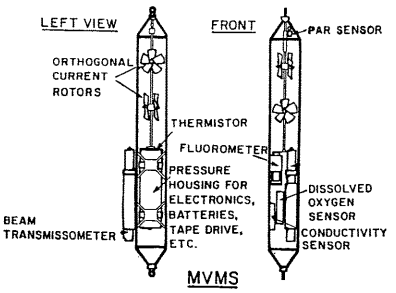
Recent Advances and Future Directions in concurrent Time Series Observations of Physical, Optical, Biological and Geochemical Processes

T.-D. DICKEY* and I. TAUPIER-LETAGE**

*Ocean Physics Group, Department of Geological Sciences, University of Southern California, Los Angeles, CA90089-0740 (U.S.A.)

**Centre d'Océanologie de Marseille, BP 330, 83507 La Seyne-sur-Mer (France)

New ideas concerning the sampling of the upper ocean ecosystem, on both spatial and temporal scales, have been driven in part by general concerns about the well being of the ocean environment and its role in climate change, particularly as influenced by anthropogenic activities. Remote sensing using satellite color imagery has been successfully applied to estimate regional near surface pigment concentrations, and, to some extent, primary productivity. Recently, advances in temporal sampling have been made as moored multi-disciplinary measurement systems have enabled the upper ocean ecosystem to be studied at time scales comparable to those previously limited to physical oceanographers (Dickey,1988). In fact, the present state of technology enables moored physical-biological-optical-geochemical measurements to be done every few minutes for periods up to 6 months. This is equivalent to a temporal resolution of ≈1/20,000th that possible using bi-weekly shipboard sampling.



As an example, during the Biowatt study in the Sargasso Sea (34N 70W), concurrent multi-disciplinary data were collected from moored instruments every 4 minutes during 3 consecutive deployments periods from February 28 through November 23, 1987 (Dickey *et al.*,1990a-b). These data sets were obtained from multi-variable moored systems (MVMS, Fig.) by collaborative groups led by Tom Dickey of University of Southern California and John Marra of Lamont-Doherty Geological Observatory. The MVMS instrument packages, located at 8 depths (10m through 160m), were used to measure horizontal currents, temperature, photosynthetically available radiation (PAR), beam attenuation coefficient, chlorophyll fluorescence, and dissolved oxygen. Diel variability was observed in the spectra of these variables throughout the euphotic layer, and a large (though short-lived: ≈2 days) springtime bloom event was evident in the beam attenuation and chlorophyll fluorescence time series. The bloom event was also evident in the concurrent bio-optical data (*e.g.* spectral diffuse attenuation coefficient) obtained from bio-optical moored systems (BOMS; Booth and Smith,1988; Smith *et al.*,1990). This springtime bloom coincided with a shoaling of the mixed layer depth from greater than ≈160m to ≈30m within about 2 days. It is apparent that the high degree of variability associated with processes such as diel particle production and transient blooms and their cessations cannot be observed using coarse (and highly aliased) temporal sampling (*e.g.* bi-weekly).

It is important to note that many of the observations described here (*e.g.* PAR, fluorescence, beam attenuation coefficient and dissolved oxygen) can be used to generate time series of biomass and/or primary productivity , system respiration and biological oxygen demand, carbon fluxes, and water turbidity (Kiefer and Mitchell, 1983; Brewer *et al.*,1986; Emerson,1987; Dickey,1988; Siegel *et al.*,1989; Dickey *et al.*,1990a-b). Concurrent temperature and current data are essential to determine relations between physical conditions (*e.g.* stratification, mixing time scales, advection and transport, etc...) and biological and geochemical processes.

Although our ability to sample the marine ecosystem has improved greatly, there remain several obvious high temporal resolution measurements which we would like to include in future systems. Among these are dissolved carbon dioxide and plant nutrients (nitrate, nitrite, silicate, and phosphate). Presently, it is possible to determine oxygen fluxes across the air-sea interface using mooring meteorological data and near surface dissolved oxygen concentration measurements. In addition, moored acoustical measurements are attractive. It is now possible to obtain relatively high vertical resolution acoustical measurements of currents and zooplankton distributions. Coupled with remote sensing satellite imageries and shipborne sampling, long-term high resolution multi-disciplinary monitoring using moored instruments allows a correct description of both open ocean and coastal areas, and can be used for model prediction of environmental changes.

Such a strategy is planned to be used in the Western Mediterranean in 1992-93, most probably in the Algerian Basin. Indeed, the instability of the Algerian Current generates mesoscale phenomena such as upwellings and eddies (Millot,1990). A multi-platform sampling approach which includes multi-disciplinary time series measurements from moorings can be used to obtain information on relationships between dynamical, biological, and geochemical phenomena, and to give a first assessment of the biogenic fluxes in this region.

