

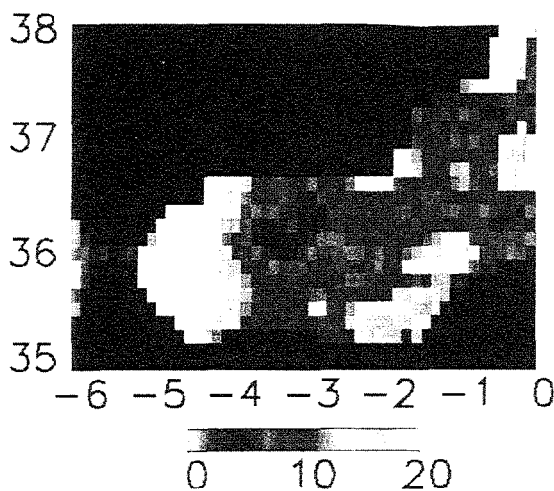
LONG TERM TEMPORAL EVOLUTION OF THE SURFACE LAYER CIRCULATION IN THE ALBORAN SEA OBSERVED FROM THE ERS-1 ALTIMETER

Jorge VAZQUEZ¹ and Jordi FONT²

¹ Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA
² Institut de Ciències del Mar CSIC, Barcelona, Spain

EUROMODEL is one of the MAST II/MTP Core Sub-projects. Its main objective is to describe, understand and simulate the circulation in the western Mediterranean sea with particular emphasis on the seasonal and mesoscale variability. One key region is the Alboran sea, where the incoming jet of Atlantic water forms a meandering current with one or two gyres. The Alboran Sea dynamics has been the object of several EUROMODEL studies, from both the numerical and experimental aspects (e.g. SPEICH, 1992; VIUDEZ *et al.*, 1994). "Evaluation of ERS-1 microwave sensors capability in the study of oceanic fronts" is a project selected by the European Space Agency (ERS-1 AO E1) that aims at identifying surface mesoscale structures in the western Mediterranean by ERS-1 altimeter and SAR. In this context altimeter data have been used to study the long-term variability of the sea surface topography in the Alboran sea. This variability provides information on the temporal evolution of the regional circulation, that appears to be complex with occasional disappearance of one of the gyres (mainly the eastern) and intense mesoscale motion along the meandering jet.

Data from ERS-1 altimeter have been extracted in the region 35°N to 38°N and 6°W to 0°. Atmospheric corrections, such as the wet and dry troposphere, were applied to the data extracted in the area along with the removal of the Rapp geoid, and the orbit error by means of removing a linear tilt and bias in the along-track direction over the Mediterranean. Tides were also removed using the CANCEIL *et al.* (1994) tide model for the Mediterranean. The along-track data were interpolated to a regular grid in space-time using a successive correction scheme whereby the space-time scales for each successive iteration converge. Maps of residual sea level were then created at regularly spaced intervals of 10 days with a 35-day e-folding time scale applied in the spatial domain to include an entire repeat. The obtained values, with maxima of 20-30 cm, are on the order of oceanographic variability. To extract the spatially coherent signal a set of Complex Empirical Orthogonal Functions (CEOF) were derived from the 75 10-day maps from Feb. 1992 - Jan. 1994. Unlike real EOFs the complex CEOFs give both amplitude and phase information since the eigenvectors of the spatial covariance matrix are now complex. The slope of the temporal phase versus time is then the instantaneous frequency of the propagating wave (VAZQUEZ, 1993). The first 3 CEOF modes explain 71% of the total variance. CEOF 1 accounts for 45% of the variance and is likely associated with changes in the incoming jet in Gibraltar or even the western anticyclonic gyre. It has two maxima out of phase between 5° and 4° W, indicating that if the circulation associated with the southern maximum is anticyclonic (gyre), the circulation of the northern maximum is cyclonic. This scenario is consistent with model results and with observations of cyclonic eddies north of the main anticyclonic gyre (LA VIOLETTE, 1984; TINTORE *et al.*, 1991). The second CEOF (17 % of the variance) appears to be associated with the western anticyclonic gyre, and in addition highs can be seen in areas of the Almeria-Oran front and the formation of the Algerian Current. There is a 180° phase difference across the front indicative of the possible slope in sea level. The spatial structure of CEOF 3 (9% of the variance) is more complex and seems clearly associated with changes in the structure of both gyres. The spatial phase of the western anticyclonic gyre indicates little or no propagation but its formation represents a quasi-stationary pattern. However the phase contours for the maximum located at the position of the eastern gyre change across the maximum, indicating a propagation along the African coast.



