

**La biomasse phytoplanctonique en mer de Monaco.  
Distribution spatiale et variations saisonnières  
des teneurs en chlorophylle "a"**

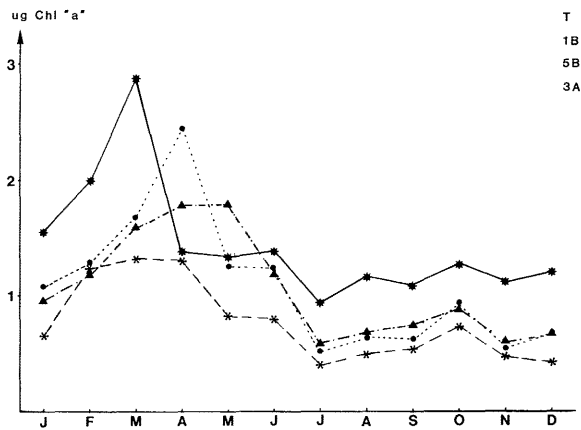
M. BOISSON, C. MARMENTEAU et J.L. RAPAIRE

Centre Scientifique de Monaco, 16 boulevard de Suisse,  
98030 Monaco Cedex (Principauté de Monaco)

Le phytoplancton de la mer de Monaco a été étudié par NATHANSON, PAVILLARD, BERNARD & FAGE et BERNARD entre 1907 et 1914. Ils ont souligné l'effet des vents côtiers et de la pluie sur la fertilité superficielle à Monaco. On décrit dans ce travail les résultats obtenus en mesurant par fluorescence les teneurs en chlorophylle "a" et en phéophytine "a". Suivant la méthode de J. NEVEUX, l'étalonnage est réalisé avec de la chlorophylle "a" pure.

Les prélèvements d'eau ont été faits tous les quinze jours entre octobre 1978 et décembre 1983 aux profondeurs standards à quatre stations ; trois sur le plateau continental (1B, 3A, 5B) et une à 6,5 milles de Monaco, considérée comme Témoin (T).

Teneurs moyennes mensuelles en chlorophylle "a" sur cinq ans



A partir des mesures obtenues aux profondeurs standards, on a calculé par intégration linéaire la concentration en chlorophylle "a" contenue, à chaque station, dans une colonne d'eau de 1cm<sup>2</sup> de section et d'une longueur égale à la hauteur d'eau échantillonnée, soit 50 m en 3A, 80 m en 1B et 5B, 200 m au T.

Les cycles annuels moyens pour chaque station sont classiques, avec un pic de chlorophylle à la fin de l'hiver (mars) un minimum en juillet et un deuxième pic de très faible amplitude en octobre. Généralement, les teneurs en chlorophylle "a" au début de l'hiver (janvier) comme à la fin du printemps (mai-juin) sont du même ordre de grandeur qu'en automne. Le pic printanier de chlorophylle "a" est plus précoce au large qu'à la côte. Il dure un mois (mars) au large, 2 à 3 mois (mars à mai) à la côte.

Les pics printaniers observés chaque année, entre octobre 1978 et décembre 1983, diffèrent tant en importance qu'en durée. Ils sont nettement plus importants en 1980, à toutes les stations et en 1983, au large. L'observation la plus remarquable est les faibles teneurs mesurées au printemps 1981. Cette époque est caractérisée par une salinité anormalement élevée (N. Bethoux et al., 1983), conséquence du déficit en précipitation observé en automne et hiver 1980-1981 et de l'absence de neige. Ces fortes salinités pourraient donc être à l'origine d'une limitation du développement du phytoplancton.

La comparaison statistique des stations entre elles a d'abord été faite à partir des teneurs moyennes en chlorophylle "a" et phéophytine "a". Elle montre que pour les couples de stations T-1B et T-5B et à un moindre degré pour le couple T-3A, les moyennes sont significativement différentes au seuil 5%, mais que pour le couple 3A-5B la différence n'est pas significative. L'application du test de MANN-WHITNEY-WILCOXON, de la méthode des couples et du test T de WILCOXON conclut également à une différence significative entre la station T et les côtières.

Les stations ont été également comparées en calculant les coefficients de corrélation sur les contenus de la colonne d'eau en chlorophylle "a" et phéophytine "a". On constate une très bonne corrélation entre les stations 5B et 3A et 5B et 1B et une très faible entre les stations côtières et la station témoin.

L'étude des teneurs en chlorophylle "a" et phéophytine "a" en mer de Monaco a montré que :

- des différences significatives existent entre la zone côtière et une zone située à 6,5 milles de la côte. Au printemps ces différences s'observent aussi bien sur la date d'apparition du pic de chlorophylle que sur sa durée ;
- à la côte, l'inégalité des distances entre les stations explique les quelques différences observées.
- les pics printaniers diffèrent d'une année à l'autre. Deux maximums de biomasse phytoplanctonique ont été enregistrés en 1980 et 1983 alors qu'en 1981 la biomasse était minimum. Ce minimum est observé à la suite d'un automne sec et d'un hiver sec et sans neige.

