

ÉVALUATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DISSOUTE DANS DES EAUX CÔTIÈRES DE LA BRETAGNE MÉRIDIONALE EN AVRIL 1970

par

Pierre Le Corre, Paul Tréguer et Pierre Courtot,
Groupe d'Océanologie chimique, Université de Bretagne occidentale (1)

Résumé

Les teneurs en matières organiques ont été évaluées en avril 1970 dans des eaux côtières de Bretagne méridionale. Nous avons déterminé le carbone organique, l'azote organique et les acides gras libres dissous. A ces mesures ont été associés des dosages de carbone particulaire. Les valeurs de nitrate et nitrite obtenues en même temps que celles d'azote organique sont données.

Les apports terrestres, la situation hydrologique permettent d'expliquer le taux relativement élevé et les variations marquées des teneurs en matières organiques. Les mesures d'acides gras libres confirment qu'ils ne représentent qu'une très faible partie (moins de 2 p. 100) de la totalité de la matière organique dissoute (2).

Introduction

Le rôle et l'importance de la matière organique dissoute (M.O.D.) dans l'eau de mer ont été mis en évidence depuis plusieurs années déjà. Seule l'analyse globale a été développée, par la mise au point de méthodes rapides et précises. Ainsi le dosage du carbone, de l'azote et du phosphore dissous permettent-ils généralement l'évaluation de la M.O.D. Différents auteurs ont montré que la teneur en carbone organique dissous est relativement constante dans les couches profondes (Duursma, 1961 ; Menzel, 1964 ; Menzel and Ryther, 1968 ; Ogura, 1970 a et b ; Barber, 1968) ; en revanche, des variations sensibles ont été observées dans les zones euphotiques et côtières (Duursma, 1963 ; Camps y Arias, 1963). L'azote dissous a donné lieu à des études plus restreintes (Duursma, 1961 ; Fraga y Vives, 1961 ; Fraga, 1966; Thomas et coll., 1971).

Des études spécifiques de la M.O.D. ont cependant été entreprises en vue du dosage des différents composants : glucides, acides aminés,

(1) Avenue Le Gorgeu, 29 N Brest.

(2) Nous tenons à exprimer nos remerciements à Michel Glémarec, maître-assistant en écologie marine (Université de Bretagne occidentale) dont la connaissance de la zone étudiée nous a été particulièrement utile et à l'équipage du N.O. Gwalarn qui s'est aimablement plié à nos exigences d'océanographes chimistes.

lipides, etc. Des difficultés importantes restent à résoudre en ce qui concerne la reproductibilité des mesures et la rapidité des analyses, aussi, peu d'études systématiques ont pu être réalisées à ce jour. Dans ce cadre, nous avons récemment mis au point une méthode de dosage global des acides gras libres (A.G.L.) dans l'eau de mer (Tréguer et coll., 1971, 1972).

L'application de ces diverses techniques d'évaluation de la M.O.D. dans les eaux de la côte Atlantique française n'avait pas, à notre connaissance, été entreprise. Seule la matière particulière a fait l'objet d'une étude par Szekielda en 1968 dans les eaux du Golfe de Gascogne et au large de la Pointe de Bretagne.

Nous avons ici réalisé le dosage de paramètres caractéristiques de la matière organique dissoute tels que : carbone, azote et acides gras libres dissous, auxquels nous avons associé le dosage du carbone organique particulaire et de l'azote minéral dissous sous forme nitrate et nitrite. Notre but est de préciser et d'interpréter la répartition de la M.O.D. dans une zone limitée du Nord du Golfe de Gascogne, déjà décrite par les biologistes, en particulier lors d'études écologiques.

Description de la zone étudiée

Cette zone est délimitée au Nord par le littoral, de l'Anse de Bénodet à la Pointe de Trévignon, au Sud par le parallèle 47°35' N, à l'Est et à l'Ouest respectivement par les méridiens 3°48' W et 4°13' W (Fig. 1). Ses caractéristiques hydrologiques ont déjà été précisées lors d'études des peuplements benthiques, par Glémarec en 1969.

Elle est caractérisée par une barrière rocheuse qui s'étend de la Pointe de Mousterlin à la Basse Jaune et dont une partie est émergée. Ce seuil limite une dépression pré littorale dont la profondeur (une trentaine de mètres) croît au Sud, vers la Basse Jaune. Trois stations : A, B et H sont situées dans cette zone I. Des profils de température ont été réalisés au moment des prélèvements pour les stations A et H (Fig. 2). A la station A (fond : 13 m) une hétérothermie est observée. Elle est probablement passagère et due à l'ensoleillement important. A la station H (48 m), le profil de température obtenu (Fig. 2) révèle un état intermédiaire entre le large et la dépression pré littorale.

