

Une " eau rouge " à Noctiluques au large des côtes de Bretagne

par Jean-René GRALL et Jacques LE FÈVRE

Une surveillance attentive de la surface de la mer depuis la catastrophe du « Torrey-Canyon » en avril 1967 a permis aux gens de mer d'observer dans les eaux ceinturant la Bretagne la présence accidentelle de taches vivement colorées. Ces taches, d'abord prises pour des nappes de mazout traité, témoignent en réalité d'une apparition d'*eau rouge* (1), phénomène biologique rarement signalé dans nos parages. Ce furent presque simultanément des bâtiments de la Marine Nationale et un navire océanographique anglais qui remarquèrent les premiers en mai et juin ces nappes avant que nous ne les observions nous-même en mer d'Iroise le 20 juillet 1967.

Une *eau rouge* est une concentration d'organismes planctoniques telle qu'elle entraîne une coloration anormale de l'eau. Ce phénomène a beaucoup frappé les imaginations, non seulement par sa couleur fréquemment rouge sang, mais aussi par des effets secondaires souvent spectaculaires : toxicité inhabituelle de Lamellibranches comestibles, mortalité massive de poissons. Pourtant il est difficile de donner une description type de l'eau rouge. La couleur est variable (rouge sang, rouge brun, orangé, vert, gris ou blanc laiteux) selon la nature et la densité de l'organisme responsable. Celui-ci est le plus souvent un Protiste, en général un Dinoflagellé (*Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Ceratium*, *Noctiluca* comme dans le cas présent), mais il peut aussi s'agir d'autres Flagellés marins (Coecolithophorides), de bactéries, exceptionnellement de Métazoaires (Copépodes, signalé par HUTTON en Floride). Quant à la nocivité, dont les modalités sont variables, elle peut être très grande (lire FAGE 1951) ou complètement absente (eau à *Ceratium* de Floride en 1964, eaux rouges périodiques de la Ria de Vigo).

Ce genre de phénomène n'est pas exclusivement marin. Il a été signalé en lac, en rivière et même dans des précipitations atmosphériques (neige rouge de Colombie Britannique en 1964).

Si les exemples les plus classiques sont connus des régions chaudes, le phénomène n'est pas rare dans des eaux plus septentrionales : eaux rouges à Noctiluques signalées aux Indes, dans le sud-ouest africain (2), en Californie, mais rencontrées aussi dès 1878 dans le Skagerrak (AURIVILLIUS, cité par OSTENFELD). Notons également les pullulations d'*Amphidinium* de l'île de Man (HERDMANN 1911) et de *Peridinium* du Loch Striven (Ecosse) en 1925.

(1) Red-tide des auteurs anglo-saxons.

(2) A Dakar par MARCHE-MARCHAD (1956) et SEGUIN (1966).

