

الدوامة البحرية Pelops بين الصور الفضائية والقياسات الحقلية

الدكتورة نجوى حمد*

(تاريخ الإيداع 10 / 4 / 2011. قُبل للنشر في 9 / 10 / 2011)

□ ملخص □

تعد الدوامة البحرية المسماة بيلوبس Pelops دوامة أنتيسكلونية متشكلة بفعل رياح الإتزيان (Etesian) في جنوب أو جنوب-غرب الجزر اليونانية Peloponese. لدراسة سلوك هذه الدوامة وخصائصها، تمت معالجة بعض القياسات الحقلية البحرية (XBT : eXpendable Bathy-Thermograph) وتحليلها في المنطقة المذكورة ومن ثم مقارنتها بنتائج تحليل صور الأقمار الصناعية (Sea Surface Temperature) SST، صور تعتمد الأشعة تحت الحمراء حيث تعطي درجات الحرارة لسطح البحر). كشفت هذه المقارنة عن وجود تطابق ملحوظ بين نتائج تحليل كل المعطيات السابقة. تجاوز قطر الدوامة 230 km أما امتدادها في الأعماق، كما بينت نتائج تحليل القياسات الحقلية، فهو على الأقل 760 m.

الكلمات المفتاحية: الدوامة البحرية Pelops، صور SST، XBT.

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

Pelops Eddy between Satellite images and in Situ Data

Dr. Najwa Hamad*

(Received 10 / 4 / 2011. Accepted 9 / 10 /2011)

□ ABSTRACT □

Pelops is a mesoscale anticyclonic eddy generated by the Etesian in the south or south-west of the Peloponese Island. Some in situ data (XBT: eXpendable Bathy-Thermograph), have been treated and analyzed to study Pelops and this data results analysis have been confronted with those of the infrared satellite images (SST: Sea Surface Temperature). There are good agreements between both data. Eddy's diameter passed 230 km and its extension at depth, as the in situ data inferred, is at least 760m.

Keywords: Pelops eddy, Satellite images, XBT.

* Assistant Professor, Département of Marine Physics, Higher Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعرف الدوامة البحرية بأنها ظاهرة ناتجة عن عدم استقرار التيارات البحرية أو عن الرياح، كما تدعى سيكلونية (cyclone : تدور عكس جهة دوران عقارب الساعة) أو أنتيسايكلونية (anticyclone : تدور مع جهة دوران عقارب الساعة). تعد بيلوبس، دوامة أنتيسايكلونية تتشكل جنوب-غرب الجزر اليونانية "Peloponese" كما أُشير إليها لأول مرة من خلال مخطط الـ (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) POEM [12]. بينت الدراسات المرجعية بأن سبب تشكل بيلوبس يعود إلى رياح الإترزيان (تهب هذه الرياح فوق بحر إيجه سنوياً بين أيار و تشرين الأول وتنقسم فوق الأجزاء الجنوبية من هذا البحر متجهة نحو القنوت الشرقية والغربية لجزيرة كريت فتصل بالتالي إلى الليفانتين والأيبوني لتلعب دوراً مهماً في حركة الكتل المائية لأن جزءاً من كمية حركة الرياح ينتقل إلى سطح البحر) [10,4,1] كما أن موقعها يتغير بين جنوب وجنوب-غرب الـ Peloponese [9, 14, 13]، وأن قطرها يمكن أن يصل إلى 100 km [11] أو حتى 200 km [8]. اختلف الباحثون حول تصنيف وشكل هذه الدوامة، فبعضهم صنفها دائمة [12] وآخرون اعتبروها معقداً (مؤلفاً من عدة دوامات) متكرراً يخضع لتغيرات فصلية [2] حيث يبدأ بالتشكل اعتباراً من نهاية فصل الخريف وحتى نهاية فصل الشتاء، كما أُشير إلى غيابه في بعض السنوات. أظهرت دراسات تحليل صور الأقمار الصناعية [5, 6, 7] خصائص جديدة تتعلق بالدوامة بيلوبس، فهي تتشكل سنوياً بفعل رياح الإترزيان في جنوب أو جنوب-غرب جزر الـ Peloponese وتخضع لتغيرات سنوية، حيث يمكن أن تستمر أكثر من سنة، كما يمكن أن تتحرك غرباً أو جنوباً تاركة مكانها لدوامة أخرى تتشكل من جديد (مع هبوب رياح الإترزيان من جديد) فتظهر بالتالي دوامتان بنفس الفترة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث لدراسة خصائص بيلوبس وسلوكه بالاعتماد على تحليل كل من معطيات الـ XBT (eXpendable Bathy-Thermograph) والصور الفضائية SST (Sea Surface Temperature) المتزامنة معها. تكمن أهمية هذا البحث في معرفة دور هذه الدوامة في عملية خلط المياه البحرية من جهة، وفي معرفة امتداد الدوامة في الأعماق من خلال تحليل المعطيات الحقلية من جهة أخرى. فضلاً عن أن عملية المقارنة بين نتائج تحليل كل من الصور SST و الـ XBT تعد ضرورية، فظهور دوامة ما من خلال معطيات حقلية هو تأكيد على وجودها المشار إليه من خلال الصور الفضائية. كما أن متابعة الدوامات من خلال الصور يختصر وقتاً وجهداً مقارنة مع ما يتم من خلال القياسات الحقلية فضلاً على أن هذه الأخيرة لا يمكن إنجازها إلا بشروط وتحت ظروف جوية مناسبة.

