

Variation, en mer, de la teneur en oxygène dissous au proche voisinage des sédiments

Par JEAN BROUARDEL et LOUIS FAGE
Institut Océanographique, Paris

Summary—The experiments reported in this paper show that the oxygen content of the water undergoes a rapid decrease in the immediate vicinity of the bottom. This decrease is related to the very rapid oxidation of the sediment and the very slow diffusion of the dissolved gas.

A LA SUITE d'une série de dosages exécutés au large de Monaco en 1952 (Brouardel et Fage, 1954), sur des échantillons d'eau prélevés à l'aide de carottiers de divers modèles, par des fonds de 200 à 1000 m, nous avons conclu que la teneur en O_2 dissous décroît brusquement au proche voisinage des sédiments et nous émettions alors l'hypothèse que cette diminution de la teneur en O_2 pourrait être plus importante encore au ras même du sédiment.

De nouvelles recherches poursuivies en 1953-54 à l'aide d'appareils construits en conséquence ont eu pour but de préciser ce point.

Trois appareils différents ont servi aux prélèvements destinés à ces recherches, tous trois ont le caractère commun d'être entièrement en matière plastique. Le tube préleveur est constitué par un cylindre de plexiglas complètement ouvert à ses extrémités; ainsi, d'une part, il ne peut se produire aucune oxydation, d'autre part, il n'y a pas de perte de charge et donc de mélange d'eau dû à des étranglements ou des soupapes.

Carottier. Simple tube en plexiglas (fig. 1) de 1 m de long sur 5 cm de diamètre. A l'extrémité supérieure un clapet en matière plastique est maintenu complètement éclipsé à la descente de l'appareil par un ergot auquel est fixé le câble du treuil. Lorsque le tube touche le fond, le câble en prenant du mou libère le clapet qui, sous l'action de deux ressorts en acier inoxydable, maintient hermétiquement fermée l'extrémité supérieure du tube. L'extrémité inférieure étant bouchée par la carotte, lorsque le tube rencontre le sédiment il se trouve simultanément fermé à ses deux extrémités et emprisonne une véritable carotte d'eau.

Le fonctionnement du carottier, facilement contrôlé au cours de plongées grâce à la parfaite transparence du plexiglas, montre que, convenablement lesté, il découpe le sédiment exactement "à l'emporte pièce", sans mettre en suspension de particules de vase au-dessus de la carotte.

Bouteille de prélèvement. Cette bouteille (fig. 2) est destinée à faire des prélèvements non plus au ras du sédiment, mais à une hauteur déterminée au-dessus de celui-ci (5 m dans nos expériences). Le corps de l'appareil est ici encore formé d'un simple tube en plexiglas à chacune des extrémités duquel un clapet, en même matière, est maintenu à la descente totalement éclipsé par un ergot. Le système de déclenchement des clapets est basé sur un principe analogue à celui d'une arbalète dont la corde est constituée par le câble du treuil. Le carottier, fixé à l'extrémité du câble, maintient bandée cette arbalète par la tension qu'il exerce sur celui-ci. Dès que le carottier touche le fond, le câble détendu libère les ergots des clapets qui se ferment simultanément sous l'action de deux ressorts.

Préleveur de la surface du sédiment (fig. 3). Le principe de cet appareil est celui du "Jenkins surface mud sampler" qui est employé en Limnologie. Mais, ici encore, cet appareil est entièrement réalisé en matière plastique ce qui lui procure une remarquable souplesse de fonctionnement indispensable à la mer. La bouteille elle-même est un tube de plexiglas de 60 cm de long et de 7 cm de diamètre supportée par un bâti. Deux clapets, sortes de paupières, éclipsés à la descente, sont libérés dès que

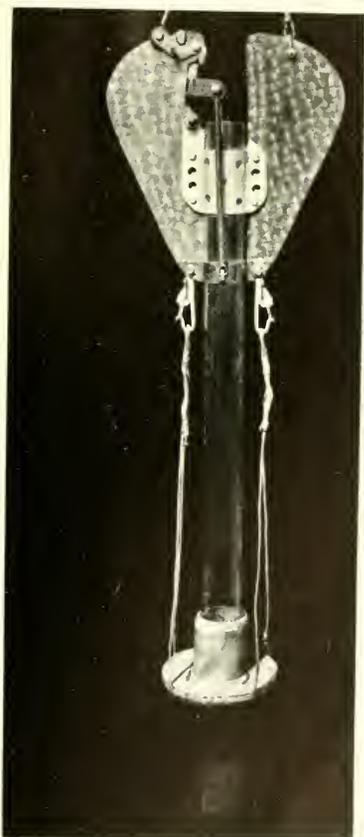


Fig. 1. Carottier à la descente, clapet ouvert.

