

ÉTUDE DES TENEURS EN OXYGÈNE DANS LES EAUX INTERSTITIELLES DE L'ABER DE ROSCOFF.

par

L. Amoureux

Faculté Libre des Sciences, Angers, Station Biologique de Roscoff.

Résumé

Une étude systématique de l'oxygène dissous dans les eaux de gravitation a été faite dans l'Aber de Roscoff. Après l'exposé critique des méthodes, prélèvements et dosages, et l'indication de la précision des résultats, il est établi par les faits que la concentration en oxygène demeure stable durant toute l'émersion, sauf cas très particuliers... Les résultats obtenus à trois périodes diverses de l'année sont ensuite rassemblés en trois cartes représentatives. Ils indiquent une faible oxygénation d'ensemble en toutes saisons et surtout en été où la moitié de l'Aber accuse moins de 0,6 mg/l d'oxygène dans ces eaux de gravitation... Une comparaison est enfin établie entre les diverses teneurs en oxygène et la répartition de quelques Annélides Polychètes : *Leiochone*, *Lanice*, *Nerine cirratulus*, *Arenicola marina*.

I. TRAVAUX ANTÉRIEURS.

De très nombreux articles et travaux ont été publiés sur les teneurs en oxygène de l'eau des rivières, des lacs, des mers et des océans. Beaucoup moins nombreux sont ceux qui recherchent ces mêmes teneurs dans les eaux de gravitation, sous-marines ou lacustres.

D. Reish (1959) envisage le problème. Etudiant les régions portuaires de Los Angeles, il constate une très nette baisse de concentration de ce gaz, selon la même verticale, lorsqu'on descend des eaux superficielles à celles qui avoisinent le substrat ; il souligne l'importance de ce fait sur la faune benthique.

J. Brouardel (1954, 1958) nous apporte des réponses plus précises à la suite de ses observations répétées en Méditerranée, non loin de Monaco. A l'aide d'appareils de mieux en mieux adaptés, il met nettement en évidence une chute extrêmement brutale dans les tout derniers décimètres, des couches liquides au voisinage du fond. A six mètres de celui-ci, la teneur en oxygène ne diminue guère que de 15.10^{-3} mg/l par dm d'enfoncement ; la perte devient de plus en plus rapide dans les trois derniers décimètres et atteint 0,4 mg/l dans le dernier (entre le dixième centimètre et le fond même de l'eau), soit une chute trois mille fois plus forte... Quant à l'eau interstitielle des sédiments fins prélevés à des profondeurs diverses, elle ne contient pas du tout d'oxygène ou, en tous cas, pas assez pour qu'on puisse le déceler.

J. Juguet (1961), en milieu lacustre (Lac Léman), arrive à peu près aux mêmes conclusions sur ce dernier point. Qu'on en juge par les valeurs obtenues sur une vingtaine de mesures (tableau I).

TABLEAU I

Teneurs en mg/l d'oxygène dissous dans les eaux du Lac Léman (d'après Juguet).

NIVEAU DES EAUX ANALYSÉES	TENEUR MINIMUM	TENEUR MAXIMUM
à la limite air-eau	8,91 mg/l	15,04 mg/l
à la limite eau-sédiment	4,58	11,50
eau interstitielle de 0 à 2 cm	1,54	9,22
eau interstitielle de 4 à 6 cm	0,10	4,50
eau interstitielle de 10 à 12 cm	0	2,13
eau interstitielle de 20 à 22 cm	0	0,9
eau interstitielle de 40 à 50 cm	0	0,25

Les précédentes recherches portent sur des sédiments toujours immergés. Plus proches des nôtres, celles de Gordon (1960) ont été effectuées dans la zone de balancement des marées, sur des plages californiennes de granulométries assez diverses. La déshydratation des sables à marée basse permet un léger réapprovisionnement en oxygène des eaux interstitielles ; mais cet oxygène est rapidement consommé lorsque la mer revient, de sorte que les animaux enfouis dans le sable, surtout au-dessous de 5-10 cm, vivent en anaérobiose presque continue : ceci suppose, de leur part, continue l'auteur, des adaptations biochimiques et physiologiques très importantes.

Les diverses études faites à Roscoff même, ces dernières années, ont donné des renseignements plus variés. Blois, Francaz, Gaudichon et Le Bris (1961), dans leurs recherches sur les herbiers à zostères, au nord de l'Aber, constatent : sur 15 mesures concernant l'eau de gravitation à 10-15 cm de profondeur, 12 n'ont pas montré de quantité appréciable d'oxygène. Les trois autres mesures leur semblent défectueuses... en sorte qu'il n'y a pas d'oxygène dans cette eau, ce qui pose un problème quant à la respiration de la macrofaune (p. 248).