طرائق البحث ومواده:

استخدمت في هذا البحث صور SST التابعة للسلسلة NOAA (National Oceanic and) التي تم الحصول عليها من المركز الألماني DLR لاستقبال الصور الفضائية حيث تم الحصول على صور يومية، أسبوعية وشهرية تغطي العامين 1999 و 2000. بغية تحليل الصور المذكورة وشرح مدلولها الفيزيائي تم معالجتها باستخدام البرنامج WinImage. يُرمز لكل صورة فضائية بـ 256 رمزاً عددياً (0-255) متوافقاً مع درجات حرارة محصورة بين الصفر و 32 C° باستثناء الرمز 0 و 255 المخصصان على التوالي لكل من اليابسة والمناطق المحجوبة بسبب تواجد الغيوم. تُستخدم الألوان للدلالة على التباين الحراري بين كتل المياه

حيث تزداد درجات الحرارة بالانتقال من اللون الأزرق إلى الأحمر كما أن اللون الأبيض في جميع الصور يدل على مناطق الحجب (عدم وجود معطيات حرارية) بسبب الغيوم. استُخدمت في هذا البحث أيضاً بعض المعطيات الحقلية البحرية حيث تم الحصول عليها باستخدام أجهزة القياس المباشر XBT (يشبه الجهاز المسدس ويكون بداخله مجس الكتروني أو أسلاك بأطوال مختلفة لقياس الحرارة كما يتم قذف السلك عند الموقع المحدد من السفينة، إن طول السلك الذي تم استخدامه يساوي 760 m) والتي تعطي درجات الحرارة بدءاً من سطح البحر حتى العمق 760 m فقط (قراءة كل 60 cm) وتغطي الفترة الزمنية الممتدة بين أيلول 1999 وآب 2000 (عدد المحطات موضح بالجدول رقم 1) كما وتم الاستعانة بالبرنامج Surfer لمعالجة المعطيات المذكورة أعلاه. إن مصدر هذه القياسات هو البرنامج الأوروبي MFSP (Mediterranean Forecasting System Pilot Project).

جدول (1) : الفترة الزمنية وعدد محطات ال XBT المأخوذة من MFSP.

السنة / الشهر	اليوم	عدد محطات ال XBT (N° XBT)
1999	أيلول	18
	تشرين الأول	17
	تشرين الثاني	20
	كانون الأول	*
2000	كانون الثاني	18
	شباط	15
	آذار	18
	نيسان	16
	أيار	*
	حزيران	*
	تموز	*
	آب	16

تدل * على عدم وجود معطيات (لا يوجد طلعات بحرية)

النتائج والمناقشة:

