

Les apports d'eau douce en mer de Monaco

M. BOISSON*, L. PRIEUR** et J.-L. RAPAIRE*

*Centre Scientifique de Monaco (Monaco)
 **Laboratoire de Physique et Chimie Marines, Villefranche-sur-Mer (France)

L'hydrologie côtière est, devant Monaco, en grande partie régie par le courant Ligurie. Les eaux superficielles sont poussées vers la côte par ce courant. L'eau douce, principal vecteur des polluants, se mélange avec ces eaux de surface et est ainsi maintenue près des côtes (ASTRALDI M. et al. 1988). Déjà GOSTAN (1967) signalait une corrélation entre les variations du débit des fleuves voisins de Monaco et les changements de salinité de surface. BONG (1983) attribue l'observation d'une dessalure devant Nice au passage des eaux de l'Arno dont l'embouchure est à plus de 100 km. Nous nous proposons, en comparant les variations de débit de la Roya aux changements de salinité dans la baie, de déterminer le temps de transit et la zone d'extension de l'eau apportée par la Roya en baie de Monaco.

La salinité a été mesurée au cours de deux périodes. La première de 1976 à 1978 où la salinité de surface a été mesurée toutes les semaines dans la baie à 27 stations réparties suivant un quadrillage régulier et au large, à une station située à 6,5 milles servant de témoin. La deuxième entre 1978 et 1983 où la salinité de la colonne d'eau a été mesurée bimensuellement aux immersions standard, à trois des 27 stations précédentes et au témoin jusqu'au bas de la couche euphotique. Le débit de la Roya a été relevé quotidiennement à Breil/Roya. Ce débit est significativement corrélé à la pluviométrie du bassin Ligurie.

Résultats: L'apport d'eau douce à l'eau de mer de la baie a été estimé en comparant les salinités de surface à celle du témoin. En moyenne il peut être représenté par une lame virtuelle d'eau douce, non mélangée à l'eau sous-jacente, d'épaisseur $e_1 = 11\text{mm}$ pendant la première période. Durant la deuxième période cette lame est deux fois moins épaisse d'où un rapport $e_1/e_2 = 2$, alors que celui du débit de la Roya pour ces deux mêmes périodes est $R_1/R_2 = 1,6$.

Le débit de la Roya et les salinités sont corrélés. Le maximum de corrélation s'obtient en décalant le débit de la Roya de deux jours pendant la première période et de quatre jours pendant la deuxième période (tableau). Pour cette dernière période les corrélations et les pentes des droites de régression sont systématiquement plus élevées. Les différences de pente sont significatives et plus importantes au large qu'à la côte.

Le débit d'eau douce passant devant Monaco est proportionnel à celui de la Roya et est égal à "e.b.v" avec e l'épaisseur de la lame d'eau douce, b la largeur de la bande de propagation de l'eau douce vers le large, v la vitesse du courant. Si R est le débit de la Roya, T le temps de transit entre la Roya et la baie de Monaco, ϵ le temps de parcours entre le point de mesure du débit de la Roya et son embouchure, on constate, en comparant les deux périodes auxquelles on affecte respectivement les indices 1 et 2:

$$(e_1 b_1 v_1) / (e_2 b_2 v_2) = R_1 / R_2 \text{ et } v_1 / v_2 = (T_1 + \Delta T) / T_1 \text{ avec } T_2 - T_1 = \Delta T$$

selon les observations $e_1/e_2 = 2$, $R_1/R_2 = 1,6$, $\Delta T = 2$ jours
 Si $\epsilon = 0$ et $T_1 = 2$ on a:
 $b_1/b_2 = 1/2$, $T_2 = 4$ jours, $v_1 = 9,2$ cm/s et $v_2 = 4,6$ cm/s.

D'une manière plus réaliste, avec $\epsilon = 1$ on trouve $T_1 = 1$ jour, $T_2 = 3$ jours, $b_1/b_2 = 1/3,75$, $v_1 = 18,5$ cm/s et $v_2 = 6,17$ cm/s. v_2 est ainsi à 3% près la vitesse de la composante parallèle au rivage du courant mesuré à -20 mètres sur le plateau continental de Monaco (ASTRALDI M. et al. 1988).

En admettant un temps de parcours ϵ de l'ordre d'un jour, il apparaît que pendant la deuxième période les eaux douces se sont stabilisées environ quatre fois plus vers le large pendant la première période ($b_1/b_2 = 3,75$) alors que pendant la première période le débit de la rivière était 60% plus fort, et la vitesse du courant trois fois plus grande. Or cette deuxième période se caractérise par une sécheresse (BETHOUX N. et al. 1983) qui conduit à un flux plus faible du courant Ligurie (PRIEUR L. et al. 1983). On conclut, en admettant que la sécheresse soit une conséquence de conditions météorologiques climatiques, que l'eau douce déversée à la côte se détecte d'autant plus loin et d'autant plus longtemps que l'on se trouve en période de beau temps.