Il en va tout autrement dans les taches à Scrobiculaires du fond de l'Aber. En dehors des taches, la teneur est toujours inférieure à 2 mg/l, et même parfois nulle, note Guérin (1961, p. 422), à la suite de ses observations de l'été 1959. Dans les taches, au contraire, elle n'est jamais inférieure à 3 mg/l, ce que nous avons souligné également (1959).

Cette variété dans les résultats obtenus à Roscoff, sur des points assez peu éloignés les uns des autres, nous a incité à prospecter l'Aber de façon systématique : on y trouverait un complément intéressant au travail de Fr. Rullier (1959) « *Etude Bionomique de l'Aber de Roscoff* » et peut-être, quelques indications nouvelles pour expliquer la répartition de telle ou telle espèce endogée de l'étage médiolittoral.

II. PROBLÈMES DE MÉTHODE - PRÉCISION DES RÉSULTATS.

Pour obtenir un quadrillage assez serré de l'Aber, nous avons imité Fr. Rullier. Reprenant ses cinq radiales E, C, D, A, B (p. 14) auxquelles nous avons gardé la même désignation, nous en avons adjoint neuf autres. Tous les cinquante ou cent pas, selon les radiales, nous avons effectué un prélèvement : nous creusions un ou plusieurs trous de 10-15 cm de profondeur. L'eau d'imbibition voisine qui y venait était alors aspirée, après un instant de décantation, au moyen d'une pipette de 100 cm³, puis recueillie en flacons de verre de 125 cm³. Du chlorure manganeux et de la potasse iodée y étaient ajoutés immédiatement, en quantité suffisante. Le dosage de l'iode libéré par une addition d'acide phosphorique était effectué au retour au laboratoire, avec une solution d'hyposulfite de sodium $\frac{N}{100}$.

Nous avons ainsi recueilli, à trois périodes différentes, un ensemble complet de résultats portant sur plus d'une centaine de points ; en juillet 1959, février et juin 1961.

La méthode de prélèvements peut paraître trop rudimentaire et inapte à fournir des résultats suffisamment sérieux. Il n'en est rien : les principales causes d'erreur ou d'imprécision ont été examinées — et chiffrées si possible — tant sur le plan théorique que sur celui des faits.

Premières sources d'erreur : les contacts ou les brassages entre l'eau prélevée et l'air, en particulier pendant le creusement du trou et l'afflux de l'eau ; contacts qui risquent de jouer dans le sens d'une augmentation de l'oxygène pour ces eaux qui en contiennent si peu... Cette source d'erreur est négligeable si l'on prend quelques précautions : la diffusion de l'oxygène dans l'eau n'est pas tellement rapide ; elle l'est d'autant moins que les surfaces en contact, air et eau, sont plus réduites... Au reste, à diverses reprises, nous avons prélevé deux

ou même trois ou quatre échantillons sur le même point après attente d'une, voire deux minutes : nous avons pu constater ainsi par l'expérience, que la « réoxygénation » était négligeable dans cet intervalle. Le fait, du reste, de n'avoir trouvé, plusieurs fois, aucune trace d'oxygène, n'était-il pas une preuve suffisante ?

Deuxièmes sources d'erreur : les manipulations à la pipette et le transvasement en flacons aux fins de dosage... Il est certain qu'un siphonage trop brutal provoque la formation de bulles d'air et que ce brassage eau-air fournirait des résultats douteux. Nous l'avons constaté, dans le sens d'une perte d'oxygène sur des eaux très sursaturées et dans le sens d'un enrichissement sur des eaux appauvries par ébullition préalable, en expérimentant au laboratoire même... Par contre, rien de tel si le siphonage est effectué soigneusement... Des essais de prélèvements à la seringue, même avec précautions, furent moins concluants. De plus, sur le terrain, celle-ci s'avéra inutilisable, la moindre particule de sable empêchant le bon fonctionnement du corps de pompe. R. Gilet (1955), au cours d'essais que nous avons connus seulement après nos propres expérimentations, avait constaté, de même, l'avantage de la pipette sur la seringue.

Troisièmes sources d'erreur : celles qui portent sur le volume exact de l'eau à doser ou surtout sur celui de la solution d'hyposulfite neutralisante.

