

MASSE VOLUMIQUE DES EAUX DE LA MEDITERRANEE OCCIDENTALE

Alain POISSON\* et Claude BEAUVERGER\*\*

\*Laboratoire de Physique et Chimie Marines  
Université Pierre et Marie CURIE  
4, place Jussieu 75230 PARIS CEDEX 05

\*\*Institut Océanographique  
195, rue Saint-Jacques 75005 PARIS

La nouvelle équation d'état de l'eau de mer (UNESCO, 1981a) permet de calculer la masse volumique à partir de la température, de la conductivité et de la pression. Cette équation a été établie à l'aide d'eau de mer normale, diluée à l'aide d'eau distillée ou concentrée par évaporation pour couvrir la gamme de salinité 0-42.

Or les eaux de mer n'ont pas toutes exactement la même composition chimique relative et les conductivités molaires partielles et les volumes molaires partiels des ions majeurs étant différents d'un ion à l'autre, la contribution à la conductivité et à la masse volumique de l'eau de mer de ces ions sera différentes d'un échantillon à l'autre. Ainsi, deux échantillons d'eau de mer qui ont la même conductivité n'ont pas obligatoirement la même composition chimique et donc la même masse volumique (la différence peut atteindre dans certains cas quelques dizaines de microgrammes par centimètre cube). Pour tenir compte de ces écarts de composition chimique, l'UNESCO (1980) a recommandé de procéder à des mesures directes de la masse volumique d'échantillons d'eau de mer prélevé dans différentes régions et profondeurs.

Au cours de la campagne Médiproduct IV du N-O Jean Charcot, nous avons mesuré à 25°C la masse volumique d'échantillons d'eau de mer prélevé à différentes profondeurs sur huit stations (fig.1) en utilisant l'eau de mer standard comme référence. D'autre part, la masse volumique à 25°C était également calculée par l'équation d'état en utilisant la salinité déduite du rapport de conductivité. La différence de ces deux masses volumiques ( $\rho$  mesurée -  $\rho$  calculée) donnait les écarts entre la valeur exacte de la masse volumique et celle déterminée par la méthode classique de routine.

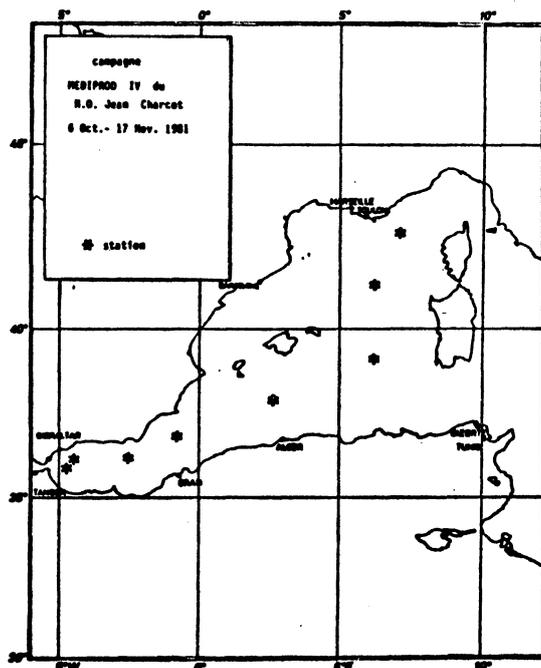


Figure 1: position des prélèvements

#### Techniques de mesures :

- Le rapport des conductivités à la température  $t$  ( $R_t$ ) est mesuré à l'aide d'un salinomètre Guildline qui affiche directement  $2 \times R_t$  ;

