

Variabilité des caractéristiques hydrologiques profondes de la Méditerranée sous l'effet de forçages climatiques

Jean-Pierre BETHOUX*, Claudie BOURNOT**, Claude LAMBERT***, Jean RAUNET* et Dominique TAILLIEZ*

*LPMC, Université Paris 6, CNRS, B.P. 8, 06230 Villefranche-sur-Mer (France)
 **INSU/IUT, Faculté des Sciences, 29287 Brest (France)
 ***CFR, B.P. 1, 91198 Gif-sur-Yvette (France)

Dans les années 1960 et 1970 le Bassin Nord Occidental a constitué une zone test internationale d'étude des processus de formation d'eau profonde (MEDOC Group, 1970; Tchernia, 1974). De l'analyse des campagnes océanographiques (Prieur et al., 1983; Lacombe et al., 1985) ressort une variabilité interannuelle des eaux denses néo-formées du bassin Occidental. Elle se traduit par l'occurrence épisodique de maxima ou minima de T et / ou de S au voisinage du fond, bien au delà de la région septentrionale de formation et plongée d'eaux denses.

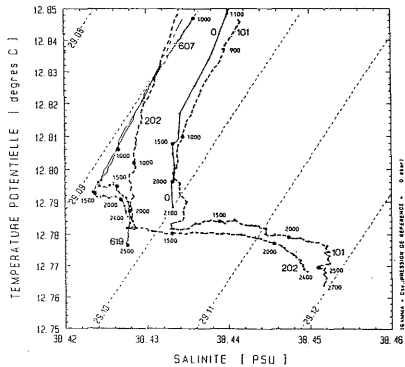


Fig.1- Agrandissement du diagramme température potentielle/salinité en Méditerranée Occidentale (stations 101, 202, 607, 619 et 0) pour les eaux profondes (z>900m) avec indication de quelques profondeurs (en m).
 Enlargement of Θ/S diagram in the Western Mediterranean stations 101, 202, 607, 619 and 0, for deep-water (z>900m) with some depths (in m).

Les mesures réalisées au cours des campagnes MEDATLANTE (programme JGOFIS-France 1989-90), à 7 mois d'intervalle, permettent de donner une nouvelle image spatio-temporelle de cette variabilité des eaux profondes aux stations 101 et 607 situées au centre du bassin Algéro-provençal (40° N, 6° E) et aux stations 202 et 619, à l'extrémité est de la mer d'Alboran (36.39 N, 1° W), visitées en décembre 1988 et août 1989, ainsi qu'en une station 0, en mer Ligure, au large de Nice, en juillet 1989. Les diagrammes $\Theta-S$ de la figure 1 sont des agrandissements pour la couche 800m-fond. En décembre 88, les eaux profondes aux stations 101 et 202 montrent une nette augmentation de la salinité, environ 0,02 psu, entre 1200-1300m et le fond (2400 et 2700m), pour une diminution de température d'environ 0,01 à 0,02°C. En ces mêmes stations (607 et 619), revisitées en août 89, la même couche profonde 1200m-fond ne montre plus qu'une augmentation de salinité de l'ordre de 0,005 psu, pour une diminution de température équivalente à celle de décembre. De plus, en la station 0 de mer Ligure, en juillet 89, le profil profond $\Theta-S$ peut être apparenté à celui des stations 607 et 619 en août 89. Compte tenu de la position géographique des stations 607, 619 et 0, la structure des eaux profondes du bassin Algéro-provençal apparaît homogène tant en décembre 88 qu'en août 89, mais, avec une modification de la salinité profonde entre ces deux périodes. Ces nouvelles données: homogénéité spatiale et échelle de temps de 7 mois sont à verser au dossier d'étude de variabilité annuelle des eaux profondes (Lacombe et al., 1985)).

