparité des rapports oxygène dissous/température entre les eaux de températures supérieure et inférieure à 10° C.

d) Répartition des teneurs en O₂ dissous, en fonction de la salinité des eaux (fig. 4).

Le graphique fait apparaître deux zones bien distinctes.

1° Eaux dont la profondeur est inférieure à 600 m et dont la salinité s'échelonne entre 35,53 et 35,65 ‰. La teneur en O₂ dissous peut subir des écarts considérables de 4,26 à 6,28 ml/l. L'aire de répartition qui est approximativement ellipsoïdale est cernée sur le graphique par un trait discontinu. Les résultats sont assez bien groupés sauf celui concernant le prélèvement à 10 m de profondeur de la station Q 143 pour lequel la salinité est seulement de 35,307 ‰, ce résultat est entouré d'un cercle en tirets.

2° Eaux dont la profondeur est égale ou supérieure à 700 m. Les rapports salinité/O₂ se répartissent suivant une ligne droite avec une très faible dispersion des résultats.

L'équation de cette droite est très voisine de $Y = -0,613 x + 35,850$.

Nous retrouvons encore ici deux zones océaniques dont les propriétés chimiques diffèrent notablement.

En résumé. Les résultats exposés ci-dessus permettent de distinguer deux

Les résultats donnés dans le tableau récapitulatif des mesures à la fin de ce travail, exprimés en milli-équivalents par litre. En général, les valeurs obtenues sont comprises entre 2,23 et 2,57 meq./l, mais on remarque la présence de teneurs inférieures, pouvant s'abaisser jusqu'à 2,03 meq./l, et quelques teneurs plus élevées atteignant 2,57 et même 2,71 meq./l.

La répartition verticale des valeurs apparaît assez désordonnée, mais ce n'est sans doute qu'une impression due au petit nombre de dosages effectués et à la répartition particulière des stations étudiées dont le choix a été dicté par des considérations d'un tout autre ordre.

Dans l'état actuel des recherches, je me bornerai donc à donner les résultats, à titre documentaire sans chercher d'interprétation.

4° Turbidité des eaux.

La théorie du creusement des canyons sous-marins par des courants de turbidité a fait de nombreux adeptes et suscité un grand nombre de recherches expérimentales en laboratoire. L'analyse sommaire des articles publiés sur cette passionnante question pourrait facilement doubler le volume de cette note. Je me contenterai donc de mentionner, dans l'index bibliographique, quelques-uns des principaux travaux ou résumés parus.

La théorie émise par KUENEN (1953) admet qu'il se produit dans les canyons sous-marins ou le long des grands abrupts, des éboulements périodiques ou quasi permanents susceptibles de creuser ou d'entretenir le creusement des grands canyons sous-marins. Ces éboulements seraient composés de quartiers rocheux et de galets ou de blocs moins volumineux qui glisseraient sur les pentes dans la matière de sédiments fins qui les recouvre ou dans lesquels ils sont enrobés.

Cette hypothèse étant provisoirement admise on peut penser que dans les eaux marines profondes dont les déplacements sont relativement lents, les sédiments très fins, mis en suspension au cours des éboulements, ne se déposeront à nouveau qu'après un temps relativement long. Autrement dit, si les courants de turbidité sont fréquents ils doivent se traduire, dans la nature, par une augmentation massive de la turbidité des eaux profondes, dans les canyons sous-marins ou aux abords des grands abrupts. Ils doivent en outre se signaler, dans la topographie, par un volumineux bourrelet de débris à la base de tous les abrupts importants.

La campagne de la « Thalassa » était essentiellement consacrée à l'hydrologie du golfe de Gascogne, je me suis donc trouvé dans l'obligation de choisir, parmi les stations fixées dans ce but, celles qui convenaient le mieux, où le moins mal, au problème que je désirais étudier. C'est pourquoi toutes les stations ne sont pas situées dans les vallées sous-marines.