Dickey T., 1988. Recent advances and future directions in multi-disciplinary *in situ* oceanographic measurements systems. In Toward a Theory on Biological and Physical Interactions in the World Ocean. B.J.Rothschild (ed.), Kluwer Academic, Dortrecht, The Netherlands, 555-598.

Dickey T., Granata T., Hamilton M., Wiggert J., Marra J., Langdon C., Siegel D., 1990a. Time series observations of bio-optical properties in the upper layer of the Sargasso Sea, *Ocean Optics*, in press.

Dickey T., Marra J., Langdon C., Granata T., Hamilton M., Siegel D., Wiggert J., 1990b. Bio-optical-physical time series observations in the Sargasso Sea during the spring of 1987, submitted to *J.Geophys.Res.*.

Booth C.R., Smith R.C., 1988. Moored spectroradiometers in the Biowatt experiment, *Ocean Optics IX*, 176-188.

Smith R.C., Waters K.J., Baker K.S., 1990. Pigment biomass and optical variability in the Sargasso Sea as determined using deep sea optical mooring data, submitted to *J.Geophys.Res.*

Emerson S., 1987. Seasonal oxygen cycles and new production in surface waters of the subarctic Pacific Ocean. *J.Geophys.Res.*, 92:6535-6544.

Kiefer D.A., Mitchell B.G., 1983. A simple, steady-state description of phytoplankton growth based on absorption cross section and quantum efficiency. *Limnol. et Oceanogr.*, 28:770-776.

Siegel D.A., Dickey T.D., Washburn L., Hamilton M.K., Mitchell B.G., 1989. Optical determination of particulate abundance and production variations in the oligotrophic ocean. *Deep Sea Res.* 36(2):211-222.

Brewer P.G., Bruland K.W., Eppley R.W., McCarthy J.J., 1986. The Global Ocean Flux Study (GOFS): status of the U.S. GOFS Program. *EOS*, 67:827-832, 835-837.

Millot C., 1985. Some features of the Algerian Current, *J.Geophys.Res.*, 90: 7169-7176.

X

Analyse d'Hydrocarbures Aliphatiques et Aromatiques Polycycliques dans les sédiments marins profonds des Marges Continentales Atlantique et Méditerranéenne (Programme ECOMARGE)

E. PARLANTI, P. GARRIGUES et M. EWALD

Laboratoire de Photophysique et Photochimie Moléculaire, UA 348 CNRS, Université de Bordeaux I, 33405 Talence (France)

INTRODUCTION

Les hydrocarbures sont universellement répandus dans l'environnement (atmosphère, lithosphère, hydrosphère et biosphère). Notre étude concerne plus particulièrement l'analyse des Hydrocarbures Saturés (n-alcanes) et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Ces derniers sont principalement considérés comme des polluants d'origine anthropogénique (Neff 1979). Toutefois, s'ils sont en grande partie produits par l'activité industrielle, ces mêmes composés peuvent être issus d'une évolution diagénétique de la matière organique dans le milieu sédimentaire. Il apparait donc important de différencier les sources des HAP pour identifier l'origine et les modes de transport et de transformation de ces composés dans l'environnement. L'analyse complémentaire des n-alcanes nous permet de distinguer origines biogénique et pétrogénique de la matière organique dans les sédiments (Colombo *et al.*, 1989). Cette étude a été réalisée sur 60 échantillons de sédiment provenant des marges atlantique et méditerranéenne.

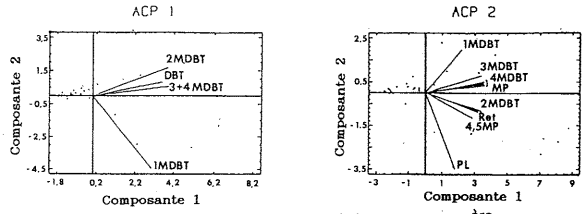
PARTIE EXPERIMENTALE

Les sédiments ont été prélevés à l'aide des carottiers Usnel et Flusha. Les échantillonages ont été réalisés au niveau de canyons sous-marins (tête de canyon et éventails sous-marins) pour chacune des marges. Les sédiments, gelés à bord, sont conservés congelés jusqu'à leur lyophilisation au laboratoire. L'extrait organique total est obtenu par extraction Soxhlet au dichlorométhane puis purifié sur micro-colonne de Florisil (Garrigues *et al.*, 1987). Une première étape de chromatographie liquide sur phase normale permet la séparation des hydrocarbures saturés et des différentes familles d'HAP (Garrigues *et al.*, 1988). Les différentes fractions sont collectées et analysées par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire (chromatographes Carlo Erba, FRACTOVAP 4160 et Shimadzu, GC-14A, equippés d'injecteurs splitless et de détecteurs FID, et couplés à un intégrateur Shimadzu CR4A). Les composés sont identifiés par comparaison avec un mélange étalon contenant les composés de référence et quantifiés par calibration avec un étalon interne.

