



La série océanographique côtière de Roscoff (Manche occidentale) de 1985 à 1992

A. SOURNIA* ET J.-L. BIRRIEN

*Observatoire Océanologique de Roscoff (UPMC/CNRS/INSU)
BP 74, 29682 Roscoff Cedex (France)*

Résumé : Une station océanographique d'observation à long terme a été établie dans les eaux côtières de Roscoff en 1985. Les variables physiques, chimiques et biologiques de routine (température, salinité, oxygène dissous, nutrilites, azote et phosphore organiques dissous, carbone et azote organiques particuliers, pigments phytoplanctoniques, microphytoplancton, poids de zooplancton et de seston) y sont mesurées deux fois par mois à marée haute ; par ailleurs, les facteurs météorologiques sont enregistrés au sémaphore de l'île de Batz. Nous présentons ici et commentons brièvement la série complète des huit premières années.

Abstract: A long-term oceanographic series has been initiated in the coastal, permanently mixed waters of Roscoff (northern Brittany, France) at the entrance of the English Channel. The routine meteorological, physical, chemical and planktological variables are recorded twice a month at high tide, including: rainfall, insolation, winds, seawater temperature and salinity, dissolved oxygen, nutrients, dissolved organic nitrogen and phosphorus, particulate organic carbon and nitrogen, phytoplankton pigments, microphytoplankton counts, seston, and zooplankton weight. Data of the 8-year period 1985-92 are presented and briefly discussed. The interest of such series is emphasized, with particular regard to the physical control of primary production, the nitrogen cycle, and possible long-term trends.

Keywords: long-term series, hydrology, nutrients, phytoplankton

Introduction

L'intérêt des séries temporelles de données océanographiques ou hydrobiologiques, s'il a longtemps été négligé, n'a plus besoin d'être justifié longuement car il est dûment reconnu par diverses instances nationales et internationales. En France, ces études sont coordonnées et soutenues depuis 1991 par le Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC) et un colloque de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) a récemment traité des objectifs et stra-

tégies de ces suivis. Au niveau international, réflexion et incitations sont principalement conduites dans le cadre du programme Global Ecology (GLOBEC), du Système Mondial d'Observation de l'Océan (ou GOOS, Global Ocean Observing System) et du programme Land-Ocean Interaction Systems (LOICZ). Rappelons que ces trois programmes ont, respectivement, pour composantes françaises : une partie du Programme National sur le Déterminisme du Recrutement (PNDR), le programme Goos-France et le PNOC.

C'est à partir de 1952, à l'initiative d'une antenne ISTPM à Roscoff, que la station biologique a endossé sa fonction d'observatoire du milieu marin sous la forme du relevé périodique de la température et de la salinité en plusieurs stations situées sur des fonds de 25 à 65 m (Faure, 1959 ;

* Adresse de correspondance : Laboratoire de Géologie du Muséum, 43, rue de Buffon, 75005 Paris (France)

Reçu le 17 octobre 1994 ; received October 17 1994

Accepté le 10 mars 1995 ; accepted March 10 1995.

Anon., 1976 ; Latrouite & Raguénès, 1985 ; Dauvin *et al.*, 1989, 1991) ; ces relevés se poursuivent actuellement en une station unique au large de l'île de Batz.

Une série multiparamétrique d'une vingtaine de variables physiques, chimiques et biologiques a été instituée en janvier 1985 en une station "côtière" à proprement parler car accessible sans embarcation : c'est la série "Estacade", du nom de l'ouvrage qui permet son accès. La fréquence y est bimensuelle mais peut servir de grille à des mesures plus rapprochées comme tel fut le cas de l'opération "Bloom" de 1985 (Sournia *et al.*, 1987 ; Klein & Sournia, 1987 ; Martin-Jézéquel *et al.*, 1992). Cette série a, malheureusement, été interrompue en janvier 1993 mais a été reprise en avril 1994.

Nous présentons ici l'ensemble des données de la période de 1985-92, soit huit années complètes, sans nullement prétendre exploiter exhaustivement cette série mais surtout pour en faire connaître l'existence et évoquer l'intérêt de certains développements auxquels elle peut conduire.

Outre ces séries à vocation permanente (ou, du moins, à long terme), Roscoff détient, comme toutes les Stations Marines de cette importance, l'équivalent d'une banque importante, mais non normalisée, de données physicochimiques et biologiques diverses pour des durées limitées (souvent, la durée d'une thèse de doctorat) et dont nous n'entreprendons pas ici de dresser la bibliographie ; soulignons cependant l'existence de relevés macrobenthiques depuis 1977 (Ibanez *et al.*, 1993).

Localisation et périodicité des mesures

Les prélèvements d'eau de mer sont pratiqués à l'extrémité de l'estacade, longue de 500 mètres, du port de Roscoff (Fig. 1 : "E"). Du fait du brassage hydrodynamique intense et permanent (absence de stratification estivale), cette station est représentative d'une large portion de côte (Sournia *et al.*, 1987). La profondeur y est de 3 à 11 mètres selon la marée. La fréquence des observations a été choisie de la manière suivante : à marée haute et à 11 heures locales c'est-à-dire, compte tenu de l'onde de marée M_2 , deux fois par mois. La périodicité S (morte eau / vive eau) situe toutes ces stations en morte eau, c'est-à-dire en marnage moyen de 3,6 m. Compte tenu aussi des jours non ouvrables, les intervalles entre deux stations sont de 12 à 17 jours. Les prélèvements se font à la profondeur de 1 m au moyen d'une bouteille Niskin et sont sous-échantillonnés quelques minutes plus tard au laboratoire.