Le volume d'eau analysée peut être facilement apprécié au $\frac{1}{100}$ ou tout au moins au $\frac{1}{50}$ près, sans précautions extraordinaires, si l'on emploie des tubes de Nicloux de 15 cm³ environ, comme le firent J.-C. Blois et M. Guérin. La même précision est encore plus facile à atteindre par l'emploi de flacons de 125 cm³ comme nous l'avons fait.

L'erreur relative sur la quantité d'hyposulfite neutralisante est de beaucoup la plus importante et d'autant plus importante que la teneur en oxygène de l'eau est plus faible. C'est même la principale raison pour laquelle nous avons préféré les flacons de 125 cm³ dix fois plus volumineux ou presque, malgré de réels inconvénients à d'autres égards.

Considérons au départ 125 cm³ d'eau à 4 mg/l d'oxygène, soit 0,5 mg d'oxygène en tout, teneur très rarement atteinte dans les eaux de gravitation de l'Aber. Il suffit de 6,25 cm³ d'hyposulfite $\frac{N}{100}$ pour obtenir la neutralisation de l'iode libéré dans la méthode de dosage habituelle. L'erreur concernant la lecture et le point de neutralisation, en mettant au mieux, ne peut guère descendre au-dessous de 0,05 cm³, même avec une burette de Mohr au $\frac{1}{20}$ de cm³. Dans le cas présent, cela ferait une erreur relative de 0,8 p. 100, ce qui est peu.

Mais pour une teneur de 1 mg/l seulement, en oxygène, l'erreur devient déjà de 3,2 p. 100. Et si au départ le volume d'eau est dix fois

moindre, comme il arrive avec des tubes de Nicloux, l'erreur relative serait de 32 p. 100.

C'étaient là valeurs, calculs théoriques. L'expérience les confirme. J.-C. Blois (p. 244) estime à $\pm 0,5$ cm³/l, la précision des mesures effectuées par lui sur des eaux contenant de 6 à 12-14 cm³/l d'oxygène, soit une marge d'erreur de 5 à 10 p. 100 sur des eaux circulantes très oxygénées. Nous-même avons essayé à plusieurs reprises, à la fois avec des tubes de Nicloux et avec des flacons de 125 cm³, trois tubes et trois flacons remplis au même lieu et en même temps, dans la zone nord de l'Aber, non loin de la Station Biologique. La variation a été du simple au double et même au-delà pour les mesures obtenues avec les trois tubes ; de 1 à 1,3 seulement avec les flacons de 125 cm³. En sorte que, mis à part quelques rares cas possibles d'infiltrations d'eau superficielle malgré les précautions prises, nous ne pensons pas que nos plus mauvaises mesures aient une précision inférieure à 30-35 p. 100.

TABLEAU II
Variation des teneurs en oxygène dissous
dans les eaux interstitielles de l'Aber à des moments différents d'une émerision.

RADIALE ÉTUDIÉE	DATE	HEURE	TEMPÉRATURE des eaux	TENEURS OBSERVÉES AUX DIVERS POINTS
E, partie « est » ...	18.7.1959	8 h 30 9 h 30 11 h 30	16°5 18° 19°	0,64 - 0,7 - 1,4 - 1,28 - 1,24 - 0,76 - 0,5 - 1,0 - 0,8 0,57 - 1,2 - 2,0 - 1,50 - 1,05 - 0,92 - 0 - 1,0 - 1,2 0 - 0,8 - 1,4 - 1,90 - 1,20 - - 0 - 0,8 - 1,3
E', partie « est » ..	4.8.1959	9 h 12 h	17° 19°	1,5 - 0,8 - 1,8 0,6 - 1,1 - 0,35 - 0 1,5 - 0,5 - 2,5 0,7 - 0,8 - 0,48 - 0
D, partie « est » ...	20.7.1959	9 h 11 h 30 14 h	17° 20° 22°	0,57 - 1,20 - traces - 0,45 - 0,57 - 0,20 - 0,8 - 1,25 (?) 0 - 1,00 - id. - traces - 0,60 - 0,35 - 1,0 - 0,13 traces - 0,13 - id. - 0,13 - 0,60 - 0,20 - 0,13 - 0,13
A, partie « est » ...	12.7.1959	10 h 15 h	19° 22°	o - o - traces - 1,09 o - o - traces - 0,96
B.	23.7.1959	10 h 15 h 17 h 30	17° 20°-21° 19°	0,96 - 1,28 - o - 8,3 résurgence - o - o - traces 1,4 - 1,05 1,15 - 1,28 - o - 8,0 d'eau douce - o - o - o - 1,0 - 1,06 1,04 - - o - 0,96 - 0,8

III. VARIATION DE LA CONCENTRATION D'OXYGÈNE A DIVERS MOMENTS D'UNE ÉMERSION.

Un quadrillage serré comporte de nombreuses mesures et ne peut se faire en un seul jour. Pour en réduire la durée au minimum et par là éviter les variations possibles imputables à des changements météorologiques, il fallait procéder à un bon nombre de prélèvements dans la même émerision. Mais alors une nouvelle difficulté surgit : il faudra opérer à des heures différentes de la journée, plus ou moins chaudes, plus ou moins ensoleillées, le temps d'émerision ne sera pas le même pour tous les points. Les résultats ainsi obtenus seront-ils significatifs et comparables ?