Les courants de marée s'écoulent à travers cette barrière rocheuse par trois passes (Chenaux Nord et Sud des Iles aux Moutons, Chenal Kourou Glenen entre les Pourceaux et les Glénans). La station C (fond : 13 m), est située dans cette zone II. Le profil de température réalisé (Fig. 2), alors que le courant de marée montante était très sensible, est homogène : la colonne d'eau est brassée sur toute la profondeur.

Au Sud du seuil rocheux (zone III), nous avons réalisé des prélèvements dans les quatre stations D, E, F et G. Le profil de température de la station F (Fig. 2) révèle qu'à cette époque de l'année (mois d'avril) une thermocline est déjà établie. A la station D, les mesures réalisées à marée descendante révèlent un mélange des eaux superficielles : le courant de marée exerce encore une influence sensible à ce niveau.

Afin d'étudier l'influence d'éventuels apports par la rivière Odet, nous avons situé trois stations (I, J et K) au Nord-Ouest du seuil rocheux (zone IV).

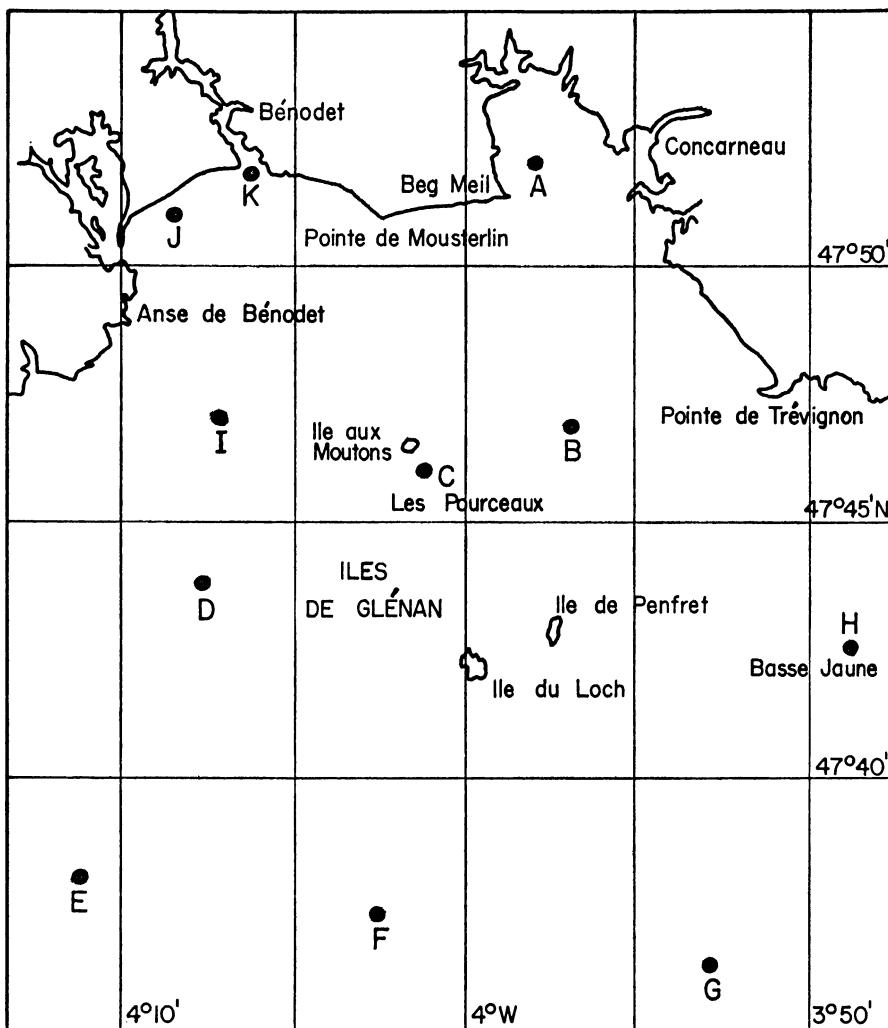


FIG. 1
Zone étudiée (Echelle : 1/290.000).

Techniques utilisées

I. Échantillonnage.

Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une bouteille de 6 l en polyéthylène, de type Van Dorn. A chaque station, les eaux de surfaces sont recueillies les premières. Une préfiltration puis une

filtration de 3 litres d'eau de mer sont effectuées respectivement à 200 μ et à 0,50 μ . Nous avons utilisé des filtres en fibres de verre Whatman GF/C traités à 500 °C au four pendant 30 mn. L'eau filtrée est séparée en deux fractions : l'une est stockée dans des flacons en verre « Pyrex », l'autre dans des bidons de polyéthylène. Leur conservation est réalisée par congélation à — 20 °C.