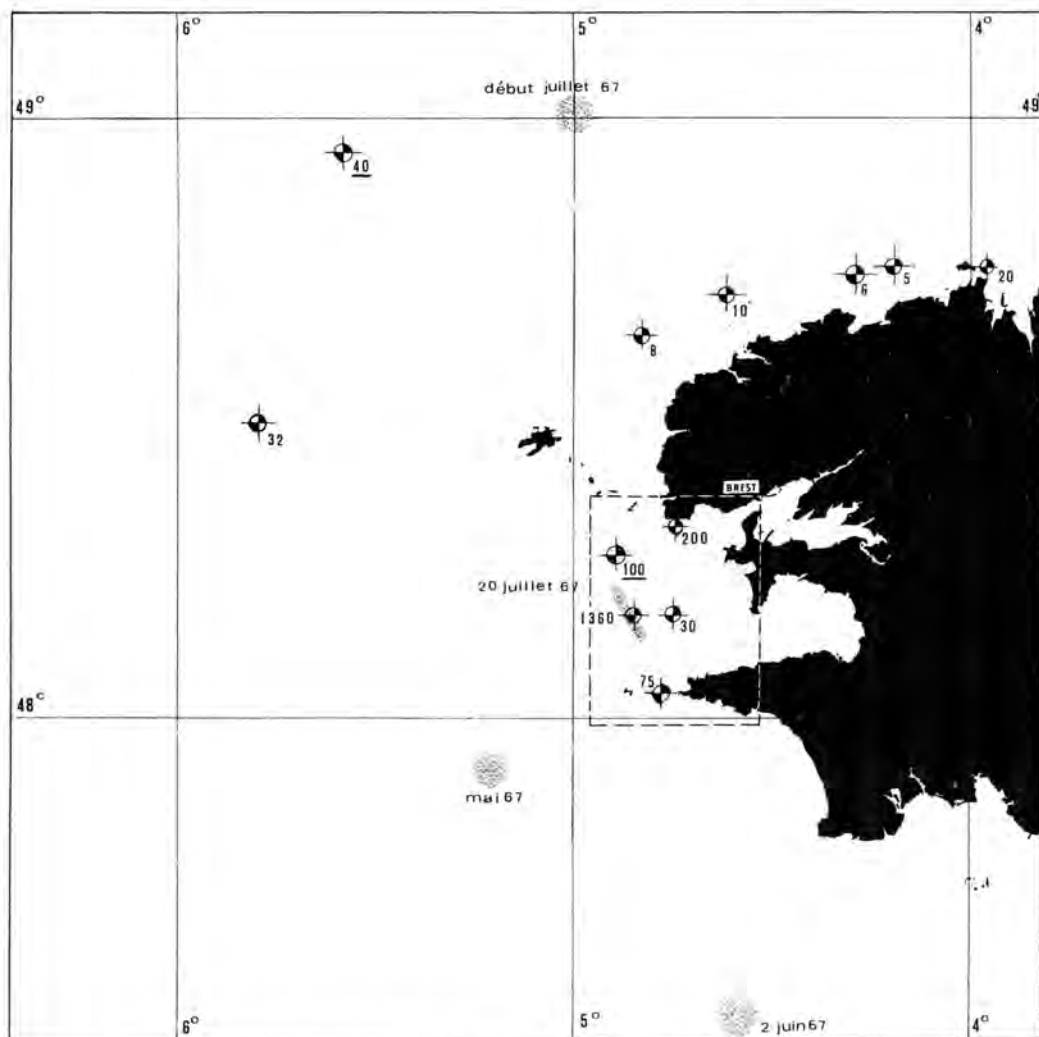


Fig. 1. — Répartition des Noctiluques au large des côtes de Bretagne en juillet 1967 et localisation des apparitions d'eau rouge.

(Les chiffres situés près des symboles des stations indiquent le nombre de cellules par litre en surface, à l'exception des valeurs soulignées qui sont données pour une profondeur de 25 m. Le figuré gris localise les apparitions d'eau rouge, avec mention de la date correspondante. Le cadre en tiret délimite l'emplacement des cartes des figures 5 et 6).

Nous possédons peu de renseignements précis sur la présence d'eaux colorées aux abords des côtes françaises. NIAUSSAT et BOURCART, médecins principaux de la Marine, ont les premiers, semble-t-il, attiré l'attention sur la possibilité d'une apparition d'eau rouge à Noctiluques dans le Golfe de Gascogne. Sans avoir observé une prolifération typique, ils estiment que la concentration de *Noctiluca* d'un échantillon de plancton prélevé en juillet 1963 à Royan peut « correspondre à ce qui est trouvé dans une eau rouge ». Leur remarque s'appuie sur des observations faites en été depuis 1958 par des marins saintongeais de reflets rouges au sein d'une mer « grasse, visqueuse, à l'aspect



Fig. 2. — Une trainée d'eau rouge à Noctiluques photographiée au point K 10.
(Photo Grall et Le Fèvre)

brunâtre par endroits ». Des mortalités anormales de poissons se seraient produites dans le même temps.

LES APPARITIONS D'EAU ROUGE EN BRETAGNE EN 1967.

Au cours de la deuxième quinzaine de mai, à bord du navire océanographique « Sarsia » du laboratoire maritime de Plymouth, des chercheurs anglais étudiant la dérive du mazout du « Torrey-Canyon » en rapport avec les vents, observent à 20-25 milles dans l'Ouest-Sud-Ouest du Raz de Sein, des bandes d'eau colorée en rouge par des Noctiluques. Le 2 juin, à 20 milles dans le Sud-Sud-Ouest de Penmarc'h, les services de surveillance de la Marine Nationale signalent à leur tour une nappe de « matière colorante orangée... se tenant (pendant deux jours) en surface de l'échantillon » (1). Un examen de ce prélèvement au laboratoire de Roscoff révèle qu'il s'agit là encore de Noctiluques. Le phénomène est à nouveau remarqué début juillet par 49° de latitude Nord et 5° de longitude Ouest par un navire de commerce.

Enfin, au cours d'une mission en mer d'Iroise, du 19 au 21 juillet, à bord du « Gwalarn » (ex « Kornog »), bâtiment de recherches du C.N.R.S., nous avons procédé à des échantillonnages de l'eau rouge rencontrée le deuxième jour au voisinage du point K 10 (voir la carte, fig. 1) et étudié la structure hydrologique de la région ainsi que le plancton qui l'accompagnait.