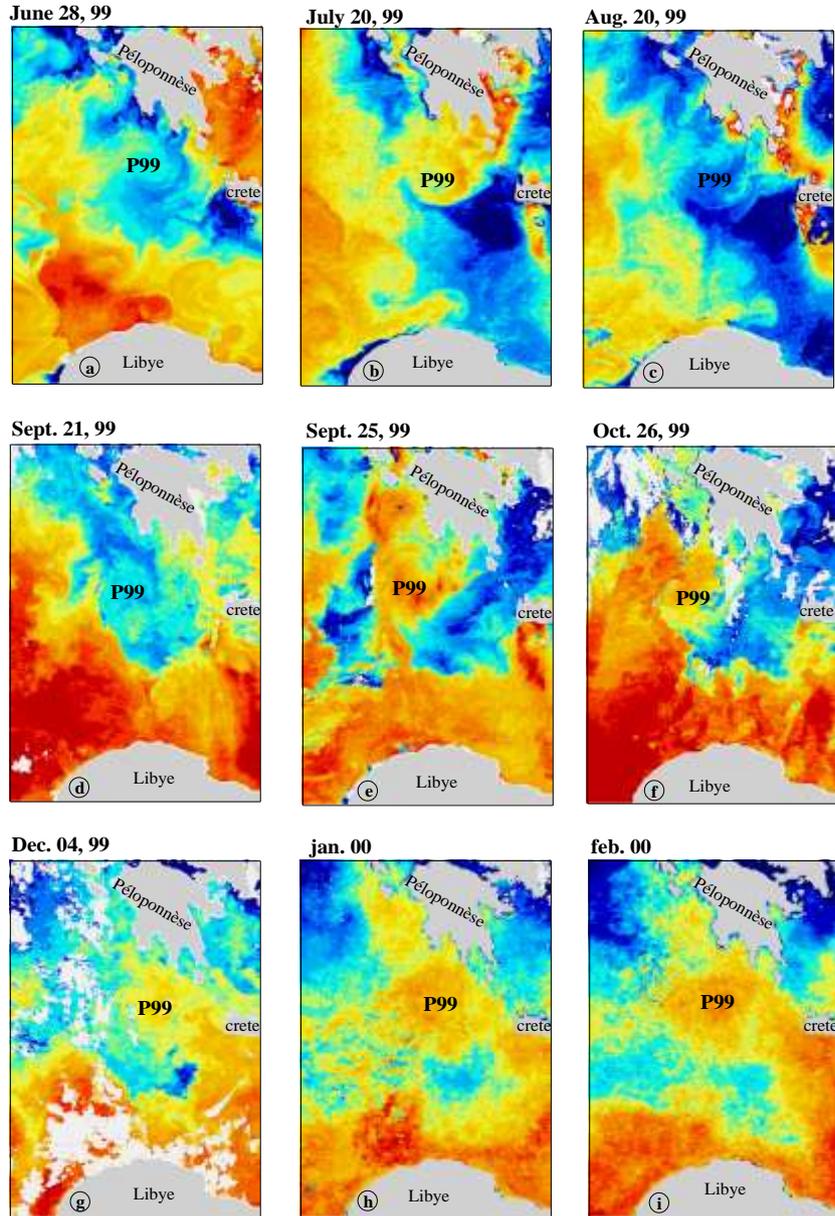
تشير نتائج مراقبة بيلوبس (بالاعتماد على الصور SST) خلال العام 1999 (نرمز لها اختصاراً P99) بأنها قد تشكلت في جنوب-غرب جزر ال Peloponese خلال شهر حزيران بفعل رياح الإترزيان (شكل 1a) حيث تمت مشاهدتها لأول مرة خلال هذا الشهر. يظهر وبشكل واضح أثر هذه الرياح من خلال مجموعة الصور الممثلة لفصل الصيف (الأشكال 1a, 1b, 1c)، فالمياه الباردة (الممثلة باللون الأزرق) الممتدة على طول الشواطئ اليونانية وصولاً إلى الشواطئ الليبية ليست إلا شاهداً على دور الإترزيان في تبريد طبقة المياه السطحية وفي آلية حدوث التيارات الرأسية التصاعدية (upwelling). تظهر P99 (الأشكال 1d, 1e, 1f) متلاقية مع الدوامات الموجودة على طول الشاطئ الليبي (دوامات غير مسماة وهي متشكلة من اضطراب التيار الليبي)، وهنا تتجلى أهمية الصور الفضائية حيث تبرز الدور الهام الذي تلعبه الدوامات البحرية في مزج المياه اليونانية مع المياه الليبية من خلال عملية النقاء الدوامات.