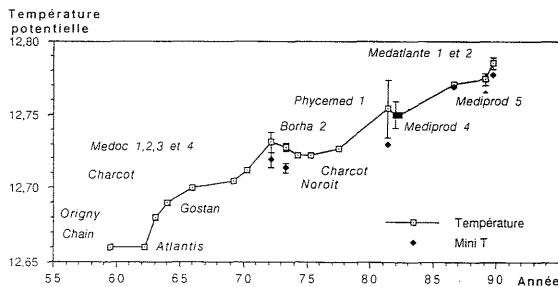


Fig.2- Température potentielle moyenne (carré blanc) et minimale (losange noir) avec quelques écarts-type entre 2000m et le fond, lors de missions effectuées entre 1969 et 1989.
 Mean (white square) and minimum (black rhomb) potential temperature and some standard deviations between 2000m depth and the bottom, data acquired from 1959 to 1989.

Indépendamment de cette variabilité interannuelle, il apparaît également que la température des eaux situées à 2 000 m et au delà subit entre 1959 et 1989 une augmentation continue, tandis que la masse spécifique reste comprise entre 29,09 et 29,12. Sur la figure 2 ont été reportées en fonction du temps, les températures potentielles profondes (moyennes des données pour un profondeur z > 2 000 m) proposées par LACOMBE et al. (1985), ainsi que les températures potentielles minimales observées autour de 2000 m, lorsqu'elles diffèrent des valeurs de fond. Ont été également reportées les données correspondantes des campagnes PHYCEMED 1, MEDIPROD 5 et MEDATLANTE. Entre 1959 et 1989, tant les températures moyennes que les valeurs minimales, quand elles existent, accusent une croissance de 0,12°C. La précision des mesures océanographiques de température, d'une part, et, d'autre part, depuis 1969, l'acquisition de profils verticaux continus par bathysonde CTD attestent de la réalité physique de l'évolution constatée de ces températures profondes (z > 2000m). Par ailleurs, la comparaison des données de température des missions PHYCEMED 1 et MEDATLANTE, en trois zones du bassin Occidental, (mer Ligure, bassin Algéro-provençal et mer d'Alboran) montre que l'évolution des températures de la couche 2000m-fond se retrouve également dans la couche 500m-fond. La variation moyenne de la température de cette colonne d'eau, entre 1981 et 1989 est de 4,1 10⁻³ K/an, ce qui, reporté sur la période trentenaire 1959-1989 donne un ΔT total de 0,12 K, soit la variation précédemment déterminée dans la couche 2000m-fond. Ce résultat atteste d'une évolution globale de toutes les eaux profondes du bassin Occidental. Cette élévation de température des eaux profondes provient de celle des eaux superficielles lors de la formation hivernale d'eau dense, et donc d'une modification continue du climat. La modélisation en flux de la formation d'eaux denses doit permettre d'utiliser l'information en température des eaux profondes pour évaluer la variation du climat au dessus de la Méditerranée et donner une estimation de l'effet de serre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- H. LACOMBE, P. TCHERNIA et L. GAMBERONI, *Prog.Oceanog.*, 14, 1985, p.319-338.
- MEDIPROD 5, L.PRIEUR, communication personnelle, 1990.
- MEDOC GROUP, *Nature*, 227, 1970, p.1037-1040.
- PHYCEMED 1-1981, R.Chesselet et J.P.Gouillou, communication personnelle
- L.PRIEUR, J.P.BETHOUX, J.H.BONG, D.TAILLIEZ, *Rapp.Comm.int.MerMédit.* 28, 1983, p.51-53.
- P. TCHERNIA, *Colloques Internationaux du CNRS*, 215, p.17-21, 1974.

Water fluxes across the Balearic Channels in June 1989. Doppler profiling and geostrophic computations

A. CASTELLON, E. GARCIA-LADONA and J. FONT

Institut de Ciències del Mar (CSIC), 08003 Barcelona (Spain)

The three Balearic channels close the Catalan Sea by the S and E, while by the NE it is open to the general southwestwards flow of the NW Mediterranean. By means of regional water and salt budgets, Bethoux (1980) calculated this inflow to have an annual mean flux of 0.8 Sv. Some 0.4 Sv should leave the basin through the southern sill, while other 0.4 Sv return to the Liguro-Provençal basin by the N of the islands.