Le 20 juillet le temps était très beau et la mer exceptionnellement calme. De la station K 8 à la station K 10 l'eau colorée

(1) Le 1^{er} juin, M. KURC (I.S.T.P.M.) observe l'eau rouge par 47° 27' N et 5° 31' W.

se présentait sous forme de longues traînées étroites d'un à quatre mètres de large sur plusieurs centaines de mètres de long, de couleur orangée à rose, accompagnées d'écume blanchâtre et gluante (fig. 2). Il ne s'agissait pas d'une seule bande mais de plusieurs formations espacées et parallèles. Dans les intervalles d'eau claire, une observation attentive permettait de discerner de très fines veinules rougeâtres parallèles aux nappes. A plus grande échelle, ces zones se distinguaient en surface par un reflet plus clair et brillant. L'ensemble s'étendait au voisinage des stations K⁸ et surtout K¹⁰ dans une direction générale NNW-SSE sur une distance d'environ 3 à 5 milles.

Un échantillon récolté dans un récipient de verre laisse voir une multitude de corpuscules sphériques, brillants, incolores individuellement et qui se dispersent dans tout le volume après agitation, avec une décoloration quasi totale de l'eau. En laissant reposer quelques minutes, nous avons constaté un rassemblement progressif de ces éléments en surface où réapparaît sur quelques centimètres d'épaisseur la couleur rouge caractéristique (fig. 3, a puis b).

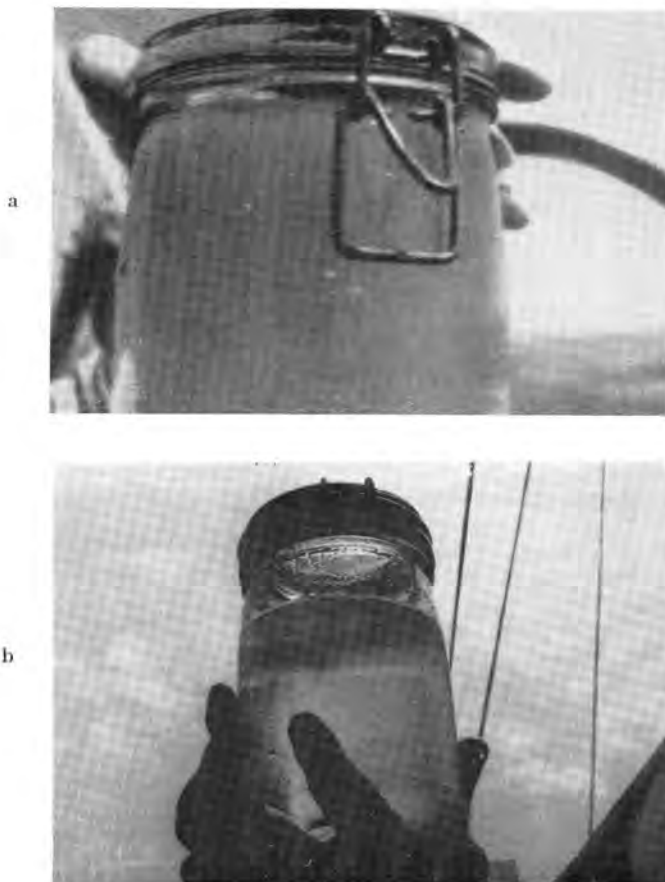


Fig. 3. — (a) Un échantillon d'eau rouge agité présente un aspect homogène ; (b) Au repos, les Noctiluques se rassemblent en surface.

(Photo Grall et Le Fèvre)

L'examen au microscope permet d'identifier des Noctiluques, Dinoflagellés planctoniques que leur taille particulièrement importante pour des unicellulaires (de plusieurs dixièmes de millimètre à plus d'un millimètre) rend visibles à l'œil nu. *Noctiluca miliaris* Suriray est un Dinoflagellé atypique ayant subi une vacuolisation poussée du cytoplasme qui modifie profondément les deux sillons caractéristiques d'un grand nombre d'espèces du groupe, n'en laissant subsister que des vestiges. Les deux flagelles, en conséquence, régressent également. Le corps globoïde est normalement pourvu d'une tentacule dont la fragilité fait qu'il disparaît fréquemment chez les individus capturés (KOFOID et SWEZY). Le cytoplasme massé autour du noyau envoie des ramifications anastomosées, portant des globules de graisse, vers la périphérie (fig. 4).

La Noctiluque, espèce non pigmentée, est réputée pour sa voracité ; elle se nourrit de Diatomées, de Dinoflagellés, de larves nauplii de crustacés, d'œufs et même de particules inorganiques. C'est une espèce cataloguée parmi les organismes du plancton néritique, c'est-à-dire des eaux côtières peu profondes. Il n'existe guère de région où sa présence ne soit mentionnée dans les listes du plancton.

