

La Circulation de Surface Dans la Partie Nord du Levantin

Dr. Najwa Hamad*

(Déposé le 20 / 5 / 2010 . Accepté 16 / 12 / 2010)

□ Résumé □

Plusieurs schémas de la circulation de surface (AW : Atlantic Water) à l'échelle du bassin oriental de la mer Méditerranée ont été proposés. Par exemple, le schéma de Robinson et al. (1991) décrit une circulation rétrograde et centrale tandis que le schéma de Hamad et al. (2006) montre une circulation directe qui suit la pente continentale. Les deux schémas décrivent différemment la trajectoire de l'AW ainsi que les structures formées par son instabilité. Dans ce travail, on montre les résultats de l'analyse détaillée des images satellitaires dans la partie nord du Levantin (il fait partie du bassin oriental de la Méditerranée) et qu'ils sont bien cohérents avec le schéma de Hamad et al. (2006). Certaines structures de moyenne échelle qui sont formées par l'instabilité de l'AW ont également été mises en évidence.

Mots clés : Mer Méditerranée, Levantin, circulation de surface, images satellitaires, structures de moyenne échelle.

* Enseignante, Département de Physique Marine, Institut Supérieur de la Recherche Marine, Université Tichrine, Lattaquié, Syrie. najwahamad@maktoob.com

التيارات البحرية السطحية في شمال الليفانتين

الدكتورة نجوى حمد*

(تاريخ الإيداع 20 / 5 / 2010. قُبِلَ للنشر في 16 / 12 / 2010)

□ ملخّص □

وضعت عدة مخططات لوصف التيارات البحرية السطحية (مياه الأطلسي، AW:Atlantic Water) في الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسط. فعلى سبيل المثال، يظهر مخطط (Robinson et al. (1991 جريانا مركزيا باتجاه دوران عقارب الساعة بينما يصف مخطط (Hamad et al. (2006 جريانا يتبع المنحدر القاري باتجاه يعاكس اتجاه دوران عقارب الساعة على كامل الحوض. يختلف المخططان السابقان بوصفهما لمسار AW وبالظواهر الناتجة عن اضطرابه أيضا. تظهر في هذا المقال نتائج تحليلنا المفصل لصور أقمار صناعية لشمال الليفانتين، الذي يمثل جزءا من الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسط، والتي تتفق مع الوصف الذي يقدمه مخطط (Hamad et al. (2006). كما نسلط الضوء أيضا على عدة ظواهر متوسطة المقياس ناتجة عن عدم استقرار AW على طول مساره.

الكلمات المفتاحية: البحر الأبيض المتوسط، الليفانتين، التيارات البحرية السطحية، صور الأقمار الصناعية، ظواهر متوسطة المقياس.

*مدرسة - قسم الفيزياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Introduction:

Le sous-bassin Levantin fait partie du bassin oriental de la mer Méditerranée. La circulation de surface dans l'ensemble de cette mer, est désignée sous le nom d'eau atlantique par le sigle AW (Atlantic Water). En fait, dans le bassin oriental, la phénoménologie (circulation générale, phénomènes locaux spécifiques) était mal connue. Plusieurs schémas de la circulation de surface à l'échelle du bassin ont été proposés (Nielsen (1912), Ovchinnikov (1966), Lacombe et Tchernia (1972), Robinson *et al.* (1991) complété par Robinson et Golnaraghi (1993) (schémas de POEM : Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean), deux schémas de Zavatarelli et Mellor (1993), Roussenov *et al.* (1995), Pinardi et Masetti (2000) et Hamad *et al.*, (2003, 2005, 2006). Les trois schémas les plus anciens ne sont pas très précis, néanmoins, ils décrivent (surtout Nielsen) une circulation directe qui suit la pente continentale. Puis les modèles ont pris une part prépondérante pendant la dernière décennie et les schémas qui en ont découlé sont en général contradictoires. Ces schémas décrivent une circulation passant au centre du bassin. Les schémas de POEM (fig. 1a) décrivent donc un écoulement central au Levant qui représentait le permanent « Mid-Mediterranean Jet (MMJ) », les considérations basées sur Coriolis ne sont donc pas prises en compte. Le « MMJ » se ramifie ensuite. Certaines branches tournent dans le sens direct à l'ouest de Chypre, formant deux circuits permanents : le « circuit de Rhodes » et le « West Cyprus », avant de constituer l'« AMC » (Asie Mineur Current). Une branche de l'AW contourne Chypre, constituant ainsi un courant récurrent appelé le « Cilician Current (CC) », qui rejoint l'« AMC ».

