

APPEL D'OFFRES 2006

Groupe Mission MERCATOR / CORIOLIS

GIP MERCATOR OCEAN

CNES, CNRS/INSU, IFREMER, IPEV, IRD, Météo-France, SHOM

FORMULAIRE DE DEMANDE 2006

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET : Laurent Mortier

UNITÉ DE RATTACHEMENT DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE : Laboratoire d'Océanographie et de Climat : Expérimentation et Approches Numériques (LOCEAN)

LOCEAN, tour 45-55 4ème ét., 4 place Jussieu, 75 252 PARIS CEDEX 5
Tél : Tel : 01 44 27 72 75, Fax : 01 44 27 38 05,
Courriel : mortier@locean-ipsl.upmc.fr

Directeur : Laurence Eymard

Titre du projet : EGYPT (Eddies and Gyres Paths Tracking)

Type de projet proposé :

PAC - Projet d'Action Ciblée

PPR - Projet en Partenariat Renforcé

Résumé du projet :

Par des mesures in situ appropriées, et leur confrontation avec les produits PSY2 de MERCATOR et les simulations du GCM MED16, nous nous proposons de tester les résultats que nous avons récemment déduits de l'analyse de l'imagerie infrarouge et de la modélisation, en nous concentrant dans un premier temps sur la circulation générale superficielle en Méditerranée orientale. Ces résultats s'accordent en effet pour montrer que cette circulation générale s'effectue, dès le canal de Sicile puis dans l'ensemble du bassin oriental, essentiellement le long de la pente continentale. Ils s'opposent donc radicalement aux schémas de circulation proposés jusqu'à présent qui décrivent quant à eux une circulation traversant l'ensemble du bassin dans sa partie centrale.

Nous nous proposons de mettre en œuvre en 2005, 2006 et 2007 essentiellement des bouées dérivantes qui seraient larguées en deux zones-clés : la zone côtière tunisienne dans le canal de Sicile et la zone côtière égyptienne dans le sous-bassin levantin où seront également déployés des profileurs PROVORs. Ces mesures permettront de décrire efficacement, en surface et dans la partie sud du bassin oriental, la circulation générale et la turbulence de moyenne échelle qu'elle induit. Leur analyse, ainsi que celle des produits dérivés de la modélisation, devrait contribuer à préciser le rôle majeur que semble jouer la topographie pour ce qui concerne tant la stabilité de la circulation que le détachement des tourbillons de moyenne échelle de cette circulation, ainsi que le déplacement qu'ils ont par la suite et le mélange qu'ils induisent avec les eaux du bassin intérieur. Dans un deuxième temps, EGYPT sera dédié à l'étude spécifique des tourbillons grâce à des mouillages courantométriques mis à l'eau d'avril 2006 à mi-2008 et des campagnes hydrologiques.

L'objectif de la demande n'est donc pas limité à une meilleure description de la circulation de surface dans le sud de la Méditerranée orientale. Il est aussi de poursuivre une étude de processus, entreprise en Méditerranée occidentale, sur le rôle de la topographie quant à la dynamique d'un courant de bord dans une mer marginale et celle des tourbillons résultants des instabilités de ce courant. A plus long terme, ce projet devrait permettre de préciser le rôle de ces tourbillons dans le flux d'eau atlantique de surface vers la zone de formation d'eau levantine intermédiaire située au nord du sous-bassin levantin et la variabilité interannuelle qu'ils sont susceptibles d'entraîner, conformément aux hypothèses émises par la thèse de B. Alhammoud à partir de simulations d'un GCM.

Autres laboratoires impliqués :

Intitulé du laboratoire	Organisme(s) de tutelle	Adresse (ville)	Nom du responsable du projet dans le laboratoire	Statut du responsable
AUDO	Université d'Alexandrie (Egypte)	Alexandrie	A.A.H. El Gindy	Professeur
CSIC	Min. Rech. Espagne	Barcelone	Jordi Font	DR
INSTM	Min. Rech. Sc. Tunisie	Salammbô	Chérif Sammari	Chercheur / Responsable du laboratoire du milieu marin
HIMR	Université de Lattaquié (Syrie)	Lattaquié	Najwa Hamad	MCF
LOB / CNRS UMR 6535	CNRS/Université de la Méditerranée	Marseille	Isabelle Taupier-Letage	CR CNRS / Co PI projet EGYPT
LSEET-LEPI	CNRS/Université de Toulon et du Var	La Garde	Anne Molcard	MCF
NIOF	Egyptian National Oc. Data Center	Alexandrie	M. El Saïd	
OGS/SIRE	OGS	Trieste	Pierre-Marie Poulain	DR / PI EGITTO

Durée du contrat demandé : 1 an (suite et fin de la phase expérimentale de EGYPT initiée en 2005)

Montant total demandé (HT) : 19 300 EUR (10 000 EUR équip., 9 300 EUR fonct.)

Demande de parrainage :

- d'un projet de thèse : NON
- d'un projet post-doctoral : NON

Visa *obligatoire* du responsable de l'unité :

Signature du responsable scientifique :

DOSSIER SCIENTIFIQUE

A. Historique des demandes PATOM-IDAO, GMMC et commission OPCB

Appels d'offre en 2003 :

- SALTO-2 : réponse à l'AO2003 du PATOM. Projet proposé pour la période 2003-2004. Classement A, financement 4000 EUR en 2003.
- MEMO : réponse à l'AO2003 du PATOM. Classement B, non financé. Le CS PATOM recommande que cette demande soit fusionnée avec SALTO-2 en 2004.

Appels d'offre en 2004 :

- BOMOMO : réponse à l'AO2004 du PATOM. Projet proposé pour la période 2004-2006. Classement A, financement 24000 EUR en 2004 qui ne couvrent que l'achat des bouées de surface. BOMOMO fusionne les projets SALTO-2 et MEMO. Suivant les recommandations du CS PATOM, (1) BOMOMO a été rebaptisée EGYPT-P (Eddies and Gyres Paths Tracking -PATOM) pour une meilleure visibilité du projet et (2) le projet a été soumis au GMMC pour obtenir des PROVORs.
- EGYPT-1 : réponse à l'AO2004 de la commission OPCB. Demande de campagne pour 2005. Classée non prioritaire. Cf. évaluation par la commission OPCB à http://www.ifremer.fr/lobtln/EGYPT/rapport_evaluation_EGYPT1_2004.pdf
- EGYPT-MC : réponse à l'AO2004 du GMMC. 5 PROVORs accordés et financement 4400 EUR pour le fonctionnement.

Appels d'offre en 2005 :

- EGYPT-1 : réponse à l'AO2005 de la commission OPCB. Demande de campagne pour 2005. Classée prioritaire et temps bateau accordé part la suite sur le FS Poseidon de l'IFM-Kiel.
- EGYPT-P : réponse à l'AO2005 du PATOM. Projet prolongé jusqu'en 2007. Financement accordé 21500 EUR pour le fonctionnement de la campagne EGYPT-1.
- EGYPT-MC : réponse à l'AO2005 du GMMC. 5 PROVORs accordés et financement 8000 EUR pour le fonctionnement du projet (publications) et les missions.
- EGYPT-2 : Intention transmise à l'INSU d'une demande de campagne à l'AO2007 de la commission OPCB en mi-2008 pour la récupération des mouillages.

Appels d'offre en 2006 :

- EGYPT : Réponse à l'AO2006 LEFE-IDAO. Financement accordé 12 000 EUR pour le fonctionnement (missions, notamment pour nos collègues italiens, espagnols et tunisiens).
- EGYPT : Projet de réponse à MERCATOR/CORIOLIS. Cette demande.

Prévisions d'appels d'offre en 2007 :

- Réponse aux appels d'offre LEFE-IDAO et GMMC fin 2007 pour l'exploitation des données et des modèles, éventuellement l'attribution de 5 PROVORs pour largage lors de EGYPT-X.

B. Préambule

Cette troisième et dernière proposition EGYPT inclut, comme les précédentes, les études relatives au canal de Sicile. Ces études ont été initiées en 2003 par le premier projet SALTO-2 soutenu par le PATOM, puis incluses dans notre première demande EGYPT de 2004 à la demande du CS PATOM. Le projet de campagne EGYPT-1 ayant été repoussé en 2006, le projet initial prévu pour 2004-2006 est prolongé jusqu'en 2007.

Les crédits alloués en 2004 par le PATOM ont été intégralement utilisés pour l'achat des bouées dérivantes. Le modèle SVP-II de Clearwater a été sélectionné après consultation des utilisateurs et considération des prix et nous avons pu en acheter 16. Les crédits alloués en 2005 par le PATOM ont été utilisés pour les mouillages EGYPT-1. Les crédits GMMC accordés en 2004 et 2005 ont été utilisés en en 2004 et 2005 pour les différentes missions, notamment celles associées au largage des bouées de surface et des profileurs, le poste missions n'ayant pas été pourvu par le PATOM.

La proposition EGITTO de P.M. Poulain (OGS, Osservatorio Geofisico Sperimentale) à l'Office for Naval Research (ONR) a été financée, procurant ainsi un complément d'une cinquantaine de bouées dérivantes pour le Canal de Sicile et le sous-bassin Levantin de même que le financement pour deux ans d'un post-doc.

Karine Béranger a été recrutée à l'ENSTA en tant qu'enseignant chercheur en octobre 2004. Son programme de travail concerne directement plusieurs des objectifs de EGYPT. Pierre Testor a été recruté au CNRS et affecté au LOCEAN début 2006. La proximité thématique de son projet (dynamique du courant de bord sur le talus du Golfe du Lion étudiée à l'aide de gliders) avec EGYPT l'amène à contribuer au projet. A l'horizon 2008, il est d'ailleurs envisageable de déployer des gliders en cours de déploiement en Méditerranée Nord-Occidentale dans le bassin oriental.

1. Intérêt scientifique et adéquation aux objectifs de l'appel d'offre du Groupe Mission Mercator / Coriolis :

Les mers marginales sont l'objet d'un regain d'intérêt dans les publications théoriques - notamment après le 'Labrador Sea Deep convection Experiment' (Labrador Sea Group, 1988 ; Spall, 2003 ; Spall, 2004) - car elles sont le lieu privilégié de formation de masse d'eaux qui à l'échelle régionale ou globale joue un rôle majeur. De ces études, il devient clair au plan théorique que les courants de bord jouent un rôle essentiel pour équilibrer le bilan de flottabilité négatif : en raison de leur caractère instable, contrôlé le plus souvent par la forme du bassin profond, les courants de bord sont la source directe du flux latéral de flottabilité vers la zone de convection, flux associé à l'instabilité barocline du 'rim current' résultat de la convection (Spall, 2004) d'une part, ou bien flux liés à des tourbillons éjectés par la branche supérieure chaude d'autre part, comme c'est le cas pour le courant d'Irminger (Lilly *et al.*, 2003).

Dans le cas des deux bassins de la Méditerranée, cette séparation est pertinente : il faut noter en effet les différences de comportement du courant de bord entre le nord et le sud des deux régions de convection (formation de Western Med. Deep Water WMDW en zone MEDOC dans le bassin ouest, formation de Levantine Intermediate Water LIW dans le sud-est de l'île de Rhodes dans le sous-bassin Levantin) (Milot *et al.*, 2005 ; Hamad *et al.*, 2005) :

- plus stable au nord le long des côtes ligures et provençales dans le bassin occidentale avec une activité à méso-submésoséchelle dont l'intensité augmente en hiver (Sammari, 1995) après la convection en rapport avec l'instabilité autour de la zone de convection, et de même le long des côtes turques avec le courant d'Asie Mineure,
- très instable toute l'année au sud - dans ce que l'on peut appeler la 'branche chaude' de la THC liée à l'apport d'AW par les détroits, soit le courant Algérien dans le sous-bassin Ouest et le courant Egyptien dans le sous-bassin Levantin – deux courants qui sont la source de tourbillons advectés vers l'intérieur du bassin et/ou dans le cas du bassin Levantin piégés par la topographie complexe de ce sous-bassin.