Des manifestations intéressantes de sa biologie qui ont suscité de nombreux travaux facilités par ses dimensions, retenons sa luminescence et une adaptation marquée à la flottaison. Celle-ci est assurée en premier lieu

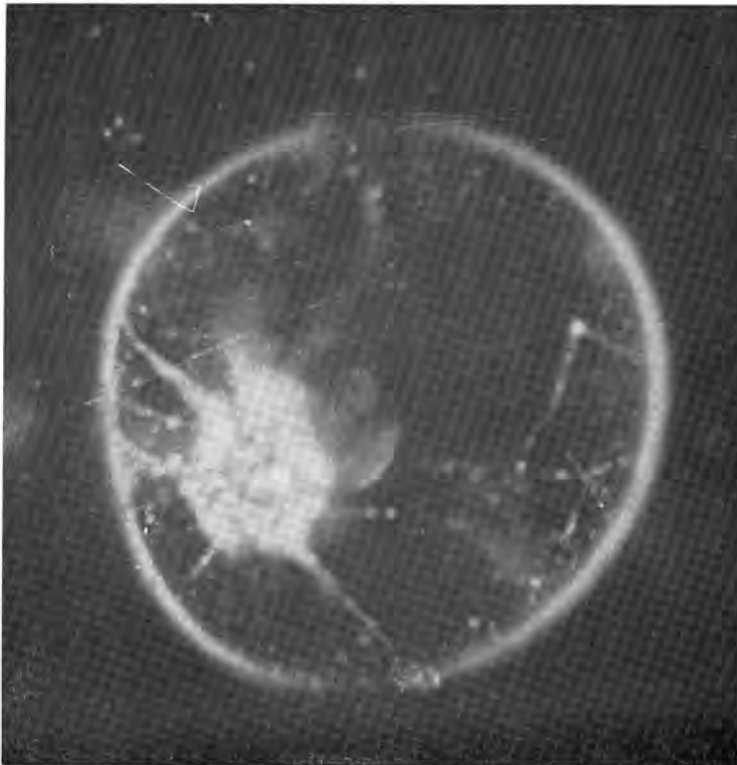


Fig. 4. — *Noctiluca miliaris* Suriray.
Photographie au microscope à contraste interférentiel d'une cellule vivante.
(Photo Grall et Le Fèvre)

par la vacuolisation du cytoplasme dont nous avons parlé et, ainsi que le montre DEXTON, par des modifications de la qualité des sels du milieu intérieur, les ions lourds de l'eau de mer étant remplacés par des ions NH_4^+ (H^+ , selon certains auteurs). Cette adaptation lui permet de se maintenir dans les eaux superficielles et cette tendance est renforcée si leur densité s'abaisse par rapport à celle des couches sous-jacentes (élévation de température, apport d'eau moins salée).

La lumière verte émise par les Noctiluques est d'origine intracellulaire. Son intensité (maximum : 0,16 microwatt par cm^2 à $1 \text{ m} \times 10^{-10}$) et l'enregistrement graphique de l'éclair ($1/100^\circ$ de seconde) sont décrits par NICOL. L'émission peut être déclenchée par un stimulus électrique ou par un choc, et les marins connaissent bien ces nuits d'été où l'écume des vagues et le sillage des bateaux sont lumineux. Nous en avons eu un exemple très net et bien caractérisé début juillet à Rosecoff. A cette date pourtant, la concentration des Noctiluques, de 10 à 30 par litre, était fort éloignée de celle d'une eau rouge.

Les cartes (fig. 1 et 6) donnent les densités de cette espèce dans les eaux bretonnes en juillet 1967 : inférieures à 50 par litre au nord, variables en mer d'Iroise entre 50 et 100 dans les eaux normales, dépassant le millier au proche voisinage de l'eau rouge. Une dilution appropriée de cette dernière a permis de calculer qu'une concentration de 1 million et demi de Noctiluques par litre suffisait pour colorer l'eau en rose.

DYNAMIQUE ET CONSEQUENCES DES EAUX COLOREES.

Avant de présenter les conditions locales qui existaient en Iroise le 20 juillet, nous évoquerons brièvement les interprétations générales de ces manifestations, en priant le lecteur intéressé par plus de détails de consulter l'ouvrage de PÉRÈS et DEVÈZE (pp. 252 à 285 du tome 2).