Pour nous en assurer, nous avons procédé à plusieurs séries de prélèvements aux mêmes points durant une même émerision, et ceci sur diverses radiales. Nous donnons quelques résultats dans le tableau II.

Il apparaît bien, à l'examen de ces chiffres, que, passés sans doute les premiers instants de l'émerision et mis à part les points très particuliers des résurgences ou de la périphérie, la teneur en oxygène atteint rapidement sa valeur d'équilibre. Dès lors, les mesures peuvent être étalées sans dommage sur un laps de temps important ; elles sont ainsi plus nombreuses à chaque émerision, ce qui facilite l'exécution rapide de l'ensemble des dosages.

IV. VARIATIONS SAISONNIÈRES DES CONCENTRATIONS EN OXYGÈNE DISSOUS.

Cet ensemble de mesures a été effectué trois fois : *une première fois*, entre le 21 juillet et le 5 août 1959, au cours d'un été exceptionnellement sec et chaud : il n'avait pas plu à Roscoff depuis le milieu du mois de mai, au témoignage de M. Deroux, chef de Travaux à la Station Biologique. Les mesures de température effectuées sur les eaux de prélèvements ont indiqué de 17° à 22° C selon les points, le plus souvent entre 17° et 19° — à l'exception des résurgences, comme nous l'avons déjà signalé (1959 p. 1407) ;

La seconde série de mesures eut lieu à la fin février 1961 par temps souvent maussade et pluvieux, toujours froid ; les températures des eaux de gravitation oscillèrent autour de 8°5 ;

La troisième série s'étale sur la première quinzaine de juin 1961, par temps généralement beau, sinon chaud, avec des températures comprises entre 11° et 12°5 pour les eaux d'imbibition prélevées.

Nous avons regroupé l'ensemble des valeurs obtenues sur trois cartes différentes (cartes I, II et III), avec une légende commune aux

trois. Les lieux de prélèvements y sont indiqués par des points. En hachures horizontales, sont notées les zones à teneur nulle ou inférieure à 0,6 mg/l ; en hachures verticales, celles où la teneur en oxygène se situe entre 0,6 et 1,6 mg/l ; sans hachures, les autres zones à teneur plus élevée mais cependant presque toujours effectivement inférieure à 4 mg/l. Précisons toutefois que, pour éviter toute surcharge, nous avons négligé délibérément de signaler sur ces cartes les trente ou quarante points extrêmement localisés, presque tous dans le quart sud-est, que constituent les résurgences d'eau douce très fortement oxygénée (Amoureux 1959, Guérin 1961).

V. REMARQUES ET CONCLUSIONS.

Deux lignes de force se dégagent, semble-t-il, de l'observation de ces cartes.