RESULTATS

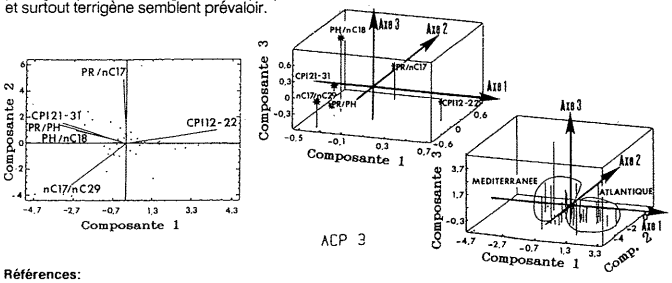
Les teneurs totales en HAP obtenues pour ces échantillons sont de l'ordre de plusieurs centaines de ng/g de sédiment sec (Parlanti *et al.*, 1989). Ce résultat peut paraître étonnant pour des échantillons non côtiers. Ces concentrations sont toutefois plus élevées en tête de canyon que pour les sédiments les plus profonds. Le méthylène 4,5-phénanthrène (composé typique d'une origine pyrolytique) a été détecté en faibles quantités au niveau des têtes de canyon, y suggérant une contamination de type pyrolytique. Il n'est pas présent dans les sédiments des éventails sous-marins où par contre le Rétène (caractéristique de la combustion de bois de conifères (Ramdahl 1983)) a été observé. Nous sommes donc certainement en présence d'une matière organique d'origine continentale apportée avant l'ère industrielle. L'analyse des homologues alkylés du phénanthrène a confirmé l'évolution diagénétique des sédiments les plus profonds ainsi que la contribution pyrolytique en têtes de canyon (Parlanti *et al.*, 1989).

Nous avons effectué sur l'ensemble de nos résultats une étude statistique multidimensionnelle (à l'aide des logiciels STAT-ITCF et STATGRAPHICS). Ainsi l'analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur plusieurs matrices constituées de 60 observations (échantillons) et d'un nombre de variables allant de 5 à 20. Ces variables étant soit des teneurs, soit des rapports caractéristiques, les ACP ont été faites sur les données centrées réduites afin de se libérer du problème des unités. Ces analyses factorielles multiples nous ont permis de confirmer ou de mettre en évidence de nouvelles informations.



Il apparaît par exemple sur la figure précédente que la 1ère ACP, réalisée pour le Dibenzothiophène (DBT) et ses quatre homologues alkylés, individualise le 1-méthyldibenzothiophène (1MDBT), suggérant une origine différente de ce composé. La 2ème ACP présentée met en opposition le Pérylène (PL) et le 1MDBT. Le PL étant caractéristique d'une origine terrigène (Colombo et al., 1989), ce résultat conforte l'hypothèse que nous avancions, lors de précédents travaux, sur l'origine marine du 1MDBT.

Les variables choisies pour l'ACP illustrée sur la figure suivante, sont des rapports calculés pour la famille des alcanes normaux et spécifiques de diverses sources de la matière organique dans les sédiments. On peut noter ici l'opposition par l'axe 1 entre les rapports CPI12-22 (origine pétrogénique) d'une part, et CPI21-31 et nC17/nC29 d'autre part (caractéristiques respectivement d'une origine terrigène et d'une source marine). Ces deux derniers rapports sont d'ailleurs eux-même opposés par l'axe 2. L'axe 1 semble donc séparer origines pétrogénique et biogénique alors que l'axe 2 semblerait différencier les sources marine et terrigène. Si l'on s'intéresse maintenant à la distribution par rapport à ces mêmes axes de nos échantillons, nous constatons que pour les sédiments de la marge atlantique la prédominance d'une source pétrogénique est à souligner alors que pour les échantillons méditerranéens les caractères marin et surtout terrigène semblent prévaloir.



Références:

COLOMBO J. C., PELLETIER E., BROCHU C., KHALIL M. - 1989 - *Environmental Science & Technology*, 23, p 888-894.

GARRIGUES P., SOCLO H.H., MARNIESSE M-P., EWALD M. - 1987 - *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 28, p 121-131.

GARRIGUES P., De SURY R., ANGELIN M-L., BELLOCQ J.,OUDIN J-L., EWALD M. - 1988 - *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, p 375-384.

NEFF J. M. - 1979 - *In: Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. 262 pp. - London: Applied Science Publishers.*

PARLANTI E., GARRIGUES P., BELLOCQ J., EWALD M. - 1989 - *Océanis*, 15, (4), p 615-622.

RAMDAHL T. - 1983 - *Nature*, 306, p 580-582.