After an extensive analysis of hydrographic data, Font et al. (1988) concluded that the circulation in the Catalan Sea is controlled by two shelf/slope fronts. The main southwestward flow continues alongslope the Liguro-Provençal current from the Gulf of Lions, with a flux ranging from 1.5 - 2 Sv in winter to 1 Sv in summer. The outflow through the southern channel was estimated to be lower, especially in summer. Very variable exchange has to occur through the other two and less deep sills. A return current to the NE contours the Balearic continental shelf, and its flux was calculated to be of the order of 0.5 Sv off Mallorca.

During a cruise of the Spanish R/V "García del Cid" in June 1989, high horizontal resolution (2 to 5 miles) CTD and ADCP sections were performed in the three channels and in the northern edge of the Catalan Sea.

ADCP profiles down to about 350 m (without pitch and roll compensation) were averaged every 5 minutes, both during CTD stations and underway. Absolute velocity values were calculated by bottom tracking over the continental shelf or by a reference level of zero velocity at 300 m. A reasonably good match between the two methods was observed in all the sections. Four hours of ADCP profiling close to an Aanderaa mooring allowed an intercalibration of both types of current-meters at three levels: mean differences in speed were in the range of 2 to 4 cm/s.

This first ADCP survey in the region evidenced the frontal jet character of the southwestward flow along the peninsular slope, with a strong weakening in the southern part (Font & Castellón, 1989). Maps of current vectors at different depths in the four border sections (e.g. fig.1) show the inflow and outflow patterns as it would be expected at the beginning of the summer in the surface layer (Font et al., 1988). In the northern section the Catalan (to SW) and Balearic (to E) frontal currents are clearly present. The irruption of Modified Atlantic Water by the Balearic sills is a remarkable feature, together with the very low outflow in the south.

Although the analysis of all the ADCP data has not been completed, a quite good agreement has been found, on both velocity distributions and transport in the surface layer, with geostrophic computations. Water flux values in the four sections have been calculated as: 0.9 Sv Catalan current inflow, 1.2 Sv Balearic current outflow, 0.05 Sv inflow in the northern channel, 0.1 outflow (north) and 0.5 inflow (south) in the central channel and 0.3 outflow (west) and 0.2 inflow (east) in the southern channel.

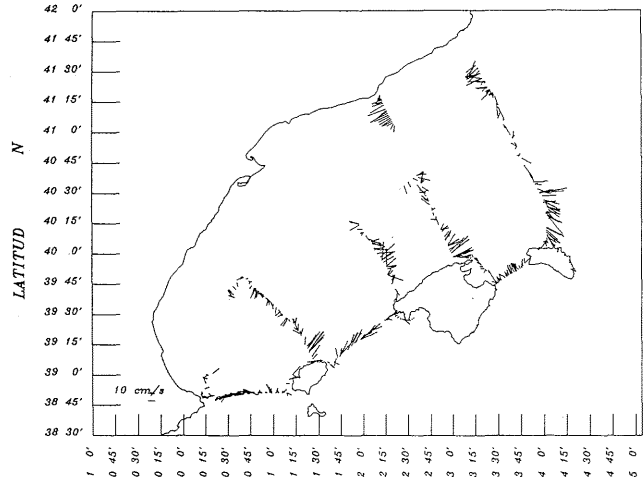


Fig.1 Rough ADCP velocities at -30 m measured in June 1989

This research has been supported by CAICYT Project PB86-0628 "Frontogenesis, spatial variability and induced circulation in a density front"

Bethoux J.P. (1980) Mean water fluxes across sections in the Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. *Oceanol. Acta*, 3: 79-88

Font J. and Castellón A. (1989) First direct observation of a frontal jet along the continental slope off the NE Spanish coast (NW Mediterranean) by acoustic Doppler profiling. *AGU/ASLO 1990 Ocean Sciences Meeting, ROS Trans.*, 71(2): 142

Font J., Salat J. and Tintoré J. (1988) Permanent features of the circulation in the Catalan Sea. *Oceanol. Acta*, sp.v. 9: 51-57