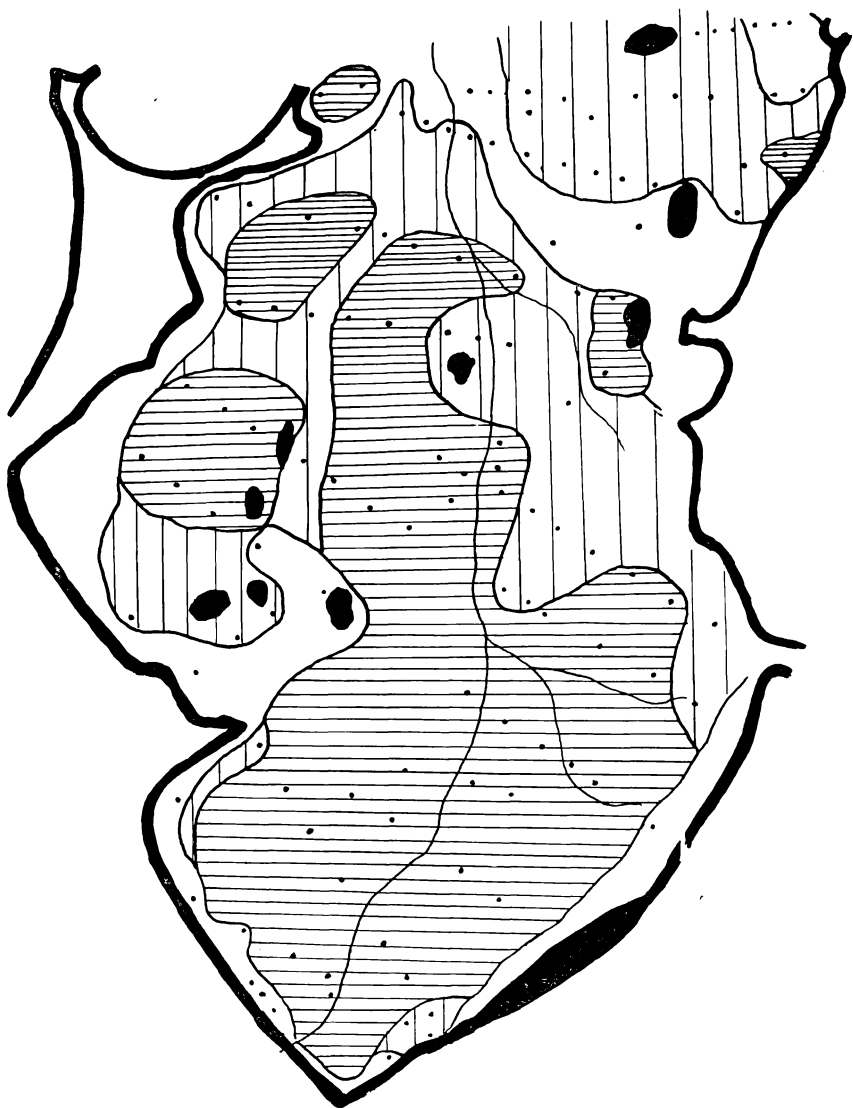
1°) La faible teneur en oxygène des eaux interstitielles dans l'ensemble de l'Aber. En dehors de la zone périphérique, approximativement la « ligne des sources » et de quelques couloirs de ruissellement autour des rochers situés à l'ouest ou au nord-est, cette teneur n'excède jamais 1,6 mg/l, durant l'émersion.

2°) La diminution, sans doute régulière, de cette teneur au fur et à mesure que l'on se rapproche du plein été et que les températures moyennes augmentent. En février 1961, les zones à teneur très faible constituent seulement quelques taches dans la zone et le long de la bordure nord-ouest ; l'examen plus précis des chiffres ne nous a donné que cinq points à teneur absolument nulle, tous dans la tache la plus au sud. En juin, les taches se sont étendues et l'on dénombre onze prélèvements à eau entièrement dépourvue d'oxygène dissous. Enfin, si l'on se reporte à la carte de juillet 1959, on y voit que la partie sud de l'Aber est pratiquement tout entière à oxygénation très faible en même temps que les trois taches nord-ouest se sont encore étendues ; de plus, nous avons alors dénombré vingt-deux prélèvements totalement dépourvus d'oxygène.