La fréquence élevée des eaux rouges marines dans des zones de remontée d'eau profonde, froide et riche en sels minéraux (« upwelling » des côtes SW de l'Afrique, de Californie et du Pérou) incite à penser selon FAGE que le facteur déterminant est précisément cet enrichissement en éléments nutritifs. Mais cette fertilisation des eaux superficielles déclenche immédiatement, en réalité, une floraison de Diatomées, en raison de leur taux de multiplication plus élevé. De nombreux auteurs s'accordent pour démontrer qu'à ces proliférations de Dinoflagellés colorant l'eau sont associés le plus souvent les maxima thermiques de l'année et surtout une stabilité prononcée de la masse d'eau, c'est-à-dire des circonstances très différentes d'un « upwelling ». MARGALEF explique comment ces deux conditions sont effectivement plus favorables aux Dinoflagellés, qui se maintiennent plus aisément dans les couches supérieures, tandis que les Diatomées (1) sédimentent en l'absence de brassage de l'eau.

Cette stabilisation peut se réaliser soit par augmentation de la température des eaux de surface, soit par dilution résultant d'arrivées d'eaux côtières moins salées ou de précipitations abondantes. Dans tous les cas, il y a formation de couches d'eau moins denses vers le haut. C'est pourquoi de nombreuses interprétations se basant sur une corrélation apparente des eaux rouges et d'apports d'eau hyposaline mettent l'accent sur la nécessité d'un apport terrigène en lui attribuant un rôle direct qui n'a pas été toujours vérifié.

(1) Diatomées et Dinoflagellés sont les deux éléments principaux du plancton végétal dans de nombreuses mers.

Le phénomène, d'après DEVÈZE, comprend plusieurs phases au cours desquelles des mécanismes biologiques et des mécanismes hydrologiques interviennent indépendamment ou conjointement. Les premières phases voient s'instaurer, après une compétition entre les espèces, un déséquilibre croissant en faveur des Dinoflagellés. Il suffit que le milieu marin maintienne pendant une quinzaine de jours un fort gradient vertical des densités, selon MARGALEF, pour que ce déséquilibre débouche sur une eau rouge. Les travaux de l'éminent chercheur espagnol tendent à enraciner l'idée que ce processus est très général mais qu'il n'arrive pas toujours à son terme. N'y a-t-il pas de meilleure preuve à cela que la progression constante du catalogue des espèces incriminées ?

La seule phase que l'œil nu perçoive est le rassemblement en masse qui teinte l'eau de mer vigoureusement. RYTHER, cité par DEVÈZE, en donne une explication simple. Elle repose sur l'hypothèse d'une concentration verticale des organismes en croissance numérique, dispersés dans une colonne d'eau de plusieurs dizaines de mètres de haut et ramenés dans une pellicule superficielle de quelques mètres seulement. Toute atténuation du mélange vertical de l'eau mais aussi tout renforcement de l'adaptation à la flottabilité des cellules planctoniques contribuent puissamment à cette « compression » dans le plan vertical.

Les facteurs d'une hyperconcentration s'établiraient, d'après RYTHER, à partir d'une structure hydrologique particulière qui expliquerait par là même la configuration générale des zones polluées (en nappe ou en trainée, etc...) Parmi les structures hydrologiques ainsi mises en cause apparaît la situation créée par un front de convergence de deux masses d'eau de densité différente (lire GUILCHER, p. 144 sqq.).

Notons bien que des variantes peuvent exister dans ces mécanismes suivant l'organisme responsable de l'eau rouge. Dans le cas particulier de *Noctiluca*, prédateur qui se nourrit notamment de Diatomées, les relations écologiques avec ces dernières ne sont pas les mêmes que dans le cas de Dinoflagellés autotrophes qui entrent en compétition pour les sels nutritifs avec ces mêmes Diatomées. Il faut remarquer d'autre part que le rassemblement par concentration dans le plan vertical puis par convergence est facilité par l'adaptation des Noctiluques à la flottaison. On peut concevoir que dans nos eaux une quantité normale de cette espèce, soit 10 à 100 cellules par litre, se multiplie par 10 dans de bonnes conditions de croissance (température élevée qui accélère le métabolisme, éléments nutritifs encore abondants). Réparties dans une épaisseur d'eau de 25 mètres, sur un mètre carré de section, les 1000 cellules par litre aboutissent à une population globale de 25 millions d'individus. Or, rappelons-le, une coloration apparaît dès 1,5 million de Noctiluques par litre, soit le 1/16^e du chiffre précédent.