تُظهر باقي الصور أيضاً (الأشكال 1g, 1h, 1i) عملية خلط أخرى نتيجة اقتراب الكتل المائية الدافئة في جنوب جزيرة كريت من P99، وهذا ما يُظهر الدوامة بحجم أكبر حيث وصل قطرها إلى حوالي 180 km (يمكن قياس قطر الدوامة اعتماداً على WinImage). تشير صورة SST المأخوذة في شهر أيار 2000 (شكل 2a) بأن P99 مازالت موجودة في منطقة جنوب-غرب جزر ال Peloponese بعد مرور عام على تشكلها. تبدو إشارة الدوامة ضعيفة لكن سرعان ما تظهر قوية مع هبوب رياح الإترزيان خلال شهر حزيران 2000 مشكلة الدوامة P99/00 (بيلويس التي تشكلت في العام 1999 ولم تتلاشى بل استمرت حتى 2000 : شكل 2). يظهر، وبشكل واضح أيضاً، أثر الرياح من خلال مجموعة الصور الشهرية المأخوذة في كل من حزيران، تموز وآب لعام 2000 (الأشكال 2b, 2c, 2d). تبدو P99/00 من خلال الصورة المأخوذة في شهر أيلول 2000 (شكل 2e) بحجم أكبر (يصل قطرها إلى 230 km وهو أكبر من الحد المشار إليه من قبل بعض الدراسات المرجعية: [8, 11]) مما كانت عليه سابقاً كما تظهر وبشكل واضح متشابكة مع الدوامات اللببية. تتحرك P99/00 باتجاه عرض البحر نحو الجنوب لأسباب غير واضحة (شكل 2f) بعد أن بقيت متمركزة في مكان تشكلها حوالي العام والنصف.

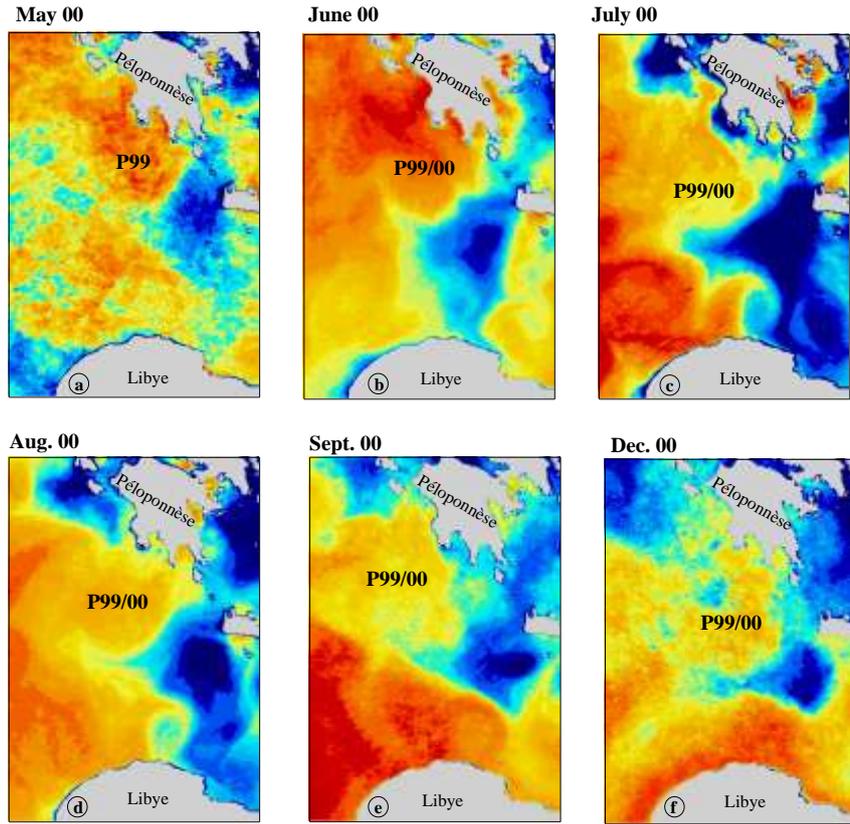
تم أيضاً مراقبة P99 و P99/00 بالاعتماد على معطيات الـ XBT، بعد معالجتها وتحليلها، حيث اجتازت محطات القياس مكان وجود الدوامة. بعد الاستعانة ببرنامج surfer، تم الحصول على المقاطع (3a, 3b, 3c) العمق 760 m على طول خطوط القياس (يتكون كل خط من عدد x من المحطات كما هو موضح بالجدول 1). تعود مقاطع الـ XBT المبينة في الشكل (3) لمعطيات محطات أخذت عند درجات خطوط طول وعرض مختلفة عن تلك العائدة لمقاطع الشكل (4). للإيضاح