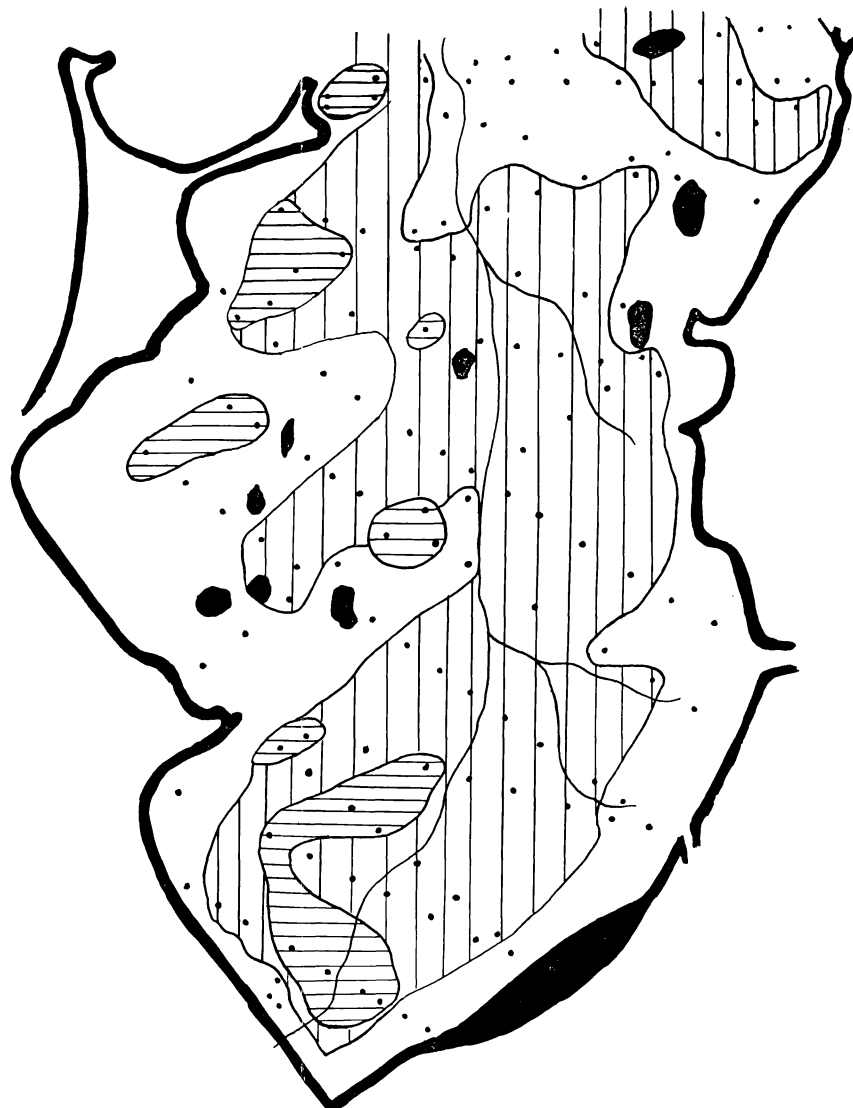
Tout ceci pourrait bien fournir une explication, au moins partielle, sur la répartition de la faune endogée médiolittorale. Quelques comparaisons entre nos cartes de l'oxygénation, notamment celle de juillet 1959, et diverses autres de Fr. Rullier (pp. 216 et 237) sur la distribution de certaines espèces, nous semblent fort suggestives à cet égard.

1° Telle cette coïncidence entre la zone à *Leiochone clypeata* Saint-Joseph dans le quart nord-est et une zone où l'oxygénation n'est jamais inférieure à 0,6 mg/l. Loin de nous la pensée de faire de l'oxygène le facteur exclusif ou même principal pour expliquer la présence ou l'absence de ce Maldanien. Cependant, le rapprochement entre les deux cartes ne suggère-t-il pas une limite inférieure de tolérance pour ce Polychète ?

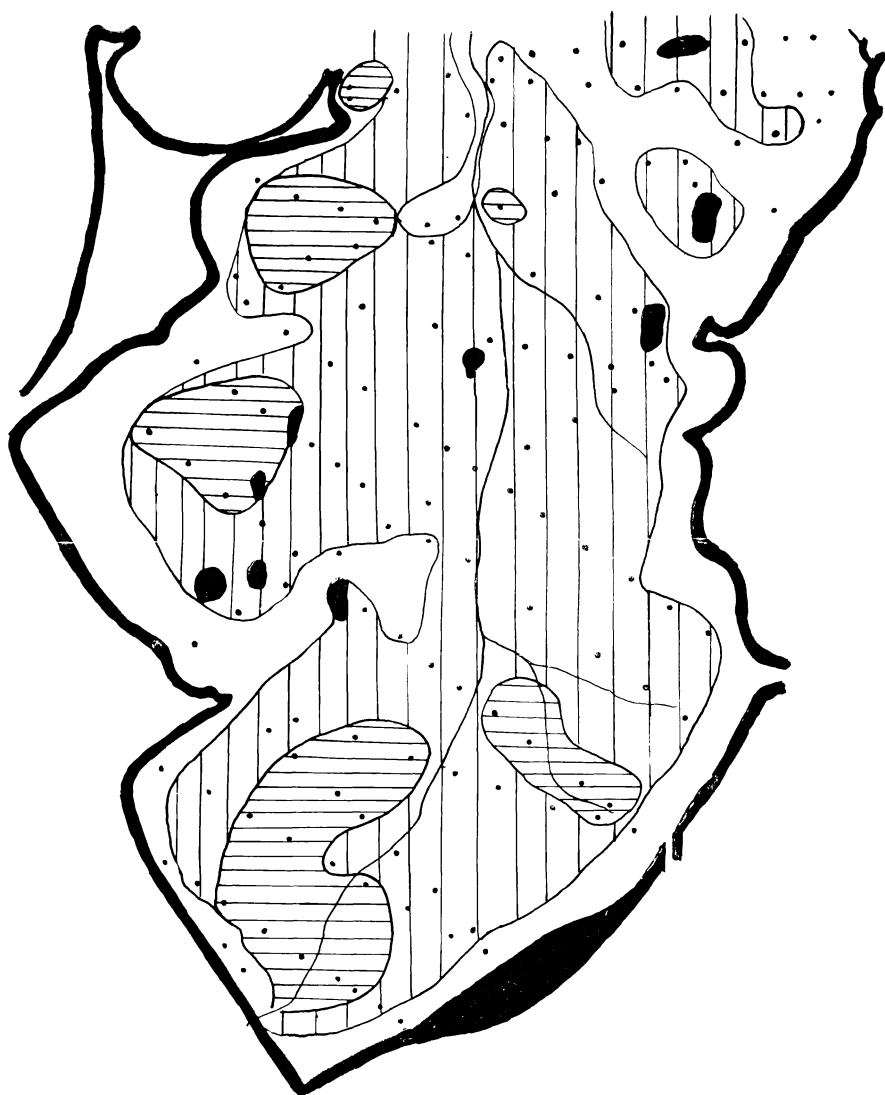
2° Une remarque analogue pourrait être faite pour *Lanice conchilega* (Pallas). Celui-ci se cantonne dans les régions bien oxygénées,