Les dosages de turbidité ont été faits par néphélogéométrie après étalonnage pondéral par centrifugation à l'aide d'une centrifugeuse Sharples (BERTHOIS, 1965). Les résultats de ces dosages sont donnés dans le tableau à la fin de ce travail ; ils vont être examinés successivement, par station en fonction de leur environnement topographique.

Station Q 143.

Cette station est située dans la partie orientée sud-nord du canyon dit « gouf de Cap-Breton » ; cette branche a été également désignée sous le nom de canyon de Santander (fig. 5A). A cet endroit, la vallée est très large, en particulier le flanc ouest qui est formé par un vaste talus en pente relativement douce.

La turbidité des eaux est toujours faible :

entre les profondeurs de 500 et 1 000 m, elle est comprise entre 4 et 7 mg/l,

entre 1 000 et 1 500 m elle varie de 3 à 6,5 mg/l,

entre 1 500 et 2 000 m elle passe par un minimum de 2,6 mg/l et atteint seulement 5,4 mg/l à 2 000 m,

enfin, à 2 471 m, la turbidité augmente jusqu'à 8,5 mg/l.

Toutes ces valeurs sont très faibles et l'examen microscopique de la suspension ne révèle qu'une quantité infime de débris minéraux, les éléments en suspension étant en majeure partie d'origine organique.