2. Mesure de la température.

Nous utilisons la bouteille isolante de Peterson-Nansen qui permet la détermination de la température à 0,02 °C près.

3. Dosage du carbone organique dissous.

Nous avons utilisé la méthode décrite par Menzel et Vaccaro (1964). Les matières organiques sont oxydées par du persulfate de potassium dans des tubes scellés. Le gaz carbonique formé est ensuite dosé à l'aide d'un analyseur à infrarouge LIRA 300. Nous opérons sur des échantillons d'eau de mer de 15 ml. L'erreur absolue est inférieure à 0,1 mg C/l.

4. Dosage de l'azote organique dissous.

Les matières organiques azotées (ainsi que les ions ammonium), sont transformées sous l'action d'une irradiation UV intense, en un mélange de nitrate et nitrite (Armstrong, Williams and Strickland, 1966).

En dosant les nitrates et nitrites avant et après irradiation, il est possible d'obtenir la concentration en azote organique. Nous avons suivi le mode opératoire décrit par Strickland et Parsons (1968). Une lampe de 550 watts a été utilisée avec des temps d'irradiation de 14 h.

Les nitrites sont dosés selon la méthode de Bendschneider et Robinson (1952), les nitrates par celle de Wood et coll. (1967) qui utilisent comme colonne réductrice le couple cadmium-cuivre.

Dans nos résultats, exprimés en $\mu\text{atgN/l}$, est incluse la concentration en ions ammonium. Strickland et Parsons (1968) estiment la précision pour une mesure isolée à $\pm 0,25 \mu\text{atg N/l}$, au niveau de 5 $\mu\text{atg N/l}$.

5. Dosage des acides gras libres dissous.

La technique que nous avons mise au point récemment (Tréguer et coll. 1972) a été utilisée pour 1 l d'eau de mer. Les acides gras sont extraits dans le chloroforme puis dosés sous forme de sels cuivriques en absorption atomique.

Elle permet d'évaluer la quantité globale d'A.G.L. dissous en équivalent d'acide palmitique ($\mu\text{g/l}$). Pour une concentration de 30 $\mu\text{g/l}$, la déviation standard est de 1 $\mu\text{g/l}$ pour sept déterminations.

6. Dosage du carbone particulaire.

Il est réalisé selon la méthode décrite par Strickland et Parsons (1968). Le volume d'eau utilisé est voisin de 3 l. Deux déterminations par échantillon sont effectuées. La matière organique est oxydée par le mélange sulfochromique. L'excès d'oxydant est dosé par une solution de sulfate ferreux. La méthode permet d'évaluer la quantité de carbone organique particulaire sous forme d'équivalent-carbone de glucose.

Les résultats sont obtenus à ± 10 p. 100.

Résultats

Les tableaux 1 et 2 rassemblent par station, repérée par ses coordonnées géographiques, les teneurs en matière organique (carbone dissous, azote dissous, acides gras libres, carbone particulaire) et en azote minéral (nitrate et nitrite), en fonction de la profondeur.

A chaque station, deux prélèvements ont été réalisés : en surface (2 m) et au fond (profondeur variable). A la station F, des profils ont été tracés (Fig. 3 et 4). Sur les tableaux 1 et 2 sont portés, en outre, le pourcentage d'acides gras libres et la valeur du rapport C/N dans la matière organique dissoute.

Discussion

I. Variations des paramètres. Corrélations.

Les paramètres mesurés varient, dans une large mesure, en fonction de la localisation et de la profondeur.

a) Nous constatons que les concentrations en matière organique varient dans un rapport voisin de 1 à 3.

Ainsi la teneur en carbone organique dissous varie de 0,9 à 3,5 mg C/l
» la teneur en carbone organique particulaire 70 à 210 μg C/l
» la teneur en azote organique dissous.. 3,9 à 10,3 μatg N/l
» la teneur en acides gras libres 9 à 38 $\mu\text{g}/\text{l}$

La concentration en azote minéral (nitrites et nitrates) est beaucoup plus variable : de 0,2 à 8,4 μatg N/l.

b) Les teneurs mesurées en carbone dissous (C.O.D.) et en carbone particulaire (C.O.P.) sont, en moyenne, plus élevées que celles habituellement trouvées dans les eaux océaniques. Ainsi, Szekielda (1968) a obtenu dans les eaux du Golfe de Gascogne des concentrations en C.O.P. variant de 60 à 130 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Nous observons une corrélation entre le C.O.P. (C_p en $\mu\text{g}/\text{l}$) et le C.O.D. (C_d en mg C/l). La droite de régression a pour équation $C_p = 65 C_d + 46,5$ pour $0,9 < C_d < 2,4$ mg/l.