ولتسهيل المقارنة بين نتائج تحليل كل من صور الـ SST ومعطيات الـ XBT، تم أخذ مقاطع لصور تعود تقريبا لنفس فترات إجراء القياسات الحقلية ثم أُطبق عليها مواقع محطات الـ XBT (مشار إليها بنقاط سوداء) (3a, 3b, 3c: 4a, 4b, 4c, 4d: 4e). تظهر جميع مقاطع الـ XBT وبشكل واضح تقع الإيزوترم (Isotherms : خطوط تساوي درجات الحرارة) نحو الأسفل وهذا يشير إلى وجود دوامة أنتيسيكولوجية، هذه الدوامة ليست إلا بيلويس التي تمتد لعمق يساوي على الأقل 760m كما يبدو من خلال المقاطع المذكورة أعلاه (أن المحرك الأساسي للدوامة هو رياح الإترزيان حيث ينتقل جزءاً من كمية حركتها إلى سطح البحر ولكنه في الأعماق الكبيرة تلعب الكثافة الدور الأساس). إن ظهور الدوامة الأنتيسيكولوجية من خلال كلٍّ من الصور الفضائية والقياسات الحقلية ليس إلا دليلاً على وجود تطابق ملحوظ بين نتائج تحليل كل المعطيات المذكورة. تبدو إشارة P99 قوية من خلال المقاطع المأخوذة في كل من: أيلول، تشرين الأول و تشرين الثاني (3a, 3b, 3c) وبالنظر إلى الأشكال (3a, 3b, 3c) المتزامنة معها، نجد بأن المحطات موزعة تقريباً على طول قطر الدوامة التي تظهر بشكل واضح. يبين الشكل (4) مجموعة صور ومقاطع XBT مأخوذة بين شهر كانون الثاني وآب لعام 2000، كما يبين بأن محطات القياس تمر من أقصى القسم الجنوبي لـ P99، هذا يعني بأن مسارها مختلف عما هو عليه في الشكل السابق. يظهر الشكل العام لتقعر الإيزوترم بأن P99 مازالت قوية حتى شهر نيسان للعام 2000 (4d) وهذا يتطابق مع تحليل الصور. لا توجد لدينا أية معطيات حقلية بين أيار وتموز للعام 2000 لكنه من خلال متابعة بيلويس بالاعتماد على الصور SST يمكن الجزم بأن مانراه من خلال مقطع الـ XBT العائد لشهر آب 2000 (4e) ليس إلا P99/00.