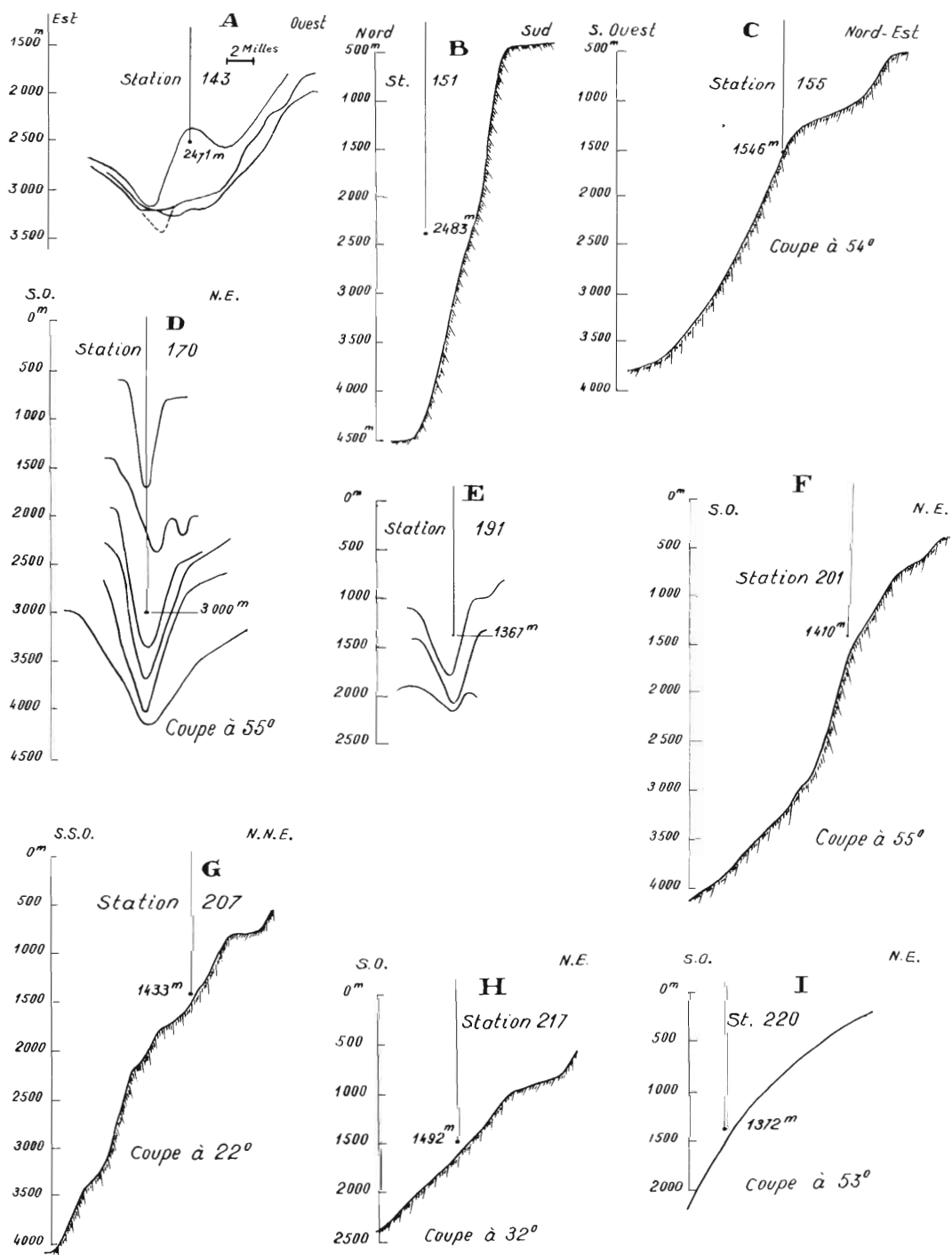


FIG. 5. — Topographie sous-marine aux abords des stations de prélèvement.

Station Q 151.

Placée aux abords d'une énorme falaise sous-marine formant la paroi nord de la chaîne cantabrique, elle s'étend en profondeur jusqu'à la grande plaine abyssale à 4 500 m. Il n'existe aucun canyon sous-marin sur plus de 10 milles à l'est et à l'ouest de cette station (fig. 5B).

Jusqu'à la profondeur de 1 200 m la turbidité des eaux est comprise entre 2 et 6 mg/l; elle s'élève brusquement à 12 mg/l à la profondeur de 1 370 m mais s'abaisse presque immédiatement à 3,7 mg/l. Une nouvelle augmentation s'observe à 1 786 m (9,4 mg/l), à laquelle succède à nouveau une diminution et entre 2 000 et 2 500 m la turbidité varie de 3,4 à 4,6 mg/l.

En résumé, la turbidité des eaux est toujours extrêmement faible, sauf en deux points de la verticale étudiée où elle augmente très légèrement; mais, aux profondeurs où se produit cette augmentation, la verticale de mesures est beaucoup trop éloignée de la falaise pour qu'il soit possible d'en rendre responsable une remise en suspension des sédiments de la pente. En outre, la turbidité décroît dans les prélèvements profonds, à 2 000 et 2 500 m, et le pied de la falaise se raccorde avec le sol de la plaine abyssale par une faible inflexion de la pente qui tend à montrer que les éboulements sont extrêmement réduits.

Station Q 155.

Cette station est située sur une croupe, entre deux canyons sous-marins; les prélèvements d'eau ont été effectués dans la partie supérieure du talus continental.

La turbidité est inférieure à 5 mg/l jusqu'à la profondeur de 800 m; elle atteint sa valeur maximale (6,7 mg/l) à 991 m et décroît ensuite progressivement jusqu'à 1 546 m où elle est réduite à 5,4 mg/l.

La turbidité est donc toujours faible, même à sa valeur maximale et elle décroît en profondeur.

Station Q 170.

Elle est placée dans la région médiane d'une vallée qui entaille le talus continental jusqu'à une profondeur de 4 160 m (fig. 5D).

Jusqu'à la profondeur de 1 372 m la turbidité des eaux varie de 2,4 à 6,2 mg/l, puis elle passe par une valeur maximale de 10 mg/l à 1 630 m, mais à 1 829 m elle se réduit à 5,1 mg/l et reste aux environs de cette valeur jusqu'à la profondeur de 3 000 m où elle atteint seulement 4,1 mg/l.

La turbidité est faible sur toute la verticale étudiée, la teneur en suspensions augmente à mi-profondeur puis se réduit vers le fond.

Station Q 191.

Cette station de prélèvements est située dans une petite vallée sous-marine où la sonde atteint seulement 2 160 m (fig. 5E).