Une localisation complémentaire plus éloignée de la côte est utilisée pour les prélèvements de zooplancton : la station Blocon (Fig. 1 : "B"), sur fonds de 30-35 m, à l'Est de Roscoff et à l'entrée de la baie de Morlaix. Un trait de filet WP2 (200 μm) y est effectué verticalement entre 0 et 25 m aux mêmes dates que précédemment mais vers 15 h locales ; l'embarcation habituellement utilisée depuis 1985 est la

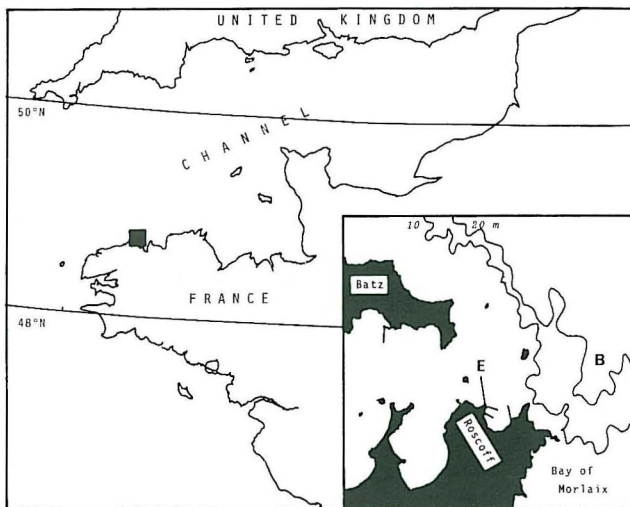


Figure 1. Stations de mesures et de prélèvements (in Sournia *et al.*, 1987).

"Mysis". Des profils optiques ont été également enregistrés à cette station pendant l'année 1985 (Sournia *et al.*, 1987).

Les données météorologiques sont obtenues par le Sémaphore de l'île de Batz (Météorologie Nationale) à 2 km au nord de Roscoff (Fig. 1).

Méthodes et unités

Précipitations : total de la décade en mm.

Insolation : total des heures d'insolation de la décade (héliomètre de type Campbell). Cette variable n'est plus recueillie depuis avril 1991.

Vent : vitesse moyenne du vent en m s^{-1} pour la décade, à raison de 8 mesures par cycle de 24 heures.

Température de l'eau de mer : thermomètre seau en subsurface à 0,1 °C près.

Salinité : salinomètre Guildine®, modèle Autosol, à 0,005 PSU près.

Oxygène dissous : saturation en oxygène dissous (ml l^{-1}). Dosage par la méthode de Winkler et calcul de la saturation d'après les tables de Green & Carritt.

Nitrates ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode de Wood et coll. ; Autoanalyser II Technicon®.

Nitrites ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode de Bendschneider & Robinson ; Autoanalyser II Technicon®.

Ammonium ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode de Koroleff en mode manuel.

Phosphates ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode de Murphy & Riley sur Autoanalyser II Technicon®.

Silicates ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode de Mullin & Riley, adaptée par Strickland & Parsons, sur Autoanalyser II Technicon®.

Azote et phosphore organiques dissous ($\mu\text{M l}^{-1}$) : méthode d'Armstrong & Tibbits.

Chlorophylle a et phéopigments ($\mu\text{g l}^{-1}$) : méthode de

Yentsch & Menzel ; filtres Whatman® GF/F, fluorimètre Turner® Designs, équations de Lorenzen.

Diatomées : milliers de cellules microplanctoniques ($\geq 20 \mu\text{m}$) par litre ; dénombrement au microscope inversé après fixation au lugol et sédimentation de 50 ml pendant 24 heures.

Zooplankton : poids (mg m^{-2}) après séchage (étuve à 60-70 °C) jusqu'à poids constant des filtres en textile ($200 \mu\text{m}$) prépesés ; pêches comme indiqué plus haut.

Seston : poids après dessiccation pendant 2 h à 70 °C de filtres Whatman® GF/F prépesés (mg l^{-1}).

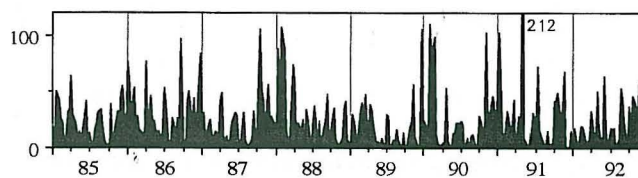
Carbone et azote organiques particulaires ($\mu\text{g l}^{-1}$) : analyseur CHN Perkin-Elmer® modèle 240.

Pour plus de détails et pour les références bibliographiques sur les méthodes analytiques, on se reportera aux deux ouvrages de Tréguer & Le Corre (1975) et Aminot & Chaussepied (1983). Toutes les données sont conservées sous logiciel "Cricket Graph".