Un résultat important sur le contrôle de la circulation superficielle d'AW dans le sous-bassin Levantin par les tourbillons formés dans le sud du bassin Levantin a été établi à partir des

simulations MED16 par B. Alhammoud lors de sa thèse : il concerne le Mid Mediterranean Jet (MMJ) et les controverses associées (Milot *et al.*, 2005). Dans MED16, le MMJ est une structure récurrente et non permanente, conditionnée par la présence des grands anticyclones dans la zone de Mersa-Matrouh qui contraignent ou pas le passage d'AW le long de la côte africaine. En effet, en présence de ces tourbillons de mésochelle, le MMJ est formé au centre du bassin et advecte l'AW vers l'est tandis qu'en l'absence de ces tourbillons, le courant d'AW est côtier. En d'autres termes, des régimes de « temps océaniques », courant côtier (resp. MMJ), sont liés à l'absence (resp. la présence puis le blocage) de tourbillons dans la zone de Mersa-Matrouh. Ce résultat est compatible avec les premières analyses de trajectoire de bouées de surface larguées dans cette région (voir annexe 1).

L'objectif de EGYPT s'inscrit dans ce contexte. A partir d'observations in-situ dans le sud du sous-bassin Levantin, notamment à l'aide de flotteurs profileurs fourni par CORIOLIS et intégrés dans le réseau MEDARGO, d'analyses opérationnelles et d'un modèle de circulation générale, il s'agit de **caractériser la dynamique du courant de bord le long des côtes Libyennes et Egyptiennes et celle des tourbillons associés** et de proposer une rationalisation des phénomènes observés à partir de modèles conceptuels concernant

- la nature des instabilités du courant de bord,
 - la dynamique des tourbillons en rapport avec la topographie du talus et du bassin profond,
 - et le contrôle de l'advection de l'eau atlantique par ces tourbillons,
- et tenter d'évaluer la contribution de ces tourbillons au flux de chaleur vers le nord dans la région de convection.

Les observations in-situ réalisées pendant EGYPT doivent ainsi permettre de valider les premiers résultats qualitatifs relatifs à la circulation de AW dans le bassin oriental de la Méditerranée déjà obtenus avec

- des observations de SST : analyse de l'imagerie infrarouge et de données in situ par le LOB et l'INSTM (Hamad *et al.*, 2003, 2005) et
- des simulations numériques 'eddy resolving' : modèle MED16 par le LOCEAN (Alhammoud *et al.*, 2003 ; Béranger *et al.*, 2003b ; Alhammoud, 2005).

Dans le cadre d'EGYPT, nous mettons en œuvre une méthode d'assimilation (Taillandier, 2006a et 2006b) des trajectoires de bouées de surface et des profileurs du réseau MEDARGO dans le modèle MED16. Ce point permet de renforcer encore l'adéquation de EGYPT aux objectifs de l'AO2006 du GMMC, notamment :

2.1.2 Assimilation (Assimilation des nouvelles données telles que les mesures de courant par ADCP ou déplacements des flotteurs, gliders, ...).

2.1.6 Données in Situ (Thème prioritaire : Validation et valorisation des déplacements des profileurs lagrangiens et des mesures acquises lors de leur dérive en profondeur (température, salinité) pour l'estimation de la circulation et la caractérisation des masses d'eau.)

2. Plan de recherche et calendrier d'exécution :

Pour des compléments d'information, on pourra se reporter aux deux sites web suivants :

- programme EGYPT (Eddies and Gyres Paths Tracking, <http://www.ifremer.fr/lobtln>)
- et son programme conjoint EGITTO (PM Poulain, OGS : http://poseidon.ogs.trieste.it/sire/drifter/egitto_main.html)

Ci-dessous, en regard des différentes tâches, sont indiqués les laboratoires principalement impliqués. Le tableau des participants de la partie « Moyens » reprend ensuite cette information participant par participant.

Le texte ci-dessous est celui proposé en 2004 avec les mises à jour liées au travail déjà effectués et aux aléas de disponibilité des bateaux rencontrés. Voir aussi en annexe 1, le rapport d'avancement 2006 qui présente également les modifications qui ont du être faites quant au plan initial des mouillages. Nous conservons dans cette proposition le volet « Canal de Sicile » du programme bien qu'il concerne moins directement les objectifs GMMC de EGYPT.

2.1 Acquisitions de données

L'état d'avancement des différentes opérations à la mer à la date de rédaction de cette proposition (largage de bouées de surface et profileurs, surveillance hydrologique, et campagne EGYPT-1) est présenté en annexe 1.

2.1.1. Surveillance hydrologique (en 2005 et 2006)

Canal de Sicile (INTSM) (pour mémoire)

Nous proposons de conduire une surveillance hydrologique de la radiale 'Cap Bon - Marsala'. Le N/O Hannibal de l'INSTM couvrira la radiale du Cap Bon en direction de Marsala jusqu'aux eaux territoriales italiennes (~ 30 milles) en prenant soin d'échantillonner avec un pas relativement fin (~2 milles) et en débutant très près de la côte tunisienne. La programmation du N/O Hannibal a été faite en 2005 sur la base d'une sortie tous les 2 mois. La programmation pour 2006 a été faite sur la même base mais en élargissant la zone de surveillance par l'ajout de 3 radiales (figure 1).

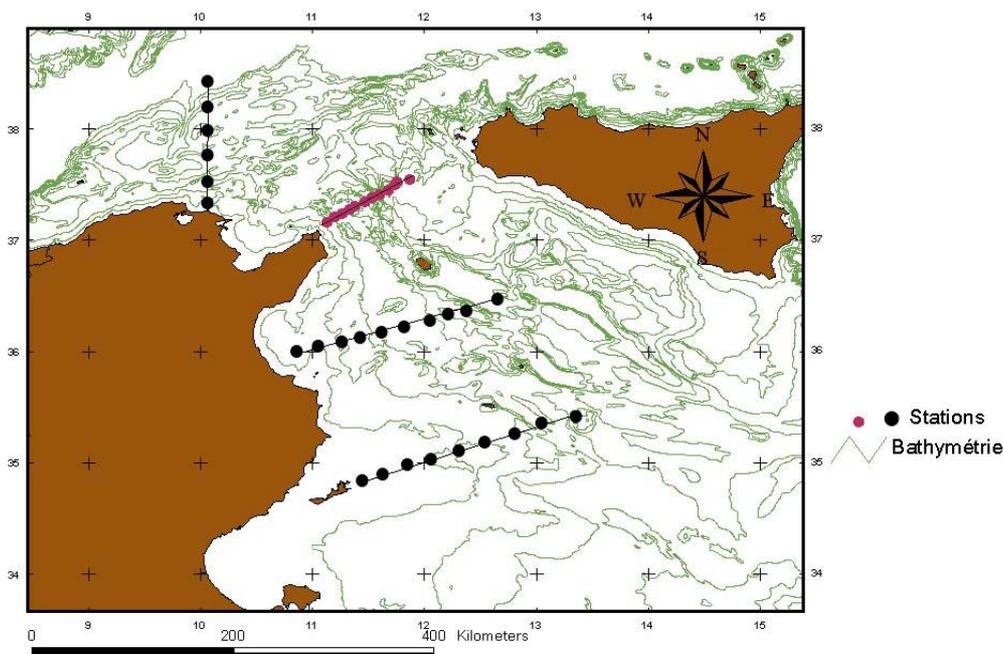


Figure 1 : Proposition des stations d'échantillonnage pour l'année 2006

Sous-bassin Levantin (AUDO et NIOF p.m.)

Les Egyptiens disposent de 2 bateaux de 31 m (donnés par le Japon et équipés d'une CTD) qui conviendraient parfaitement, mais leur utilisation n'est pas simple pour de la surveillance hydrologique, et s'avère peu probable à l'horizon de 2006-2007.

Autres données hydrologiques (LOB, LOCEAN)

Dans le cadre du projet européen MFSTEP, quelques transects VOS-XBT concernent les zones auxquelles nous nous intéressons : Sète - Tunis (suivie par le LOB) ainsi que Istanbul - Alexandrie et Chypre - Alexandrie. Malheureusement, et malgré nos efforts envers les responsables du projet MFSTEP, aucune mesure ne sera effectuée dans les eaux nationales (là où l'essentiel de la circulation se fait d'après nous) par crainte de problèmes diplomatiques.

Données TSG (pour mémoire) : Un TSG a été installé à bord d'un transbordeur de la SNCM effectuant la ligne Marseille - Tunis / Alger environ 1 fois/semaine (action animée par I. Taupier-Letage avec le soutien de la CIESM. Voir www.ifremer.fr/lobtln/TRANSMED).

Données de glider : Les données d'un glider de type Slocum côtier (immersion max 200m) déployé de septembre 2004 à février 2005 par Pierre Testor (IFM Kiel) dans le sous-bassin Ionien sont disponibles via notre participation au projet MFSTEP. Cf. www.ifm.uni-kiel.de/fb/fb1/po2/research/mfstep/index.html. Ces données vont faire l'objet d'une publication prochaine. Dans le cadre de l'initiative « European Glider Observatories » (<http://www.locean-ipsl.upmc.fr/gliders>), nous sommes en pourparler avec le Cyprus Oceanography Centre (Dan Hayes) pour l'acquisition d'un glider qui pourrait être déployé dans le bassin Levantin.

Nous avons commencé à rassembler toutes les données archivées de thermosalinomètre et d'ADCP, voire de radiales XBT et de profileurs disponibles dans la partie sud du bassin oriental. De plus, des accords pour récupérer systématiquement les données acquises dans le futur sont déjà intervenus ou sont en cours de discussion (CORIOLIS, IPEV, IRD, SISMER, SHOM).

2.1.3. Suivi lagrangien de surface

Canal de Sicile (OGS, INSTM)

Nous profiterons des sorties régulières du N/O Hannibal ou dans le canal de Sicile du ferry Naples-Tunis pour larguer des bouées (drogue au standard WOCE) positionnées par ARGOS. Ces bouées permettront de préciser la

circulation superficielle non seulement dans le canal de Sicile mais aussi dans l'ensemble du sous-bassin ionien.

- *Stratégie de largage.* La stratégie qui nous paraît la plus convaincante (pour optimiser le rapport qualité / prix, c'est-à-dire information attendue / nombre de bouées larguées par largage et espacement - nombre de largages), est de larguer les bouées sur la route retour du N/O Hannibal pour optimiser les points de largage compte tenu de la dynamique déduite de l'hydrologie (courant géostrophique) lors de la route aller.

- *Durée de vie des bouées.* La durée de vie des bouées a été estimée à partir des largages réalisés par P.M. Poulain entre 1994 et 1997 dans le bassin oriental. Les bouées ayant dérivé dans la moitié sud du sous-bassin ionien sont restées en moyenne 5 mois entre 10°E et 20°E et aucune de ces bouées n'a été « pêchée ». Ces statistiques sont tout à fait comparables à celles obtenues à partir d'une trentaine de bouées larguées dans le bassin occidental lors des campagnes MEDIPROD-5, ALGIERS-96 et ALGIERS-98 dans le bassin Algérien, la durée de vie maximum ayant été de ~9 mois.

- *Positionnement.* Le positionnement des bouées demandées au PATOM est un simple positionnement ARGOS car la précision-GPS pour les études de circulation que nous nous proposons de faire n'est pas nécessaire et le surcoût non justifié. Le coût du positionnement n'a pas été évalué car il est assuré par l'intermédiaire des contrats CNRS, global déjà passés avec le CLS. Le positionnement des bouées de l'OGS (GPS + ARGOS) est pris en charge par l'OGS.