D'après la simulation de Wu et Haines (1998), l'« AMC » subit également une variabilité saisonnière influant dramatiquement sur sa présence. Il serait présent entre l'automne et le printemps (plus fort en automne) et absent en été. Selon Theocharis *et al.* (2002) l'« AMC » subit aussi une variabilité interannuelle.

Le schéma de Hamad *et al.*, (2003) (fig.1b), basé sur de l'analyse détaillée des images de TSM (Température de Surface de la Mer), montre une circulation directe le long de la pente continentale dans l'ensemble du bassin oriental. Cette circulation est instable et certaines structures de moyenne échelle telles que des filaments, des méandres et des tourbillons ont été mises en évidence.

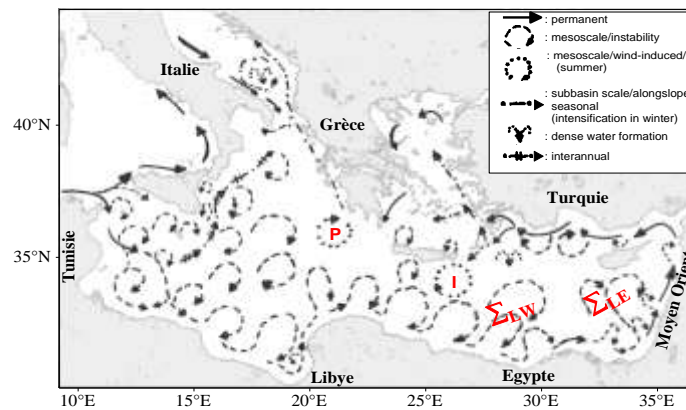
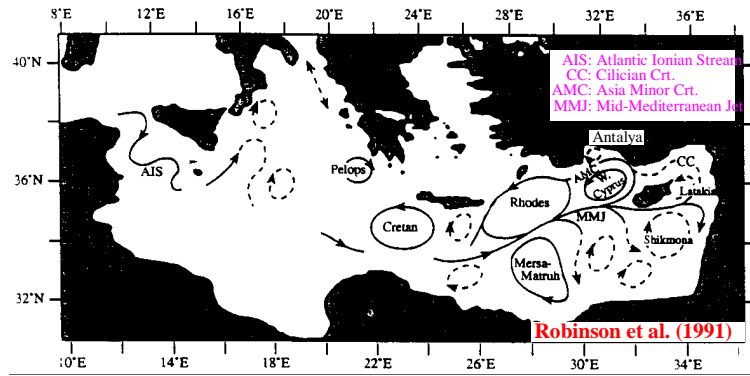


Figure (1): Les deux différents schémas de la circulation de surface dans le bassin oriental. a) d'après Robinson et al. (1991), b) d'après Hamad et al. (2003).

But et importance de la recherche:

Le but de ce travail est d'établir une analyse détaillée des images de TSM dans la partie nord du Levantin à fin de continuer à suivre les tourbillons formés par l'instabilité de l'AW et d'étudier les variabilités saisonnière et interannuelle quant à la trajectoire de l'écoulement.

Données et Méthodes:

Pour ce travail, on a utilisé des images satellitaires de TSM. Ces images sont collectées par les satellites météorologiques de la série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Elles sont disponibles sur le serveur allemand du DLR (Deutschen zentrum für Luft- und Raumfahrt). le radiomètre AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) comprend 5 canaux dont 3 (1 dans le proche infrarouge et 2 dans l'infrarouge thermique (10.5-12.5 μm) sont utilisés, par combinaison linéaire multispectrale, pour le calcul de la TSM. La résolution thermique est de 0,125 °C, la résolution spatiale (pixel) est d'environ 1 km × 1 km (bien adapté aux phénomènes de moyenne échelle). En Méditerranée, on peut obtenir plusieurs images par jour, depuis trois

décennies maintenant. L'imagerie NOAA/AVHRR est donc un outil particulièrement adapté à l'étude des phénomènes de moyenne échelle. Toutes les images utilisées sont des composites (quotidiennes, hebdomadaires, mensuelles).

En fait, on a récupéré des images couvrant deux ans (2000 – 2001). Pour pouvoir améliorer les images afin de repérer les structures océaniques, on les a traitées en utilisant le logiciel Winimage (Ecole de Mines de Paris / Sophia Antipolis).

