

EVALUATION DES ECHANGES THERMIQUES OCEAN-ATMOSPHERE
DANS LA RADE DE VILLEFRANCHE/MER
APPLICATION A LA CONNAISSANCE DE LA CIRCULATION DES EAUX

par

N. BETHOUX et J.-L. RAPAIRE

Centre Scientifique de Monaco
16, Bd de Suisse, MC - Monte-Carlo

Résumé

A partir de séries de données hydrologiques et météorologiques hebdomadaires, les échanges thermiques océan-atmosphère dans la rade de Villefranche-sur-Mer, ont été calculés : on met ainsi en évidence le rôle important de l'advection sur l'évolution du contenu thermique des eaux. Les flux verticaux correspondants sont déduits du calcul de l'advection thermique et peuvent aider à l'interprétation des variations d'abondance de certaines espèces planctoniques.

Abstract

Thermal air-sea exchange in the bay of Villefranche have been calculated from series of weekly hydrological and meteorological data. The importance of advection on the evolution of heat budget of the waters is put forward. The corresponding vertical flux are deduced from values of thermal advection and can help the understanding of the variation in the abundance of certain planktonic species.

o o
o o

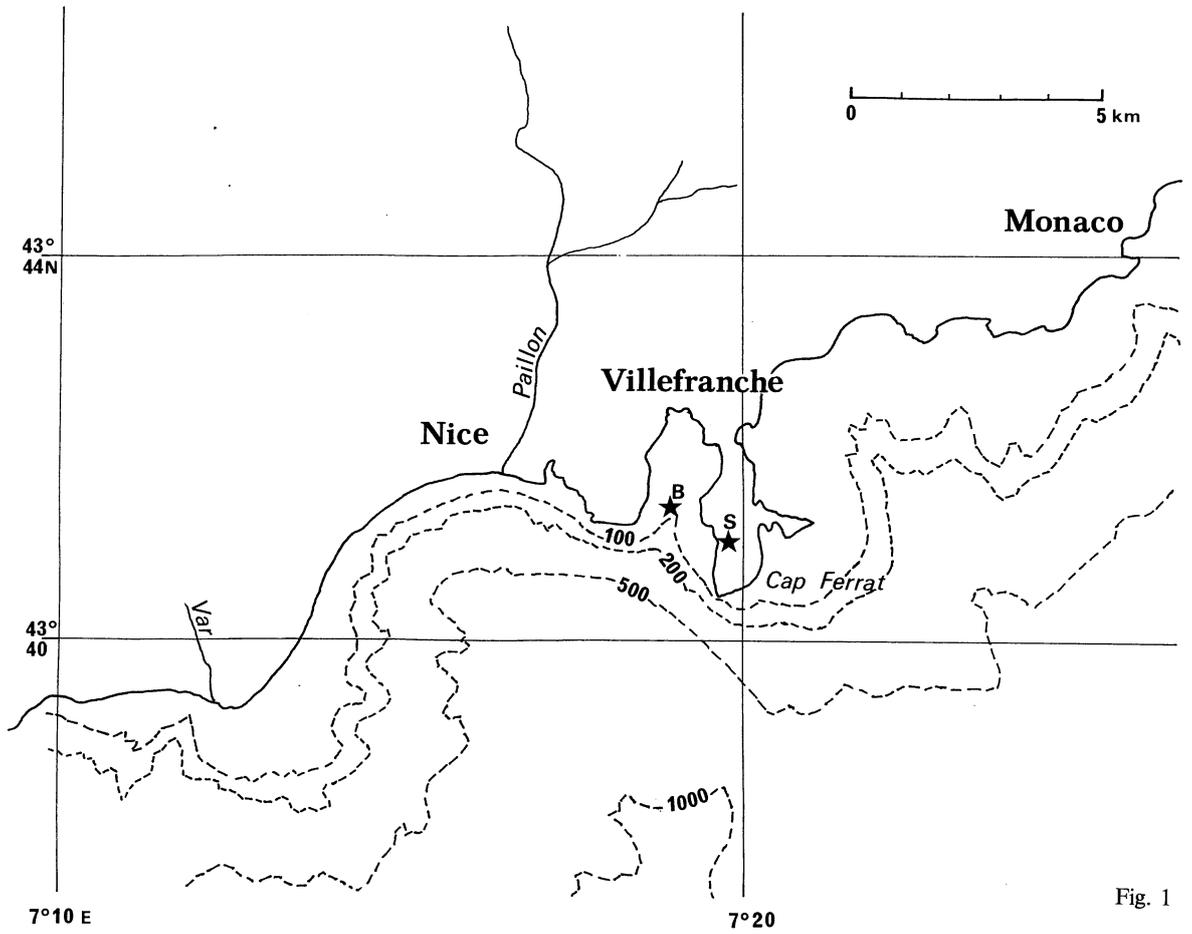


Fig. 1

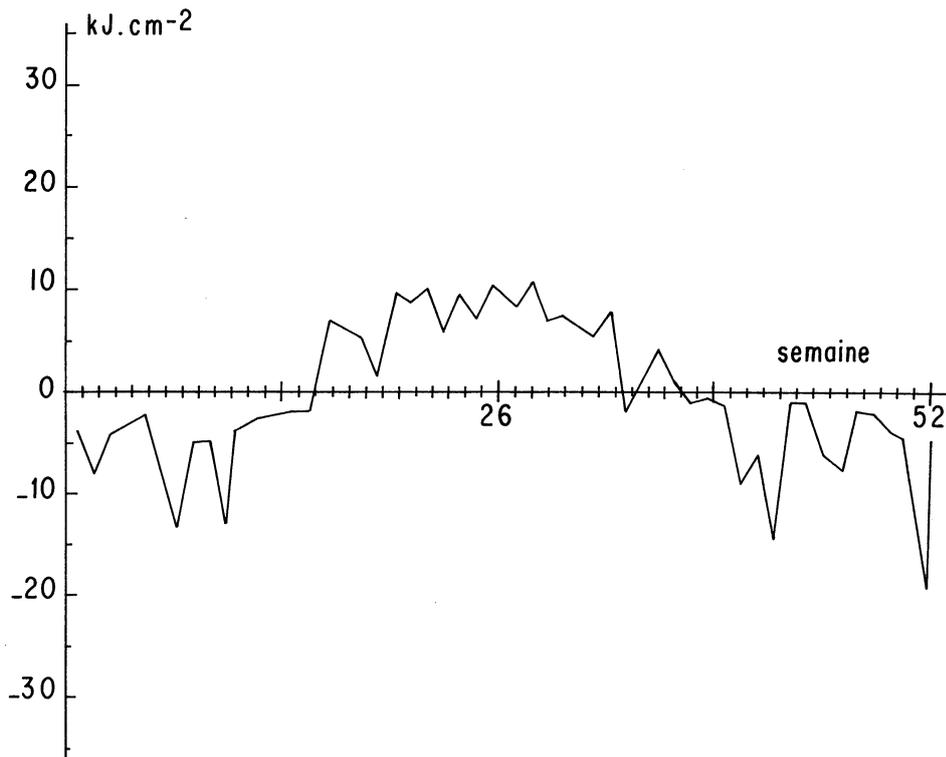


Fig. 2

Depuis 1957, le point B à l'entrée de la rade de Villefranche/Mer (figure 1) fait l'objet de mesures hydrologiques systématiques. Nous avons pu ainsi exploiter une série de profils de températures relevées hebdomadairement pendant plusieurs années consécutives. La présence d'une station météorologique à proximité immédiate (sémaphore du Cap Ferrat : figure 1) permet l'évaluation des échanges thermiques océan-atmosphère. L'équation du bilan thermique traduit dans l'unité de temps et d'espace le principe de conservation de l'énergie.

$$Q_t = Q_s (1 - A) + Q_n + Q_e + Q_c + Q_a$$

Q_t est la variation du contenu thermique de la colonne d'eau de section unité et de hauteur Z , obtenue à partir des données hydrologiques relatives à 2 semaines consécutives.

$Q_s (1 - A)$ représente l'apport solaire diminué de la perte par Albedo A de la mer.

Q_n est l'éclairement nocturne.

Q_e et Q_c sont les transferts thermiques par évaporation et convection.

De ces évaluations on déduit alors Q_a quantité de chaleur échangée par advection marine en une semaine.