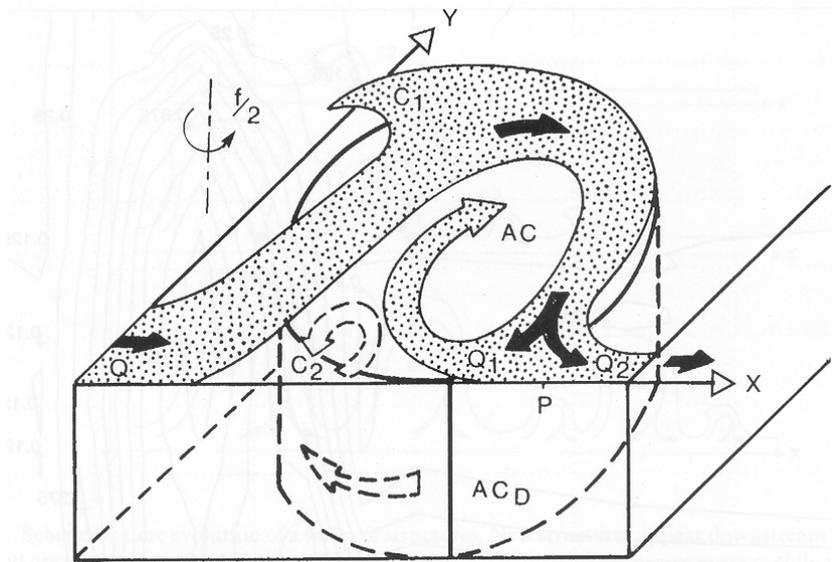


Figure 2 : Schéma d'une instabilité engendrée par un écoulement superficiel côtier déduit i) de l'analyse de données *in situ* et par télédétection concernant le courant algérien et ii) d'expériences en laboratoire (d'après Obaton et al., 2000).

Sous-bassin Levantin (OGS, LOB)

- *Stratégie de largage.* L'objectif est de larguer lors de transits valorisés, et aussi lors d'EGYPT-1 (voir ci-dessous), un maximum de bouées en une seule fois (pour définir au mieux une structure et éviter de répéter des transits importants), le long d'une radiale perpendiculaire à la côte en amont d'une - ou dans une - instabilité, comme nous l'avons fait pendant ALGIERS-96. Il nous semble en effet important de vérifier si la structure superficielle de ces instabilités correspond bien à celle qui pourrait être schématisée, comme nous l'avons proposé pour les instabilités du courant algérien (cf. fig. 2 ci-dessus d'après Obaton *et al.*, 2000), par un méandre entourant un tourbillon anticyclonique (AC), développant à partir de sa crête un cyclone relativement éphémère (C1) et une zone d'upwelling présentant parfois une structure cyclonique (C2). A terme, il nous semble fondamental de vérifier, avec des mouillages de courantomètres (2005-2007) et comme nous l'avons désormais vérifié pour les tourbillons algériens pendant ELISA (Millot et Taupier-Letage, 2003), si ces tourbillons ont une structure anticyclonique dans toute la couche inférieure (AC_D, fig. 2) et comment celle-ci s'établit à partir d'une instabilité du courant.

- *Durée de vie des bouées.* Cf. ci-dessus

- *Positionnement.* Cf. ci-dessus

- *Mise à jour de la stratégie de largage.* Les largages effectués jusqu'à présent (voir annexe 1) l'ont été lors de transits valorisés (EGITTO-1 N/O OGS Explora, EGYPT-0 N/O Atalante) et lors de la campagne EGYPT-1 (FS Poseidon). Tant les routes définies pour ces transits que lors de EGYPT-1 pendant laquelle le temps bateau était fortement contraint par le déploiement des mouillages, il n'a pas été possible de larguer des bouées de surface suffisamment en amont de la zone de Mersa-Matrouh et sur une radiale traversant l'ensemble du bassin. Le dernier largage envisagé (transit valorisé sur le Suroît en mars 2007 ; voir annexe 2) doit permettre de corriger cette lacune.

2.1.4. Imagerie satellitaire et altimétrie (à partir de 2005) (LOB, OGS, INSTM)

La collaboration du SATMOS / CNRS / Météo-France (CMS - Lannion) permet au LOB d'obtenir (depuis mi-oct. 2001) les images thermiques NOAA / AVHRR de toutes les orbites écoutées au CMS couvrant la Méditerranée en temps quasi réel à la résolution maximale de ~1km (le CMS est malheureusement en limite d'acquisition pour la partie sud-est du bassin oriental). Depuis juillet 2004 la collaboration avec ACRI dans le cadre du programme Coastwatch (ESA / GMES) nous permet d'obtenir les images thermiques à ~1 km en temps quasi réel de façon routinière et sans problème de couverture, cependant certaines images sont inutilisables du fait d'un mauvais choix de seuil. Nous utiliserons donc également les images acquises par la station de l'OGS (collaboration de PM Poulain). Les archives ainsi constituées permettront d'une part de situer les données hydrologiques et lagrangiennes par rapport aux phénomènes existants, et d'autre part de comparer la circulation de surface qui en est déduite avec

les analyses de PSY2. De plus, l'analyse conjointe des images et des prévisions PSY2 dans les quelques jours précédant une sortie hydrologique du N/O Hannibal nous permettra d'affiner la stratégie de largage des bouées en ce qui concerne la Tunisie.

A l'horizon 2008, Gilles Larnicol nous a fait part de son intention de participer à l'analyse de la courantométrie avec l'altimétrie. Les mouillages d'EGYPT sont d'ailleurs positionnés sous les traces JASON.

2.1.5. Contribution à MEDARGO (OGS, LOB)

L'US Navy a environ 8 profileurs opérationnels dans le sous-bassin Levantin, mais dans les parties centrale et nord. MEDARGO a 20 profileurs à déployer en Méditerranée à partir de septembre 2004, mais moins de la moitié devrait être déployée dans le bassin oriental. Le nombre exact et la stratégie de déploiement MEDARGO ne sont pas encore fixés à la date de rédaction de ce document, mais il est probable que des largages soient prévus dans le sud Levantin. Nous déploierons donc en complément de MEDARGO mais en nous focalisant sur le sud du sous-bassin levantin, les 10 profileurs PROVORS obtenus en 2004 et 2005 en réponse aux appels d'offre GMMC 2005. Les profils de température/salinité obtenus par des profileurs autonomes sont essentiels pour les programmes d'océanographie opérationnelle en Méditerranée (MERCATOR et MFSTEP/MEDARGO) dans une région actuellement sans aucune donnée opérationnelle. En effet, la dissémination de ces données en temps presque réel et leur assimilation dans des modèles numériques permettent d'améliorer les prévisions. De plus, la mise en oeuvre de PROVORS dans le cadre d'EGYPT permettra de les déployer de façon ciblée dans le Courant Egyptien et/ou dans les tourbillons qu'il engendre, contribuant ainsi aux objectifs scientifiques de EGYPT.

Les données de PROVORS seront d'autant plus précieuses qu'elles assureront la continuité avec des données NAVOCEANO dont les profileurs arrivent en fin de vie et rempliront les vides laissés dans la base NAVOCEANO. La base de données issue des profileurs sera donc constituée des données US Navy (données distribuées à CORIOLIS), des données MEDARGO et de celle des PROVORS demandés ici. La validation des données des PROVORS est garantie par le fait qu'elle sera effectuée par Pierre Poulain (OGS), responsable MEDARGO.

Enfin, il y a deux lignes VOS/XBT de MFSTEP qui passent dans cette région (Turquie-Alexandrie et Chypre-Alexandrie) : les profils et les trajectoires des PROVORS passant au plus près pourront être confrontés aux structures mises en évidence par les radiales XBTs, les 2 jeux de données se compléteront.

2.1.6. Les campagnes EGYPT-1 et EGYPT-X (en avril 2006 et à mi-2008) (LOB, OGS)

La zone d'étude privilégiée est schématisée sur la figure 8. Les objectifs d'EGYPT-1 en 2006 sont:

- La mise en place du réseau de six mouillages,
- Le largage des bouées dérivantes et de profileurs PROVOR (5),
- La réalisation de sections (CTD et XBT) à travers le courant de AW et dans des tourbillons libyo-égyptiens.

Une campagne pour la récupération des mouillages et de l'hydrologie (EGYPT-X) sera demandée pour 2008.

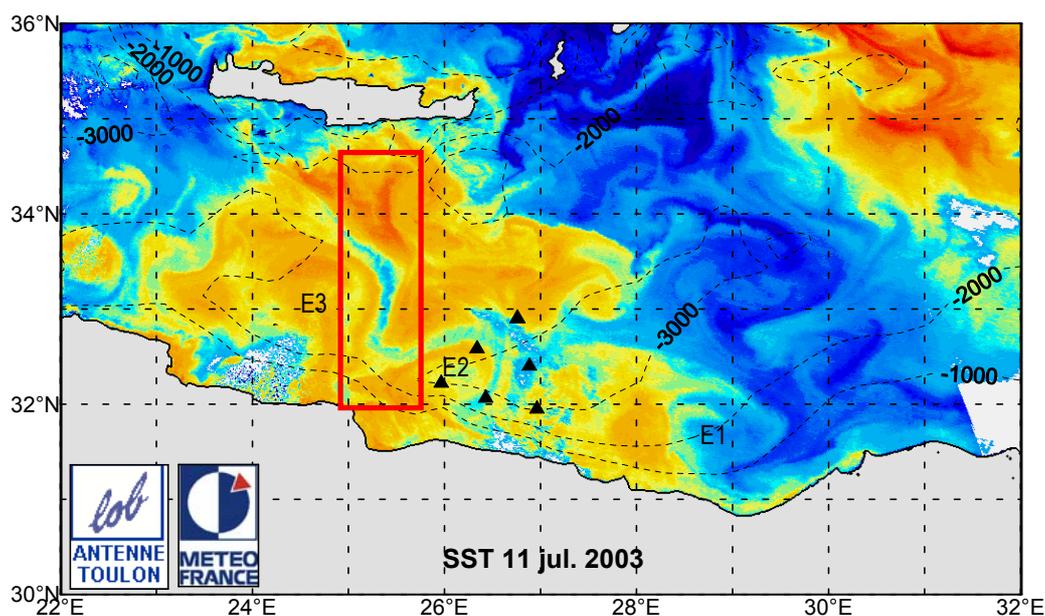


Figure 3 : Zone d'étude : sous-bassin levantin ouest. Triangles : positions théoriques des mouillages. Cadre rouge : l'une des zones pressenties pour le largage des bouées dérivantes et de PROVOR. La fosse d'Hérodote correspond aux profondeurs > 3000 m.

2.1.6.1. Réseau de mouillages

L'objectif est de mettre en place 6 mouillages de sub-surface dans les eaux internationales (fig. 3), espacés de ~50km (diamètre d'un tourbillon libyo-égyptien : 100-200km). La position finale du réseau sera ajustée dans la direction est-ouest surtout, i.e. parallèlement à la pente continentale, en fonction des tourbillons présents lors du déploiement. Chaque mouillage sera équipé de 4-5 courantomètres pour optimiser la résolution verticale : ~100m pour la couche superficielle, ~250m pour la LIW, ~1000, ~2000 et ~3000m (fond).

Les tourbillons libyo-égyptiens sont généralement plus grands que leurs homologues algériens, ils se déplacent plus lentement et/ou peuvent rester immobiles plus longtemps. Par conséquent, afin d'espérer échantillonner un nombre suffisant de tourbillons, il est souhaitable d'allonger la durée

d'enregistrement à 2 ans. Ceci ne pose pas de problèmes majeurs d'autonomie ni de capacité (un pas de temps de 2 h, i.e. 2 fois le pas de temps que nous utilisons habituellement, permet encore de résoudre correctement l'inertie), ni de résistance à la corrosion, dont nous commençons à pouvoir limiter les effets. Même pour les instruments les plus proches de la surface (~100 m), le fouling ne posera aucun problème (zone oligotrophe, utilisation de courantomètres acoustiques RCM9-11, et d'antifouling).

Il est important de mettre en place dès que possible le réseau de courantométrie eulérienne. En effet, nous avons terminé en 2004 les opérations à la mer que nous avons entreprises en Méditerranée occidentale, et tous nos instruments sont disponibles. De plus ceux que doit mettre en œuvre notre collègue Espagnol J.Font (ICM/CISC/Barcelone) ont déjà été mobilisés en partie pour 2005 (précédente demande de campagne), et ils pourront difficilement le rester au-delà de 2008 (après EGYPT nous mettons en œuvre nos propres instruments dans les opérations qu'il coordonnera alors).