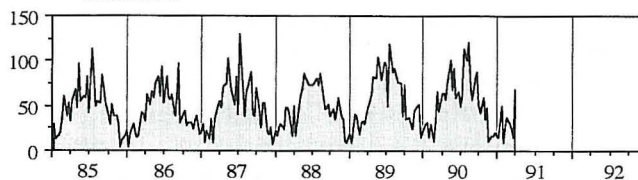
Résultats

Les trois données météorologiques sont représentées sur la Figure 2. Le caractère saisonnier des pluies est peu marqué ; leur total annuel moyen de 1985 à 1992 a été de 88,3 cm avec pour valeurs extrêmes 68,2 cm (1989) et 102,7 cm (1986). L'éclairement solaire, bien que mesuré grossièrement (heures d'insolation), est nettement saisonnier, avec un minimum hivernal de l'ordre de 10 h seulement par décade. L'intensité moyenne des vents est peu variable et le plus souvent comprise entre 5 et 8 m s^{-1} . Aucune de ces trois variables ne montre de variations importantes d'une année à l'autre, si ce n'est le faible ensoleillement du printemps et de l'été 1988.

Pluviométrie



Insolation



Vent

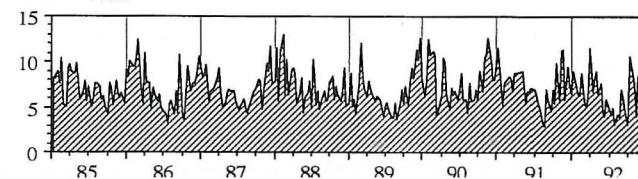


Figure 2. Données météorologiques : pluviométrie (mm), insolation (heures) et vent moyen (m s^{-1}) par décades.

La salinité de l'eau de mer et, peut-être, sa température (Fig. 3) semblent en augmentation sur l'ensemble des 8 années, avec de notables variations d'amplitude d'une année à l'autre ; ainsi, on notera une différence de 4 °C environ entre les températures hivernales des deux périodes 1986-87 et 1988-89.

Les eaux sont saturées ou sursaturées en oxygène à l'heure des prélèvements (fin de matinée), sauf de novembre à janvier, avec une forte alternance saisonnière (Fig. 3).

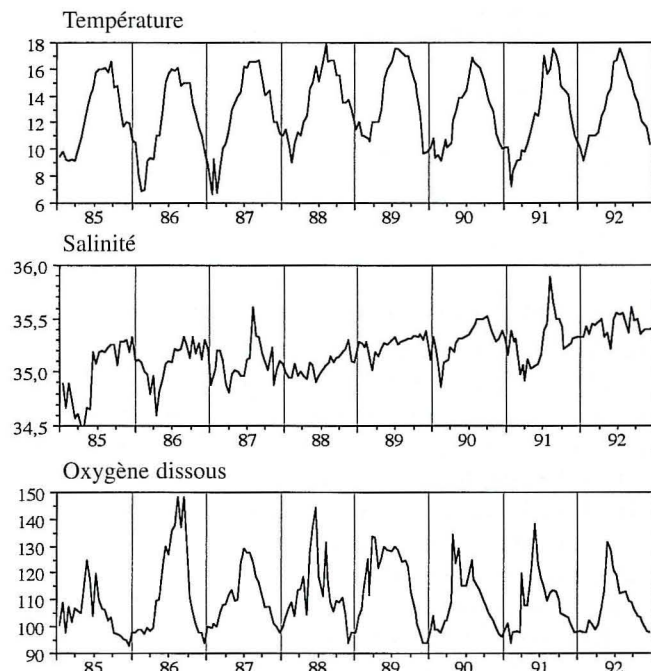


Figure 3. Température (°C), salinité (PSU) et oxygène dissous (% saturation).

Le profil annuel des nitrates (Fig. 4) est contrasté et répétitif : maximum automnal et (ou) hivernal, chute rapide et épuisement fugace au printemps, restauration progressive à partir de l'été. Les variations des nitrites (Fig. 4) sont moins accusées mais présentent un minimum estival et un maximum automnal. L'ammonium (Fig. 4) évolue à l'opposé des deux espèces chimiques précédentes : mis à part les deux années 1985 et 1986, marquées l'une et l'autre par deux pics annuels, le minimum survient en automne et en hiver. Pour ces trois variables, les différences annuelles les plus flagrantes sont :

- valeurs hivernales 1986 particulières : chute rapide des nitrates, une (ammonium) ou plusieurs (nitrites) fortes valeurs pour ces deux autres formes d'azote,
- pour les nitrates, possibilité d'un maximum, centré sur les hivers 1987 et 1988, par rapport aux années précédentes et suivantes.

L'évolution des phosphates (Fig. 5) est si voisine de celle des nitrates que la comparaison nécessite un examen

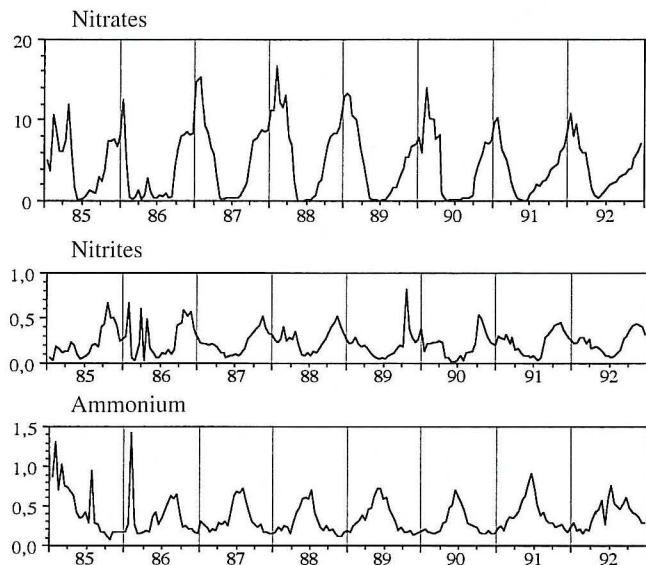


Figure 4. Nitrates, nitrites et ammonium ($\mu\text{M l}^{-1}$).

détaillé. Tout d'abord, la superposition des deux courbes (non montrée ici) semble indiquer une décroissance printanière aussi brutale pour les deux variables mais une remontée plus rapide en été pour les phosphates. Le rapport nitrates/phosphates (Fig. 5) est le mieux désigné pour révéler ces différences. De fait, ce rapport varie considérablement au cours de l'année et d'une année à l'autre mais présente constamment, d'une part un maximum hivernal, d'autre part un minimum vers le milieu de l'année. Enfin, le rapport nitrates/phosphates a été maximal en 1985 et en 1988 et tend à décroître depuis 1988 (Fig. 5).