Résultats et discussion:

L'analyse détaillée de nombreuses images dans la partie nord du Levantin nous a permis de distinguer deux types d'images qui montrent les caractéristiques hivernales (fig.2a : image de composite hebdomadaire du 10 décembre 2001) et estivales (fig.2b : image de composite mensuelle en août 2001) de la circulation. Les couleurs rouge / bleu représentent les eaux les plus « chaudes » / « froides » respectivement dans chaque image.

La signature thermique de l'écoulement de l'AW est bien repérable sur la fig.2a, L'AW qui s'écoule le long des pentes du Moyen Orient et de la Turquie continue dans l'Egéen le long des côtes ouest de la Turquie. Les caractéristiques estivales sont marquées par un régime des vents dominé par les Etésiens, l'écoulement côtier est ploqué donc au niveau de l'île du Rhodes. Les effets des Etésiens apparaissent le début de l'été dans le sous-bassin Egéen, se traduisant par des phénomènes d'upwelling et de mélange (20 -22 °C) le long des côtes occidentales de la Turquie. L'upwelling marqué sur les côtes sud et ouest de Chypre possède une signature de surface pendant tout l'été. Cet upwelling entraîne des eaux froides au large du Moyen orient. La signature de l'écoulement de l'AW n'est pas bien marquée le long des pentes du Moyen Orient à cause d'une composite mensuelle d'un côté et d'un développement de thermoclines d'autre côté.

Cette description est cohérente avec celle montrée par Hamad et al. (2003). Toutes nos images ne montrent pas un écoulement qui subit ni une variabilité saisonnière ni interannuelle comme Wu & Haines (1998) et Theocharis *et al.* (2002) l'ont décrit. L'analyse faite par Le Vourch *et al.* (1992) et les résultats numériques de Alhamoud *et al.*, (2003) sont cohérents avec notre analyse puisqu'ils révèlent une circulation générale directe continue le long de la pente. Notre analyse est donc très différente de celle montrée par les schémas de POEM.

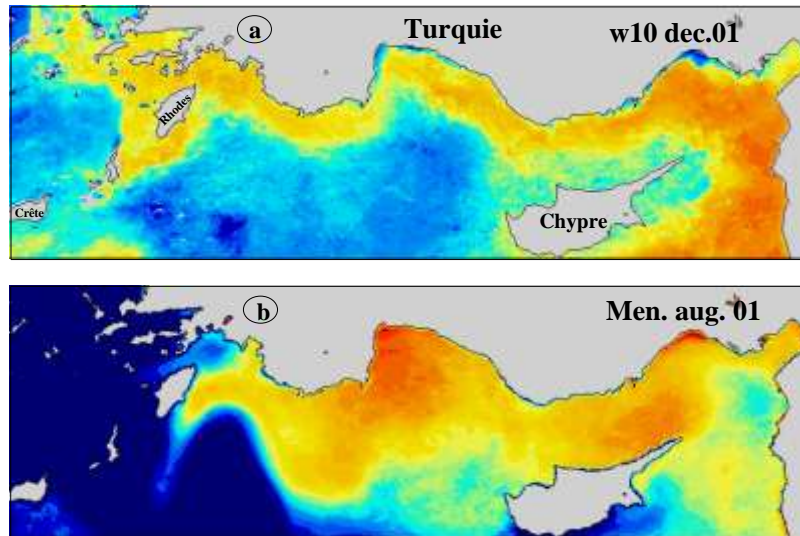


Figure (2): Deux images de TSM dans la partie nord du Levantin montrent les caractéristiques saisonnières de la circulation.

La série de la figure 3 (images de composite mensuelle entre octobre 2000 et mars 2001) montre d'abord la continuité de l'écoulement général le long des pentes du Moyen Orient et de la Turquie. Elle montre également l'instabilité de cet écoulement, des tourbillons anticycloniques (30-80 km) (fig. 3b) se forment et se propagent (1-3 km/j) le long de la côte syrienne. Le tourbillon Y au large de la Turquie, à l'entrée du golfe d'Antalya, qui semble attaché à l'écoulement côtier (fig.3a) a tendance de se détacher de cet écoulement (fig.3b). Il devient comme un tourbillon libre au large du golfe sur la figure 3c, puis il revient à son interaction avec l'écoulement (fig.3d). Ce tourbillon se déplace arrivant à la sortie du golfe (fig.3 e). Ensuite, il semble comme une masse d'eau qui n'est pas bien structurée au large des côtes turques à l'ouest de Chypre (fig.3f), la longévité de ce tourbillon a dépassé donc le six mois et son diamètre a varié de 70 à 100 km. Ce tourbillon est très semblable au tourbillon Y4 qui est décrit par Hamad et al. (2003). Nos images ne montrent dans cette partie aucun circuit fermé comme « circuit de Rhodes » et « West Cyprus » qui sont montrés par le schéma de Robinson *et al.* (1991).