2.1.6.2. Bouées de surface et profileurs

Une partie des 16 bouées dérivantes acquises grâce au soutien du PATOM sera larguée selon une radiale perpendiculaire à la côte (cf fig. 3) avec un pas de ~10-15 km, afin de décrire tant la circulation le long de la pente que les tourbillons. Le reste sera largué au cours de transits ou de radiales dans des tourbillons ou d'autres structures intéressantes déterminées d'après l'imagerie.

La stratégie de largage des 5 PROVORs accordés par le GMMC en 2005 n'est pas encore définitivement arrêtée (concertation avec MEDARGO qui aura à cette date déployé l'ensemble des ses profileurs), mais on envisage dans le ou les tourbillons Ierapetra présents dans la zone.

2.1.6.3. Hydrologie

L'objectif est d'obtenir des observations selon des radiales réalisées avec un pas d'espace de quelques milles (~10km), guidées par l'imagerie satellitaire, tant dans les tourbillons que dans la circulation le long de la pente (i.e. dans les eaux nationales égyptiennes). Nous utiliserons les transits pour acquérir des données d'ADCP de coque et de thermosalinomètre (TS), et, le cas échéant, faire des tirs d'XBT dans les tourbillons traversés. Dans cette zone il n'y a eu aucune étude suffisamment fine pour rendre compte des phénomènes, d'où l'importance de cette première étude. Les données d'hydrologie ont donc une importance essentielle dans le cadre d'EGYPT.

Elles sont également importantes dans un cadre plus large. En effet, les deux zones du bassin oriental que sont les sous-bassins égéen et adriatique ont la

particularité de former des eaux denses qui, tout en ayant des caractéristiques hydrologiques très différentes, ont des densités relativement proches, pouvant conduire à une inversion dans la superposition de ces masses d'eau à l'échelle décennale (le « transient », Roether *et al.*, 1996). Par ailleurs, Millot et al (2005) ont montré que l'eau qui sort à Gibraltar depuis une dizaine d'années provient essentiellement du bassin oriental, alors qu'elle provenait essentiellement du bassin occidental au cours des précédentes décennies (une sorte de transient à l'échelle de la Méditerranée donc). Enfin, toutes les masses d'eau en Méditerranée (CIESM group, 2002 ; Millot and the CIESM group, 2004) comme dans l'océan global (e.g. Levitus *et al.*, 2000) subissent des tendances à long terme. La zone couverte par EGYPT est tellement peu explorée que toute donnée collectée là aura une très grande valeur à plus grande échelle.

2.2 Outils de modélisation

2.2.1. Modèles académiques

Cette deuxième partie porte sur le contrôle de l'instabilité du courant d'AW par la topographie de la pente continentale libyenne et égyptienne. Cette composante du projet EGYPT a fait l'objet en 2005 d'une pré-étude sur la table tournante de l'ENSTA, partiellement financée par l'IPSL. Sur la base des résultats préliminaires, nous avons décidé de développer plus largement cette étude qui a fait l'objet en mars 2006 d'une réponse à l'ANR « blanche » par K. Béranger et A. Stegner (proposition consultable sur le site www.ifremer.fr/lobtln). Ce projet interagit largement avec l'étude prévue ici sur la dynamique et les instabilités d'un courant de bord, et EGYPT fournit un cadre expérimental adapté et surtout des données de référence. Bien que ce projet n'ait pas été retenu par l'ANR, une partie des objectifs, notamment les expériences sur table tournante, est en cours de réalisation dans le cadre de la thèse de Samuel Teinturier à l'ENSTA.

2.2.2. Modèles numériques : MED16, PSY2 (LOCEAN)

Pour des études scientifiques spécifiques, la Méditerranée a été « débranchée » du Prototype Atlantique - Méditerranée de MERCATOR, c'est le modèle MED16 (Béranger, 2003), ce qui rend les simulations longues plus faciles et peu coûteuses. Les simulations actuelles réalisées avec un forçage atmosphérique issu des analyses ECMWF des années 1998 à 2002 montrent un très bon comportement du modèle pour les processus les plus importants dans le contrôle de la circulation de surface. Celle-ci est en très bon accord avec le schéma établi à partir de la SST (Hamad *et al.*, 2005). Une simulation en « partial steps » montre des améliorations très nettes : circulation cyclonique profonde dans le sous-bassin algérien correctement développée, tourbillons contrôlés par la topographie plus cohérents, etc. Une nouvelle simulation est en cours de développement : forçage issu d'un

downscaling sur la période de 1987 à nos jours de ERA40 et des analyses ECMWF à partir de 2000, réalisé avec MM5 (Thèse de Tamara Salameh au LMD sous la direction de P. Drobinski), intégration des développements et paramétrisations qui ont été validés ces dernières années (postdoc de K. Béranger, thèses de Bahjat Alhammoud et de Alexandra Bozec). Cette simulation devrait être plus adaptée à l'étude de la circulation générale dans le bassin orientale, notamment en raison de la résolution plus élevée du forçage par le vent qui doit permettre une meilleure représentation des tourbillons qui, comme celui de Ierapetra, Pelops ou le cyclone de Crète, sont largement dépendants du vent.

En plus des simulations MED16, nous disposons également des analyses de PSY2 et de celles du projet MFSTEP avec un échantillonnage journalier qui sont rapatriés automatiquement chaque semaine au LOCEAN. Ces données servent et serviront à :

- actuellement, au choix des points de largage de bouées de surface (campagne EGYPT-1) et des profileurs, en complément de la télédétection infrarouge et de l'hydrologie,
- préciser le contexte de grande échelle pour l'exploitation des données hydrologiques et lagrangiennes,
- valider MED16 et PSY2, quantitativement sur l'hydrologie et 'qualitativement' sur les trajectoires lagrangiennes (voir ci-dessous),
- évaluer la valeur explicative des modèles analytiques.

2.2.3. Modèle régional (INSTM)

Pour ses études scientifiques spécifiques dans le canal de Sicile et le Golfe de Gabès, l'INSTM a développé un modèle emboîté (basé sur le code POM) du canal de Sicile de résolution $1/24^{\text{ème}}$ de degré qui peut être forcé par un GCM ou par les analyses issues de MFSTEP. Ce modèle inclut un module lagrangien qui permet de simuler les trajectoires de bouées de surface. Dans sa version forcée par MFSTEP, ce modèle régional sera plus spécifiquement utilisé pour étudier les trajectoires de bouées de surface dans le canal de Sicile et la variabilité de l'ATC (Atlantic Tunisian Current). Ce travail fait l'objet de la thèse de Ayda Gharbi encadrée par Ali Harzallah.

2.3. Analyse/interprétation des données et modélisation

2.3.1. Intégration des données in situ (trajectoires, hydrologie) et par télédétection (OGS, LOB, INSTM)

Les différents jeux de données seront assemblés et validés par le LOB, l'OGS et l'INSTM pour une diffusion rapide auprès des autres partenaires. Cela concerne : les données de position lagrangiennes (bouées de surface et profileurs) y compris les profils CTD des profileurs, l'hydrologie dans le canal de Sicile et celle de la campagne EGYPT-1, les données XBT des transits valorisés, les données du thermosalinomètre sur le ferry « Méditerranée »

du projet TRANSMED. A noter que ces données sont diffusées via CORIOLIS en temps réel à l'exception de l'hydrologie des campagnes.

Les données de télédétection ont une importance fondamentale car elles fournissent une vue synoptique de la circulation avec la bonne résolution spatiale et temporelle. Bien que nous disposions d'une bonne compétence dans l'analyse intégrée de ce genre de données, nous ne pouvons préciser le niveau d'intégration que nous atteindrions dans cette analyse pendant le projet. En effet, ce niveau est notamment fonction du travail de sélection qui doit être fait, pour l'instant manuellement, sur les images thermiques qui seront archivées (4 images par jour !). L'essentiel de ce travail de sélection est fait dans le cadre de la thèse Sammari encadre à l'INSTM (cf. infra).

2.3.2. Analyses combinées données/modèles (LOB, OGS, INTSM, LOCEAN, LSEET)

Les données lagrangiennes de surface (bouées dérivantes) et de subsurface (profileurs des bases MEDARGO et NAVOCEAN) couplées aux radiales d'hydrologie prévues permettent d'envisager une validation beaucoup plus détaillée de la circulation de surface et de subsurface des modèles MED16 et PSY2 dans le bassin oriental, étude qui a été repoussée jusqu'à présent en raison de la quasi-inexistence de données de ce type dans ce bassin.

Plus précisément, les données lagrangiennes permettront une première appréciation quantitative des caractéristiques du courant côtier et de la typologie des instabilités et tourbillons rencontrés le long de la pente Libyo-Egyptienne. Les trajectoires lagrangiennes simulées dans MED16 (la simulation est faite on-line pour un grand nombre de points largués à intervalle régulier en surface et à la profondeur des profileurs) et si possible par MERCATOR dans PSY2, permettent en effet une bonne caractérisation au sens statistique :

- du courant côtier : position, intensité, méandres,
- de la formation des tourbillons : nombre, caractéristiques, localisation, ...,
- de la trajectoire des tourbillons : dispersion géographique, vitesse de déplacement, ...,

Les données de bouées et de profileurs (réelles !), en nombre plus réduit, ne permettront pas une caractérisation de ce type aussi détaillée, mais une confrontation qualitative entre trajectoires réelles et simulées est particulièrement utile, comme cela a déjà été démontré en Méditerranée Occidentale (Testor, 2002 ; Testor *et al.*, 2005).

Pour la validation de l'hydrologie des modèles, la base de données constituée devrait être suffisante pour permettre une approche statistique de l'hydrologie du bassin oriental de la Méditerranée similaire à celle entreprise à partir du jeu de données MATER pour le bassin occidental avec 20 profileurs (Skarsoulis *et al.*, 2004). Nous procéderons à une validation

statistique par comparaison des fonctions de covariance spatiale des anomalies de température et de salinité (par rapport à un état moyen défini par ces données et les bases hydrologiques), calculées à partir des données d'une part et du modèle d'autre part. Cette approche exploite efficacement la distribution sensiblement régulière des profileurs dans l'espace, mais surtout dans le temps, ce que ne permettent pas les données hydrologiques classiques. Il est notamment possible de séparer proprement les différentes échelles de temps. On peut ainsi comparer plus sélectivement les gammes de variabilité des données et du modèle.

Par ailleurs, les développements réalisés par Vincent Taillandier lors de son postdoc à l'ISMAR et au RSMAS en collaboration avec le LOCEAN, permettent de proposer un travail sur des bases plus objectives.

2.3.2.1. Utilisation de méthodes d'analyse objective des données Lagrangiennes en combinaison avec le modèle MED16

Avec l'arrivée de Vincent Taillandier au LOCEAN, l'analyse objective des données lagrangiennes en combinaison avec le modèle MED16 est envisagée. Plus précisément, deux applications distinctes seront menées en 2007 sur les données recueillies dans le cadre des campagnes EGITTO/EGYPT, à partir de la méthode variationnelle développée dans Taillandier *et al.* (2006a). Une première utilisation de cette méthode pour quelques trajectoires de bouées de surface du programme DOLCEVITA dans l'Adriatique est d'ailleurs en cours de publication (Taillandier *et al.*, in prep.).

La première application consistera à raffiner les diagnostics sur le transport particulaire, obtenus à partir des trajectoires simulées avec MED16. La méthode variationnelle permet en effet de corriger un ensemble de champs de courants extraits de simulations MED16 ou de PSY2, avec les trajectoires de bouées observées en surface. Les diagnostics seront alors recalculés sur la base de ces champs estimés, et les écarts obtenus pourront être interprétés aux vues des corrections apportées aux sorties de modèle.