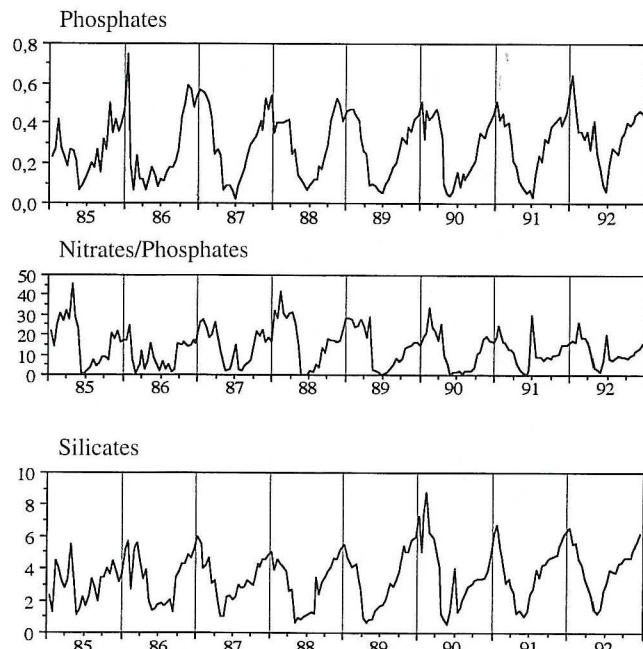


Figure 5. Phosphates et silicates ($\mu\text{M l}^{-1}$) et rapport N/P.

Les silicates (Fig. 5), à la différence des deux nitriles majeurs examinés ci-dessus, ne sont jamais épuisés. Ils présentent un maximum automno-hivernal et un minimum printanier.

Les données sur l'azote et le phosphore organiques dissous ne sont disponibles que pour les quatre premières années de la série (Fig. 6) et révèlent des tendances contradictoires sous deux aspects : selon les années pour chacune des deux variables (profils annuels différents), au fil des années pour les deux variables comparées (évolutions inter-annuelles opposées).

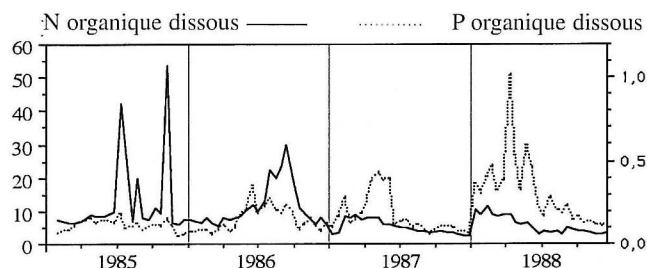


Figure 6. Azote et phosphore organiques dissous ($\mu\text{M l}^{-1}$).

La chlorophylle *a* (Fig. 7) n'a qu'exceptionnellement dépassé la concentration de $3 \mu\text{g l}^{-1}$. Son profil, toujours très accusé, varie beaucoup d'une année à l'autre, le seul point constant étant un maximum printanier ; les deux premières années montrent, en outre, un maximum estival. Le rapport chlorophylle / phéophytines (Fig. 7), tel que grossièrement évalué ici par la méthode fluorimétrique (voir commentaire in Klein & Sournia, 1987), est ordinairement toujours supérieur à l'unité ; quelques-uns de ses pics sont concomitants des poussées de diatomées.

Les diatomées (Fig. 7), composante majeure du microplancton dans les eaux de Roscoff (Grall & Jacques, 1964 ; Martin-Jézéquel, 1983 ; Sournia *et al.*, 1987) n'y sont présentes en quantité significative que d'avril à septembre ; leur maximum, quand il existe (ou n'a pas échappé à l'échantillonnage, comme en 1987 et 1988 ?), a toujours été brutal et printanier pendant les 8 années étudiées. Au cours de cette période, une espèce et une seule, *Rhizosolenia delicatula* Cleve, a toujours été dominante (et exclusive lors des poussées printanières).