La turbidité des eaux a été dosée jusqu'à la profondeur de 1 367 m dans la partie amont de la vallée. Elle est toujours très faible, le plus souvent inférieure à 5 mg/l et n'atteint pas 6 mg/l.

Station Q 201.

La station est à l'aplomb d'une croupe entre deux canyons sous-marins qui atteignent la plaine abyssale un peu au-dessous de l'isobathe 4 000 m. Les prélèvements ont atteint 1 410 m sur un fond situé à 1 570 m (fig. 5F).

Les eaux de cette station renferment la plus forte teneur moyenne de particules en suspension.

A 48 m de profondeur la turbidité est de 13 mg/l, elle s'abaisse à 6,8 mg/l à 96 m et passe par un nouveau maximum de 10,7 mg/l à 193 m puis par une valeur minimale de 2,5 mg/l à 438 m.

A partir de ce dernier niveau la turbidité augmente progressivement jusqu'à 918 m où elle atteint 14,9 mg/l pour décroître ensuite en profondeur, et avoir la valeur de 8,3 mg/l à 1 410 m.

En résumé, la teneur maximale en suspensions est située à 500 m du fond dans un endroit où la verticale des prélèvements est à plus de 3 milles nautiques de la falaise continentale. La turbidité décroît à proximité du fond.

Stations Q 207, 217 et 220.

Ces trois stations seront décrites ensemble car elles ne présentent pas de particularités saillantes.

Celles qui portent les numéros 207 et 217 sont situées sur des croupes entre les canyons sous-marins, la 220 dans une petite vallée sous-marine à profil transversal évasé.

Dans ces stations la croupe verticale de turbidité présente un ou deux maximums situés à plusieurs centaines de mètres au-dessus du fond où la teneur en suspensions varie de 5 à 6,4 mg/l.

Conclusions.

Mesures du pH et dosages de la réserve alcaline.

Les mesures et dosages effectués sont donnés à titre documentaire dans le tableau général ci-après. Cette étude est trop fragmentaire pour qu'il soit possible de tirer des conclusions de ces résultats dont les variations sont faibles et paraissent soumises à des lois complexes.

Dosage de l'oxygène dissous.

Les teneurs en oxygène dissous sont beaucoup plus caractéristiques. L'étude de leur répartition en profondeur a permis de mettre en évidence une inflexion de la courbe, vers les valeurs minimales, entre 800 m et 1 000 m.

L'étude du rapport entre l'oxygène dissous et la température fait apparaître un comportement différent pour les eaux marines ayant une température supérieure à 10° C et pour celles ayant une température inférieure à cette valeur.

L'étude du rapport entre l'oxygène dissous et la salinité met en évidence un comportement distinct des eaux de la tranche supérieure (jusqu'à 600 m) et des eaux de la tranche inférieure (au-delà de 700 m).

Cet ensemble de disparités permet de différencier nettement les eaux profondes de celles de la tranche supérieure c'est-à-dire jusqu'au seuil de température d'environ 10° qui correspond sensiblement aux profondeurs de 600-800 m.

Il est évidemment impossible, dans cette étude sommaire de rechercher l'origine de ces eaux profondes.

Turbidité des eaux.

Les mesures de turbidité faites au cours des stations hydrologiques ont porté sur 9 d'entre elles: quatre, n° 143, 170, 191 et 220, effectuées dans les canyons sous-marins;

une, n° 151, placée au nord d'un énorme abrupt s'étendant jusqu'à la plaine abyssale à 4 500 m; quatre, n° 155, 201, 207 et 217, fixées au droit de croupes séparant des canyons sous-marins.

Sur 172 dosages de turbidité, 5 % environ ont atteint ou dépassé 10 mg/l de matière en suspension; dans les eaux dont la profondeur est supérieure à 500 m la turbidité est généralement inférieure à 8 mg/l. La répartition des maximums de turbidité est désordonnée et sans progression régulière dans les eaux profondes où l'on observe le plus souvent une diminution de la teneur en suspensions à proximité du fond.