تشير نتائج الدراسة إلى أن سبب تشكل بيلويس يعود لرياح الإتزيان وهذا يتوافق مع الدراسات المرجعية [10,4,1]، كما تشير أيضا إلى أن بيلويس ليست معقداً خاضعاً لتغيرات فصلية كما ذكر [2] بل يمكن اعتبارها دوامة متكررة وهذا يتفق مع بعض المراجع [5, 6, 7] ويخالف البعض الآخر [12].

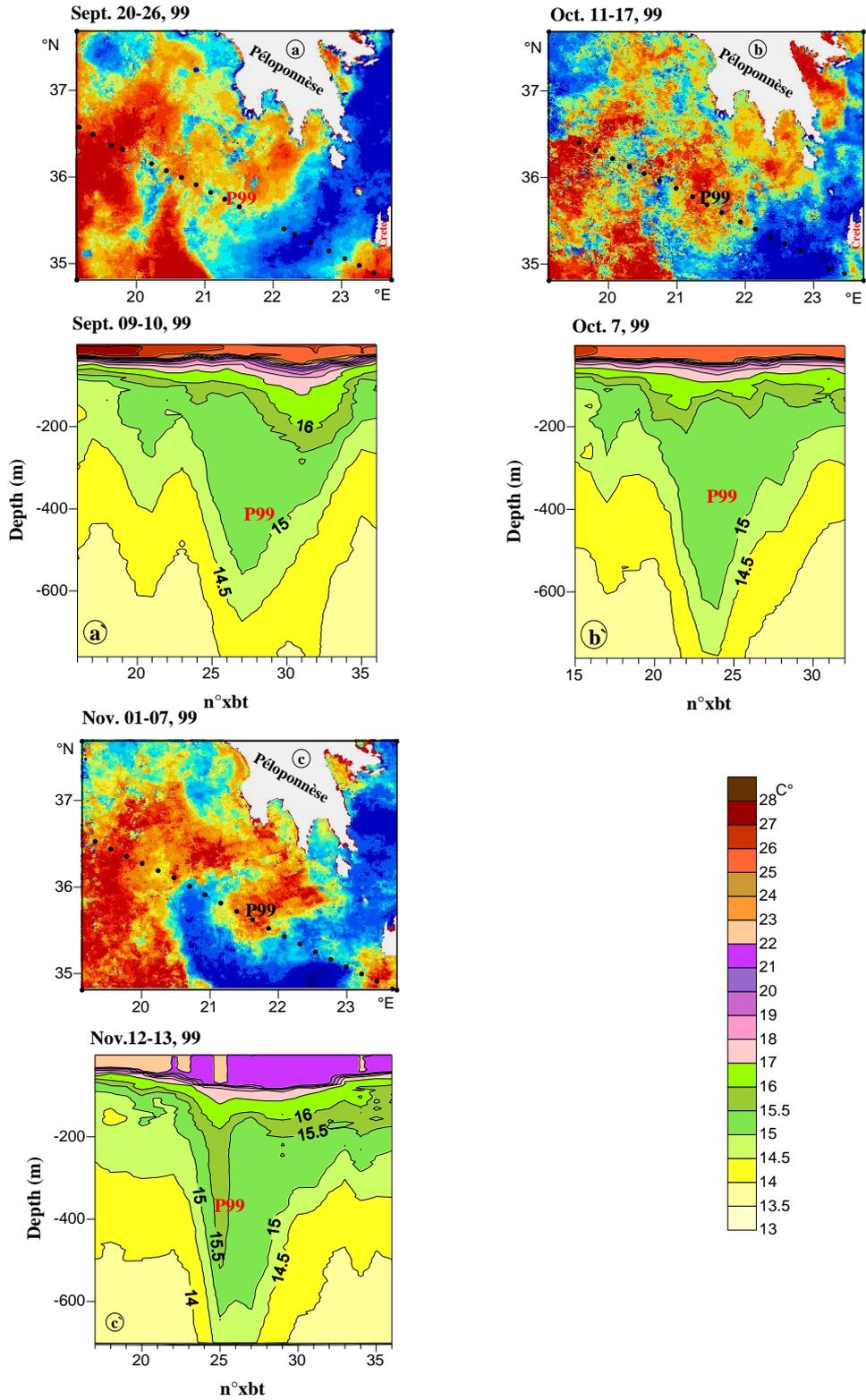
بينت نتائج تحليل صور ال SST بأن بيلويس يمكن أن تتحرك تاركة مكانها فارغاً، وهذا لايعني غيابها كما ذكر في بعض الدراسات المرجعية [2]. أما بالنسبة إلى زمن حياتها فيمكن أن يتجاوز العام والنصف.