PERIODES	1976-1978				1978-1983				COEFFICIENT DE CORRELATION
	1	2	3	4	1	2	3	4	
STATIONS									DE -3 A -5
0	□	□	□	□	□	□	□	□	.30 * .35j
2	□	□	□	□	□	□	□	□	.35 * .40
4	□	□	□	□	□	□	□	□	.40 * .45
6	□	□	□	□	□	□	□	□	.45 * .50
8	□	□	□	□	□	□	□	□	.50 □
10	□	□	□	□	□	□	□	□	STATION DU LARGE: 1
12	□	□	□	□	□	□	□	□	STATIONS DE LA BAIE:
14	□	□	□	□	□	□	□	□	A L'EST 2
16	□	□	□	□	□	□	□	□	PAR LE CENTRE 3 A L'OUEST 4
18	□	□	□	□	□	□	□	□	
20	□	□	□	□	□	□	□	□	
22	□	□	□	□	□	□	□	□	

BIBLIOGRAPHIE

ASTRALDI M - BOISSON M - GASPARINI GP - RAPAIRE JL - 1988. La dynamique des courants devant Monaco. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 31,2 p.198
 PRIEUR L - BETHOUX JP - BONG JH - TAILLEZ D -1983. Particularités hydrologiques et formation d'eau profonde dans le bassin Liguro-Provençal. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 28,2 p. 51-53.
 BETHOUX N - BOISSON M - RAPAIRE JL - VAISSIERE R - 1983. Anomalies de salinité observées en 1981-1982 dans la baie de Monaco. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 28,2 p. 163-168.
 BONG JH - 1983. Contribution à l'étude du courant Ligurie et de sa variabilité spatio-temporelle à moyennes échelles. Thèse 3ème cycle Univ. Paris VI 83 p.
 GOSTAN - 1967. Remarques sur les minimums de salinités observés dans les eaux littorales du golfe de Gènes. Cah. Océanogr. COEC. 19, 6 ; pp. 469-476

Radiation Measurements in the Tyrrhenian Sea during TEMPO

E. BOHM*, R.-M. LEONARDI**, S. MARULLO*, R. SANTOLERI** and M.-E. SCHIANO**

*Telespazio, Earth Observation Division, Via Tiburtina 965, 00165 Roma (Italy)
 **Istituto di Fisica dell'Atmosfera, CNR, P. le Sturzo 31, 00144 Roma (Italy)

Measurements of the various components of the radiation budget were made from the R/V Minerva of the Italian National Research Council (CNR) in the North Tyrrhenian Sea, during the 1989 Tyrrhenian Eddy Multi-Platform Observations (TEMPO) experiment (September 26 - October 9, 1989).

The two main objectives of TEMPO were the investigation of the structure of the North Tyrrhenian Sea and intercalibration and validation of measurements from different sources (satellite, aircraft and ship) in order to study the upper ocean response to the atmospheric forcing in the vicinity of eddies and fronts.

Budget measurements were aimed at quantifying both air-sea radiative exchanges, as one of the possible forcing of dynamic of the basin, and to study the effect of a sea surface temperature (SST) front on the terms of radiative budget.

The short- and long-wave irradiances were directly measured by two piranometers and two pyrgometers, respectively. The instruments were gimbal mounted on the upper bridge of the ship. Two instruments were used for each measured component, in order to avoid the shadows of ship superstructure and provide redundant information for quality control purposes. The long-wave exitance was calculated from sea surface temperature measured by radiometer, mounted on a boom over the bow of N/O Minerva. All the data were sampled at 1 Hz quality controlled and averaged over 1 minute time intervals.

The short-wave upwelling radiance and albedo were calculated from smoothed observations of Payne (1972) relating albedo to solar zenith angle and short-wave transmittance.

Each component of the balance was analyzed to examine its behavior across the SST front associated with the Tyrrhenian Eddy. The presence of the eddy has been evidenced by means of the SST radiometer measurements and confirmed either by the satellite images or by the hydrographic data obtained during the cruise. The difference of temperature between the eddy and the surrounding waters results approximately 2.5°C. A strong correlation between the upwelling and downwelling long-wave radiation was observed in the vicinity of the front revealing a correspondence between atmospheric and marine structure across the Tyrrhenian front.

The daily mean short-wave irradiance ranges from 150 to 220 Wm⁻² while the daily long-wave irradiance ranges from 420 to 470 Wm⁻² and therefore its contribution to the net budget is more relevant. The daily value of the upwelling infrared radiance is rather constant over the entire period (420 Wm⁻²).

The net radiation budget was computed from our data. The daily mean value ranges from 180 to 300 Wm⁻² and is modulated by the behaviour of the visible downwelling radiation. The nocturnal budget shows a negative trend from 50 to approximately 0 Wm⁻² in agreement with the transition to colder weather conditions typical of this period of the year.

Several empirical models exist in literature to evaluate the short and long wave irradiance from weather measurements, these models are tested only for open ocean, while their possible use for a close basin, like the Mediterranean Sea, is to be verified. Therefore, empirical formulae for calculating short-wave radiative flux were compared with measurements. A formula by Lamb (1964) for determining the incident solar flux given solar altitude, cloud amount and cloud type, agrees with our measurements within 10%. Similar results were obtained comparing our data with the empirical formulae of Reed (1977).

Comparison between long wave irradiance and empirical formulae is planned in order to test the different models for the Mediterranean Sea case.

REFERENCES

LUMB, F.E., The influence of cloud on hourly amounts of total solar radiation at sea surface, Quart. J. R. Met. Soc., 90, 43-56, 1964
 PAYNE, R.E., Albedo of sea surface, J. Atmos. Sci., 29, 959-970, 1972
 REED, R.K., On estimating insolation over the ocean, J. Phys. Oceanogr., 7, 482-485, 1977