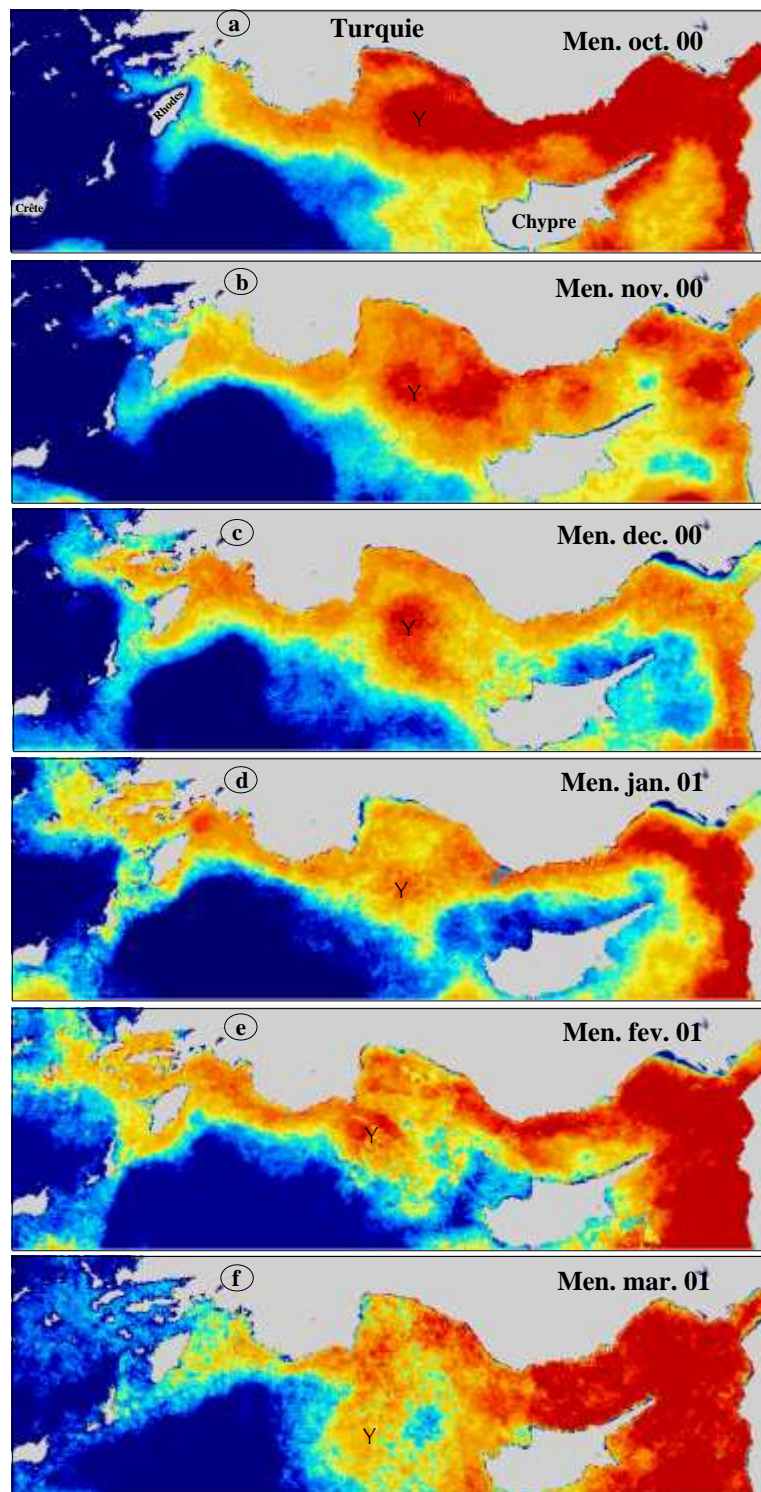


Figure (3) : La partie nord du Levantin entre octobre 2000 et mars 2001.