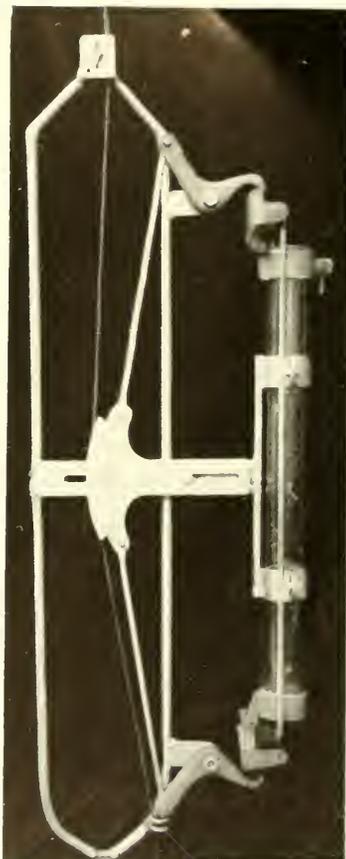


Fig. 2. Bouteille de prélèvement.

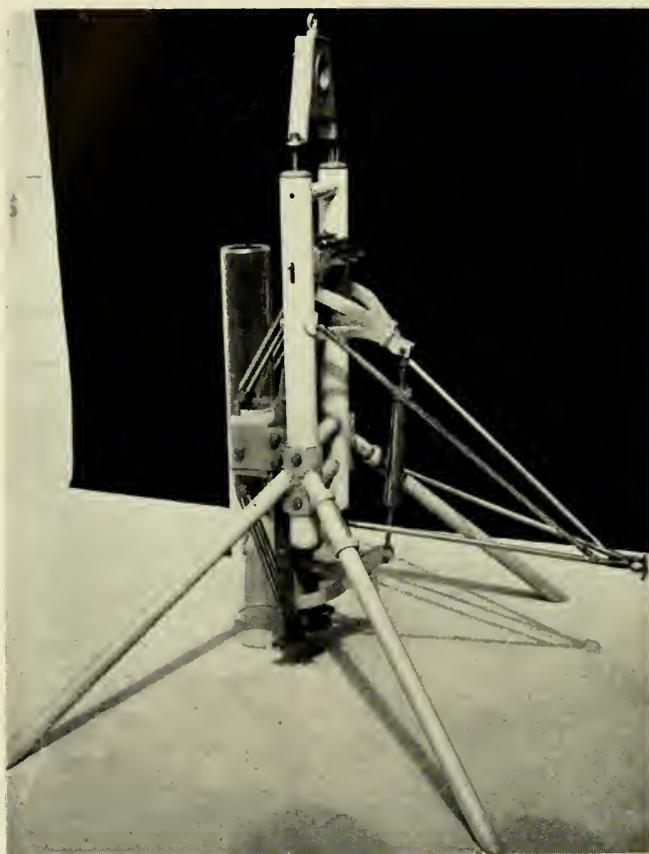


Fig. 3. Préleveur de surface, clapets ouverts

l'appareil touche le fond, puis soumis à l'action de deux jeux de quatre ressorts qui les entraînent avec puissance, mais aussi avec lenteur grâce à l'action d'un frein hydraulique. Le clapet situé à la partie inférieure découpe la pellicule superficielle du sédiment (2 à 3 cm d'épaisseur) ainsi retenue dans le tube. A la remontée les deux clapets ferment hermétiquement les extrémités de la bouteille.

Contrairement au carottier qui est descendu très rapidement afin de faire une carotte suffisamment importante pour boucher l'extrémité inférieure du tube, cet appareil est descendu extrêmement lentement dès l'approche du fond et véritablement "posé" sur celui-ci.

L'exposé suivant à trait aux résultats obtenus avec ces appareils simultanément employés au cours des sorties effectuées en Juin-Juillet 1954 avec l'*Eider*, bateau du Musée Océanographique.

Distinguant parfaitement dans le carottier, grâce à la transparence du plexiglas, la limite de la carotte et de l'eau limpide emprisonnée au-dessus d'elle, il est possible de faire des prélèvements par siphonage, grâce à un fin tube de verre. Les niveaux choisis pour ces prélèvements ont été les suivants: au ras du sédiment, toutefois sans atteindre la carotte, puis à 5—10—25—40—55 cm de celui-ci.