TABLEAU 1
La matière organique des eaux de Bretagne méridionale, en avril 1970.

Stations	Localisation		Profondeur m	MATIÈRE ORGANIQUE				$\text{NO}_x + \text{NO}_3$ $\mu\text{atg N/l}$	pourcentage AGL dans M.O.D.	C/N (M.O.D.)
	W	N		C dissous mg C/l	N dissous $\mu\text{atg N/l}$	AGL dissous $\mu\text{g C/l}$	C particulaire $\mu\text{g C/l}$			
A	3°58'	47°52'	2	1,8	8,8	18,5	175	1,13	0,75	15
			13	2,4	8,2	15	200	1	0,45	21
B	3°57'	47°46'50"	2	3,5	8,7	35,5	140	0,63	0,75	32
			27	1,45	8,7	30	145	5,2	1,5	12
C	4°01'	47°46'	2	1,5	5,9	28	110	0,5	1,45	18
			13	1,3	6,2	34	125	0,54	1,9	15
D	4° 7'20"	47°43'45"	2	3,0	6,9	35,5	175	0,45	0,9	31
			54	1,2	5	38	95	8,4	2,4	17
E	4°11'	47°38'	2	1,3	6,2	29	130	0,54	1,7	15
			92	1	3,5	28	120	7,55	2	20
G	3°53'	47°36'30"	2	1,15	6,4			0,28		13
			80	1,15	6,9					12
H	3°49'	47°42'30"	2	1,3	5,9	23,5	155	0,55	1,35	15
			48	1,8	8,6	29,5	210	6,65	1,1	15
I	4°07'	47°47'	2	1,6	5,4	31,5	135	0,8	1,5	21
			30	1,3	6,3	16,5	120	1,97	1	14
J	4°08'20"	47°51'	2	1,8	6,9			0,72		19
K	4°06'10"	47°50'45"	2	3,5	6,3	22,5	190	1,97	0,5	39
			11	3,35	6,7	21,5	195	1	0,5	36

Le coefficient de corrélation, pour 20 couples de mesures, est $r = 0,72$. Il est significatif au seuil $P = 0,01$. Toutefois, pour ce calcul, nous n'avons pas tenu compte des mesures effectuées en B (surface), D (surface) et K (à la sortie de l'Odet), où les concentrations en C.O.D. sont particulièrement élevées.

c) En ce qui concerne l'azote organique dissous (N.O.D.) nous pouvons noter d'abord que les valeurs observées sont proches de celles déterminées dans des eaux côtières atlantiques par Fraga et Vives (1961) et dans les eaux océaniques par Fraga (1966) et Thomas et coll. (1971). L'influence côtière est peu apparente. Par ailleurs, nous avons calculé le rapport COD/NOD en poids/poids (tableaux 1 et 2).

TABLEAU 2
La matière organique, au large des îles de Glénan, en avril 1970.
Station F ($4^{\circ}2'30''W$, $47^{\circ}37'15''N$)

Pro-fondeur (m)	MATIÈRE ORGANIQUE				Azote minéral $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ $\mu\text{atg N/l}$	Pourcentage A.G.L. dans M.O.D.	C/N dans M.O.D.			
	Dissoute		Particulaire							
	Carbone dissous mg C/l	Azote dissous $\mu\text{atg N/l}$	Carbone particulaire $\mu\text{g C/l}$							
2	1,75	10,3	33	160	0,5	1,5	12			
5	1,70	7,0	21	140	0,4	0,9	17			
10	1,55	6,9	9	150	0,2	0,45	16			
20	1,1				0,3					
30	1,0	6,0	15,5	110	0,5	1,2	12			
40	0,95	10,3	10	170	2,2	0,8	6,5			
50	0,90	3,9			6,7		16			
60	0,90	5,9			7,7		11			
70	0,90	6,8	14,5	105	7,4	1,25	9			
80	1,0	5,7	16,5	110	7,3	1,25	13			
85	1,0	4,9	21	70	7,7	1,6	14,5			

Il varie en général de 10 à 20. Il peut être à peu près constant, aux stations C, G, H et K ou très variable, aux stations A, B, D, E et F. Dans ces derniers cas, une notable variation de la composition de la M.O.D. entre la surface et le fond est ainsi mise en évidence. Dans la zone soumise aux apports de la rivière Odet, (station K), le rapport C/N est voisin de 40. Cela souligne la pauvreté en azote des apports organiques.