The figure shows the sea surface height variability for the two years of data. The maximum values (in centimeters) are found at the western boundary of the basin, close to the Strait of Gibraltar.

This study is a contribution to EUROMODEL (MAS2-CT92-0066). ESA provided ERS-1 data through an agreement with CSIC. The Catalonia Supercomputing Centre (CESCA) provided Cray Y-MP cpu time. In 1993 J. Vazquez was a visiting scientist at ICM Barcelona funded by the Spanish Ministry of Education and Science (DGICYT SB92-A33710418).

REFERENCES

- CANCEIL P., AGELOU P., VINCENT P., 1994. Barotropic tides in the Mediterranean Sea using a finite element model. *J. Geophys. Res.* (in press).
 LA VIOLETTE P. E., 1984. The advection of submesoscale thermal features in the Alboran Sea gyre. *J. Phys. Oceanogr.*, 14 : 550-565.
 SPEICH S., 1992. Etude du forçage de la circulation océanique par les détroits : cas de la mer d'Alboran. PhD Thesis, Univ. Paris VI, France.
 TINTORE J., GOMIS D., ALONSO S., PARRILLA G., 1991. Mesoscale dynamics and vertical motion in the Alboran Sea. *J. Phys. Oceanogr.*, 21 : 811-823.
 VAZQUEZ J., 1993. Observations on the long-period variability of the Gulf Stream downstream of Cape Hatteras. *J. Geophys. Res.*, 98 : 20,133-20,147.
 VIUDEZ A., TINTORE J., HANEY R.L., 1994. Three dimensional structure of the two anticyclonic gyres in the Alboran sea. *J. Phys. Oceanogr.* (accepted).
Rapp. Comm. int. Mer Médit., 34, (1995).

COURBES DU COURANT LIGURO-PROVENÇAL MARQUÉES PAR LA PRÉSENCE DE GRANDS CÉTACÉS CAMPAGNES ARGOCET DES N/O DU CNRS INSU**

D. VIALE*

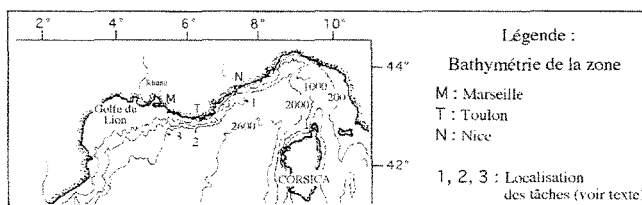
*et collaborateurs, Univ. de Corse, 20250 CORTE; CNRS AI O34915, URA 877, France

La partie du courant ligure étudiée ici est comprise entre le Cap de Mele et le Cap de Creux. Dans le cadre du programme Western Mediterranean Circulation Experiment une concomitance des grands cétacés, baleines et cachalots, avec de fortes biomasses détectées acoustiquement a été démontrée en liaison avec la circulation méditerranéenne (VIALE & FRONTIER, 1994). Le suivi d'une baleine par satellite en 1991 a permis de voir l'intérêt qu'elle porte au courant cyclonique. Cependant, le temps qu'elle passe sur certains tronçons de ce courant en révèle l'intérêt du point de vue alimentaire ; la production sur le bord de ce courant apparaît discontinu. Les grands cétacés peuvent donc servir de descripteurs des zones d'enrichissement : nous le montrons ici.

Des observations sont réalisées suivant des trajets qui recourent systématiquement les zones en taches où des observations ont été faites antérieurement ; des rubans d'observation sont également faits systématiquement dans les zones vides entre les taches. Les moyens mis en oeuvre et décrits par ailleurs (VIALE, 1991) sont l'observation *de visu* pour détecter la mégafaune de surface et une détection acoustique continue et enregistrée. La campagne d'avril 1994 nous a permis d'utiliser en outre une cartographie informatisée et visualisée sur écran, en connexion avec le système d'orientation du navire. Il est possible de localiser les observations de baleines, y compris les anciennes et de visualiser le trajet parcouru. Ceci fournit une vision synthétique et synchrone permettant de se situer par rapport à la côte, par rapport au courant, au front éventuel et à la bathymétrie. Auparavant une telle synthèse était faite après la campagne. Parallèlement, le repérage des fronts thermiques de surface est fourni par le Centre de Météorologie Spatiale de Lannion. Un échosondeur à enregistrement sur papier permet la conservation des informations sur la richesse des biomasses dans la colonne d'eau sous notre trajet. En avril 1994, une répétition des mêmes trajets (3 fois) a conduit à une synthèse de ces données et nous a permis de comprendre les différences entre les "taches" et les vides entre les taches.