Conclusions et recommandations:

Notre analyse d'une nouvelle série (2000-2001) des images de TSM montre une continuité de l'écoulement de l'AW dans le sens direct dans la partie nord du Levantin. Particulièrement pendant l'hiver et grâce à l'arrêt des Etésiens, cet écoulement pénètre dans l'Egéen. Nos images ne montrent aucune variabilité interannuelle quant à la trajectoire de l'AW.

L'AW génère des tourbillons anticycloniques bien formés (jusqu'à 100 km). Ces tourbillons peuvent être immobiles, se propager vers l'aval (vitesse ne dépasse pas 3 km/j) ou dégénérer, leur longévité est de quelque mois. Ils peuvent nettement modifier la circulation dans le canal de Rhodes. Les tourbillons localisés dans le golfe d'Antalya peuvent se détacher de l'écoulement et accumuler des masses d'eau chaude au large. Ces résultats sont bien cohérents avec ceux montrés par Hamad et al. (2006). Notre description est donc très différente de celle faite par les schémas de POEM.

Les images satellitaires ont beaucoup permis de comprendre la circulation de surface et ils sont indispensables à l'étude des phénomènes de moyenne échelle. Il est nécessaire de faire des mesures in situ (ADCP, CTD, XBT.....) pour évaluer le flux le long de la pente et de préciser l'extension verticale des tourbillons.

Références:

1. ALHAMOUD, B., HAMAD N., BERANGER K., MORTIER. L & MILLOT, C. *Eastern Mediterranean Mesoscale Eddies: Characteristics, Propagation and Impacts on the sub basin-scale circulation. Model results vs. Satellite-images.* EGS. France. 2003.
2. HAMAD, N.; MILLOT, C.; TAUPIER-LETAGE, I. *The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea.* Scientia Marina Spain. 70, 3, 2006, 457-503.
3. HAMAD, N.; MILLOT, C.; TAUPIER-LETAGE, I. *A new hypothesis about the surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea.* progresse in Oceanogr. UK. 66 , 2-4, 2005, 287-298.
4. HAMAD, N. *La circulation de surface dans le bassin oriental de la Méditerranée d'après les observations satellitaires infrarouge.* Thèse France. 2003, 98.
5. LACOMBE, H.; TCHERNIA, P. *Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée.* Mediterranean Sea, D. Stanley ed., Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg. 1972, 25-36.
6. LE VOURCH, J., MILLOT, C.; CASTAGNE, N.; LE BORGNE, P.; OLRYS, J.P. *Atlas of thermal fronts of the Mediterranean Sea derived from satellite imagery.* Mémoires de l'institut Océanographique . Monaco. 1992, 16.
7. NIELSEN, J.N. *Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters.* Rep. Dan. Oceanogr. Exp. Medit. 1, 1912, 77-192.
8. OVCHINNIKOV, I.M. *Circulation in the surface and Intermediate Layers of the Mediterranean.* Oceanology. 6, 1966, 48-59.
9. PINARDI, N.; MASETTI, E. *Variability of the large scale general circulation of the Mediterranean Sea from observations and modelling: a review.* Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 158, 2000,153-173.

10. ROBINSON, A.R.; GOLNARAGHI, M.; LESLIE, W.G.; ARTEGIANI, A.; HECHT, A.; LAZZONI, E.; MICHELATO, A.; SANSONE, E.; THEOCHARIS, A.; ÜNLUATA, Ü. *The Eastern Mediterranean general circulation : features, structure and variability*. Dyn. Atm. Oceans. 15, 1991,215-240.
11. ROBINSON, A.R.; GOLNARAGHI, M. *Circulation and dynamics of the Eastern Mediterranean Sea; Quasi-Synoptic data-driven simulations*. Deep Sea Res. 40, 6, 1993,1207-1246.
12. ROUSSENOV, V.; STANEV, E.; ARTALE, V.; PINARDI, N. *A seasonal model of the Mediterranean Sea general circulation*. J. Geophys. Res. 100 , C7, 1995,13515 - 13538.
13. THEOCHARIS, A.; KLEIN, B.; NITTIS, K.; ROETHER, W. *Evolution and status of the eastern Mediterranean Transient*. J. Mar. Syst. 33-34, 2002, 91-116.
14. WU, P.; HAINES, K. *The general circulation of the Mediterranean Sea from a 100-year simulation*. J. Geophys. Res. 103 ,C1, 1998,1121-1135.
15. ZAVATARELLI, M.; MELLEOR, G.L. *A numerical study of the Mediterranean Sea circulation*. J. Phys. Oceanogr. 25 , 6, 1993, 1384-1414.