Ces calculs ont été effectués pour 4 années différentes du point de vue météorologique. Le tableau ci-dessous fournit les résultats intégrés sur un an :

(ANNEES	: $\Sigma Q_s(1-A)$: ΣQ_n	: ΣQ_e	: ΣQ_c	: ΣQ_a
(1970	: 531.53	: - 199.61	: - 316.06	: - 37.48	: + 19.13
(1976	: 498.29	: - 172.77	: - 285.02	: - 57.09	: + 18.11
(1977	: 519.03	: - 166.23	: - 250.94	: - 41.71	: + 51.87
(1978	: 508.07	: - 182.54	: - 251.42	: - 37.65	: - 37.97

Les valeurs sont exprimées en $Kj \cdot cm^{-2}$

Les valeurs positives correspondent à un apport de chaleur pour la mer, ces résultats montrent que selon les années, la rade est soit excédentaire soit déficitaire en calories, Q_a ne représentant que 5 à 10% de l'apport solaire.

L'étude des variations hebdomadaires des termes du bilan permet d'obtenir des renseignements plus précis sur les transferts thermiques dans la rade.

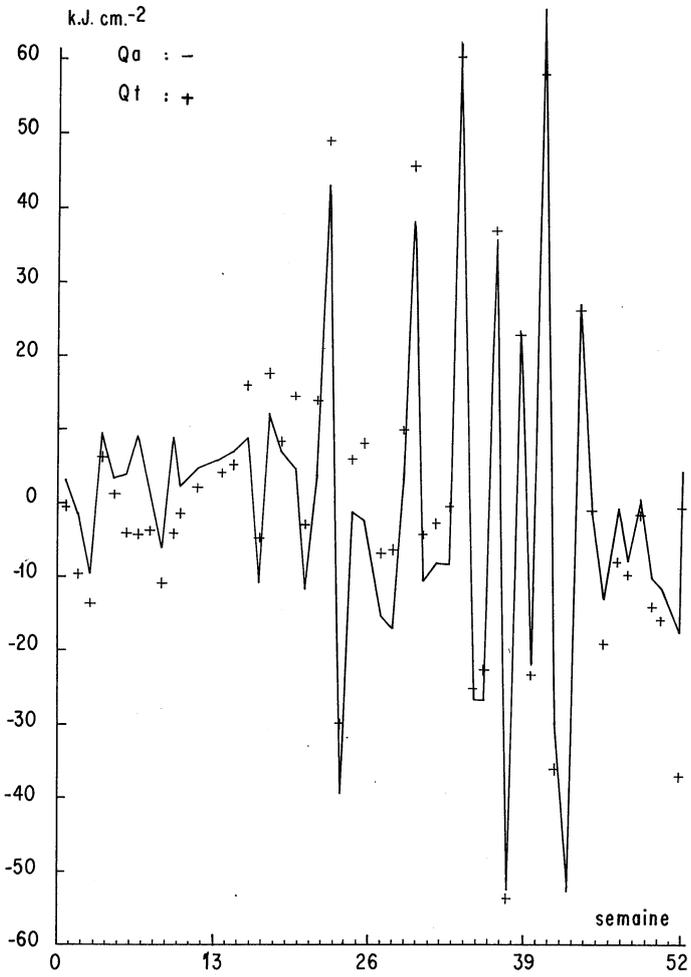


Fig. 3

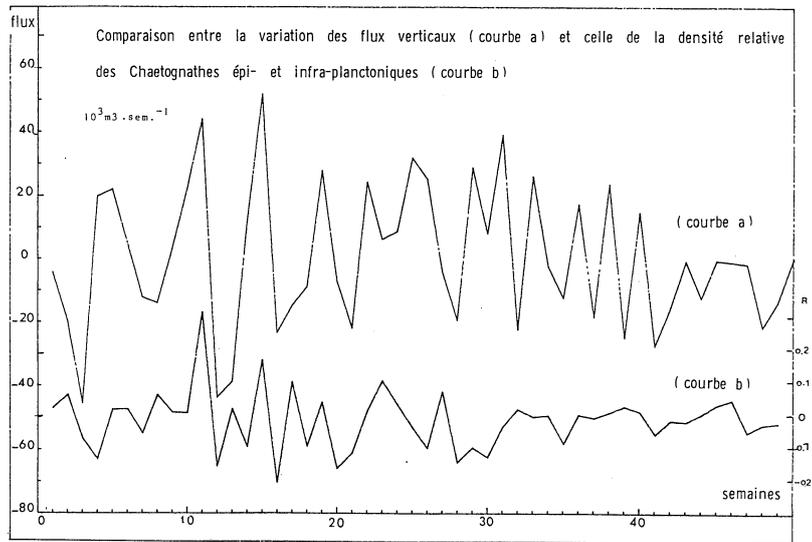


Fig. 4

Sur la figure (2) sont portées les valeurs hebdomadaires de la variation du contenu thermique, Q_t , et celles de l'advection Q_a (déduites du bilan thermique), relatives à l'année 1970 : le parallélisme est remarquable. Sur la figure (3) est tracée la variation, au cours de l'année 1970, de la quantité :