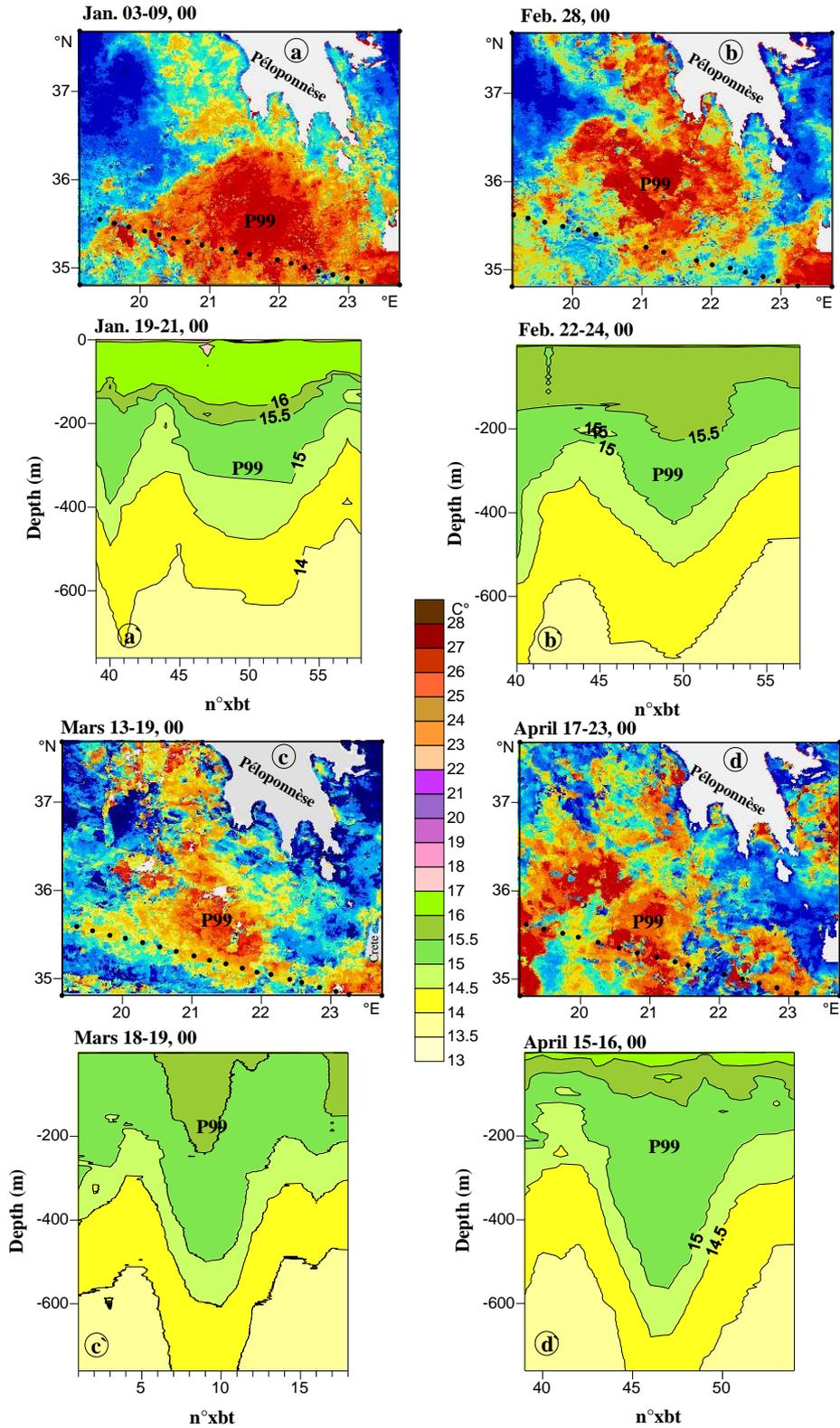
شكل (1): مجموعة صور SST يومية وشهرية مأخوذة بين حزيران 1999 و شباط 2000. تزداد درجات الحرارة من اللون الأزرق إلى الأحمر. تظهر جميع الصور الدوامة الأنتيسيكلونية بيلويس المتشكلة في العام 1999 (P99).



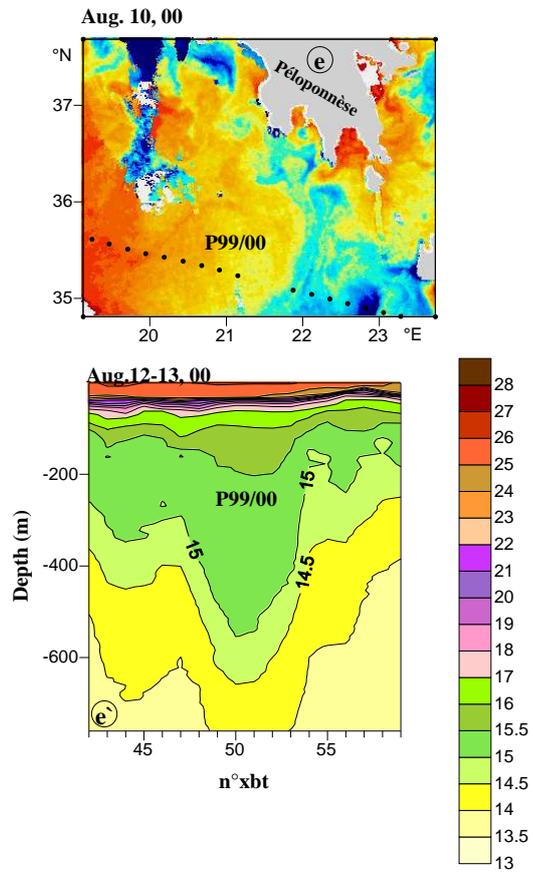
شكل (2): مجموعة صور SST شهرية مأخوذة بين أيار و كانون الأول لعام 2000. تظهر الصور استمرارية P99 حتى أيار 2000 وتحولها إلى P99/00 بعد هبوب رياح الإتزيان في حزيران 2000.