L'examen microscopique des produits de centrifugation montre qu'ils sont essentiellement constitués de particules d'origine organique; celles d'origine minérale sont extrêmement rares.

Il faut enfin signaler l'absence quasi totale du talus d'accumulation à la base de la grande falaise sous-marine aux abords de laquelle a été faite la station n° 151.

En résumé, l'étude de la turbidité qui a été entreprise n'a décelé aucune trace de remise en suspension des sédiments par des courants de turbidité. On est conduit à penser que leurs manifestations sont rares ou qu'ils sont étroitement localisés, mais ce travail préliminaire ne peut prétendre à résoudre cette question qui nécessiterait une campagne océanographique dans laquelle les emplacements des stations seraient déterminés en fonction de la topographie sous-marine comme cela a été fait par « Allan Hancock Pacific Expeditions » pour les vallées sous-marines de Californie.

TABLEAU GÉNÉRAL DES MESURES ET DOSAGES

(Les positions indiquées pour les stations sont des valeurs moyennes entre les deux positions du navire, au début et à la fin de chaque station.)

Profondeur (en m)	S ^o /o	T ^o C	pH <i>in situ</i>	Oxyg. dissous (ml/l)	Réserve alcaline (meq/l)	Turbidité (mg/l)	Profondeur (en m)	S ^o /o	T ^o C	pH <i>in situ</i>	Oxyg. dissous (ml/l)	Réserve alcaline (meq/l)	Turbidité (mg/l)
Q 143 12-V 43°50'9 N — 3°39'9 O Gr. Sonde 3 100 m							Q 170 19-V 45°44'4 N — 4°05' 0 Gr. Sonde 3 050 m						
0	35.397						0	35.672	15°47				
10	35.397	15°97	8.26	5.37	2.570	0.9	10	35.641	15°46	8.30	5.43	2.030	4.1
20	35.579	14°18	8.29	6.10	2.517	0.4	19	35.631	14°49	8.33	5.75	2.231	3.6
30	35.533	13°30	8.35	5.85	2.140	2.8	29	35.619	12°77	8.32	5.64	2.468	3.0
50	35.647	12°48	8.37	5.43	2.517	4.5	48	35.609	11°89	8.27	5.26	2.231	3.6
75	35.636	12°18	8.38	5.40	2.390	3.7	72	35.599	11°49	8.28	5.26	2.390	3.0
100	35.646	12°12	8.38	5.21	2.231	2.7	96	35.602	11°42	8.27	5.13	2.390	6.4
150	35.633	11°95	8.31	5.18	2.390	4.4	145	35.602	11°33	8.26	5.13	2.231	3.4
200	35.621	11°76	8.34	5.19	2.231	3.6	194	35.604	11°30	8.27	5.14	2.231	3.7
300	35.600	11°28	8.38	5.01	2.231	6.1	291	35.599	11°18	8.27	5.02	2.231	4.1
400	35.594	11°05	8.34	4.92	2.715	3.8	390	35.587	11°06	8.26	n.d.	2.231	3.4
506	35.602	10°85	8.29	4.58	2.570	5.0	511	35.590	10°86	8.19	4.67	2.231	4.2
603	35.646	10°63	8.18	4.28	2.517	4.6	604	35.613	10°68	8.18	4.40	2.231	6.2
797	35.774	10°22	8.23	3.86	2.715	6.7	792	35.753	10°33	8.17	3.81	2.231	2.4
992	35.794	9°74	8.27	3.87	2.390	4.1	983	35.819	9°77	8.15	3.84	2.231	5.0
1 189	35.687	8°72	8.27	4.00	2.390	6.5	1 176	35.707	8°79	8.16	4.00	2.390	3.5
1 221	35.669	8°57	8.28	4.01	2.468	3.8	1 372	35.489	7°26	8.16	4.37	2.390	4.4
1 507	35.337	6°29	8.29	4.76	2.468	2.7	1 438	35.429	6°86	8.17	4.41	2.231	7.7
1 794	35.124	4°61	8.25	5.01	2.390	2.6	1 630	35.220	5°43	8.15	4.78	n.d.	10.0
1 986	35.073	3°99	8.25	4.99	2.140	5.4	1 829	35.110	4°50	8.18	4.95	2.231	5.1
2 471	34.975	3°25	8.25	5.03	2.390	8.5	2 028	35.075	4°09	8.19	5.00	2.231	4.6
							2 528	34.984	3°22	8.17	5.02	2.231	5.1
