

ANOMALIES DANS L'EAU PROFONDE DE MEDITERRANEE OCCIDENTALE EN 1999 ET 2000, VARIABILITE DEPUIS 1970.

J.P. Bethoux^{1*}, X. Durieu de Madron², F. Nyffeler³, D. Tailliez¹

¹ Observatoire Océanologique, INSU/Université Paris 6, Villefranche Sur Mer, France - bethoux@obs-vlfr.fr

² CEFREM, Université de Perpignan, Avenue de Villeneuve, Perpignan, France

³ LIMNOCEAN, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse

Résumé

La série hydrologique acquise en mer Ligure entre 1993 et 2000 a permis: 1- de suivre la hausse des température et salinité observée depuis 1959; 2- de mettre en évidence en juin 1999 des anomalies profondes de température, salinité et turbidité; 3- de les relier au cascading d'eau dense observé en février 1999 dans le Rech Lacaze-Duthiers. D'autres campagnes océanographiques ont permis de suivre l'extension des anomalies de température et salinité à l'échelle du bassin Algéro-Provençal, et de les observer à nouveau, fortement diminuées, en juin 2000 en mer Ligure.

Mots clés : Western Mediterranean, Deep Waters

Méthode et résultats

Depuis 1994, trois stations hydrologiques (CTDO2, rosette) ont été faites chaque année, entre 40 et 70 milles au large de Nice (station 1 : 42°50N, 07°29E; station 2 : 42°41, 07°54 ; station 3 : 42°32, 07°15), pour surveiller la variabilité inter-annuelle des eaux profondes (1, 2) et l'évolution des augmentations de température et salinité précédemment mises en évidence (3). Alors que les profils verticaux de température potentielle et salinité dans l'eau profonde (à plus de 1000m de profondeur) se sont révélés réguliers, c'est-à-dire continuellement décroissants avec la profondeur entre 1994 et 1998, les profils acquis les 15-16 juin 1999 aux stations 1 et 3 ont présenté des anomalies, à savoir des augmentations de température et salinité de 2400m jusqu'au fond, à plus de 2760m. Inversement les profils à la station 2 (la plus à l'est) ne montraient pas d'anomalies. Un diffusiomètre monté sur la CTD a de même montré des augmentations de turbidité concomitantes aux augmentations de température et salinité aux stations 1 et 3. Ces anomalies concernent la nouvelle eau dense formée en hiver (février, mars 1999), puisqu'elles n'ont pas été observées en juin 1998, et la turbidité est le signe d'une formation à proximité des côtes. Dans le canyon Lacaze-Duthiers du golfe du Lion, les enregistrements à 500 et 1000m de profondeur ont montré une accélération des courants, jusqu'à 60 cm/sec, et une diminution de température de près de 1°C entre le 14 février et le 12 mars 1999, alors que sur la période 1994-1998 aucune anomalie similaire n'avait été enregistrée. Diminution de température et forts courants sont la signature d'un cascading d'eau dense, tel que précédemment décrit (4, 5), avec entraînement de particules (6). Ce processus de formation d'eau dense peut être relié à un automne-hiver particulièrement venteux, et à une tempête entre le 26 janvier et le 23 février 1999, le vent restant compris entre 16 et plus de 25 m/sec. (données de Météo-France). Dans l'hypothèse où les anomalies de température, salinité et turbidité découvertes en mer Ligure proviennent de ce cascading d'eau dense dans le canyon Lacaze-Duthiers, la vitesse de propagation de cette eau dense est de 3,5 cm/sec pour atteindre les stations 1 et 3 les 15-17 juin 1999 et n'avoir pas encore atteint la station 2. En début juillet, la campagne MATER à bord du bateau de recherche grec *Aegäio* découvrait les anomalies de température et salinité dans les eaux profondes de part et d'autre de l'île de Minorque (7). Les 15-17 septembre, la campagne française PROSOPE détectait l'anomalie par 38°N, 3°50E, mais ne la trouvait pas ni en mer d'Alboran ni à proximité du canal de Sardaigne. A nouveau une vitesse d'écoulement de l'anomalie de 3,5 cm/sec peut être calculée depuis le point source hypothétique, le canyon Lacaze-Duthiers, et la date du 14 février. Une dernière station de la mission PROSOPE au début d'octobre 1999 attestait la présence de l'anomalie au large de Nice et donc son extension à toute la mer Ligure.