$$(Q_t - Q_a) = (Q_s - Q_e - Q_c - Q_n)$$

qui représente le bilan des échanges océan-atmosphère à travers la surface marine. Le cycle annuel de $(Q_t - Q_a)$ est bien marqué, résultant d'un bilan positif en été (apport solaire supérieur aux pertes thermiques par évaporation, convection et rayonnement nocturne) et négatif en hiver. L'amplitude de ce cycle est relativement faible et reste bien inférieure aux valeurs atteintes par Q_t et Q_a lors de leurs grandes variations en été et en automne. Les échanges thermiques locaux avec l'atmosphère n'interviennent donc que pour une faible part dans les grandes variations du contenu thermique au point B qui dépendent donc surtout des phénomènes d'advection.

Une estimation des flux correspondants est difficile à calculer mais à défaut de mesures directes de courant il est possible d'évaluer le volume d'eau minimal ayant dû intervenir pour apporter la quantité de calories " Q_a ". Si entre deux immersions données, de l'eau à la température $T1^a(z)$ est remplacée par de l'eau à la température $T2(z)$ la quantité de chaleur transportée par le courant est donc :

$$Q_a(t) = J \rho c_p \iint V(t, z) (T2(z, t) - T1(z, t)) dt.dz$$

$V(t, z)$: flux traversant la section unité (1e cm²) de la colonne d'eau au point B entre les 2 immersions déterminées.

Ce calcul a été effectué pour l'année 1970 où aux relevés hydrologiques correspondent des mesures biologiques simultanées : il semble intéressant de comparer cette évaluation des mouvements d'eau aux fluctuations des populations planctoniques.

Cette démarche a été déjà effectuée par Vives (1971) pour la côte catalane où selon les conditions de vent l'on peut observer un phénomène d'upwelling entraînant une modification de la distribution des espèces planctoniques. De même, dans la rade de Villefranche, l'arrivée sporadique d'espèces pélagiques suit des remontées d'eau profonde (Bougis, 1968). La figure (4) permet de comparer la variation

du flux vertical obtenue par le calcul de "Qa" et celle déduite de l'analyse factorielle de la population de Chaetognate au point B (la courbe représente la composante principale de la quantité de Chaetognate sur l'axe des densités).

L'analogie entre les 2 courbes souligne le rôle d'indicateur hydrologique que peuvent avoir certaines espèces planctoniques. Une recherche statistique sur les relations quantitatives entre les 2 courbes est en cours.

Notons que deux valeurs de flux particuliers ont été éliminées elles correspondaient à l'invasion d'eau douce dans la rade après une période de forte pluie : celle-ci n'ayant évidemment pas les mêmes conséquences biologiques qu'une accumulation d'eau superficielle. Les séries de longue durée de données hydrologiques et météorologiques ont permis l'étude de corrélation entre la pluie et température de la mer ; les hauteurs de pluies journalières ont été relevées aux jours j, j-1....j-30 avant la sortie hydrologique. Les meilleurs coefficients de corrélations sont obtenus pour un décalage de 7 jours entre la pluie et la mesure de la température et un second maximum pour un déphasage de 15 jours.

Ces quelques résultats tendent donc à souligner l'utilité de l'évaluation du bilan thermique : elle a permis de mettre en évidence le rôle primordial de la circulation des eaux sur les fluctuations du contenu thermique et de quantifier les transferts verticaux, importants pour la compréhension des phénomènes biologiques.

Bibliographie

- BOUGIS P., 1968. - Le problème des remontées d'eaux profondes à Villefranche-sur-Mer. Cahiers Océanographiques, XX, pp.597- 603.
- VIVES F., 1971. - L'affleurement d'eau sur la côte catalane et les indicateurs biologiques (Copépodes). Investigaciones Pesqueras XXXV, 1, pp. 161-169.

Nous remercions S. DALLOT (Station Marine de Villefranche-sur-Mer) pour sa communication de la courbe de variation des Chaetognates.