							3 000		3°20	8.22	4.62	2.231	4.1
Q 151 13-V 44°14'5 N — 5°00'2 O Gr. Sonde 4 500 m							Q 191 23-V 46°27'2 N — 4°49'2 O Gr. Sonde 1 610 m						
0	35.532	16°42					0	35.649	14°40				
10	35.517	15°62	8.31	5.21	2.030	5.0	10	35.624	14°11	8.27	5.63	2.231	2.4
20	35.541	13°87	8.33	5.76	2.468	2.6	19	35.618	13°40	8.28	5.76	2.390	2.9
29	35.567	13°19	8.34	5.76	2.030	1.0	29	35.613	13°23	8.28	5.58	2.231	3.4
49	35.623	12°54	8.28	5.26		7.4	48	35.615	12°59	8.29	5.36	2.390	3.9
73	35.645	12°31	8.28	4.96	2.468	3.1	73	35.619	12°16	8.28	5.30	2.231	2.8
98	35.647	12°16	8.28	4.97	2.030	3.7	97	35.614	11°84	8.27	5.17	2.390	2.5
147	35.631	11°87	8.25	5.05	2.517	6.3	145	35.617	11°55	8.24	5.10	2.231	5.7
196	35.625	11°73	8.24	n.d.	2.231	2.7	193	35.613	11°44	8.24	5.23	2.390	4.0
295	35.599	11°42	8.25	4.87	2.231	5.0	290	35.600	11°25	8.20	5.09	2.390	3.7
394	35.586	11°18	8.22	4.84	2.140	14.3	409	35.585	11°09	8.16	5.05	2.390	5.6
502	35.586	10°98	8.18	4.70	2.231	6.8	504	35.585	11°10	8.09	4.99	2.231	4.7
596	35.586	10°81	8.15	4.43	2.840	3.1	694	35.674	10°42	8.16	4.16	2.390	4.4
783	35.756	10°33	8.13	3.79	2.231	2.4	885	35.729	9°92	8.18	4.04	2.390	3.4
972	35.810	9°79	8.09	3.79	2.140	6.8	1 075	35.683	8°94	8.17	4.04	2.030	5.4
1 116	35.746	9°03	8.10	3.94	2.468	3.7	1 269	35.544	7°81	8.21	4.28	2.231	4.3
1 360	35.592	7°94	8.08	4.21	2.468	12.0	1 367	35.442	7°04	8.20	4.47	2.390	4.1
1 392	35.555	7°71	8.09	4.21	2.468	3.7							
1 589	35.328	6°19	8.11	4.52	2.390	9.7							
1 786	35.130	4°67	8.10	4.88	2.570	9.4							
1 984	35.083	4°15	8.11	4.97	2.517	3.4							
483	34.995	3°28	8.10	5.06	2.390	4.6							
Q 155 14-V 45°05'1 N — 3°20'4 O Gr. Sonde 1 570 m							Q 201 25-V 46°58'8 N — 5°47'1 O Gr. Sonde 1 570 m						
0	35.676	17°0					0	35.598	14°05				
10	35.634	15°90	8.29	5.33	2.231	3.1	10	35.578	14°00	8.31	5.16	2.390	6.3
20	35.619	14°37	8.28	n.d.	2.468	5.5	19	35.592	14°01	8.31	5.41	2.030	7.5
30	35.633	13°46	8.30	5.76	2.570	0	29	35.587	13°90	8.35	n.d.	2.231	7.5
50	35.643	12°31	8.28	5.35	2.468	2.2	48	35.593	12°68	8.35	5.59	2.390	13.0
75	35.639	12°07	8.26	5.15	2.468	3.7	72	35.601	11°83	8.32	5.13	2.468	9.9
100	35.634	11°96	8.25	5.20	2.468	4.4	96	35.610	11°45	8.32	5.05	2.390	6.8
150	35.627	11°73	8.25	5.03	2.570	3.0	145	35.604	11°29	8.30	5.09	2.468	7.8
200	35.619	11°59	8.26	5.06	2.570	2.6	193	35.596	11°23	8.30	5.13	2.390	10.7
300	35.603	11°30	8.24	4.85	2.570	1.1	290	35.584	11°16	8.29	4.95	2.390	7.7
400	35.596	11°10	8.25	4.85	2.570	1.4	388	35.586	11°08	8.24	4.84	n.d.	7.9
500	35.586	10°95	8.19	4.71	2.570	4.3	488	35.582	10°94	8.23	4.84	2.468	2.5
595	35.600	10°77	8.17	4.44	2.468	3.5	533	35.591	10°79	8.20	4.47	2.390	7.3
794	35.726	10°45	8.16	3.81	2.570	3.6	726	35.657	10°43	8.19	4.02	2.468	9.3
991	35.820	9°95	8.16	3.75	2.570	6.7	918	35.779	10°05	8.17	3.72	2.390	14.9
1 188	35.729	8°95	8.16	3.92	2.570	6.1	1 113	35.769	9°15	8.17	3.85	2.231	11.8
1 386	35.506	7°32	8.11	4.33	2.390	5.8	1 311	35.490	7°52	8.17	4.29	2.390	13.2
1 546	35.266	5°68	8.14	4.68	2.231	5.4	1 410	35.343	6°38	8.19	4.49	2.231	8.3