Les quatre dernières séries de données ici traitées comportent des lacunes d'échantillonnage. Un figuré différent a donc été adopté sur la Figure 8 afin de ne pas laisser croire à des valeurs nulles lorsque les valeurs sont seulement absentes. En dépit de ces lacunes, plusieurs tendances se font jour :

- maximum printanier ou estival pour la biomasse zooplanctonique,
- absence de profil saisonnier répétitif pour le seston, le carbone et l'azote particuliers, si ce n'est un maximum estival pour les deux dernières variables en 1985 et 1986,

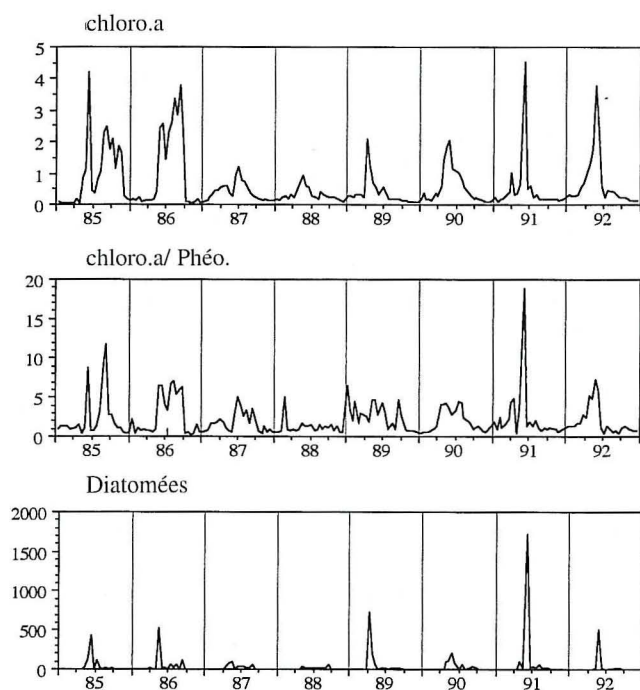


Figure 7. Chlorophylle *a* ($\mu\text{g l}^{-1}$), rapport chlor. *a*/phéophytines et diatomées ($10^3 \text{ cell. l}^{-1}$).

- peut-être une augmentation globale pour les trois dernières variables sur l'ensemble de la période,
- représentation très minoritaire du carbone et représentation tout à fait négligeable de l'azote dans la charge particulaire totale (Fig. 9).

Discussion

Il convient tout d'abord de souligner le caractère heuristique de cette étude. Les données ici présentées relèvent de la stratégie "Observatoire", c'est-à-dire du principe de la nécessité d'une veille sur le milieu marin : observation des variations en un point fixe selon les mois, les saisons et les années, comparaison de ces variations à celles rencontrées en d'autres stations. Cette nécessité étant posée *a priori*, les centres d'intérêt de tels suivis ne sont pas nécessairement identifiés à l'origine, et tel est bien le cas de la série "Estacade" : certains sujets d'intérêt sont apparus en cours de travail (voir plus bas), d'autres pourront apparaître dans le futur. Cette "ouverture" résulte aussi de la vocation interdisciplinaire des suivis de ce type dans lesquels des données, météorologiques, physiques, chimiques et biologiques sont réunies et rendues confrontables : les implications en sont potentiellement illimitées. Outre les perspectives courantes de l'océanographie et de ses disciplines (planctologie, hydrobiologie, chimie...), elles sont ouvertes à la socio-économie, à la géochimie et à tous les domaines des sciences dites de l'environnement.

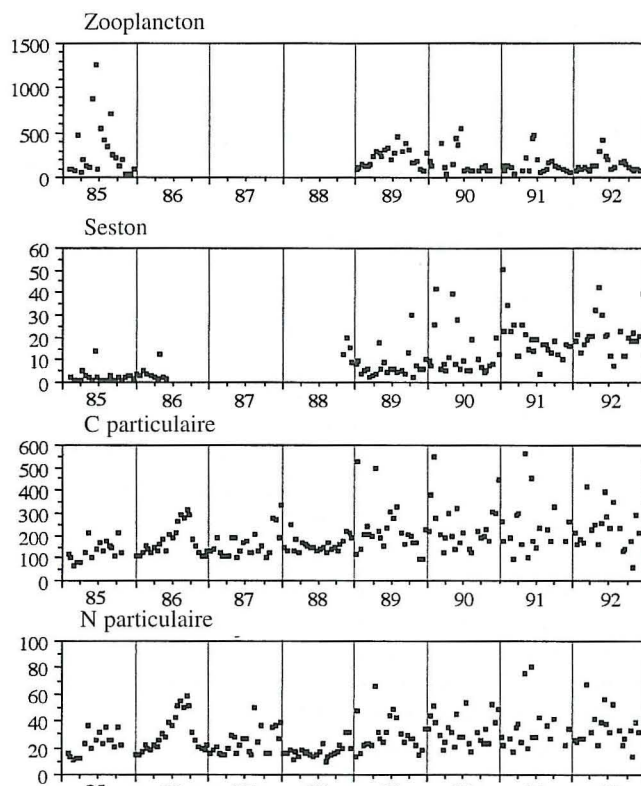


Figure 8. Zooplankton (mg m^{-2}) seston (mg l^{-1}), carbone et azote particulaires ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Ceci rappelé, les sujets de réflexion sont, d'ores et déjà, nombreux. Nous ne ferons que les évoquer, car chacun d'eux appelle une étude spécifique, et suggérerons quelques thèmes de recherches.