شكل (3): مقارنة بين صور الـ SST (a, b, c) و مقاطع الـ XBT (a, b, c)، المأخوذة في أيلول و تشرين الأول و تشرين الثاني لعام 1999. تشير النقاط السوداء الموجودة على الصور إلى مواقع محطات القياس.



شكل (4) : مقارنة بين صور ال SST (a, b, c, d, e) و مقاطع ال XBT (a, b, c, d, e) المأخوذة في كل من : كانون الثاني، شباط، آذار، نيسان و آب لعام 2000. تشيرالنقاط السوداء الموجودة عل الصور إلى مواقع محطات القياس.



تابع لشكل (4)

الاستنتاجات والتوصيات:

يمكن أن يصل قطر الدوامة الأنتيسيكلونية بيلوبس إلى 230 km وأن يتجاوز امتدادها في الأعماق 760m، كما يمكن أن تتحرك وتلتقي مع الدوامات المتشكلة من اضطراب التيار الليبي فتتغذى بالتالي من التيار الشاطئي الليبي. كشفت نتائج تحليل الدراسة عن وجود تطابق بين نتائج تحليل كل من المعطيات الحقلية والصور الفضائية. يجب مراقبة هذه الدوامة بشكل دائم بالاعتماد على الصور الفضائية وعلى قياسات حقلية متنوعة [XBT;CTD: Conductivity Temperature Depth ; ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler] لمراقبة التغيرات السنوية.

المراجع:

1. AYOUB, N., LE TRAON, P.Y., & DE MEY, P. A description of the Mediterranean surface variable circulation from combined ERS-1 and TOPEX/POSEIDON altimetric data. J. Mar. Syst. 18, 1998, 3 - 40.
2. AYOUB, N. Variabilité du niveau de la mer et de la circulation en Méditerranée à partir des données Altimétriques et de champs de vent. Comparaison avec des simulations numériques. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier. 1997.
3. DOBRICIC, S. & PINARDI, N. *An oceanographic three-dimensional variational data assimilation scheme*. Ocean Modelling. 22, 2008, 89–105.
4. GOLNARAGHI, M., & ROBINSON, A.R. *Dynamical studies of the Eastern Mediterranean circulation*. Ocean processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples. 1994, 395-406.
5. 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.
6. 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.
7. HAMAD, N. *La circulation de surface dans le bassin oriental de la Méditerranée d'après les observations satellitaires infrarouge*. Thèse France. 2003, 98.
8. IOANNONE, A., CATUCCI, A., GRASSO, M., LUCA, G., BORZELLI, E. *Decadal variability and scales of the sea surface structure in the northern Ionian*. Continental Shelf Research. 31, 2011, 37–46

9. JORDI, A., & WANG, D. P. *Mean dynamic topography and eddy kinetic energy in the Mediterranean Sea: Comparison between altimetry and a 1/16 degree ocean circulation model*. Ocean Modelling. 29, 2009, 137–146.
10. LE VOURCH, J., MILLOT, C., CASTAGNE, N., LE BORGNE, P., & OLRV, J.P. *Atlas of thermal fronts of the Mediterranean Sea derived from satellite imagery*. Mémoires de l'institut Océanographique. Monaco. 1992, 16.
11. MATTEODA, A.M., & GLENN, S.M. *Observations of recurrent mesoscale eddies in the Eastern Mediterranean*. J. Geophys. Res. 101 (C9), 1996, 20687-20709.
12. 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. 1991, 15, 215-240.
13. THEOCHARIS, A., GEORGOPOULOS, D., LASCARATOS, A., & NITTIS, K. *Water masses and circulation in the central region of the Eastern Mediterranean: Eastern Ionian, South Aegean and Northwest Levantine, 1986-1987*. Deep Sea Res., 40 (6), 1993, 1121-1142.
14. THEOCHARIS, A., BALOPOULOS, E., KIOROGLU, S., KONTOYIANNIS, H., & IONA, A. *A synthesis of the circulation and hydrography of the South Aegean Sea and the straits of the Cretan Arc (March 1994-January 1995)*. Prog. Oceanogr. 44, 1999, 469 -509.