

Quelques méthodes d'analyse d'images satellitaires appliquées à la Méditerranée

François CAUNEAU et Lucien WALD

Centre de Télédéttection et d'Analyse des Milieux Naturels (CTAMN), Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Rue Claude Daunesse, Sophia-Antipolis, 06565 Valbonne (France)

La communication a pour objet de présenter quelques apports de la télé-déttection spatiale à la connaissance des processus physiques en Méditerranée. Les différentes fenêtres spectrales d'observation disponibles opérationnellement sont passées en revue, appuyées par quelques exemples.

1 - L'utilisation d'imagerie satellitaire à des fins océanographiques implique un traitement préalable de ces images. Les comptes numériques issus des satellites doivent être étalonnés puis corrigés des effets perturbateurs de l'atmosphère. Puis les images sont naviguées afin d'être superposables à une référence cartographique. Un exemple sur le golfe du Lion illustre ces traitements.

2 - L'observation de la surface marine dans le domaine visible donne accès à la quantité de lumière rétrodiffusée vers le satellite. Une modélisation fine de la transparence atmosphérique permet de calculer puis de cartographier la quantité d'énergie solaire reçue à la surface (Diabaté *et al.* 1989). On accède ainsi à la composante ondes courtes du bilan radiatif sur une échelle synoptique avec une résolution spatiale de 5 km. Ceci est illustré par la cartographie de cette composante en Méditerranée occidentale de 1983 à 1985.

3 - Le domaine infra-rouge fournit une mesure de la température de surface de la mer. La fréquence temporelle de fourniture d'images par les satellites permet diverses applications, depuis la climatologie des températures de surface jusqu'à l'analyse de phénomènes transitoires. La télé-déttection permet en outre la mesure des échelles spatiales et temporelles des processus. Les trois premiers exemples portent sur la mer Ligurie. L'analyse répétitive sur plusieurs années des thermographies de la mer Ligurie permet de caractériser les phénomènes de la circulation générale. Les variations saisonnières de la distribution des gradients thermiques superficiels sont ainsi finement décrites (Wald, Nihous 1980). Les instabilités dynamiques ont une signature thermique permettant leur repérage. Ainsi des ondes de basse fréquence ont été suivies et analysées en termes d'ondes baroclines de grande amplitude, en accord avec un modèle analytique à deux couches (Crépon *et al.* 1982). Les images satellitaires de la mer Ligurie exhibent des structures tourbillonnaires. Une étude statistique de la distribution spatiale de ces tourbillons et de leurs caractéristiques de forme met en évidence la faible dispersion des diamètres autour d'une valeur moyenne de 30 km, ainsi qu'une grande hétérogénéité de la répartition de ces tourbillons dans la mer Ligurie. La plupart des tourbillons sont observés près du Cap Corse, et sont anticycloniques. Ce résultat confirme les mesures in-situ de la campagne DYOMÉ, et les complète en offrant une extension spatiale des conclusions de cette campagne (Wald 1985). L'analyse statistique de la structure turbulente du champ de température à moyenne échelle par fonctions de structure montre que la température se comporte comme un traçeur passif, en accord avec la théorie de turbulence quasi-géostrophique de Blumen (1978) prédisant la conservation simultanée de l'énergie totale du système et de l'énergie potentielle disponible à la surface de la mer. Cette conclusion permet d'envisager l'estimation du champ de courant superficiel à partir de thermographies à l'aide d'un modèle numérique d'advection instationnaire de la chaleur. L'imagerie satellitaire fournit les dérivées temporelles et les gradients thermiques assimilés par le modèle, qui une fois intégré le long des isothermes donne une cartographie de la fonction de courant (Wald 1985).

4 - L'utilisation des hyperfréquences en océanographie spatiale permet de s'affranchir de la couverture nuageuse, et d'améliorer ainsi la fréquence temporelle des observations de l'état de surface de la mer. Les instruments diffusiomètre et radar à synthèse d'ouverture (SAR) embarqués à bord du satellite européen ERS1 devant être lancé en 1991 donneront accès au champ de vent de surface ainsi qu'au spectre d'état de surface. On montre comment ces informations peuvent rééchantillonnées dans le temps et dans l'espace et combinées avec des données météorologiques standards afin d'être assimilées dans des modèles de prédiction de houle. On utilise pour cela, soit des méthodes d'estimation autorégressive, soit des méthodes variationnelles (Cauneau, Bernard 1990).

Références :

- Blumen, W., 1978. Uniform potential vorticity flow : Part 1. Theory of wave interactions and two-dimensional turbulence. *Journal of Atmospheric Sciences*, 35, 774-783.
- Cauneau, F., Bernard, R., 1990. Oceanic latent heat flux autocorrelation functions from the SEASAT SMMR : results. Submitted to *Journal of Geophysical Research*.
- Crépon, M., Wald, L., and Monget, J.M., 1982. Low frequency waves in the Ligurian sea during December 1977. *Journal of Geophysical Research*, 87, C1, 595-600.
- Diabaté, L., Moussu, G., Wald, L., 1985. Description of an operational tool for determining global solar radiation at ground using geostationary satellite images. *Solar Energy*, 42, 3, 201-207.
- Wald, L., 1985. Apport de la télé-déttection spatiale en infra-rouge proche et moyen à la connaissance du milieu marin. Thèse d'Etat, Université de Toulon, 259 p.
- Wald, L., Nihous, G., 1980. Ligurian sea : annual variation of the sea-surface thermal structure as detected by satellite NOAA 5. *Oceanologica Acta*, 3, 4, 465-469.

Some circulation features in the Adriatic Sea - a satellite View

Paul E. LA VIOLETTE* and Miroslav GACIC**

*Mississippi State University Research Center, John C. Stennis Space Center, 39529, Mississippi (U.S.A.)
 **Institute of Oceanography & Fisheries, P.O. Box 114, 58000 Split (Yugoslavia)

Surface general circulation in the Adriatic Sea is characterized by the inflow in a wide area along the Albanian and Yugoslav coasts. Along the Italian coast narrow coastal jet of outflowing current prevails during the entire year. Within the Adriatic Sea basin the cyclonic circulation pattern is perturbed by very prominent bottom features such as Palagruza Sill, and by strong transient wind events. Also, the water exchange between the Ionian and Adriatic Sea and the circulation pattern change on the seasonal time scale.

The temperature contrast between the inflowing and outflowing waters is very strong and during the summer the outflowing waters are warmer than the inflowing ones. On the other hand, during the winter the surface coastal jet along the Italian coast consists of very cold and fresh water coming from Po and other Italian rivers. Due to these temperature contrasts number of quasi-permanent thermal fronts are evident. Their positions depend on the transient wind forcing, freshwater inflow and on the intensity of water exchange through the Strait of Otranto.

Superimposed on this general circulation pattern, number of mesoscale features (eddies, gyres, filaments) have also been evidenced. Their typical length scales are of the order of ten kilometers and they are not easily evidenced by the classical hydrographic surveys. Here we present some satellite IR images of the Northern and Southern Adriatic and discuss mesoscale features which are superimposed on the general circulation.