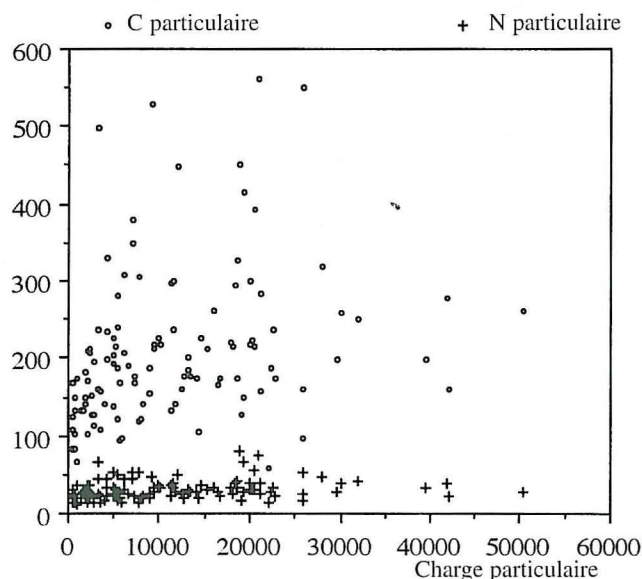


Figure 9. Corrélation entre charge particulaire totale d'une part et carbone et azote particulaires d'autre part (toutes unités en $\mu\text{g l}^{-1}$).

Hydrodynamisme et production primaire

Sournia *et al.* (1987) ont attiré l'attention sur un certain nombre de caractères hydrologiques et climatiques des eaux côtières de Roscoff : régime macrotidal, permanence de vents intenses, anomalie négative de l'énergie lumineuse incidente, faible coefficient d'extinction optique des eaux. Les deux premières caractéristiques valent à Roscoff un régime hydrologique constamment brassé ; elles interviennent très probablement dans la répartition des biomasses végétales, c'est-à-dire dans la dominance du phytobenthos sur le phytoplancton.

En effet, le phytoplancton (avec $0,2 - 2 \mu\text{g chl. } a \text{ l}^{-1}$; voir Fig. 7) reste quantitativement minoritaire par rapport aux macrophytes et microphytes benthiques (références in Sournia *et al.*, 1987). Rappelons aussi que les pics annuels de production primaire semblent s'échelonner, pour les trois catégories d'algues, tout au long de l'année : macrophytes à la fin de l'hiver et au début du printemps, phytoplancton à la fin du printemps, microphytobenthos en été, éventuellement phytoplancton et microphytobenthos en automne (références in Sournia *et al.*, 1987 ; voir aussi Riaux-Gobin *et al.* [1993] pour le microphytobenthos).

Au sein du phytoplancton, le microphytoplancton ($20-200 \mu\text{m}$) n'apparaît quantitativement que sous la forme de brèves poussées de diatomées. Sur ce caractère épisodique comme sur les effectifs cellulaires (qui n'atteignent qu'exceptionnellement le million de cellules par litre), notre figure 7 rappelle étroitement celle de Boalch *et al.* (1978) pour la station E1 de Plymouth pendant la période 1964-74. Nos données montrent, de plus, que les poussées microplanctoniques ne rendent pas compte de tous les maximums pigmentaires (Fig. 7). Le phytoplancton "manquant" est simplement de plus petite taille. En effet, le picoplancton ($0,2-2 \mu\text{m}$), dénombré à la station "Estacade" de 1985 à 1989 par cytométrie de flux (D. Vaultot, communication personnelle), présente un stock assez stable de $10^6-10^7 \text{ cell l}^{-1}$. Enfin, le nanoplancton ($2-20 \mu\text{m}$) n'a pas été pris en considération dans nos dénombrements Utermöhl et a pu échapper, en partie, à la cytométrie en flux.

Une étude pluridisciplinaire reste à entreprendre, dont la série "Estacade" offre le cadre grâce au relevé des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de mer. Il s'agira notamment, à cette occasion, de tester la relation entre mélange turbulent et production planctonique selon l'alternance morte eau/vive eau (Pingree *et al.*, 1978 ; Bowman *et al.*, 1981 ; Cloern, 1991).

Phases minérales et organiques de l'azote et du phosphore

Les diverses phases minérales et organiques de l'azote, ainsi que les phases minérale et organique du phosphore total, varient et s'inversent selon les mois, de manière assez

répétitive, pendant les huit années ici présentées (Figs 4-6) ; soulignons ainsi la régularité de la progression des pics d'ammonium, de nitrites puis de nitrates tout au long de l'année, à l'exception des teneurs en ammonium de 1985 (Fig. 4). Cette succession chimique a été détaillée dans la baie de Morlaix pour les années 1979-80 (Wafar & Le Corre, 1981 ; Wafar *et al.*, 1983, 1984, 1989) et en rade de Brest de 1979 à 1981 (Delmas & Tréguer, 1983) ; elle a, par ailleurs, été étudiée à Plymouth (Butler *et al.*, 1979), dans la baie de Hégoligland (Hickel, 1984), etc. Ici encore, une série pluriannuelle telle que celle de l'Estacade constitue un outil de choix car, offrant une série d'événements distincts mais de même nature, elle permet d'aborder les processus de la régulation du cycle d'une part, sa modélisation d'autre part.

Les variations des teneurs en azote et en phosphore organiques dissous (Fig. 6) ne sont connues que pour quatre années de cette série ; comme on l'a vu, elles s'opposent les unes aux autres sur l'ensemble de cette période, et ceci reste à expliquer. Les ordres de grandeur sont ceux donnés par Banoub & Williams (1973) pour la station E1 près de Plymouth en 1968. On notera surtout, pour ce qui est des réserves nutritives dissoutes, que les stocks minéraux (Fig. 4) et organiques (Fig. 6) de l'azote, comme ceux du phosphore (Figs 5 et 6 respectivement) sont tout à fait équivalents, comme l'ont observé Butler *et al.* (1979) à Plymouth ; les ordres de grandeur sont les suivants : $5 \mu\text{M l}^{-1}$ d'azote minéral dissous et autant d'azote organique dissous pour $0,2 \mu\text{M l}^{-1}$ de phosphore minéral dissous et autant de phosphore organique dissous.