La seconde application consistera à assimiler de manière routinière les positions des flotteurs de subsurface dans MED16. La méthode variationnelle a en effet été utilisée à cette finalité dans le bassin Nord Occidental pour les flotteurs MEDARGO et montre des résultats prometteurs (Taillandier *et al.*, 2006b). Il s'agira d'étendre et de valider son application aux bassins Ioniens et Levantin, et ainsi de bénéficier de sorties de modèle estimées avec ce type de données.

2.3.2.2. Approche statistique

Enfin, une validation statistique pour les échelles de l'ordre de quelques jours de la « turbulence » est également possible avec peu de données, même si le champ moyen ne peut être résolu correctement (Molcard *et al.*,

2002b). Le calcul des autocorrélations procure des informations sur les échelles de temps (temps de décorrélation) et sur le « spin » lié à la vorticité (Veneziani *et al.*, 2004) qui peuvent être directement comparées avec les valeurs correspondantes calculées à partir des trajectoires simulées par le modèle. De même, les processus de dispersion peuvent être comparées. Il est possible aussi de faire une validation de la prédiction du modèle, en comparant les trajectoires réelles et simulées en faisant des réinitialisations régulières. La statistique peut ainsi donner des informations théoriques sur la « pr dicibilit  » du modèle (Griffa *et al.*, 2004).

2.3.3. Synthèses, interprétations (LOB, OGS, INTSM, LOCEAN, LSEET)

Il s'agit ici de synthétiser l'ensemble des résultats obtenus et de tenter de répondre au plan conceptuel aux différentes questions posées (voir 1 Intérêt scientifique). Au fur et à mesure de l'avancement des tâches individuelles (création des jeux de données et simulations et les différentes analyses envisagées), cette composante va concerner de façon accrue les différentes composantes et équipes du projet.

Elle se poursuivra bien évidemment après la fin du projet actuel (2004-2007) en raison d'une part bien sûr de l'arrivée en 2008 des données du réseau de courantomètres déployé pendant EGYPT-1, et d'autre part du début, en septembre 2007, de deux thèses nous l'espérons, une au LOB plus centrée sur l'analyse des données de terrain, l'autre à l'ENSTA sur la poursuite et l'exploitation des expériences sur table tournante. D'ici à fin 2007, nous espérons aussi pouvoir terminer et publier le travail entrepris sur la variabilité saisonnière et interannuelle du système de courants du canal de Sicile.

2.4. Laboratoires impliqués dans EGYPT et collaborations

LOB (Toulon, France). I. Taupier-Letage et C. Millot ont surtout travaillé, depuis 1985, à partir de données (*in situ* et par télédétection) qu'ils ont collectées tant dans le sous-bassin algérien (où les phénomènes sont comparables à ceux qui se développent dans le sous-bassin levantin ; opérations MEDIPROD-5 / WMCE, THETIS-2, ALGIERS-96 et 98, ELISA) que dans les canaux de Sardaigne et de Sicile (opérations SALTO, PRIMO-1, GEOSTAR-2). Leur participation à SALTO a permis un transfert efficace de technologie et de savoir-faire vers l'INSTM, surtout dans la mise en œuvre de mouillages. Deux projets en cours pourraient être en partie harmonisés avec EGYPT-P. D'une part I. Taupier-Letage anime une initiative de la CIESM visant à équiper d'un ensemble de capteurs météo et d'un thermosalinomètre entièrement automatisé le car-ferry Méditerranée de la SNCM, qui dessert la ligne Marseille - Tunis environ 4 fois par mois (projet TRANSMED). Ces données (particulièrement celles du Canal de Sardaigne et des abords de Tunis) sont analysées en parallèle avec les données de

téledétection, dans un premier temps pour validation. A terme, d'autres lignes seront équipées dans l'ensemble de la Méditerranée. D'autre part, C. Millot met actuellement en place, toujours avec l'aide de la CIESM, un réseau international opérationnel pour le suivi à long terme des variabilités hydrologiques en Méditerranée (projet HYDROCHANGE, CIESM, 2002). Chaque station du réseau est constituée d'une CTD autonome fixée sur un mouillage court. Une douzaine de stations sont d'ores et déjà opérationnelles et une intense collaboration se développe avec les pays du Sud (stations mises en œuvre à partir du Maroc, de la Tunisie - avec l'INSTM -, bientôt sans doute de l'Égypte). A noter qu'à part ces deux projets concernant l'ensemble de la Méditerranée et la poursuite de l'analyse des données acquises dans le bassin occidental (thèse en cours, stages), le LOB-Toulon va désormais se consacrer à l'étude du bassin oriental et compte beaucoup sur les collaborations initiées avec l'AUDO et le NIOF.

LOCEAN (Paris, France). Le LOCEAN a coordonné (1994-1996) le projet européen SALTO (programme AVICENNE / DGXII) portant sur l'hydrologie, la circulation et la modélisation de la région comprise entre la Sardaigne, la Sicile et la Tunisie. La modélisation de la circulation dans le canal de Sicile a été initiée avec ce projet, puis s'est poursuivie par une collaboration avec l'ISMAR (La Spezia) lorsque L. Gervasio en 'postdoc' au LOCEAN et A. Molcard (maintenant Maître de Conférence UTV) ont rejoint cet institut. Le LOCEAN et l'ENSTA (K. Béranger, qui a obtenu un poste d'enseignant-chercheur à l'ENSTA fin 2004) a développé la maquette MED16 dans le cadre d'un 'réseau bleu' MERCATOR. Cette maquette est extraite du Prototype Atlantique - Méditerranée (PAM) et sert à la validation des choix de modélisation de PAM, et à des nombreuses études sur la circulation et le fonctionnement de l'écosystème en Méditerranée. K. Béranger a également participé à la validation des analyses / prévisions de PSY2 sur la Méditerranée. Pierre Testor, dont la thèse a été co-encadrée par L. Mortier, a rejoint le LOCEAN en tant que CR en 2006. Il développe un projet de recherche expérimental sur les « échanges côte-large » basé sur un réseau de gliders. Dans le cadre du projet de Pierre Testor, un travail méthodologique sur l'assimilation de données lagrangiennes (profileurs) et semi-lagrangiennes (gliders) est entrepris par Vincent Taillandier (financement ANR) qui va rejoindre le LOCEAN en janvier 2007.

LSEET (Toulon, France). Anne Molcard a participé aux travaux sur le canal de Sicile, conjoints du LODYC et de l'ISMAR (ex Stazione Oceanografica de La Spezia) quand elle y était en postdoc. Elle y a par ailleurs travaillé sur les données de profileurs et leur assimilation dans des modèles de circulation. Elle a maintenant rejoint le LSEET comme MC de l'Université de Toulon et du Var.

INSTM (Carthage, Tunisie). L'équipe active à l'INSTM est essentiellement

composée de 3 chercheurs (C. Sammari, A. Harzallah, S. Gana) et un enseignant-chercheur (M. Boukthir) ayant obtenu une thèse respectivement au COM/LOB, au LMD, au LODYC et au LEGI. Ils ont acquis des expériences complémentaires en modélisation numérique et en techniques avancées d'analyse de données telles que l'assimilation de données et les méthodes inverses, en traitement d'images satellitaires, ainsi qu'une bonne expérience du travail à la mer grâce à leur participation à de nombreuses campagnes françaises ou internationales et bien sûr tunisiennes. Cette équipe doit assurer un « service » en océanographie côtière pour des applications environnementales (anthropisation croissante du Golfe de Gabès). Elle maintient aussi une activité de recherche, s'appuyant en particulier sur des thèses de doctorat souvent co-encadrées) au travers de collaborations avec le LOCEAN, le LMD, le LOB et le LEGI. Le support du GMMC constituerait ainsi un soutien important auprès de ses administrations de tutelle.

AUDO et NIOF (Alexandrie, Égypte). Les deux principaux organismes d'océanographie égyptiens, le Département d'Océanographie de l'Université d'Alexandrie (coordinateur A. El Gindy) et l'Institut National d'Océanographie et des Pêches (coordinateur M. El Said) récemment visités par le LOB et la CIESM (oct. 2003), se sont montrés très intéressés par nos projets. Ces projets devraient, par ailleurs, pouvoir bénéficier d'un soutien de la région PACA. Outre la possibilité d'utiliser les deux bateaux du NIOF pour déployer les bouées dérivantes vers la frontière libyenne et faire (à discuter) des radiales-CTD, cette collaboration nous offre la possibilité de travailler dans les eaux égyptiennes (ce que très peu d'équipes ont pu faire jusqu'à présent). Parallèlement nous essayons de mettre en place l'accueil d'étudiants et/ou de techniciens égyptiens pour les former à la télédétection (outils, analyses), à l'analyse de données *in situ* (courantométrie, hydrologie) et aux techniques de mouillages (réalisation, mise en œuvre).

OGS (Trieste, Italie). P.-M. Poulain est un spécialiste des mesures lagrangiennes dont il a constitué une base lorsqu'il était au SACLANT (La Spezia, Italie) dans les années 1994 à 1997. Il a rejoint l'OGS depuis peu et il y dirige le groupe de télédétection. Il assure également la coordination de MEDARGOS, volet Méditerranéen du projet ARGO, et le déploiement des 5 profileurs obtenus dans le cadre d'EGYPT-MC. P-M Poulain a obtenu un financement ONR pour un programme complémentaire de déploiement d'une quarantaine de bouées à partir de la Tunisie et du sous-bassin levantin. Il contribuera également avec l'imagerie satellitaire thermique.

High Institute of Marine Research (Lattaquié, Syrie). Najwa HAMAD qui a passé sa thèse au COM/LOB sous la direction de Claude Millot a rejoint l'HIMR fin 2005 pour prendre son poste de maître de conférence. N. Hamad a acquis un savoir faire dans l'utilisation de l'imagerie thermique

équivalent au nôtre, et elle pourra être autonome à son retour, moyennant la transmission des images. Elle pourra ainsi contribuer pleinement aux objectifs d' EGYPT. Nous préparons la collaboration en essayant de mettre en place des programmes de coopération (PAI, UPMC).

ICM (Barcelone, Espagne). La collaboration que le LOB a depuis longtemps avec l'ICM (J. Font, M. Emelianov) dans le bassin occidental (bouées dérivantes et hydrologie des opérations ALGIERS-96 et ALGIERS-98, mise en œuvre en commun d'instruments et d'accastillage pour les mouillages des opérations PRIMO-0, PRIMO-1 dans le canal de Sardaigne, ELISA) se poursuit maintenant dans le bassin oriental. Les courantomètres et l'équipement pour mouillages disponibles à l'ICM ont été mis en œuvre avec les nôtres lors de EGYPT-1 (pendant ELISA, près de 40 courantomètres sur 9 mouillages pendant 1 an avaient été mis en œuvre ensemble !).

Le LOB, l'OGS, l'INSTM et le LOCEAN ont participé au projet d'océanographie opérationnelle MFSTEP – coordonné avec MERCATOR via l'initiative Mediterranean Operational Oceanography Network – et nous avons de ce fait accès à l'ensemble des produits (temps réel et temps différé) assemblés par CORIOLIS, notamment les données de profileurs MEDARGO et NAVOCEAN.

Nous avons signé en 2006 avec le GIS MERCATOR un contrat pour l'accès systématique aux analyses et aux prévisions PSY2 pour l'Atlantique et la Méditerranée, dont l'objet principal est leur mise en œuvre dans notre simulateur de vol pour les gliders et que nous utilisons aussi pour l'analyse des données lagrangiennes présentée ci-dessus.

On peut enfin rappeler la collaboration du SATMOS / CNRS / Météo-France (CMS-Lannion) qui nous permet d'obtenir (depuis mi-oct. 2001) les images thermiques NOAA / AVHRR de toutes les orbites écoutées au CMS couvrant la Méditerranée en temps quasi réel à la résolution de ~1km (le CMS est malheureusement en limite d'acquisition pour la partie sud-est du bassin oriental). Deux autres sources devront donc être utilisées : ACRI (GMES/Coastwatch, qui écoute beaucoup d'orbites mais restitue souvent des températures de surface inutilisables), et l'OGS (moins d'orbites écoutées, mais produits adéquats).