- La masse volumique est mesurée à l'aide d'un densimètre à tube oscillant (Picker et al. 1974), (fig. 2). La masse volumique ( $\rho$ ) de l'échantillon est liée à la période de vibration  $\tau$  de la cellule :

$$(\rho - \rho_0) = k (\tau^2 - \tau_0^2) \quad (1)$$

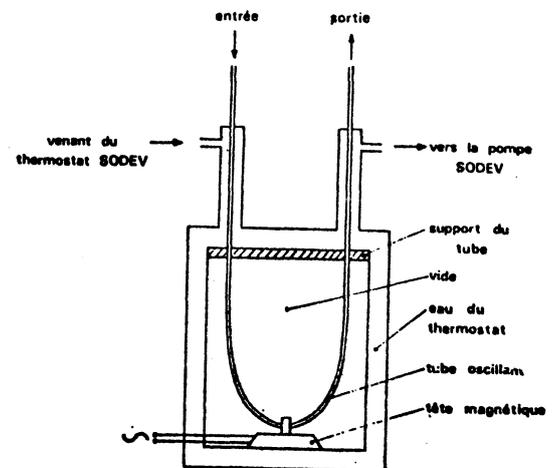


Figure 2: Cellule du densimètre

où  $\rho_0$  est relatif à un fluide de référence, ici de l'eau distillée fournie par le BIPM dont la masse volumique est donnée par la relation du S.M.O.W. (standard mean ocean water), (Bigg, 1967) :

$$\rho_0(\text{kg m}^{-3}) = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2}t - 9.095290 \times 10^{-3}t^2 + 1.001685 \times 10^{-4}t^3 - 1.120083 \times 10^{-6}t^4 + 6.536332 \times 10^{-9}t^5 \quad (2)$$

- k est déterminé à partir d'eau de mer normale (salinité  $S \approx 35$ ) fournie par le Standard Sea Water Service, dont la masse volumique relative au S.M.O.W., est donnée par (Millero et Poisson, 1981):

$$(\rho - \rho_0) = 28.265 - 1.2247 \times 10^{-1}t + 2.383 \times 10^{-3}t^2 - 3.0775 \times 10^{-5}t^3 + 2.115 \times 10^{-7}t^4 \quad (3)$$

### Résultats :

La masse volumique relative au S.M.O.W. mesurée à l'aide du densimètre ( $\rho - \rho_0$ ) mesurée est comparée à celle calculée à partir de l'équation d'état internationale 1980 (UNESCO, 1981b) :

$$(\rho - \rho_0) \text{ calculée} = AS + BS^{3/2} + CS^2 \quad (4)$$

$$A = 8.24493 \times 10^{-1} - 4.0899 \times 10^{-3}t + 7.6438 \times 10^{-5}t^2 - 8.2467 \times 10^{-7}t^3 + 5.3875 \times 10^{-9}t^4$$

$$B = -5.72466 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4}t - 1.6546 \times 10^{-6}t^2$$

$$C = 4.8314 \times 10^{-4}$$

t étant la température ( $^{\circ}\text{C}$ ) et S la salinité pratique 1978 (UNESCO, 1981a) :

$$S = \sum_{n=0}^5 a_n R_t^{n/2} + \frac{t-15}{1+0.0162(t-15)} \sum_{n=0}^5 b_n R_t^{n/2},$$

where t is the temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and R, the conductivity ratio at the temperature t;  $a_n$  and  $b_n$  are constants:  $a_0 = 0.0080$ ,  $b_0 = 0.0005$ ;  $a_1 = -0.1692$ ,  $b_1 = -0.0056$ ;  $a_2 = 25.3851$ ,  $b_2 = -0.0066$ ;  $a_3 = 14.0941$ ,  $b_3 = -0.0375$ ;  $a_4 = -7.0261$ ,  $b_4 = 0.0636$ ; and  $a_5 = 2.7081$ ,  $b_5 = -0.0144$ .

Les résultats obtenus sont présentés sous la forme :

$$\Delta \rho = \left[ (\rho - \rho_0) \text{ mesurée} - (\rho - \rho_0) \text{ calculée} \right] \\ = \left[ \rho \text{ mesurée} - \rho \text{ calculée} \right]$$

en fonction de la profondeur (fig. 3) et de la salinité (fig. 4)