Une corrélation est observée entre C.O.P. et N.O.D. (N_d en $\mu\text{atg N/l}$). La droite de régression obtenue pour 24 couples de mesures et pour

$$3,5 < N_d < 10,3 \mu\text{atg N/l}$$

est :

$$C_p = 12,5 N_d + 56.$$

Le coefficient de corrélation $r = 0,6$ est significatif au seuil $P = 0,01$.

Il est intéressant de relever qu'à une zone riche en azote organique dissous est associée une zone riche en matière particulaire.

Toutefois, ignorant d'une part la contribution de la matière vivante au carbone particulaire et, d'autre part, la relation entre M.O.D. et matière vivante, il est difficile actuellement de commenter ces résultats de façon plus approfondie.

d) La teneur en acides gras libres est relativement constante : de 20 à 40 µg/l d'équivalent en acide palmitique dans la plupart des stations. Ce résultat est conforme aux mesures précédemment réalisées dans d'autres zones côtières de Bretagne occidentale (Tréguer et coll., 1971). On constate aussi que leur contribution à l'ensemble de la M.O.D. est faible. Lorsqu'on compare les valeurs des équivalents en carbone des A.G.L. à celles du carbone organique dissous, les A.G.L. ne représentent que 1 à 2 p. 100 de la matière organique dissoute. Un fait caractéristique doit être retenu : dans les stations

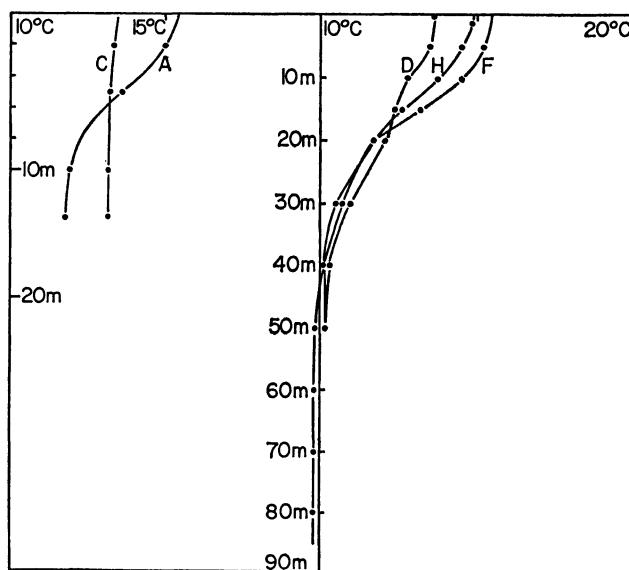


FIG. 2

Profils de température aux stations A, C, D, H et F (24 et 25 avril 1970).

A et K où la teneur en C.O.D. est relativement élevée, la concentration en A.G.L. ne suit pas cette augmentation et les pourcentages tombent jusqu'à 0,45 p. 100. Nous avons déjà obtenu des résultats analogues dans la Rade de Brest.

La connaissance actuelle de la M.O.D. et de son rôle nous paraît insuffisante pour donner une interprétation de la répartition des A.G.L. dissous dans les eaux de mer.

2. Répartition de la matière organique dissoute.

Nous pouvons décrire la répartition de la M.O.D. à partir de celle du C.O.D. En reprenant la division par zones précédemment décrite, nous constatons que :

a) la zone I est caractérisée par des teneurs en C.O.D. relative-

ment élevées : station A (1,8 mg C/l / 2,4 mg C/l) ; station B (3,5 mg C/l / 1,4 mg C/l) ; station H (1,3 mg C/l / 1,8 mg C/l). Aux stations A et H, les teneurs en C.O.D. sont plus élevées au fond qu'en surface, contrairement à ce qui est observé dans l'ensemble des autres stations. Des mesures plus nombreuses dans l'ensemble de la colonne d'eau pourraient expliquer cette situation. Les mesures réalisées à la station H révèlent une situation de transition entre les zones I et III ;

b) la zone III présente des teneurs en C.O.D. plus proches de celles habituellement observées dans les eaux océaniques : station E (1,3 mg C/l / 1 mg C/l) ; station F (1,7 mg C/l / 0,9 mg C/l) ; station G (1,15 mg C/l) ;