En outre, comme lors des expériences antérieures (Brouardel et Fage, 1953), la bouteille-arbalète, suspendue au même câble, était disposée à 5 m au-dessus du carottier faisant donc un prélèvement d'eau à environ 6 m au-dessus du sédiment.

Les teneurs en O_2 de l'eau des divers échantillons obtenus dans ces conditions figurent au tableau I. Ces teneurs y sont exprimées en milligrammes par litre.

Tableau I
Teneur en O_2 de l'eau prélevée à l'aide des appareils (Figs. 1 et 2) au-dessus du sédiment

<i>Profondeur:</i>	<i>100 m</i>	<i>140 m</i>	<i>210 m</i>	<i>220 m</i>	<i>240 m</i>	<i>245 m</i>	<i>290 m</i>	<i>305 m</i>	<i>Moyennes</i>
5 m	7,89	7,33	7,07	6,95	6,94	6,37	6,41	6,34	6,92 mg l
55 cm	7,88	7,23	6,84	7,20	6,86	6,81	6,27	6,21	6,91
40	7,76	7,23	6,93	6,80	6,58	6,79	6,50	6,48	6,88
25	7,83	7,23	7,13	6,78	6,60	6,40	6,42	6,36	6,84
10	7,71	7,56	7,11	6,76	6,39	6,46	6,47	6,22	6,83
5	7,83	7,13	6,67	6,58	6,75	6,47	6,37	6,42	6,78
au ras du sédiment	7,66	6,92	6,59	6,65	6,67	5,61	6,31	6,35	6,59

Sur la Figure 4, nous avons reporté en abscisses les teneurs moyennes en O_2 des prises aux différentes hauteurs (ordonnées) au-dessus du sédiment. Cette courbe fait apparaître, avec plus de netteté que celles obtenues lors des expériences antérieures, la diminution rapide de taux d' O_2 au proche voisinage du sédiment. L'amélioration due au remplacement de l'afcodur du carottier par le plexiglas transparent permet, en effet, de faire les prélèvements plus près de la carotte, à des hauteurs mieux déterminées, et d'avoir ainsi l'allure de la courbe dans les premiers centimètres.

On voit qu'entre la teneur en O_2 de l'échantillon d'eau prélevé par la bouteille à 5 m au-dessus du sédiment et celle de l'eau prélevée à la partie supérieure du carottier on n'observe pratiquement aucune différence. Par contre, la teneur en O_2 de l'eau renfermée dans le carottier diminue rapidement, et cela d'autant plus que l'on se rapproche de la carotte. Dans les expériences antérieures (carottier à clapet, puis carottier en afcodur) les différences entre les moyennes des taux d' O_2 observés entre

les deux étages extrêmes étaient de 3,7 et 3,5%. Ici, la différence moyenne entre les prélèvements extrêmes faits dans le carottier, à 55 cm l'un de l'autre, est de 0,32 mg soit 5%.

Si le carottier employé ici présentait une amélioration sur les précédents il restait, dans son usage, un point sur lequel aucun calcul ne pouvait donner d'appréciation mais qui pouvait, pensions-nous, présenter de l'importance.

En effet, pour que la colonne d'eau reste emprisonnée dans le tube il fallait à son extrémité inférieure une carotte relativement importante. Pour cela une assez grande vitesse de descente était nécessaire et nous ne savions dans quelle mesure cette vitesse ne risquait pas de perturber la position des couches d'eau lors de la rencontre du

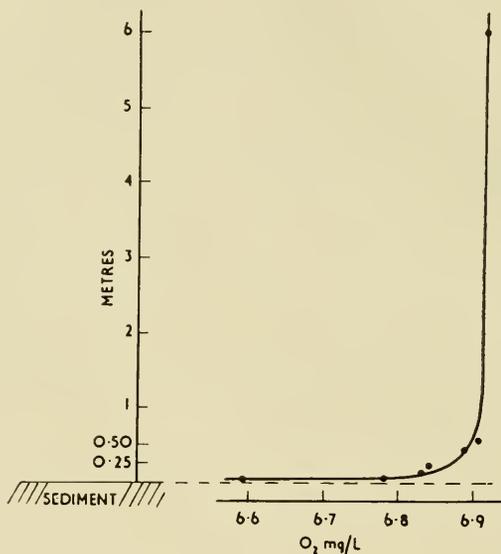


Fig. 4. Teneurs en O₂ de l'eau dans une couche de 6 m d'épaisseur au dessus du sédiment (Carottier et Bouteille de prélèvement).

carottier avec le sédiment. D'autre part, à la remontée la carotte risque toujours de glisser légèrement le long du tube et de modifier peut-être, la position de l'eau. C'est pour éliminer ces causes possibles de perturbation que nous nous sommes servis d'un appareil de principe différent, c'est-à-dire du préleveur de surface dont nous avons donné plus haut une sommaire description.