2.5. Calendrier

	2004	2005	2006	2007	2008- ...
Surveillance hydrologique	■				
Bouées de surface		■			
Imagerie altimétrie		■			
Profileurs		■			
Campagne EGITTO-1		■			
Campagne EGYPT-0			■		
Campagne EGYPT-1			■		
Campagne EGYPT-2				■	
Campagne EGYPT-X					■
Modèle analytique Sicile	■		■		
MED16	■				
Modèle régional Sicile		■			
Intégration données		■			
Analyses données/modèle			■		
Synthèse, interprétation				■	

Ce calendrier débute en 2004 avec les premiers travaux effectifs d'observations hydrologiques et par bouées lagrangiennes dans le Canal de Sicile après le financement par le PATOM du programme SALTO-2. Le PATOM avait assorti son soutien à SALTO-2 de la recommandation de ne soumettre qu'une seule proposition pour un programme futur d'observation élargi au bassin Oriental. Ce projet élargi, initialement BOMOMO devenu EGYPT, été soutenu par le PATOM puis IDAO et le GMMC à partir de 2004, mais les travaux de terrain n'ont commencé effectivement qu'en novembre 2005 avec le largage dans le bassin Levantin des premières bouées et profileurs lors de la campagne EGITTO sur le N/O Explora de l'OGS. Ce calendrier doit bien sûr être lu à la lumière du fait que les données de courantologie eulérienne ne seront disponibles qu'en mi-2008 et que les analyses données/modèles et les différentes synthèses réalisées seront faites dans un premier temps sans ces données.

3. Pour les PPRs uniquement : sujet de thèse ou de post-doc pour lequel un parrainage est demandé (titre, encadrant, laboratoire, descriptif du sujet en 1 page maximum)

4. Pour les PPRs uniquement : méthode de coordination du consortium

5. Références bibliographiques de l'équipe proposante (sur le sujet de la demande) :

- Alhammoud B., K. Béranger, L. Mortier, M. Crépon, and I. Dekeyser , 2003. Surface circulation of the Levantine Basin: comparison of model results with observations, Progress in Oceanography, accepted.

- Béranger K., L. Mortier, M. Crépon, 2003. Seasonal variability of transports through the Gibraltar, Sicily and Corsica straits from a high resolution Mediterranean model, *Progress in Oceanography*, accepted.
- Béranger K., L. Mortier, L. Gervasio, G.P. Gasparini, M. Astraldi, M. Crépon, 2003b. The surface circulation dynamics of the Sicily strait: a comprehensive study from the observations to the models, the role of the topography, *Deep Sea Research II*, accepted.
- Boukthir, M., Barnier, B., 2000. Seasonal and inter-annual variations in the surface freshwater flux in the Mediterranean Sea from the ECMWF re-analysis project. *Journal of Marine Systems* 24, 343-354.
- Candela J. , Mazzola S. , Sammari C. , Limeburner R. , Lozano C. J. , Patti B. , Bonnano A. The "mad sea" phenomenon in the Strait of Sicily, *J. Phys. Oceanogr.*, 1999 , vol. 29 , no 9 , pp. 2210 – 2231
- CIESM, 2002. Tracking long-term hydrological change in the Mediterranean Sea. CIESM Workshop Series, n°16, 134 pages, Monaco. www.ciesm.org/publications/Monaco02.pdf
- D'Ortenzio F., Iudicone D., de Boyer Montegut C., Testor P., Antoine D., Marullo S., Santoleri R., and G. Madec, 2005. Seasonal variability of the mixed layer depth in the Mediterranean Sea as derived from in situ profiles, *Geophys. Res. Let.*, 32, No. 12, L12605, doi:10.1029/2005GL022463.
- Echevin V., L. Mortier & M.Crépon, 2002. Interaction of a coastal current with a gulf: application to the shelf circulation of the Gulf of Lions in the Mediterranean Sea. *J.Phys.Oceanogr.*, accepted.
- Font J., C. Millot, J. Salas, A. Julia, and O. Chic, 1998. The drift of Modified Atlantic Water from the Alboran Sea to the eastern Mediterranean. *Sci. Mar.*, 62, 3, 211-216.
- Fuda, J.L., Millot, C., Taupier-Letage, I., Send, U., Bocognano, J.M., 2000. XBT monitoring of a meridian section across the western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research I* 47, 2191-2218.
- Gervasio L., L. Mortier and M. Crépon, 2002. The Sicily Strait dynamics: A sensitivity study with a high resolution numerical model. The 2nd Meeting on the Physical Oceanography of Sea Straits, Villefranche, 15th-19th April 2002.
- Hamad N., C. Millot and I. Taupier-Letage, 2002. The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea: new elements. *Proceedings of the Ankara Conference*, October 2002, in press.
- Hamad N., C. Millot and I. Taupier-Letage, 2005. A new hypothesis about the surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea. *Progr. In Oceanogr.* , 66, 287-298. http://www.ifremer.fr/lobtln/EGYPT/Hamad_etal_PiO.pdf
- HAMAD N., C. MILLOT & I. TAUPIER-LETAGE, 2006. The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 70(3), 457-503. http://www.ifremer.fr/lobtln/EGYPT/Hamad_et_al_scientia_marina.pdf
- Herbaut C., F. Codron and M. Crépon, 1998. Separation of a coastal current at a strait level: Case of the Strait of Sicily. *J. Phys. Oceanogr*, 28, 1346-1362. 1998.
- ISERN-FONTANET, J, E. GARCÍA-LADONA , J. FONT, M. EMELIANOV, C. MILLOT and I. TAUPIER-LETAGE, 2004. Spatial structure of anticyclonic eddies in the Algerian basin (Mediterranean Sea) analysed using the Okubo-Weiss parameter. *Deep Sea Res., II*: 51(25-26): 3009-3028.
- Janicot S. , Harzallah A. , Fontaine B. , Moron V., 1998. West African monsoon dynamics and Eastern Equatorial Atlantic and Pacific SST anomalies (1970-88), *J. Clim.*, 1998 , vol. 11 , no 8 , pp. 1874 - 1882
- Le Vourch, J., Millot, C., Castagné, N., Le Borgne, P., & Olry, J.P. (1992). Atlas of thermal fronts of the Mediterranean Sea derived from satellite imagery. *Mémoires de l'institut Océanographique*, Monaco, 16.
- Millot, C., 1987. Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta* 10, 143-149.
- Millot C., 1991. Mesoscale and seasonal variabilities of the circulation in the western Mediterranean. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 15, 179-214.

- Millot, C., 1992. Are there major differences between the largest Mediterranean Seas? A preliminary investigation. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*, 3-25.
- Millot, C., 1999. Circulation in the western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems* 20, 423-442.
- MILLOT C. and I.TAUPIER-LETAGE, 2005. Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian Basin by mesoscale eddies and not by a permanent westward-flowing vein. *Progr. In Oceanogr.*, 66, 231-250. http://www.ifremer.fr/lobtln/ELISA/LIW_ELISA_PiO.pdf
- MILLOT C., and I.TAUPIER-LETAGE, 2005. Circulation in the Mediterranean Sea. The Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5 Part K, Alain Salot volume Ed., Springer-Verlag, 29-66. DOI: 10.1007/b107143. http://www.ifremer.fr/lobtln/OTHER/Millot_Taupier_handbook.pdf
- Millot Claude, Julio Candela, Jean-Luc Fuda and Youssef Tber, 2006. Large warming and salinification of the Mediterranean outflow due to changes in its composition, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 53, Issue 4, April 2006, Pages 656-666.
- Molcard A., L. Gervasio, A. Griffa, G.P. Gasparini, L. Mortier, T.Ozgekmen, 2002. Numerical investigation of the Sicily Channel dynamics: density currents and water mass advection, *Journal of Marine Systems*, 36 (3-4), 219-238.
- Obaton D., C. Millot, G. Chabert D'Hières and I. Taupier-Letage, 2000. The Algerian Current: comparisons between in situ and laboratory measurements. *Deep-Sea Res.*, I 47, 2159-2190.
- Ponte A., 04/2003-06/2003. Théorie linéaire de la circulation dans un détroit large. Application au Détroit de Sicile. Stage d'option, Ecole Polytechnique.
- Poulain, P.M. , 1998. Lagrangian measurement of surface circulation in the Adriatic and Ionian seas between November 1994 and March 1997. The 35th CIEMS Congress, Dubrovnick, 190-191.
- Puillat I., I.Taupier-Letage and C. Millot. Algerian eddies lifetimes can near 3 years, 2002. *Journal of Marine Syst.*, 31, 4, 245-259.
- Ruiz S., J. Font, M.Emelianov, J. Isern-Fontanet, C. Millot and I. Taupier-Letage, 2002. Deep structure of an open sea eddy in the Algerian Basin. *J. Mar. Sys.*, 33-34, 179-195.
- Salas J., C. Millot, J. Font and E. García-Ladona, 2002. Analysis of mesoscale phenomena in the Algerian Basin observed with drifting buoys and infrared images. *Deep-Sea Res.*, 49, 2, 245-266.
- Sammari, C., Millot, C., Prieur L., 1995. Aspects of the seasonal and mesoscale variabilities of the northern current in the western Mediterranean Sea inferred from the PROLIG-2 and PROS-6 experiments, *Deep-Sea Res.*, Part I, 42, no 6 , 893-917.
- Sammari, C., Millot, C., Taupier-Letage, I., Stefani, A., Brahim, M., 1999. Hydrological characteristics in the Tunisia-Sardinia-Sicily area during spring 1995. *Deep-Sea Research I* 46, 1671-1703.
- Sammari C. and C. Millot, 2000. Hydrological variability in the Channel of Sicily. In « The Eastern Mediterranean climatic transient : its origin, evolution and impact on the ecosystem », *CIESM Workshop Series n°10*, 65-69.
- Skarsoulis E., Send U., Piperakis G., and P. Testor, 2004. Acoustic thermometry of the western Mediterranean Basin, *J. Acous. Soc. Amer.*, 116 (2), 790-798.
- Taillandier Vincent, V. Echevin, L. Mortier and J. L. Devenon, 2004. Controlling boundary conditions with a four-dimensional variational data-assimilation method in a non-stratified open coastal model. In *Oc. Dyn.*, Vol. 54(2):284—298.
- Taillandier Vincent, V. Echevin, L. Mortier and J. L. Devenon, 2006. Sensitivity of baroclinic coastal currents to their upstream perturbations : an inverse approach of open boundary fitting with the 4D variational method. In *J. Atm. Oc. Tech.* (en revision).
- Taillandier Vincent, A. Griffa and A. Molcard, 2006a. A variational approach for the reconstruction of regional scale Eulerian velocity fields from Lagrangian data. In *Ocean Modelling*, Vol. 13:1-24.