c) les résultats obtenus pour les stations D (3/1,2 mg C/l) et C (1,5/1,3 mg C/l) situées dans les zones II et III, peuvent être interprétés à partir des caractéristiques des eaux, dont témoignent les diagrammes de température des stations D, C et F. Au large (station F), une thermocline est déjà installée : au-dessous de 40 m, une homothermie est bien établie. Dans les passes du seuil rocheux, au contraire, la couche d'eau est parfaitement homogène car le courant de marée intéresse toute la colonne d'eau (13 m) comme le montrent les faibles variations de la température et des différents paramètres chimiques. Les mesures ont été effectuées à marée montante, ce qui explique les teneurs moyennes en C.O.D. A la station D (54 m), seule la couche superficielle est soumise à ce brassage; aussi la teneur en C.O.D., mesurée à marée descendante, est-elle importante en surface, alors qu'au fond elle est proche de celle observée dans les stations E, F et G;

d) les mesures effectuées dans la zone IV décèlent une influence des eaux terrestres. La station K est particulièrement caractéristique en ce qui concerne les teneurs en C.O.D. (3,5/3,35 mg C/l). Cette influence s'atténue sensiblement à la station J (1,8 mg C/l), pourtant très voisine, et à la station I (1,6/1,3 mg C/l). Il semble donc que la teneur en C.O.D. évolue selon le mélange des eaux des diverses zones;

e) nous pouvons aussi remarquer que la teneur en C.O.D. dans les eaux proches des fonds ne dépend pas de façon significative de la nature de ces fonds marins. Ainsi en I, au-dessus d'un fond sableux, elle est de 1,3 mg C/l ; en D 1,2 mg C/l au-dessus de gravellés ; en B : 1,45 mg C/l et en E : 1 mg C/l au-dessus de fonds vaseux ;

f) pour les zones étudiées, il faut noter enfin que ces conclusions s'appliquent en général au C.O.P., compte tenu de la corrélation significative enregistrée avec le C.O.D.

3. Répartition verticale à la station F.

La station F, comme E et G, a été choisie de façon à représenter les eaux du large. A la station F, des profils ont été tracés pour chacun des paramètres. Au point de vue thermique la thermocline est déjà bien établie au niveau de 20 m (Fig. 2). Au-dessous de 40 m, il y a homothermie.

La concentration en carbone organique dissous dans la zone euphotique est relativement élevée (1,7 à 1,2 mg C/l). Elle décroît

ensuite assez rapidement (Fig. 3) pour atteindre une valeur sensiblement constante de 0,9 mg C/l. Cette valeur se rapproche des teneurs trouvées par différents auteurs pour les masses d'eau océaniques profondes.

La concentration en carbone particulaire décroît avec la profondeur ; il y a cependant un maximum assez net au niveau de 40 m. Au maximum de matière particulaire correspond également une élé-

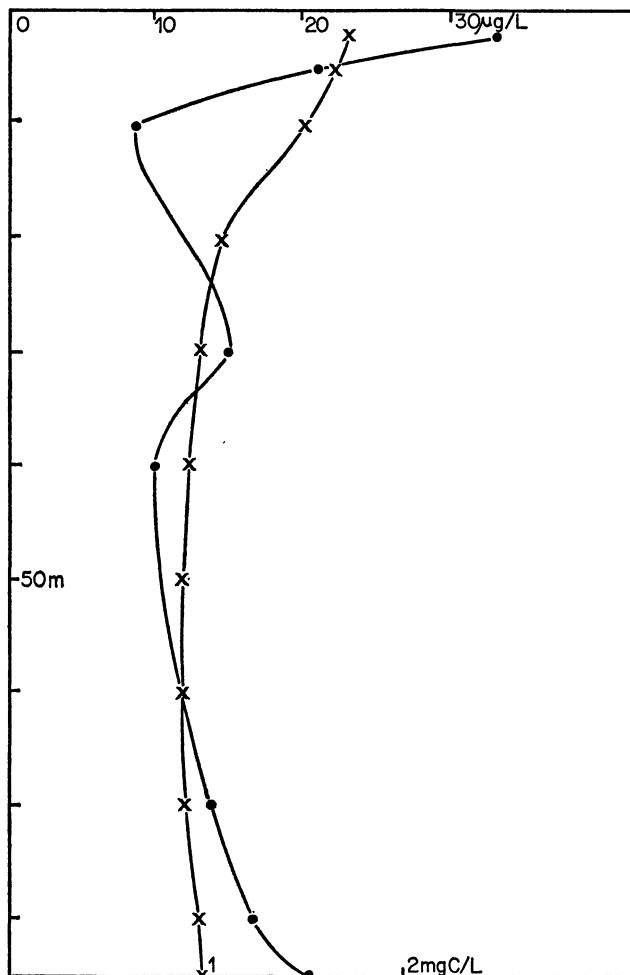


FIG. 3
Station F (24 avril 1970).