Profondeur (en m)	S‰	T° C	pH <i>in situ</i>	Oxyg. dissous (ml/l)	Réserve alcaline (meq/l)	Turbidité (mg/l)
Q 207 27-V 47°25'3 N — 7°01'9 O Gr. Sonde 1 480 m						
0	35,632	13°55				
10	35,618	13°48	8,23	5,49	2,390	5,0
20	35,622	13°21	8,27	5,55	2,030	2,1
30	35,621	12°97	8,24	5,47	2,030	1,1
50	35,644	12°01	8,22	5,37	2,030	7,0
75	35,593	11°46	8,23	5,16	2,231	8,3
100	35,598	11°31	8,24	5,08	2,468	11,2
150	35,598	11°21	8,19	5,22	2,468	6,6
200	35,597	11°15	8,20	5,00	2,231	3,5
300	35,583	11°07	8,21	5,05	2,390	3,5
492	35,601	10°79	8,17	4,71	2,468	4,7
590	35,628	10°67	8,18	4,52	2,390	4,8
788	35,688	10°24	8,16	3,90	2,231	4,8
986	35,675	9°38	8,12	3,90	2,390	4,2
1 184	35,552	8°01	8,12	4,14	2,030	7,3
1 384	35,459	7°26	8,10	4,33	2,468	5,7
1 433		7°10	8,14	4,30	2,230	5,0
Q 217 28-V 47°51'4 N — 8°12'6 O Gr. Sonde 1 610 m						
0	35,581	13°39				
10	35,594	13°40	8,34	5,83	2,030	3,9
20	35,584	13°32	8,34	6,27	2,390	5,0
29	35,582	12°74	8,35	5,88	2,390	3,6
49	35,578	12°10	8,31	5,43	2,390	4,0
73	35,582	11°52	8,32	5,06	2,231	2,9
97	35,576	11°39	8,33	5,07	2,231	5,4
147	35,578	11°29	8,28	5,09	2,231	4,3