En cumulant les observations de baleines au cours de toutes les campagnes ARGOCET (de 1986 à 1994) ayant étudié cette portion du courant ligure, trois taches d'observations fréquentes apparaissent, intercalées par des tronçons vides. En avril 94, la répétition des mêmes trajets a permis de confirmer les observations précédentes.

De l'Est vers l'Ouest, la première tache est centrée autour d'un point à 25 milles dans l'axe 133° du Cap Ferrat. Elle correspond à un virage du courant ligure vers le large, du fait de la forme du talus. La deuxième tache est centrée sur la zone située de 16 à 22 milles de la pointe est de l'île du Levant et correspond également à une incurvation du courant ligure vers le large. Entre ces deux taches, les nombreux passages en vigie au cours des campagnes citées n'ont pas fourni d'observation de baleines. La troisième tache est localisée contre le talus du Golfe de Lion à 45 milles au sud de Marseille ; c'est de loin la tache la plus importante. Elle correspond au virage du courant le long du talus qui entraîne l'eau de surface vers le large, compensée par un effet d'upwelling. Une vérification précise au cours de cette campagne a limité à l'est, la zone de vide entre la seconde et la troisième tache : c'est une radiale à 155° de Toulon.



Dans une logique circulaire lors de nos campagnes à la mer, nous interrogeons *a priori* nos collègues océanographes pour connaître leurs observations les plus récentes pour nous permettre de localiser hypothétiquement les bords du courant ligure-provençal où nous allons chercher des baleines à l'oeil nu en surface ; en retour, leur localisation, quand on les trouve, nous renseigne sur les positions des segments productifs de ce courant. Dans le bassin algérien, des baleines et des cachalots ont été associés à des processus de méandres ou de tourbillons (VIALE et FRONTIER, 1994) liés à l'instabilité du courant algérien (MILLOT, 1985). L'échelle de temps de ces processus est de l'ordre de l'année (MILLOT et TAUPIER-LETAGE *com. pers.*), alors que les résultats rapportés ici montrent des répétitions de ces taches productives sur plusieurs années ressemblant davantage à des phénomènes saisonniers (MILLOT, 1991). La campagne d'avril 94 (VIALE *et al.*, 1994) confirme les observations dans les taches trouvées en juin, début juillet, en septembre et début octobre. La production est-elle continue en ces points et liée à une incurvation du courant créée par la morphologie du talus ? En effet, celle-ci est semblable pour les deux taches extrêmes Est et Ouest ; l'action est moins claire pour la tache située au sud du Levant.

Remerciements à C. Millot et I. Taupier-Letage pour leur aide efficace, à J. Soyter et A. Guille et les membres du CIRMED-CNRS qui nous ont attribué des navires.

**Avec la collaboration technique des équipages des N/O Catherine Laurence.

RÉFÉRENCES

- MILLOT C., 1985. Some features of the Algerian Current. *J. Geophys. Res.*, 90 : 7169-7176.
 MILLOT C., 1991. Mesoscale and seasonal variabilities of the circulation in the western Mediterranean. *Dyn. Atmos. Oceans*, 15 : 179-214.
 VIALE, 1991. Une méthode synoptique de recherche des zones productives en mer : détection simultanée des cétacés, fronts thermiques et biomasses sous-jacentes. *Ann. Institut. Oceanogr.*, 67 (1) : 49-62.
 VIALE D., S. FRONTIER, J.-J. PESANDO, C. P. VIALE, P. BRACONIER, J. ROQUEFERE, N. TERRIS, 1992. Marquage réussi par balise ARGOS d'un baleinoptère en mer sans capture. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 33 : 315.
 VIALE et FRONTIER, 1994. Surface Megafauna related to Western Mediterranean Circulation. *Aquatic living Resources*, vol. 7, 105, 126.