Carbone organique dissous (x) en mg C/l ; acides gras libres dissous (●) en $\mu\text{g}/\text{l}$ d'équivalent en acide palmitique.

vation du taux d'azote organique dissous. Il faut d'ailleurs noter l'analogie des deux courbes représentant les variations du C.O.P. et de l'azote organique dissous (Fig. 4). Les valeurs les plus élevées se trouvent en surface et sous la thermocline au niveau de 40 m. Nous avons également mesuré les teneurs en azote minéral sous forme de

nitrate et nitrite. Il apparaît qu'à cette époque de l'année (avril) la majeure partie de cet azote a été consommée jusqu'à une profondeur d'une trentaine de mètres. Il faut atteindre 60 m pour trouver une teneur constante en nitrate et nitrite.

Les acides gras sont représentés sur la figure 3. Les concentrations maximales se retrouvent en surface. Ailleurs, les variations sont assez peu marquées si ce n'est une légère croissance au voisinage du fond.

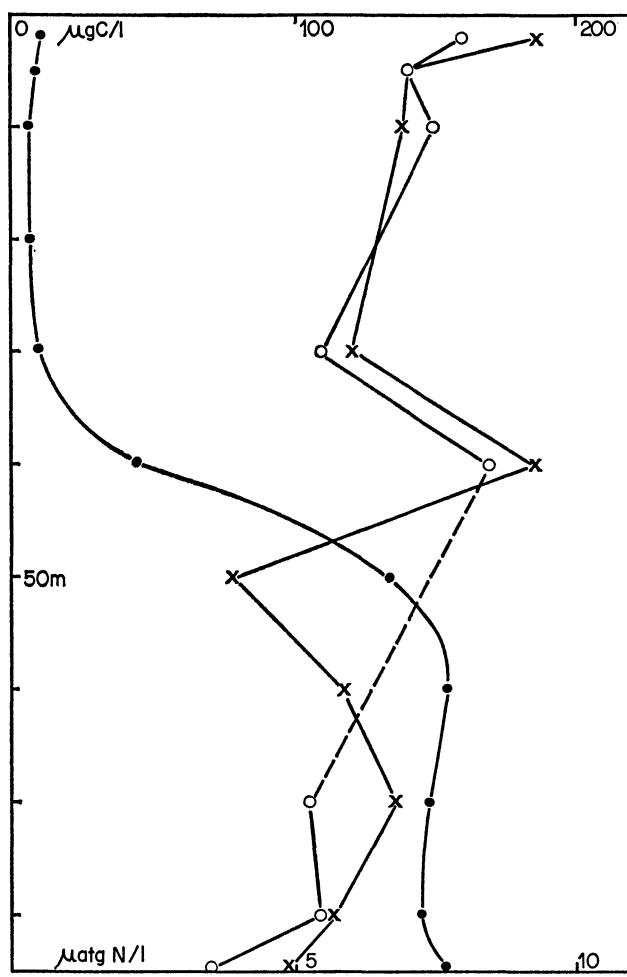


FIG. 4
Station F (24 avril 1970).

Azote minéral dissous (nitrate et nitrite) (●) en $\mu\text{atg N/l}$; azote organique dissous (\times) en $\mu\text{atg N/l}$; carbone organique particulaire (○) en $\mu\text{g C/l}$.

Conclusion

Nous nous sommes proposé d'évaluer et d'interpréter la répartition de la matière organique dissoute dans des eaux de mer de Bretagne méridionale. Comme la plupart des paramètres chimiques du

milieu marin, les variations de teneur en M.O.D. sont tributaires des conditions hydrologiques et des facteurs biologiques. Si les conditions hydrologiques ont été déjà décrites, les variations des facteurs biologiques qui peuvent influer sur la matière organique (productivité, activité hétérotrophique des micro-organismes...) ne sont pas connues dans cette zone. Malgré ses limites, cette étude nous a permis cependant de préciser les teneurs en matières organiques ; des variations marquées de ces paramètres ont été mises en évidence : elles reflètent la situation hydrologique et sont marquées par les influences côtières. Une analyse plus fine, engagée par le dosage global des A.G.L., confirme que leur participation dans la M.O.D. est faible. Une interprétation de leur répartition ne pourra être tentée qu'avec le développement de méthodes de dosage d'autres classes de composés organiques dissous.

Summary

Concentrations of organic matter have been evaluated in South Western Brittany coastal sea waters, in april 1970. Dissolved organic carbon and nitrogen, dissolved free fatty acids and particulate organic carbon, have been determined. Concentrations of nitrate and nitrite, obtained when measuring concentrations of organic nitrogen are also reported.