Profondeur (en m)	S‰	T° C	pH <i>in situ</i>	Oxyg. dissous (ml/l)	Réserve alcaline (meq/l)	Turbidité (mg/l)
196	35,574	11°24	8,37	5,02	2,231	4,6
295	35,589	11°07	8,30	5,02	2,390	4,1
393	35,578	11°02	8,31	4,93	2,231	3,4
486	35,581	10°81	8,27	4,73	2,231	5,4
577	35,583	10°58	8,26	4,32	2,231	5,2
767	35,659	10°15	8,20	3,98	2,390	4,6
958	35,694	9°56	8,21	3,90	2,390	4,9
1 154	35,609	8°54	8,23	4,05	2,390	7,3
1 345	35,479	7°44	8,24	4,20	2,468	6,5
1 492	35,379	6°73	8,22	4,44	2,315	5,1
Q 220 25-V 48°07' N — 9°41'4 O Gr. Sonde 1 500 m						
0	35,547	12°92				
10	35,540	12°83	8,17	5,33	2,693	4,3
19	35,550	12°33	8,21	5,36	2,468	5,4
28	35,542	12°09	8,17	5,34	2,468	3,7
47	35,549	11°75	8,19	5,29	2,468	2,9
71	35,552	11°57	8,17	5,10	2,570	3,8
94	35,548	11°43	8,28	5,06	2,570	3,8
142	35,567	11°16	8,20	4,98	2,468	4,9
189	35,552	11°02	8,19	4,91	2,468	8,0
285	35,550	10°93	8,22	4,89	2,693	8,7
382	35,559	10°85	8,20	4,84	2,315	5,0
449	35,562	10°68	8,14	4,59	2,693	4,5
542	35,570	10°50	8,09	4,27	2,468	3,8
732	35,636	10°20	8,07	3,90	2,315	4,8
926	35,785	9°88	8,09	3,75	2,468	6,2
1 124	35,665	8°78	8,06	3,93	2,315	4,7
1 323	35,441	7°19	8,07	4,22	2,315	4,4
1 372	35,416	6°90	8,09	4,41	2,315	6,4

OUVRAGES CITES

- BERTHOIS (L.), 1965. — Techniques d'études estuariennes. — Paris, Editions S.E.D.E.S., 1 vol.
- BRUNEAU (L.), JERLOR (N. G.) et KOCZY (F. F.), 1953. — Physical and chemical methods. — *Rep. swed. Deep-Sea Exped. 1947-48*, 3 (2).
- BUCH et GRIPENBERG, 1932. — Über den Einfluss des Wasserdruckes auf pH und das Kohlensäuregleichgewicht in größeren Meerestiefen. — *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 7, p. 232.
- EMERY (K. O.) et HÜLSEMANN (J.), 1963. — Submarine canyons off southern California. I. Topography waters and sediments. — *Allan Hancock Pacific Exped.*, 27, Los Angeles, Univ. South. California Press.
- GUILCHER (A.), 1965. — Précis d'hydrologie marine et continentale. — Paris, MASSON éd., 389 p., 217 fig., 8 pl.
- HARVEY (H. W.), 1949. — Chimie et biologie de l'eau de mer. — Paris, Presses univ. France, 177 p., traduction Cl. FRANCIS-BÉLUF et Cl. LALOU.
- KUENEN (Ph. H.), 1953. — Origin and classification of submarine canyons. — *Bull. géol. Soc. Amer.*, 64, p. 1295-1314.
- MOORE (David G.), 1961. — Submarine slumps. — *J. sediment. Petrol.*, 31, n° 3, p. 343-357.
- RICHARDS (F. A.) et CORWIN (N.), 1956. — Some oceanographic applications of recent determinations of the solubility of oxygene in sea water. — *Woods Hole coll. Repr.*, n° 852.
- ROTSCHI (H.), 1954. — Méthode pratique pour l'étude du système gaz carbonique dans l'eau de mer. — *Trav. Cent. Rech. et Océanogr.*, 1, n° 6.
- STRICKLAND (J. D. H.) et PARSONS (T. R.), 1960. — A manual of sea water analysis. (With special reference to the more common micronutrients and to particulate organic material). — *Fish. Res. Bd Canada, Bull.*, n° 125.