Apports continentaux en azote minéral

La question a été posée de l'effet des rejets d'engrais azotés dans les eaux côtières via ruissellement et rivières. Les données "Estacade" peuvent apporter une réponse car, eu égard au brassage intense et permanent, les eaux de cette station sont représentatives d'une large frange côtière. Or, les teneurs observées de 1985 à 1992 ne dépassent qu'exceptionnellement les valeurs de $10 \mu\text{M N}_2\text{NO}_3$ et $0,4 \mu\text{M N-NO}_2$ (Fig. 4) et les nitrates arrivent à épuisement au début du printemps. De plus, s'il se peut que la concentration en nitrates soit passée par un maximum vers l'année 1988, l'ensemble de la série ne montre aucune tendance à l'augmentation de 1985 à 1992. Autrement dit, au vu de la présente série, ce segment côtier du Finistère ne semble pas aujourd'hui menacé par l'eutrophisation ; on ne pourrait, certes, avancer ceci pour d'autres points de la côte Nord du Finistère où des "marées vertes" s'observent de plus en plus fréquemment.

Évolution globale de 1985 à 1992

Certains des graphiques présentés ici indiquent une tendance pluriannuelle.

La Figure 3 laisse penser à une élévation marquée de la température, mais les valeurs sont accidentées ; la fréquence des mesures (deux fois par mois) et leur précision (thermomètre-seau) ne permettent sans doute pas d'en dire plus. Cependant, une même tendance à l'augmentation des températures est notée, un peu plus au large (fonds de 60 m au NE de l'île de Batz) par Dauvin *et al.* (1991) pour les années 1988 à 1990, ceci avec une meilleure précision (thermomètre à renversement). A l'opposé, les données des années 1961 à 1982 avaient montré un léger refroidissement (0,3 °C) entre les deux périodes 1960-69 et 1970-81 (Latrouite & Raguénès, 1985).

L'augmentation de la salinité à la station "Estacade" de 1985 à 1992 est beaucoup plus claire (Fig. 3) et les mesures près de l'île de Batz (Dauvin *et al.*, 1989, 1991) sont strictement parallèles.

Il se trouve ainsi confirmé que les eaux de l'entrée de la Manche sont le siège de variations significatives de ces paramètres écologiques de référence que constituent la température et la salinité.

Les concentrations en nitrates (Fig. 4) et les rapports nitrates/phosphates (Fig. 5) semblent diminuer depuis 1988 tandis qu'augmenteraient les charges particulières carbonée, azotée et totale (Fig. 8). D'autre part, les quatre années de mesures sur l'azote et le phosphore organique dissous (Fig. 6) indiquent une inversion dans les proportions de ces deux éléments.

Les réserves d'usage s'imposent ici : méthodologie (les techniques sont demeurées identiques, mais le personnel humain a changé au cours des huit années), fréquence des prélèvements (la périodicité de deux semaines est un seuil critique), durée de la série (quelques années seulement). On s'attachera donc à dissiper ces réserves dans les mesures à venir.

Conclusion

Cette série de huit années de mesures dans les eaux côtières de Roscoff répond à ce qu'attendent l'écologie et l'océanographie modernes d'une surveillance des facteurs environnementaux et des variables biologiques en un site donné, notamment :

- élucider des points particuliers du fonctionnement d'un écosystème,
- modéliser un cycle biogéochimique et évaluer son degré de régulation,
- discerner les tendances temporelles à moyen et à long terme,
- caractériser les éventuelles influences anthropiques.

Une telle série sert également de cadre de référence à des études spécialisées conduites selon une autre périodicité ou selon un cadre géographique plus étendu.

La fréquence et la répétitivité des observations et des mesures restent les facteurs critiques de ces séries. Le carac-

tère routinier et peu prestigieux des mesures remet en cause, à chaque modification de l'organisation d'un Laboratoire, la poursuite de l'opération ; en témoigne, à Roscoff, l'interruption de 1993. Mais, à supposer que les contraintes humaines soient maîtrisées, la fréquence de l'échantillonnage demeure, en soi, critiquable. A Roscoff, le régime des marées a conduit à un compromis bimensuel inapproprié (maille trop lâche) à l'échelle du phytoplancton, car la brièveté de la poussée printanière est maintenant bien établie. Nul doute que les possibilités aujourd'hui offertes par les engins autonomes et les capteurs immergés devraient être mises à profit, avant tout pour augmenter la fréquence de l'échantillonnage.

Remerciements

Les premières années de cette série ont été soutenues financièrement par un contrat Ifremer (1430507) et les dernières l'ont été par l'opération "Long terme" du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC). Nous remercions Mlle A. Masson et M.-P. Le Corre pour les analyses de la matière organique, réalisées au laboratoire d'océanographie chimique de l'Université de Bretagne Occidentale, Mme V. Martin-Jézéquel et M.-P. Morin pour certains prélèvements, enfin MM. J.-C. Dirou, A. Maron et J.-M. Roualec pour leur efficace collaboration pendant les huit années de prélèvements. Enfin, les commentaires apportés sur le manuscrit par MM. J.-C. Dauvin et P. Morin, ainsi que ceux de deux experts anonymes, nous ont considérablement aidés à améliorer la présentation de ces données.