Les cartes (fig. 5 et 6) établissent les caractéristiques hydrologiques principales, température et salinité, dans la région prospectée le 20 juillet. Les valeurs de salinité sont normales pour la saison variant entre 35,10 et 35,27 p. 1000. Les variations de densité découlent des variations de température beaucoup plus amples : de 14°41 à 17°18, en surface. La nappe d'eau rouge qui nous intéresse se situe sur une ligne probable de convergence de deux masses d'eau, l'une à droite sur les figures 5 et 6, ayant une température supérieure à 16° et une salinité inférieure à 35,20 p. 1000 en surface, l'autre à gauche avec des caractéristiques inverses. Nous ne possédons pas de renseignements directs sur la structure hydrologique accompagnant les autres observations d'eau rouge localisées sur la carte générale mais nous avons des

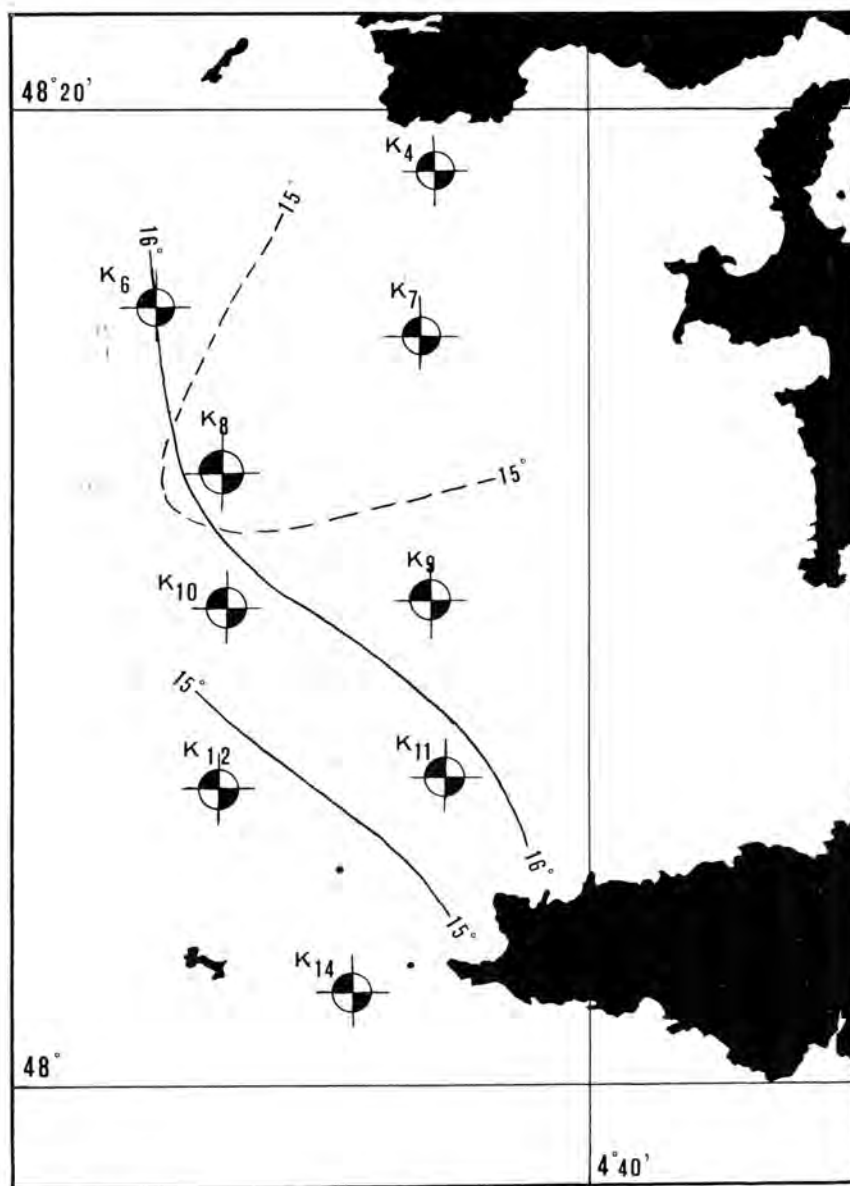


Fig. 5. — Isothermes de 15 et 16° en surface (—) et de 15° à 10 m (---) en Iroise du 19 au 21 juillet 1967 (les températures les plus élevées sont à droite des courbes).