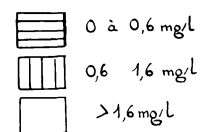
CARTE I



CARTE III



CARTE II



ABER DE ROSCOFF

Teneur en oxygène dissous dans les eaux de gravitation

CARTE I - en juillet 1959.

CARTE II - en février 1961.

CARTE III - en juin 1961.

grâce à un renouvellement continu de l'eau par des ruissellements ou des suintements.

3° *Nerine cirratulus* (Delle Chiaje), pour lequel nous avons signalé déjà les grands besoins en oxygène (1962, pp. 99-100) ne trouve pas de place ici, si ce n'est en quelques points périphériques où se joignent sans doute à l'exigence d'une oxygénation suffisante, celles d'une humidité et d'une nourriture convenables.

4° Tout à l'inverse, *Arenicola marina* L. semble préférer les zones appauvries en oxygène. Peut-être est-il plus tolérant, mieux adapté à supporter sans dommage pendant des heures cette vie en anaérobiose. Peut-être le doit-il à sa faculté d'accumuler l'oxygène dans ses pigments comme certains l'ont suggéré, ou à la possibilité de renouveler partiellement l'oxygène par des mouvements dans son terrier comme le pensent d'autres, à moins que tout simplement une « hibernation » temporaire durant l'émersion, réduise à presque rien ses besoins respiratoires... Toujours est-il qu'il y vit, qu'il y pullule même plus qu'ailleurs, que ces zones constituent son vrai domaine, peut-être parce que là plus qu'ailleurs, l'importance des sables fins explique la haute teneur en eau, toujours signalée là où abonde cette espèce, en même temps que la prolifération extrême des microorganismes et de la microflore bactérienne d'anaérobies facultatifs qui seraient sa nourriture.

Ce ne sont pas là, certes, conclusions générales ni définitives. Il ne saurait en être question ici : les facteurs écologiques sont trop nombreux, leur imbrication trop complexe pour qu'on puisse, par une seule étude locale, arriver à fixer avec certitude l'influence exacte de l'un ou de l'autre, surtout dans l'Aber qui présente une diversité extrême. Du moins, les renseignements recueillis ici apportent des indications, des suggestions et orientent ainsi pour une recherche plus large, plus étendue sur des plages homogènes et faciles (Rullier, p. 115).

Summary

A systematic study of the oxygen dissolved in interstitial waters has been made in the "Aber of Roscoff". First, the methods of sampling and titration are explained and discussed critically; then, the precision of the results is given.

It is proved, from the facts, that oxygen content remains the same all the time the sands are uncovered, except in some particular spots. The results obtained during three different seasons in the year are shown in three illustrative maps. It appears that there is but little oxygen generally in all seasons, still less in summer where half the Aber titrates below 0,6 mg/l oxygen in interstitial water.

A comparison is made between the different concentrations of oxygen and the distribution of some Annelids Polychaetae: *Leiochone clypeata*, *Lanice conchilega*, *Nerine cirratulus* and *Arenicola marina*.

Zusammenfassung

Wir haben die in den Meersandwassern des « Aber de Roscoff » vorhandenen Sauerstoffmengen systematisch untersucht. Zuerst werden die Sammel- und Titrationmethoden erklärt und kritisch diskutiert; dann wird die Präzision der Resultate angegeben.