- Taillandier Vincent, A. Griffa, P.-M. Poulain and K. Béranger, 2006b. Assimilation of Argo float positions in the North Western Mediterranean Sea and impact on ocean circulation simulations. In *Geophysical Research Letters*, Vol. 33:L11604.
- Taillandier V., A. Griffa, T. Ozgokmen, P.M. Poulain, J. Chiggiato, R. Signell, 2006c. Variational analysis of drifter position data in the Central Adriatic Sea during Autumn 2002. In prep.
- TAUPIER-LETAGE I. and L. MORTIER, 2005. Méditerranée orientale : la circulation en questions. *Projection Mercator N°4*, janvier 2005, p8. (www.mercator-ocean.fr)
- Testor P. and J.-C. Gascard, 2003. Large scale spreading of deep waters in the western Mediterranean Sea by submesoscale coherent eddies, *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 75-87.
- Testor P., Branger K., and L. Mortier, 2005. Modeling the deep eddy field in the southwestern Mediterranean: the life cycle of Sardinian Eddies, *Geophys. Res. Let.*, 32, No. 13, L13602, doi:10.1029/2004GL022283.
- Testor P. and J.-C. Gascard, 2005. Large scale flow separation and mesoscale eddy formation in the Algerian Basin, *Progr. Oceanogr.*, 66, 2-4, 211-230.
- Testor P., Send U., Gascard J.-C., Millot C., Taupier-Letage I., and K. Béranger, 2005. The mean circulation of the southwestern Mediterranean Sea - the Algerian Gyres, *J. Geophys. Res.*, 110, C11017, doi:10.1029/2004JC002861, 2005.
- Testor P. and J.-C. Gascard, 2006: Post convection spreading phase in the northwestern Mediterranean Sea, *Deep Sea Res. Part I*, 53, 869-893, doi:10.1016/j.dsr.2006.02.004.
- VAN HAREN H., C. MILLOT and I. TAUPIER-LETAGE, 2006. Fast deep sinking in Mediterranean eddies. *Geophys. Res. Let.*, 33, L04606, doi: 10.1029/2005GL025367. http://www.ifremer.fr/lobtln/ELISA/vanharen_fast_deep_sinking.pdf

Autres références citées dans le texte :

- Lacombe, H., Tchernia, P., 1972. Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée. *Mediterranean Sea*, D. Stanley ed., Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 25-36.
- Lermusiaux, P.F.J., Robinson, A.R., 2001. Features of dominant mesoscale variability, circulation patterns and dynamics in the Strait of Sicily. *Deep-Sea Research I* 48, 1953-1997.
- Lilly, J. M., P. B. Rhines, F. Schott, K. Lavender, J. Lazier, U. Send, and E. d Asaro, 2003: Observations of the Labrador Sea eddy field. *Progress in Oceanography*, Vol. 59, Pergamon, 75 176
- Nielsen, J.N. (1912). Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. *Rep. Dan. Oceanogr. Exp. Medit.*, 1, 77-192.
- Onken, R., Sellschopp, M., 1998. Seasonal variability of flow instabilities in the Sicily Strait. *Journal of Geophysical Research* 103, C11, 24799-24820.- Pierini, S., Rubino, A., 2001. Modelling the Oceanic Circulation in the Area of the Strait of Sicily: The Remotely Forced Dynamics. *Journal of Physical Oceanography* 31(6), 1397-1412.
- Robinson, A.R., & Golnaraghi, M. (1993). Circulation and dynamics of the Eastern Mediterranean Sea; Quasi-Synoptic data-driven simulations. *Deep Sea Res.*, 40 (6), 1207-1246.
- Spall, Michael A., R. S. Pickart, 2001. Where does dense water sink? A subpolar gyre example. *Journal of Physical Oceanography*, 31(3), 810-825.
- Spall, M. A., 2004. Boundary currents and water mass transformation in marginal seas. *Journal of Physical Oceanography*. 34, 1197-1213
- Spall, Michael A., 2003. On the thermohaline circulation in flat bottom marginal seas. *Journal of Marine Research*, 61, 1-25
- Veneziani M., A. Griffa, A.M. Reynolds and A.J. Mariano, 2004. Oceanic turbulence and stochastic models from subsurface Lagrangian data for the North-West Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, in press
- Zatsepin A. G., A. I. Ginzburg, A. G. Kostianoy, V. V. Kremenetskiy, V. G. Krivosheya, S. V. Stanichny and P.-M. Poulain (2003) Observations of Black Sea mesoscale eddies and

associated horizontal mixing, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, C8, 3246,
doi:10.1029/2002JC001390.

**MOYENS DONT DISPOSE LE PROPOSANT ET QUI SERONT AFFECTÉS À LA
RÉALISATION DU PROJET**

1. Chercheurs et ingénieurs impliqués (avec indication du % de temps consacré au projet) :

- dans les unités de recherche

NOM	LABORATOIRE	FONCTION	Participation au projet	
			% participation en 2007	Expert
Isabelle TAUPIER-LETAGE	LOB, CR CNRS	PI EGYPT pour les observations, imagerie satellitaire	80%	
Claude MILLOT	LOB, DR CNRS	analyse des observations de la campagne EGYPT-1	50%	
Gilles ROUGIER	LOB, IE CNRS	traitement et analyse des observations de la campagne EGYPT-1	20%	
Anne PETRENKO	LOB/COM MC Univ.	Observation XBT, courant côtier		Expert
Jean-Luc FUDA	COM, IE	traitement et analyse des observations de la campagne EGYPT-1	15%	
Michel CREPON	LOCEAN, DR CNRS	Modèle analytique		Expert
Laurent MORTIER	LOCEAN, MC ENSTA	PI EGYPT pour la modélisation, modèle analytique	50%	
Pierre TESTOR	LOCEAN, CR CNRS	Analyse données profileurs	10%	
Karine BERANGER	ENSTA, MC ENSTA	Modèle numérique, analyse MED16/PSY2	50%	
Vincent TAILLANDIER	ENSTA, Postdoc	Assimilation données lagrangiennes	30 %	
Blandine LHEVEDER	ENSTA, Postdoc	Modèle numérique, analyse MED16/PSY2	30%	
Anne MOLCARD	LSEET	Analyse données bouées surface et profileurs	20%	

Bahjat ALHAMMOUD	Université d'Utrecht, Postdoc	Modèle numérique ; Analyse MED16	10 %	
Chérif SAMMARI	INSTM, MC1	Hydrologie, analyse données bouées de surface	25%	
Ali HARZALLAH	INSTM, équiv. CR	Modèle numérique régional, Analyse PSY2	25%	
Slim GANA	INSTM Équiv. CR	Altimétrie	25%	
Mouldi BRAHIM	INSTM, Equiv. IR	Hydrologie, analyse données bouées de surface	20%	
Sana BEN INSMAIL	INSTM, Thèse	Téledétection SST	50%	
Ayda GHARBI	INSTM, Thèse	Modélisation régionale	100 %	
Pierre POULAIN	OGS Trieste, Senior scientist	PI Projet conjoint EGITTO, bouées dérivantes et profileurs (PI MEDARGO)	20%	
Riccardo GELIN	OGS Trieste, Postdoc	Analyse données bouées de surface et profileurs	100%	
Gianpietro GASPARINI	CNR La Spezia, Senior scientist	Hydrologie		Expert
Jordi FONT	ICM/CSIC Barcelona, Senior scientist	Hydrologie	15%	
Michael EMELIANOV	ICM/CSIC Barcelona, Research scientist	Hydrologie	15%	
Ahmed EL GINDY	AUDO, Prof	Collaboration franco-égyptienne		Expert
Mohamed SAID	NIOF, Prof	Collaboration franco-égyptienne		Expert
Najwa HAMAD	HIMR, Prof	Collaboration franco-syrienne Téledétection SST	15%	

- dans l'équipe projet MERCATOR : Gaetan Vinay et Jean-Michel Lellouche assurent ponctuellement une aide pour l'accès aux données ou l'inclusion de diagnostic adhoc dans PSY2.

2. Equipement disponible pour la réalisation du projet (indiquer aussi les heures de calcul demandées à IDRIS ou à un autre centre de calcul pour la réalisation du projet).

Une valorisation de transit a été attribuée sur le Suroît en mars 2007, pour une trentaine d'heures entre le 12 (Héraklion) et le 21 (Toulon). Nous avons décidé de profiter de ce transit (EGYPT-2, cf Annexe 2) pour traverser complètement le bassin entre le SW de la Crète et le plateau libyen (Fig. 1 de l'annexe 2), ce qui offre en outre l'avantage de se faire en début de transit, et donc de ne pas courir le risque que le retard dû au mauvais temps ne permette plus de faire la route de valorisation prévue (cas du transit sur l'Atalante en janvier-février 2006/ EGYPT-0).

Des XBT seront lancés tous les ~5 milles (demande à Coriolis), et les 5 bouées dérivantes qui restent du pool EGYPT/EGITTO seront larguées. Afin de compléter la description de la circulation, **nous demandons au GMMC le financement de 5 bouées dérivantes complémentaires** : l'intervalle entre chaque bouée passera ainsi de ~65 km à ~29 km, ce qui permettra de résoudre les grands traits des phénomènes de moyenne échelle.

De même, si des PROVORs (demande à Coriolis) étaient disponibles à cette date ils seraient également déployés sur cette radiale. Si ce n'est pas le cas, ces PROVORs seraient mis à l'eau lors de la campagne EGYPT-X de relevage des mouillages début 2008.

Par ailleurs, les simulations faites avec le modèle MED16 et les méthodes d'assimilation associées bénéficient des moyens de calcul de l'IDRIS attribués via les demandes annuelles.

DEMANDE BUDGÉTAIRE

N.B. : Sur toutes les lignes budgétaires, une ventilation annuelle est demandée dès lors qu'il s'agit d'une proposition pluriannuelle. Nous présentons ici uniquement le budget pour 2007. Un récapitulatif des budgets obtenus en 2004, 2005 et 2006 a été donné au début du document avec leur utilisation par poste.

1. Fonctionnement :

Expédition du matériel pour la valorisation du transit EGYPT-2 :

- Brest – Toulon pour 3 cartons d'XBT : estimation : 100 EUR (mais possibilité de les passer avec autre matériel)
- Toulon – Héraklion pour les XBT et 5 (min) -10 (max.) bouées dérivantes : estimation 1000 EUR

Frais de publication (couleur obligatoire) : 1000 EUR

Dans le contrat global :

- Pour mémoire : Coûts de localisation ARGOS des 10 (5 existantes + 5 demandées à Coriolis) bouées dérivantes, environ 6 mois pris en charge par l'OGS (P.M. Poulain).
- Coûts potentiels de localisation ARGOS des balises Subsurface Mooring Monitoring (SMM) des mouillages EGYPT

2. Missions (A détailler et justifier) :

Pour LOCEAN/ 2007 :

- 1 AR Paris-Chypre + séjour pour mise en place collaboration EGO avec le OCC : 1000 EUR
- 1 AR + séjour Toulouse pour les journées GMMC : 500 EUR

Pour LOB/ 2007 :

- 3 Allers simples Toulon-Héraklion pour 3 personnes pour effectuer la valorisation de transit EGYPT-2 : $3 * 1000 \text{ EUR} + 3 * 1 \text{ j séjour} : 3 * 167 \text{ EUR} \Rightarrow \text{total } 3000 \text{ EUR} + 501 \text{ EUR} = 3501 \text{ EUR}$
- 1 AR + séjour Toulouse pour les journées GMMC : 500 EUR
- 1 AR + séjour Brest pour la journée ARGO : 700 EUR
- 2 AR Toulon-Paris + séjour 2*2j pour réunions de travail avec équipe modélisation : 1000 EUR

3. Equipements :

- 5 bouées dérivantes Clearwater SVP Clearsat 15 (pour cohérence avec les 5 restantes) : 10000 EUR
- Demande à Coriolis : 3 caisses de 12 XBT T7
- Demande à Coriolis : 5 PROVORs pour 2008 (EGYPT-X : campagne de récupération des mouillages) ou fin 2007 si possibilité de valorisation de transit.
N.B. : si des PROVORs pouvaient être disponibles en mars 2007 nous les déploierions sur la radiale en travers du bassin au cours d'EGYPT-2.

4. Total général des crédits demandés (HT) : 19 300 EUR

5. Autres financements attribués ou demandés qui concourent à la réalisation des mêmes objectifs que la proposition :

Compte-tenu du calendrier de LEFE qui est maintenant mis en phase avec les autres appels d'offre en fin d'année, il est envisagé de répondre en 2007 à cet appel d'offre pour le fonctionnement de EGYPT-X en 2008.

Pas de possibilité de co-financement par la région PACA car pas de co-financement local.

Rapport d'EGYPT "Eddies and GYres Paths Tracking »

Contact: Isabelle TAUPIER-LETAGE
LOB/CNRS UMR 6535, Université de la Méditerranée
itaupier@ifremer.fr

1. Les opérations à la mer

Les opérations à la mer d'EGYPT s'étendent de fin 2005 à 2008, se terminant avec le relevage des mouillages au cours d'une campagne (EGYPT-X), qui sera demandée en janvier 2007 (N-1, car le « Suroît » sera demandé).