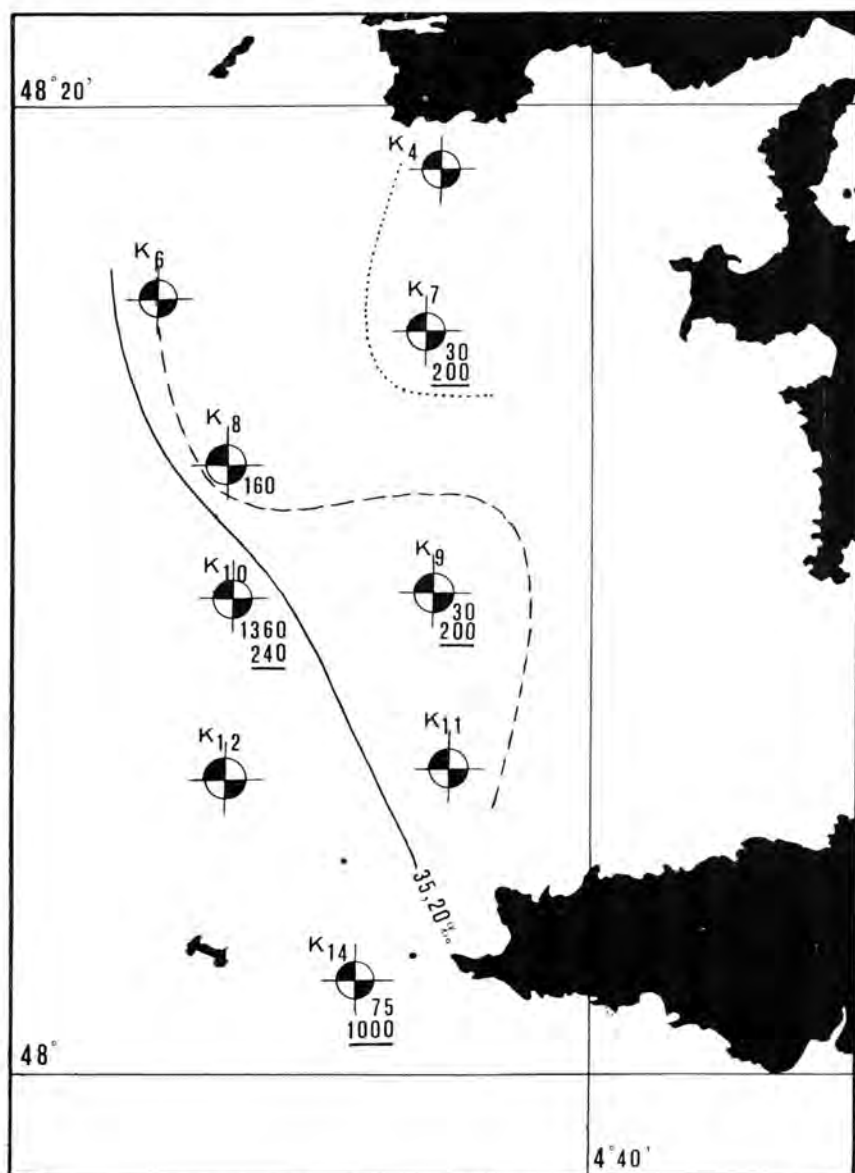


Fig. 6. — Isohaline de 35,20 p. 1000 en surface (—), à 10 m (---) et à 25 m (...) en Iroise du 19 au 21 juillet (les salinités les plus élevées sont à gauche des courbes). Abondance des Noctiluques, en nombre de cellules par litre, à quelques stations en surface (chiffre supérieur) et à 25 m (chiffre souligné).

raisons de penser que ces nappes étaient situées également sur un front de convergence.

D'aucuns auront remarqué que ce phénomène est noté dans le même temps que la pollution due au « Torrey-Canyon » ou que les nappes ont été souvent repérées par des navires à la recherche du mazout et la question qui vient à l'esprit est de savoir s'il existe un lien entre les deux faits. On ne peut *a priori* éliminer complètement l'hypothèse d'une relation de cause à effet. Mais étant donné l'existence de ces pullulations de Noctiluques, entre autres espèces, dans de nombreuses mers du globe sans présence de mazout et la réalisation d'un ensemble de conditions biologiques et hydrologiques favorables à leur apparition près de nos rivages cet été, nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'avoir recours à cette hypothèse. D'une part cette coïncidence perd beaucoup de sa valeur si l'on note qu'une attention toute spéciale a été portée à l'aspect de la mer depuis avril dernier en raison de la catastrophe du pétrolier. En supposant qu'une eau colorée ait été rencontrée les années précédentes, elle risquait fort de ne pas être mentionnée. D'autre part la localisation au même endroit de nappe de mazout et de bande d'eau rouge telle qu'elle nous a été rapportée par les chercheurs de Plymouth peut aisément s'expliquer par le fait qu'il s'agit dans les deux cas de matériel flottant soumis de la même manière à l'influence des vents et à la dérive superficielle des eaux. Ainsi le 20 juillet, c'étaient de nombreux débris d'algues qui accompagnaient l'eau à Noctiluques et non plus du mazout.