Die Feststellungen beweisen, dass ausser an einigen besonderen Punkten der Sauerstoffgehalt unverändert bleibt, solange der Sand nicht vom Wasser bedeckt ist. Die Resultate für die Monate Februar, Juni und August sind in drei Karten graphisch dargestellt. Es zeigt sich, dass der Sauerstoffgehalt in allen Jahreszeiten gering ist, besonders aber im Sommer, wo die Hälfte des Abers weniger als 0,6 mg/l Sauerstoff im Meersandwasser aufweist.

Schliesslich werden die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen und der Verbreitung der folgenden polychaeten Annelidenarten untersucht : *Leiochone clypeata*, *Lanice conchilega*, *Nerine cirratulus* und *Arenicola marina*.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AMOUREUX, L., 1959. — Quelques enclaves d'eau douce en plein milieu marin. *C.R. Ac. Sc. Paris*, 249, pp. 1406-1408.
- AMOUREUX, L., 1962. — Une nouvelle station d'*Ophelia bicornis* Savigny. Considérations écologiques. *Cah. Biol. Mar.* III, pp. 91-101.
- BLOIS, J.-C., FRANCAZ, J.M., GAUDICHON, M. et S. et LE BRIS, L., 1961. — Observations sur les herbiers à Zostères de la région de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.* II, pp. 223-263.
- BRAJNIKOV, B., FRANCIS-BŒUF, C. et ROMANOVSKY, V., 1943. — Techniques d'études des sédiments et des eaux qui leur sont associées. I vol. Paris, Hermann, ed. *Actualités Scientifiques et Industrielles*.
- BRISOU, J., 1955. — Microbiologie du milieu marin. Edit. Méd. Flammarion.
- BROUARDEL, J. et FAGE, L., 1954. — Variations en mer de la teneur en oxygène de l'eau au proche voisinage des sédiments. *Deep Sea Res.* I, pp. 86-94 et III (suppl.).
- BROUARDEL, J. et VERNET, J., 1958. — Recherches expérimentales sur la variation en Méditerranée de la teneur en oxygène de l'eau au proche voisinage des sédiments. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, III, 34 p.
- ELIASSEN, E., 1955. — The oxygen supply during ebb of *Arenicola marina* in the Danish Waddensea. *Arb. Univ. Bergen Naturw.* 1955, 12, 9 p.
- GILET, R., 1955. — Remarques sur l'emploi d'une seringue comme appareil de prélèvement en vue d'étudier la teneur en oxygène dissous de l'eau de mer. *Rev. Trav. Stat. Mar. Endoume* 15, 9, pp. 41-55.
- GORDON, M.S., 1960. — Anaerobiosis in Marine Sandy beaches. *Sciences (Amer. Ass. for Advances of)* 132, pp. 616-617.
- GUÉRIN, M., 1961. — Etudes de Biotopes à *Scobicularia plana* da Costa. *Cah. Biol. Mar. R.*, II, pp. 417-437.
- HARVEY, H.W., 1949. — Chimie et Biologie de l'eau de mer (traduit par Cl. Francis-Bœuf et Cl. Lalou). Paris P.U.F.
- JACOBSEN, J. et KNUDSEN, M., 1921. — Dosage d'oxygène dans l'eau de mer par la méthode de Winkler. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 390.
- JOHNSON, F., 1936. — The oxygen uptake of Marine bacteria. *Journ. Bact.* 31, p. 547.
- JUGUET, J., 1961. — Le milieu interstitiel des sables submergés lacustres. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 253, pp. 2392-2394.
- MOORE, H.B., 1958. — Marine Ecology. New York (Wiley), London (Chapman).
- NICLOUX, M., 1930. — Le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau de mer. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 563, 20 p.
- PÉRÈS, J.M., 1961. — Océanographie Biologique et Biologie Marine, tome I. Paris P.U.F.
- REISH, D., 1959. — a) An ecological study of pollution in Los Angeles Long Beach Harbors. b) Ecology of Amphipoda and Polychaeta of Newport Bay, California. *Univ. of South Calif. Press. Allan Hancock Found.* 21-22.
- RULLIER, FR., 1959. — Etude Bionomique de l'Aber de Roscoff. *Trav. Stat. Biol. Roscoff (M.S.)*, 10, 350 p.
- WELLS, G.P., 1945. — The mode of Life of *Arenicola marina* L. *Journ. Mar. Biol. Ass.* XXVI, pp. 170-207.
- WELLS, G.P., 1949. — The behaviour of *Arenicola marina* L. in sand, and the role of spontaneous activity cycles. *Journ. Mar. Biol. Ass.* XXVIII, pp. 467-478.