Références

- Anon., 1976.** Laboratoire de l'ISTPM de Roscoff. Température et salinité de l'eau de mer au large de Roscoff au cours des années 1959 à 1970. *Travaux de la Station Biologique de Roscoff*, nouvelle Série **23** : 31-39.
- Aminot, A. & M. Chaussepied, édit. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest, 395 p.
- Banoub, M.W. & P.J. Le B. Williams, 1973.** Seasonal changes in the organic forms of carbon, nitrogen and phosphorus in sea water at E1 in the English Channel during 1968. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **53** : 695-703.
- Boalch, G.T., D.S. Harbour & E.I. Butler, 1978.** Seasonal phytoplankton production in the western English Channel 1964-1974. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **58** : 943-953.
- Bowman, M.J., W.E. Esaias & M.B. Schnitzer, 1981.** Tidal stirring and the distribution of phytoplankton in Long Island and Block Island Sounds. *Journal of Marine Research*, **39** : 587-603.
- Butler, E.I., S. Knox & M.I. Liddicoat, 1979.** The relationship between inorganic and organic nutrients in seawater. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **59** : 239-250.
- Cloern, J.E., 1991.** Tidal stirring and phytoplankton bloom dynamics in an estuary. *Journal of Marine Research*, **49** : 203-221.

- Dauvin, J.-C., M. Joncourt, D. Latrouite & G. Raguénès, 1989.** Température et salinité de l'eau de mer au large de Roscoff de 1983 à 1987. *Cahiers de Biologie Marine*, **30** : 5-10.
- Dauvin, J.-C., M. Joncourt & J.-L. Birrien, 1991.** Température et salinité de l'eau de mer au large de Roscoff de 1988 à 1990. *Cahiers de Biologie Marine*, **32** : 545-550.
- Delmas, R. & P. Tréguer, 1983.** Évolution saisonnière des nutriments dans un écosystème eutrophe d'Europe occidentale (la rade de Brest). Interactions marines et terrestres. *Oceanologica Acta*, **6** : 345-356.
- Faure, L., 1959.** Variations de la température et de la salinité de l'eau de mer aux environs de Roscoff. *Revue des Travaux de ISTPM*, **23** : 153-160.
- Grall, J.-R. & G. Jacques, 1983.** Étude dynamique et variations saisonnières du plancton de la région de Roscoff - 1 (B). Phytoplancton. *Cahiers de Biologie Marine*, **5** : 10-455.
- Hickel, W., 1984.** Seston in the Wadden Sea of Sylt (German Bight, North Sea). *Netherlands Journal of Sea Research*, **10** : 113-131.
- Ibañez, F., J.-C. Dauvin & M. Étienne, 1993.** Comparaison des évolutions à long terme (1977-1990) de deux peuplements macrobenthiques de la baie de Morlaix (Manche occidentale) : relations avec les facteurs climatiques. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, **169** : 181-214.
- Klein, B. & A. Sournia, 1987.** A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. II - Phytoplankton pigment composition studied by HPLC analysis. *Marine Ecology - Progress Series*, **37** : 265-275.
- Latrouite, D. & G. Raguénès, 1985.** Température et salinité de l'eau de mer au large de Roscoff de 1971 à 1982. Étude de la tendance entre 1961 et 1982 (Sud de la Manche Ouest). *Cahiers de Biologie Marine*, **26** : 223-237.
- Martin-Jézéquel, V., 1983.** Facteurs hydrologiques et phytoplancton en baie de Morlaix (Manche occidentale). *Hydrobiologia*, **102** : 131-143.
- Martin-Jézéquel, V., A. Sournia & J.-L. Birrien, 1992.** A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. III - Free aminoacids composition studies by HPLC analysis. *Journal of Plankton Research*, **14** : 409-421.
- Pingree, R.D., P.M. Holligan & G.T. Mardell, 1978.** The effects of vertical stability on phytoplankton distributions in the summer on the northwest European shelf. *Deep-Sea Research*, **25** : 1011-1028 + 4 pl.
- Riaux-Gobin, C., M.V.M. Wafar & B. Klein, 1993.** Production primaire potentielle microphytobenthique d'une slikke de Nord Bretagne : stratification verticale. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, **169** : 215-231.
- Sournia, A., J.-L. Birrien, B. Klein & M. Viollier, 1987.** A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. I - The spring bloom withing the annual cycle. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, **25** : 355-367.
- Tréguer P. & P. Le Corre, 1975.** Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'AutoAnalyser II Technicon (2^e édition). Laboratoire d'Océanographie chimique, Université de Bretagne occidentale, 110 p.
- Wafar, M.V.M. & P. Le Corre, 1982.** Évolution saisonnière de la matière organique dissoute dans les eaux côtières de Manche occidentale (baie de Morlaix). Évolution simultanée du carbone, de l'azote et du phosphore organiques dissous. In "Indices biochimiques et milieux marins". Journées du Gabim, Brest, 18-20 novembre 1981. *Publications CNEXO, Actes Colloques*, **14** : 47-66.
- Wafar, M.V.M., P. Le Corre & J.-L. Birrien, 1983.** Nutrients and primary production in permanently well-mixed temperate coastal waters. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, **17** : 431-446.
- Wafar, M.V.M., P. Le Corre & J.-L. Birrien, 1984.** Seasonal changes of dissolved organic matter (C, N, P) in permanently well mixed temperate coastal waters. *Limnology & Oceanography*, **29** : 1127-1132.
- Wafar, M.V.M., P. Le Corre & J.-L. Birrien, 1989.** Transport of carbon, nitrogen and phosphorus in a Brittany river, France. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, **29** : 489-500.