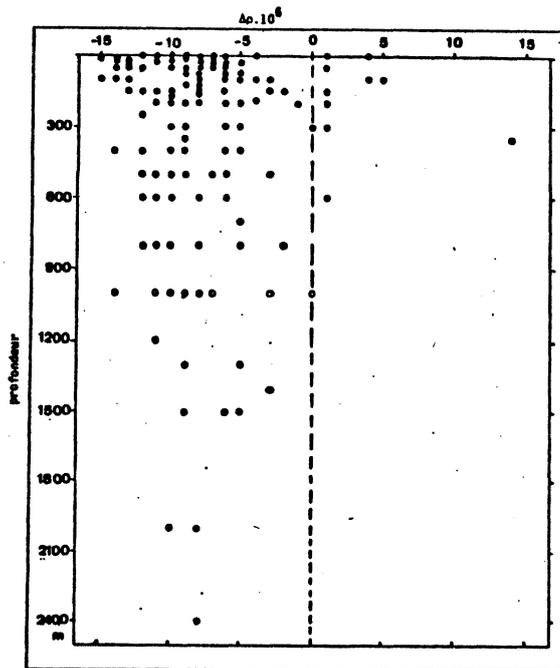


Figure 3: valeur de  $\Delta\rho \cdot 10^6$  pour les échantillons de Méditerranée occidentale

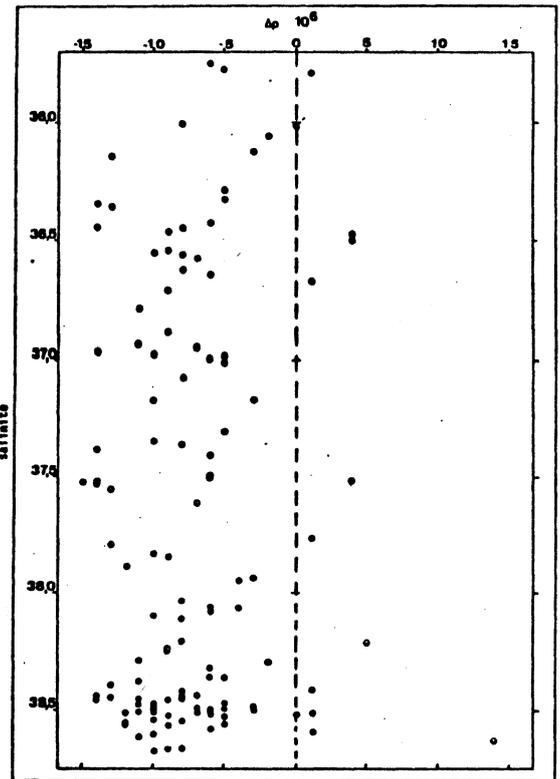


Figure 4: valeur de  $\Delta\rho \cdot 10^6$  pour les échantillons de Méditerranée occidentale

La précision des mesures est de :

- +  $4 \cdot 10^{-3}$  kg, m<sup>-3</sup> sur la masse volumique  $\rho$
- +  $3 \cdot 10^{-3}$  sur la salinité S
- +  $3 \cdot 10^{-3}$ °C sur la température t.

Il apparaît que la masse volumique des eaux de la Méditerranée occidentale mesurée à l'aide d'un densimètre est en moyenne inférieure de  $8 \cdot 10^{-3}$  kg.m<sup>-3</sup> à celle calculée à partir de la salinité pratique 1978 et de l'équation d'état internationale de l'eau de mer 1980. Cette différence, constante quelle que soit la salinité, s'annule quand on compare la masse volumique de deux échantillons distincts. Ces résultats sont en accord avec les résultats de Millero et al. (1978) obtenus dans la partie ouest de la Méditerranée occidentale.

#### Références bibliographiques:

- BIGG P.H., 1967 - Density of water in S.I. units over the range 0-40°C. Brit.J. Appl.Phys. 18,521-537
- MILLERO F.J. ; MEANS D. & MILLER C., 1978 - The densities of Mediterranean sea waters. Deep-sea Res. 25:563-569
- MILLERO F.J. & POISSON A., 1981 - International one-atmosphere equation of state of sea water. Deep-sea Res. 28:625-629
- PICKER P., TREMBLAY E. & JOLICOEUR C., 1974 - A high precision digital readout flow densimeter for liquids. J.Sol.Chem.3:377-384
- UNESCO, 1981 a - Background papers and supporting data on the practical salinity scale 1978 - UNESCO Technical papers in Marine science n°37, pp144
- UNESCO, 1981 b - Background papers and supporting data on the international equation of state of sea water 1980 - UNESCO Technical papers in Marine science n°38, pp65