Coastal influence and hydrological conditions explain the relatively high level and noticeable variations of the concentrations of dissolved organic matter. Free fatty acids represent only one or two per cent of dissolved organic matter.

Zusammenfassung

Es wurde in April 1970 die Konzentrationen von organischen Stoffen in Süd-Westlichen Britten Küsten Meerwassern bestimmt. Gelöste organische Kohlenstoff und Nitrogen, gelöste freie Fettsäuren und partikular organischen Kohlenstoff Mengen wurden bestimmt. Es wurden auch die Konzentrationen von Nitrat und Nitrit gemessen.

Die Küsten Einflüsse und die Hydrologische Stellung erlauben, die in organischen Kohlenstoff relativ hohen Inhalte und bedeutenden Veränderungen zu erklären. Es wird bestätigt, durch die in freien Fettsäuren bestimmten Konzentrationen, dass diese Verbindungen nur einen sehr kleinen Anteil (weniger als 2 %) der gelösten organischen Stoffen bestehen.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ARMSTRONG, F.A.J., WILLIAMS, P.M., and STRICKLAND, J.D.H., 1966. — Photo-oxidation of organic matter in sea water by ultraviolet radiation, analytical and other applications. *Nature*, 211, pp. 481-483.
- BARBER, R.T., 1968. — Dissolved organic carbon from deep waters resists microbial oxidation. *Nature*, 220, pp. 274-275.
- BENDSCHNEIDER, K., ROBINSON, R.J., 1952. — A new spectrophotometric determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11, pp. 87-96.
- CAMPS, J.M. y ARIAS, E., 1963. — Determinación del carbono orgánico presente en aguas de Castellón de la Plana. *Inv. pesq.*, 23, pp. 125-131.
- DUURSMA, E.K., 1961. — Dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in the sea. *Netherl. J. Sea Res.*, 1, pp. 1-148.
- DUURSMA, E.K., 1963. — The production of dissolved organic matter in the sea, as related to the primary gross production of organic matter. *Netherl. J. Sea Res.*, 2, pp. 85-94.
- FRAGA, F., 1966. — Distribution of particulate and dissolved nitrogen in the western Indian ocean. *Deep-Sea Res.*, 13, pp. 413-425.

- FRAGA, F. y VIVES, F., 1961. — Descomposición de la materia orgánica nitrogenada en el mar. *Inv. pesq.*, 19, pp. 65-79.
- GLÉMAREC, M., 1969. — Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse d'Etat, CNRS n° AO 3422, pp. 1-167.
- MENZEL, D.W. and VACCARO, R.F., 1964. — The measurement of dissolved organic and particulate carbon in sea water. *Limnol. Oceanogr.*, 9, pp. 138-142.
- MENZEL, D.W., 1964. — The distribution of dissolved organic carbon in the Western Indian ocean. *Deep-Sea Res.*, 11, pp. 757-765.
- MENZEL, D.W. and RYTHER, J.H., 1968. — Organic carbon and the oxygen minimum in the South Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.*, 15, pp. 327-337.
- OGURA, N., 1970 a. — The relation between dissolved organic carbon and apparent oxygen utilization in the Western North Pacific. *Deep-Sea Res.*, 17, pp. 221-231.
- OGURA, N., 1970 b. — Dissolved organic carbon in the Equatorial region of the Central Pacific. *Nature*, 227, pp. 1335-1336.
- STRICKLAND, J.D.H. and PARSONS, T.R., 1968. — A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167, pp. 1-311.
- SZEKIELDA, K.H., 1968. — Le carbone particulaire dans les masses d'eau profondes. *Mar. Biol.*, 2, pp. 71-72.
- THOMAS, W.H., RENGER, E.H. and DODSON, A.N., 1971. — Near-surface organic nitrogen in the Eastern Tropical Pacific ocean. *Deep-Sea Res.*, 18, pp. 65-71.
- TRÉGUER, P., LE CORRE, P. et COURTOT, P., 1971. — Dosage global des acides gras libres dans les eaux de mer (Bretagne Occidentale). *C.R. Acad. Sc. Paris*, D, 273, pp. 1010-1011.
- TRÉGUER, P., LE CORRE, P. et COURTOT, P., 1972. — A method for determination of the total dissolved free fatty acids content of sea water. Application to Western Brittany sea waters. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, sous presse.
- WOOD, E.D., ARMSTRONG, F.A.J. and RICHARDS, F.A., 1967. — Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 47, pp. 23-31.