Cette bouteille "carottier d'eau" et le carottier en plexiglas ont été utilisés simultanément au cours des sorties de l'*Eider* en Juin-Juillet 1954, puis elle a été utilisée avec la bouteille-arbalète, par de plus grandes profondeurs, en Octobre 1954 à bord de la *Calypso*.

Les prélèvements, comme dans le cas du carottier, se faisaient par siphonage dont la technique était d'ailleurs améliorée ici par l'emploi d'une "pige" qui guidait le fin tube de verre dans le carottier bouteille.

Lors des sorties de Juin-Juillet, les prélèvements faits à des hauteurs de 1, 5, 10, 25 et 40 centimètres, au-dessus de la pellicule découpée par le clapet inférieur de la bouteille, ont donné les résultats qui figurent au tableau II et qui permettent de construire la courbe figure 5.

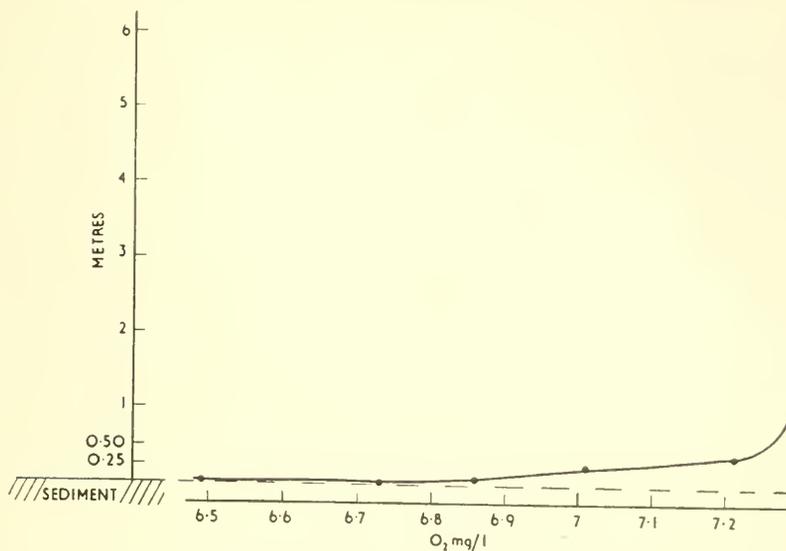


Fig. 5. Teneurs en O_2 de l'eau dans une couche de 40 cm d'épaisseur au-dessus du sédiment (Préleveur de surface).

Tableau II

Teneur en O_2 de l'eau prélevée à l'aide de l'appareil (Fig. 3), au-dessus du sédiment

Profondeur:	85 m	95 m	130 m	150 m	150 m	180 m	220 m	230 m	235 m	245 m	250 m	255 m	275 m	285 m	430 m	Moyennes
40 cm	7,89	7,95	7,53	7,83	7,44	7,36	7,08	7,44	7,07	6,90	6,65	7,08	6,73	7	6,17	7,21 mg l
25 cm	7,89	7,89	7,53	7,64	7,34	7,24	6,94	6,93	7,09	6,74	6,27	6,96	6,63	6,77	6,91	7,05
10 cm	7,68	7,51	7,45	7,42	7,31	7,07	6,90	6,60	6,89	5,92	6,14	7,07	6,54	6,46	5,88	6,86
5 cm	7,57	7,59	7,25	7,38	6,68	6,54	6,79	6,16	6,64	6,68	6,24	6,82	6,39	6,37	5,82	6,73
au ras du sédiment	7,36	7,27	7,04	7,05	6,50	6,39	6,47	6,21	6,57	5,54	6,05	6,35	6,36	6,48	5,74	6,49

La courbe figure 6, déduite du tableau III a trait aux résultats obtenus en Octobre. Elle confirme, à une autre époque et pour d'autres profondeurs, l'allure de la courbe précédente.