Au début de cet article, nous avons dit que les eaux rouges peuvent avoir des effets catastrophiques sur la faune marine. BHIMACHAR et GEORGE citent en effet des destructions de plancton et des mortalités de poissons (qui fuient le plus souvent les zones polluées) lors de pareilles pullulations de Noctiluques sur les côtes de l'Inde et ils rappellent les précédents fâcheux en Afrique du Sud où les mortalités d'animaux marins étaient attribuées soit aux essaims de Noctiluques eux-mêmes, soit à leur décomposition. Nous n'avons pas connaissance de mortalités spectaculaires de poissons dans nos eaux ni d'empoisonnements de coquillages. La littérature sur ce sujet tend d'ailleurs à faire penser qu'il faut une durée très importante du phénomène pour entraîner de telles suites. Divers facteurs : l'intensité des vents, les courants, l'état de la mer en définitive, agissant directement sur la couche superficielle occupée par les nuages de Noctiluques tendent constamment à les disperser. Le dépouillement non achevé des échantillons de plancton prélevés en Iroise du 19 au 21 juillet fera l'objet d'une publication ultérieure mais il est déjà possible de dire qu'au voisinage de l'eau rouge le zooplancton est quantitativement et qualitativement appauvri. Nous constatons en particulier une chute spectaculaire du nombre des Copépodes, éléments dominants du plancton animal en temps ordinaire et base de la nourriture des poissons pélagiques. Cette chute, constatée aussi aux Indes, est peut-être une explication de la fuite des poissons hors des régions contaminées, fuite signalée par BHIMACHAR et GEORGE (l'eau rouge s'étendait sur une longueur de côtes de 170 milles), et par PRASAD, autre auteur indien qui a longuement étudié, avec JAYARAMAN, les conditions hydrologiques et le plancton associés aux rassemblements de *Noctiluca*.

Si l'on peut espérer limiter un jour la pollution des mers due à l'inconséquence de certaines activités humaines, il faudrait

également pouvoir s'armer contre d'éventuelles catastrophes naturelles dont les essaims de Noctiluques en offrent, sous certaines latitudes, un exemple spectaculaire. Il serait souhaitable dans ces conditions que le maximum de renseignements soit collecté sur l'apparition et l'importance de ces nappes d'eau colorée aux abords de nos côtes. Nous recevrons pour notre part avec satisfaction toute documentation utile à ce sujet.

Il nous est particulièrement agréable de remercier vivement toutes les personnes qui nous ont permis d'effectuer nos propres observations en mer et celles qui nous ont communiqué tous les renseignements en leur possession :

MM. les Professeurs TEISSIER et GUILCHER, M^{me} LE FÉVRE, le Capitaine de frégate BRUSSON, les D^{rs} HOLME et BONE, M. GLÉMAREC, les marins du « Gwalarn » et du « Pluteus II », la municipalité du Guilvinec.

(Station biologique de Roscoff)

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BHIMACHAR (B. S.) and GEORGE (P. C.), 1949 - Abrupt set-backs in the fisheries of the Malabar and Kanara coasts and « red-water » phenomenon as their probable cause. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 31, 1, 339-350.
- DENTON (E. J.), 1963 - Les mécanismes de flottaison des organismes marins. *Endeavour* (Edit. française), 22, 3-8.
- FAGE (L.), 1951 - L'eau rouge. *Cahiers Océanogr.*, Paris, 3, 1, 7-12.
- GUILCHER (A.), 1965 - Précis d'hydrologie marine et continentale. Masson et C^{ie}, Paris.
- KOFROID (C. A.) and SWEZY (O.), 1921 - The free-living unarmored Dinoflagellata. Mem. of the Univ. of California, vol. 5. Univ. of Calif. Press, Berkeley, California.
- MARGALEF (R.), 1956 - Estructura y dinámica de la « purga de mar » en la ría de Vigo. *Inv. Pesq.* 5, 113-134.
- NIAUSSAT (P. M.) et BOURCART (R.), 1963 - Contribution à l'étude du plancton dans les eaux de l'embouchure de la Gironde. Prédominance du Dinoflagellé « *Noctiluca miliaris* ». *Cahiers Océanogr.*, Paris, 10, 722-725.
- NICOL (J. A. C.), 1963 - La luminescence chez les animaux. *Endeavour* (Edit. française), 22, 37-41.
- OSTENFELD (C. H.), 1913 - Résumé des observations sur le plankton des mers explorées par le Conseil..., 3^e partie : *Noctiluca* and *Globigerina*. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer, Bulletin trimestriel*, pp. 291 à 297.
- PÉRÈS (J. M.) et DEVÈZE (L.), 1963 - Océanographie biologique et biologie marine. Tome second, La vie pélagique. Presses Universitaires de France, Paris.