Les trois stations de l'année 1999 ont été répétées les 3-5 juin 2000, complétées d'une station 4, située plus à l'ouest (42°20N, 6°40E). Des anomalies de température et salinité y ont été observées, très faibles aux stations 1 et 2, plus fortes aux stations 3 et 4, mais cependant réduites d'un facteur 5, à la station 3 par rapport à celles de l'année 1999. L'absence d'enregistrement de fortes anomalies de température et courant par les capteurs mouillés dans le Rech Lacaze-Duthiers au cours de l'hiver 1999-2000 ne permet pas l'hypothèse d'un cascading d'eau dense. En conséquence, les anomalies hydrologiques observées en mer Ligure en juin 2000 sont le souvenir estompé des anomalies propagées au cours de l'année 1999.

A partir des anomalies hydrologiques, on peut calculer une première estimation du volume d'eau dense formée par le cascading qui

s'élève à $2,2 \times 10^{12} \text{m}^3$, en 1999. Ceci ne correspond qu'à environ 4% du volume total de formation annuelle d'eau profonde ou du flux profond sortant au détroit de Gibraltar (soit $50 \times 10^{12} \text{m}^3/\text{an}$), ce qui prouve que le processus majeur de formation d'eau profonde se situe dans la zone hauturière MEDOC (8). Par contre, la découverte de l'anomalie de turbidité associée aux anomalies de température et salinité prouve un transport horizontal de matière, probablement important pour la géochimie des eaux profondes (6). Une synthèse des données hydrologiques historiques permet de détecter quatre épisodes d'anomalies hydrologiques des eaux profondes, en 1971, 1980, 1988 et 1999 et donc un possible transfert itératif de matière du plateau continental à l'ensemble du bassin Algéro-Provençal, tous les 8 à 11 ans.

Références

- 1- Bethoux, J.P., Tailliez, D., 1994. Deep-water in the western Mediterranean Sea, yearly climatic signature and enigmatic spreading. In: Ocean Processes in climate dynamics: global and Mediterranean examples, P. Malanotte-Rizzoli and A.R. Robinson (Eds), Kluwer Academic Publishers, 355-369.
- 2- Lacombe, H., Tchernia, P., Gamberoni, L., 1985. Variable bottom water in the western Mediterranean. *Progress in Oceanography*, 14, 319-338.
- 3- Bethoux, J.P., Gentili, B., Tailliez, D., 1998. Warming and freshwater budget change in the Mediterranean since the 1940s, their possible relation to the greenhouse effect. *Geophysical Research Letters*, 25, 1023-1026.
- 4- Bougis, P., Ruivo, M., 1954. Sur une descente des eaux superficielles en profondeur (cascading) dans le sud du golfe du Lion. *Bull. Inf. COEC*, 6, 147-154.
- 5- Person, R., 1974. Un exemple de descente des eaux superficielles du plateau continental dans un canyon du golfe du Lion. *Colloques Internationaux du CNRS, Processus de formation des eaux profondes*, N°215: 175-189.
- 6- Durieu de Madron, X., Radakovich, O., Heussner, S., Loye-Pilot, M.D., Monaco, A., 1999. Role of the climatological and current variability on shelf-slope exchanges of particulate matter. Evidence from the Rhône continental margin (NW Mediterranean). *Deep-Sea Research I*, 46, 1513-1538.
- 7- Lykousis V., et al., 1999. MTP-II-MATER Trans-Mediterranean cruise (June 1999). 4th MTP Workshop, Perpignan, 28-30 October, EC, MAST programme, Abstract, p.141-142.
- 8- MEDOC Group, 1970. Observation of formation of deep water in the Mediterranean Sea, 1969. *Nature*, 227, 1037-1040.