Si l'on compare maintenant cette diminution du taux d' O_2 avec celle due normalement à l'augmentation de la profondeur, mais en opérant alors largement au-dessus du sédiment, on constate que celle-ci est seulement de l'ordre de 0,15 mg/l par 100 m ce qui représente sur 10 cm une variation de—0,00015 mg/l, et cela dans la région où nous opérons, à la même époque et à la même profondeur moyenne. Or dans les 10 cm d'eau au-dessus du sédiment cette variation est (tableau II) de—0,37 mg/l, soit

Tableau III

Teneur en O_2 de l'eau prélevée à l'aide des appareils (Figs. 2 et 3) au-dessus du sédiment

Profondeur:	110 m	160 m	870 m	950 m	1740 m	Moyennes
5 m	7,36	7,01	6,97	7,36	6,45	7,03 mg l
40 cm	7,21	7,02	6,86	7,46	6,33	6,96
25 cm	7,18	6,98	6,85	7,04	6,24	6,86
10 cm	7,10	6,53	6,59	7,21	6,17	6,72
5	7,14	6,60	6,45	6,75	6,04	6,6
au ras du sédiment	7,06	6,30	5,87	6,69	5,83	6,35

4×10^4 fois plus. On peut donc véritablement parler d'une *chute* du taux d'oxygène au ras du sédiment.

Ces dernières expériences ont donc permis de préciser l'allure de la variation du taux d' O_2 au très proche voisinage du sédiment et ont montré qu'au fur et à mesure que les techniques de prélèvements s'améliorent cette variation apparaît encore plus nettement sur les courbes. Le sédiment constitue donc une couche puissamment réductrice, cause du phénomène que nous analysons.

Nous avons alors essayé de déterminer à quelle vitesse se fait cette oxydation. Avec les précautions nécessaires, nous avons étalé sur 5 cm d'épaisseur, au fond d'un bac, d'une contenance de 380 litres, 30 litres de sédiment prélevé au large et dont la couche supérieure avait été desséchée à l'étuve à $110^\circ C$. Le bac, haut de 55 cm,

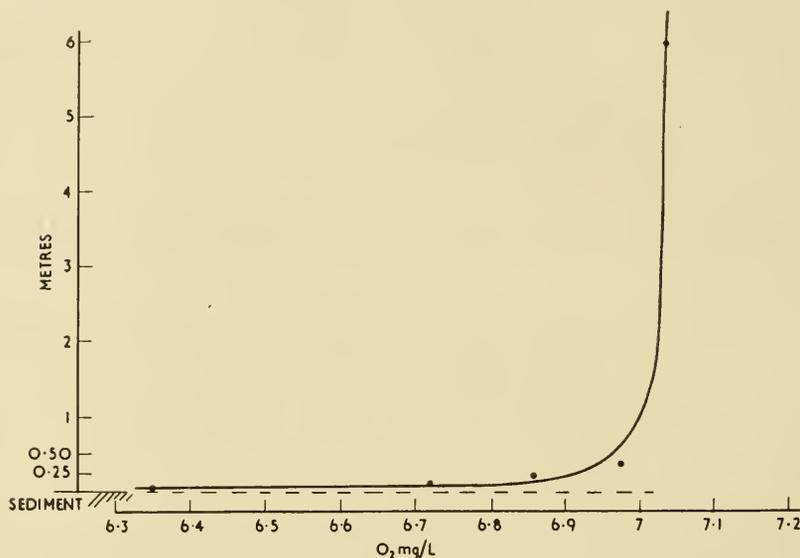


Fig. 6. Teneurs en O_2 de l'eau dans une couche de 6 m d'épaisseur au-dessus du sédiment (Préleveur de surface et Bouteille de prélèvement).

étant rempli d'eau de mer de teneur en O_2 connue, nous avons, chaque jour, dosé les variations de cette teneur à différents niveaux. Il a été constaté que, dans la couche d'eau de 1 cm d'épaisseur au contact du sédiment, la teneur en O_2 s'abaisse si rapidement qu'au bout de 30 heures elle a diminué de moitié; au bout de trois jours, elle n'est plus que de l'ordre du milligramme et, au bout de neuf jours, elle est si faible qu'elle ne peut plus être mise en évidence par des méthodes sensibles au $2/100^e$ de milligramme: cette couche d'eau ne contient pratiquement plus d'oxygène. Pendant le même temps, la couche située seulement à 10 cm au-dessus n'a perdu que 0,5 mg/l.

Ainsi sont mises en évidence, d'une part, la très grande rapidité d'oxydation du sédiment et, d'autre part, l'extrême lenteur de diffusion du gaz dissous. Ce qui est de nature à expliquer que la chute rapide de la teneur en O_2 observée *in situ*, ne se produit qu'au proche voisinage du sédiment.

REFERENCES

- BROUARDEL, J. et FAGE, L. (1953), Variation, en mer, de la teneur en oxygène dissous au proche voisinage des sédiments. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 237, 1605-1606.
 BROUARDEL, J. et FAGE, L. (1954), Variation de la teneur en oxygène de l'eau au proche voisinage des sédiments. *Deep-Sea Res.*, 1 (2), 86-94.