- NATHANSON, A., 1909 ; Bull. Inst. Océanogr. 140
- PAVILLARD, J., 1937 ; Bull. Inst. Océanogr. 34, 738
- BERNARD, F., FAGE, L., 1936 ; Bull. Inst. Océanogr. 33, 720
- BERNARD, F., 1937 ; Annales Inst. Océanogr. 17, 6
- NEVEUX, J., 1976 ; Annales Inst. Océanogr. 52, 2 : pp 165-174

**Observations on the relative contribution  
of pico- and nanoplankton to the subsurface  
chlorophyll maximum in the Northern Adriatic Sea**

Malvern GILMARTIN and Noelia REVELANTE

Department of Zoology, University of Maine, Orono, Maine 04469 (U.S.A.)

**SUMMARY**

A reconnaissance of the characteristics of the picoplankton depth distribution, along both east-west and north-south trophic gradients, indicated that while picoplankton were responsible for the increase in chlorophyll *a* with depth, that picoplankton cell densities were greatest in surface layers. Great caution is urged in inferring picoplankton biomass distribution from fluorescence data alone.

The northern Adriatic is a shallow region under the eutrophicating influence of the Po and other northern Italian rivers. Their influence cause pronounced east to west gradients in chlorophyll *a* concentrations. Vertical gradients also create a pronounced subsurface chlorophyll maximum. Two questions attract attention: are picoplankton responsible for the subsurface chlorophyll maximum, and are picoplankton more abundant in that maximum? Therefore, reconnaissance cruises were conducted in the Adriatic in 1986 and 1987 to evaluate phytoplankton size class contribution to the maximum. These data, herewith analyzed, preliminarily assess the relative contribution of phototrophic nano- and picoplankton to the subsurface chlorophyll maximum in the region.

Sampling was conducted at stations selected to sample decreasing trophic gradients eastward from the Po Delta, Italy to the Istrian Peninsula, Yugoslavia, and southward toward the Central Adriatic. Seawater for physical/chemical parameters, chlorophyll *a* concentrations, and cell densities was collected throughout the water column. Biological samples were fixed with glutaraldehyde or acetic Lugol solution, some decolorized and stained with DAPI or FITC, and after appropriate filtration enumerated microscopically at 640 X or 1000X by epifluorescence.

The data verified the presence of a subsurface chlorophyll maximum in the northern Adriatic under summer stratified conditions. The top of the maximum (2 X surface concentrations) occurred near 20 meters in the northern Adriatic and deepened to about 45 meters southward. The highest chlorophyll concentrations occurred well above the bottom at 20-25 meters at northernmost stations, and deepened to near bottom depths at the southernmost stations.

Increases in the vertical distribution of chlorophyll were associated with a nutricline which occurred at 15-20 meters at most shallow stations, deepened to 25-30 meters eastward, and to 35-40 meters southward. Significantly the nutricline was not closely associated with the pycnocline, clearly implicating autotrophic consumption in its formation. This is in direct contrast with the deep chlorophyll maximum of oceanic regions, where the nutricline is frequently associated with a decrease in vertical stability (e.g. Vandeveldt et al., 1987).

The subsurface chlorophyll layer, (ca. 35 to 65 m at deep stations) resulted from increases in all three size classes studied, (>20 µm, 20 - 3 µm, <3 µm). But at all stations the picoplankton made the largest contribution to water column chlorophyll, ranging from a mean of 46% at northernmost stations to 75 - 85% at southernmost stations. Noteworthy, picoplankton made significant contributions to chlorophyll concentrations at all depths in contrast to the micro- and nanoplankton which were concentrated near the bottom of the water column. Increases in relative contributions to the subsurface chlorophyll maximum were inversely related to size at the deeper stations. Increases in picoplankton contributions occurred shallower than nanoplankton increases, which in turn were shallower than microplankton increases.

Since nutrients were non-limiting at the depths of the subsurface chlorophyll maximum, this distribution suggests that the relative increases of chlorophyll *a* in the three size classes were light controlled. This is contrary to the assumption that picoplankton are particularly adapted to growth at lower light intensities than nano- or microplankton.

The water column phototrophic picoplankton were predominantly chroococcoid phycoerythrin containing cyanobacteria, while the larger nano- and microplankton were predominantly eukaryotes.

The vertical distribution of chlorophyll concentrated in the picoplankton fraction, would imply that picoplankton dominated in the subsurface chlorophyll maximum. However, the data on phototrophic cell numbers, and derived total cell volume, established that this was not the case. In marked contrast to the vertical distribution of picoplankton chlorophyll *a*, picoplankton clearly dominated total cell volumes in surface waters at both shallow and deep stations. In direct contrast total nanoplankton cell volumes were always highest near the bottom of the subsurface chlorophyll maximum.

**CONCLUSIONS**

- the subsurface chlorophyll maximum, characteristic of the northern Adriatic under stratified water column conditions, is caused by increases in picoplankton chlorophyll *a*; however,
- picoplankton cell densities dominate in the surface layers, exceeding densities in the chlorophyll maximum layer;
- the difference between the vertical distribution of picoplankton chlorophyll, and picoplankton cell densities, results from depth differences in fluorescent intensity which bias epifluorescent enumeration;
- great caution should be exercised in interpreting the vertical distribution of phytoplankton biomass from pigment data alone ...
- confirmation from cell density is strongly urged;
- lastly, the subsurface chlorophyll maximum is dominated by nanoplankton with a mean cell size of 4 - 8 µm.

**REFERENCES**

- Vandeveldt, T., L. Legendre, J.C. Therriault and A. Bah. 1987. Subsurface chlorophyll maximum and hydrodynamics of the water column. J. Mar. Res., 45:377-396.