1. Elles ont déjà commencé, dans le cadre du programme conjoint EGITTO dirigé par P.M. Poulain (OGS/Trieste) : <http://poseidon.ogs.trieste.it/doga/sire/egitto/index.html> avec EGITTO-1, valorisation du transit de l' « OGS Explora » en novembre 2005 (cf section suivante).
2. Fin janvier 2006 le transit de l'Atlante de Toulon à Port Said a également été valorisé (EGYPT-0) de façon analogue (actions conjointes avec EGITTO, mise à l'eau de 2 PROVORs (EGYPT-MC), largage de ~10 bouées dérivantes, XBT...)
NB : En raison du mauvais temps persistant, le retard accumulé n'a pas permis de faire de la route supplémentaire par rapport au transit, et les bouées et les 2 PROVORs ont dû être largués relativement près de la pente continentale libyenne et égyptienne.
3. Du 8 au 26 avril 2006 a eu lieu la campagne EGYPT-1 (P-335) à bord du FS « Poseidon », de l'IFM GEOMAR/Kiel. L'un des objectifs était de mouiller les 7 lignes équipées de courantomètres et de sondes hydrologiques pour 2 ans. Un réseau de sections CTD (125 stations) respectant la moyenne échelle (pas d'échantillonnage ~10km) a également été réalisé. 19 bouées dérivantes et 5 PROVORs ont été largués.

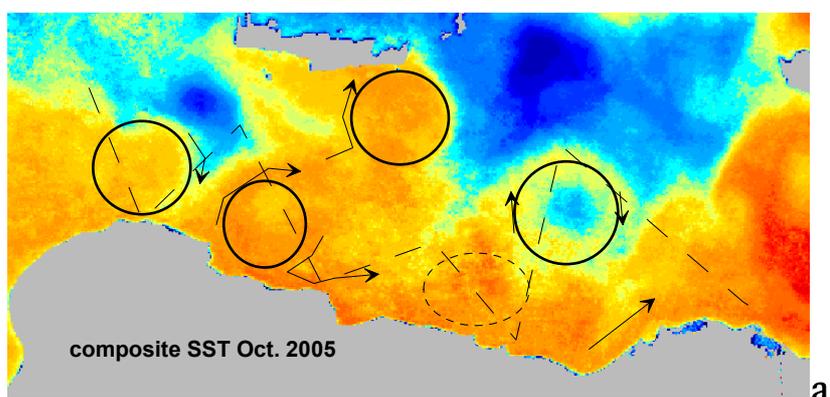
NB : En raison de l'absence d'autorisation de travail dans la ZEE revendiquée par les Egyptiens, la zone des ~100 milles nous était interdite. Nous avons donc dû travailler surtout au large de la

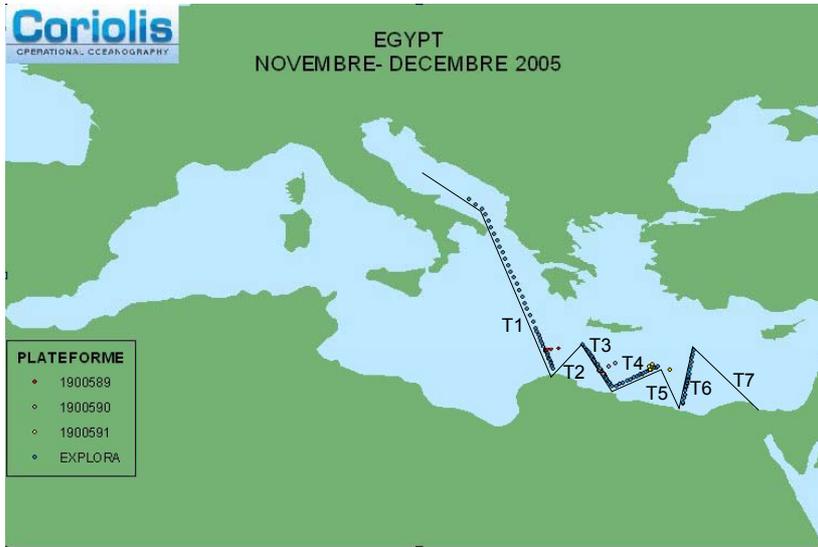
Libye. De même nous n'avons pas pu déployer nos mouillages dans la zone prévue (entre $\sim 25^{\circ}\text{E}$ et 28°E), nous ne pourrions donc pas étudier l'influence de la fosse d'Hérodote sur la circulation et les trajectoires des tourbillons.

4. Nous valoriserons le transit du « Suroît » en mars 2007 par une radiale entre le SW de la Crète et le plateau libyen vers 22°E .
5. Enfin, grâce à Coriolis, par l'intervention de L. Petit de la Villéon, nous sommes avisés des transits vers Port-Said, et avons pu par 2 fois demander à l'équipage d'effectuer des radiales XBT quasiment « sur mesure » (Beautemps-Beaupré notamment).

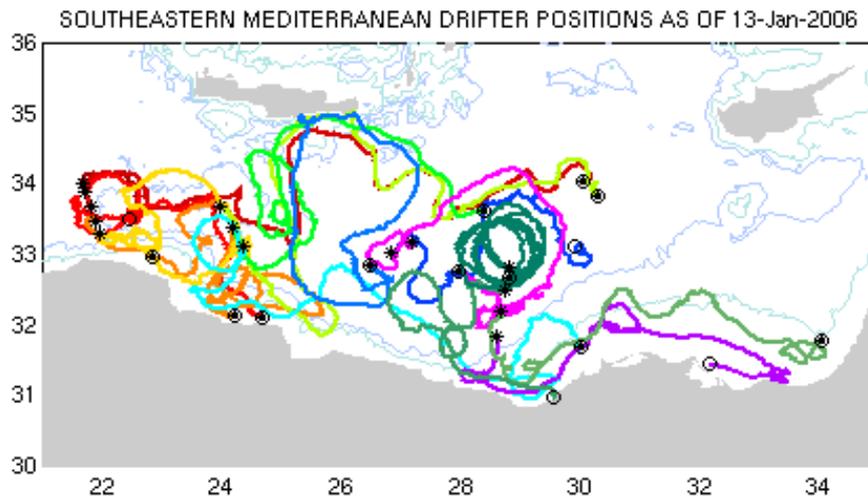
2. Résultats

Les premières observations in situ ont été obtenues au cours d'EGITTO-1, valorisation du transit de l' « OGS Explora » en novembre 2005. Nous avons déployé 3 PROVORs (EGYPT-MC), 2 APEX (MEDARGO), 15 drifters (EGITTO) et tiré une centaine d'XBT (MFSTEP et LOB), selon des radiales déterminées d'après l'analyse de l'imagerie IR (et des sorties des modèles MFSTEP et Mercator/PSY2V2). La première analyse de la situation est illustrée par la figure 1 :

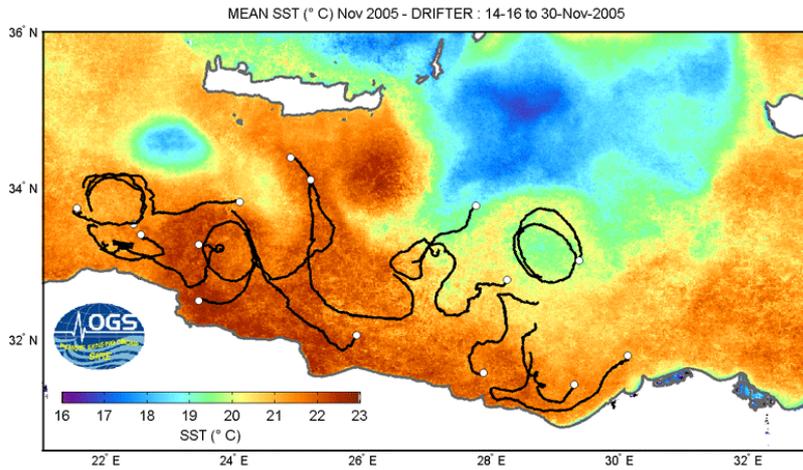




b



c



d

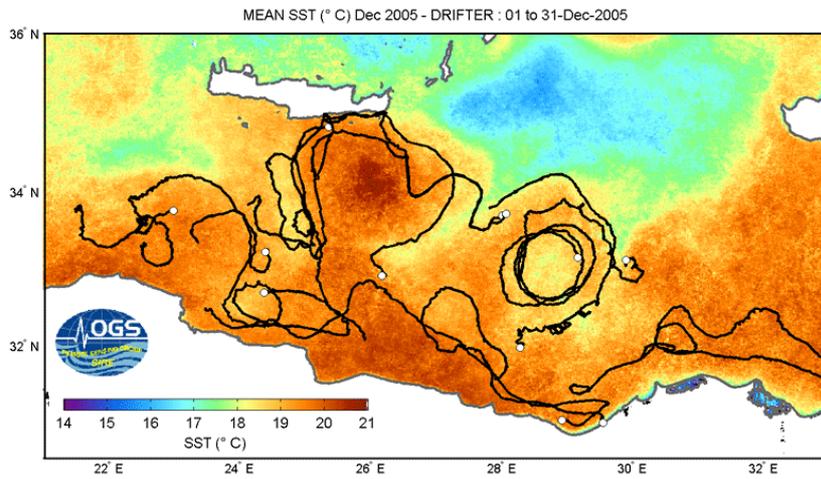


Figure 1 : Observations et analyse de la situation pendant EGITTO-1

L'analyse de l'image IR (Fig. 1a) faisait apparaître 3 tourbillons le long de la pente continentale (celui en pointillés sur 28°E est confirmé depuis), le tourbillon Ierapetra (induit par les vents Etésiens) au SE de la Crète, et un autre au large entre 27 et 29°E. Sur la figure 1b les transects XBT qui ont donc été réalisés sont schématisés par les pointillés. Les trajectoires des bouées (Fig. 1c ; étoile : position de largage ; rond : position mi-janvier 2006 ; from OGS EGITTO web site ; Fig. 1d-e ; trajectoires des bouées en novembre et décembre 2005 superposées à l'image SST composite correspondante ; from P. Poulain/OGS-SIRE) montrent des boucles correspondant aux tourbillons, certaines fermées et même répétées. A la côte les points de rebroussement (e.g. trajectoires cyan, vers ~23°E, et violette vers 28°E) indiquent le bord SE des tourbillons. Comme cela avait été observé dans le sous-bassin algérien, les tourbillons proches peuvent agir comme une roue à aube (Taupier-Letage et Millot, 1988 ; Millot, 1992 ; Taupier-Letage *et al.* 2003) : c'est le cas par exemple avec la trajectoire brune de la bouée larguée vers 34°N-22°E, qui est successivement passée sur les bords nord des 2 tourbillons les plus à l'ouest, puis qui a été entraînée vers 25°E vers le nord par Ierapetra qu'elle a contourné, pour atteindre ensuite le bord nord du tourbillon situé au large vers 29°E. Autrement dit, ces phénomènes de moyenne échelle que sont les tourbillons libyo-égyptiens jouent un rôle fondamental pour la (perturbation de la) circulation de AW. La majorité des trajectoires orientées zonalement se trouve dans une bande côtière, alors qu'au large les trajectoires orientées longitudinalement prévalent.

Rien ne montre ni même n'évoque un jet direct puissant qui traverserait le bassin en son centre, ce qui devrait être le cas avec un Mid-Mediterranean Jet (MMJ). Les données d'ADCP et du thermosalinomètre sont en cours de traitement pour valider cette analyse visuelle. Les premiers résultats sont inclus dans le rapport de campagne, accessible sur <http://poseidon.ogs.trieste.it/doga/sire/pdf/cruisereportEGITTO1.pdf>).

Nous bénéficions de l'assistance du GMMC, qui nous transmettait sur demande des zooms spécifiques. C'est ainsi que pour EGITTO-1 nous avons reçu les dernières prévisions des sorties de PAM PSY2 V2.

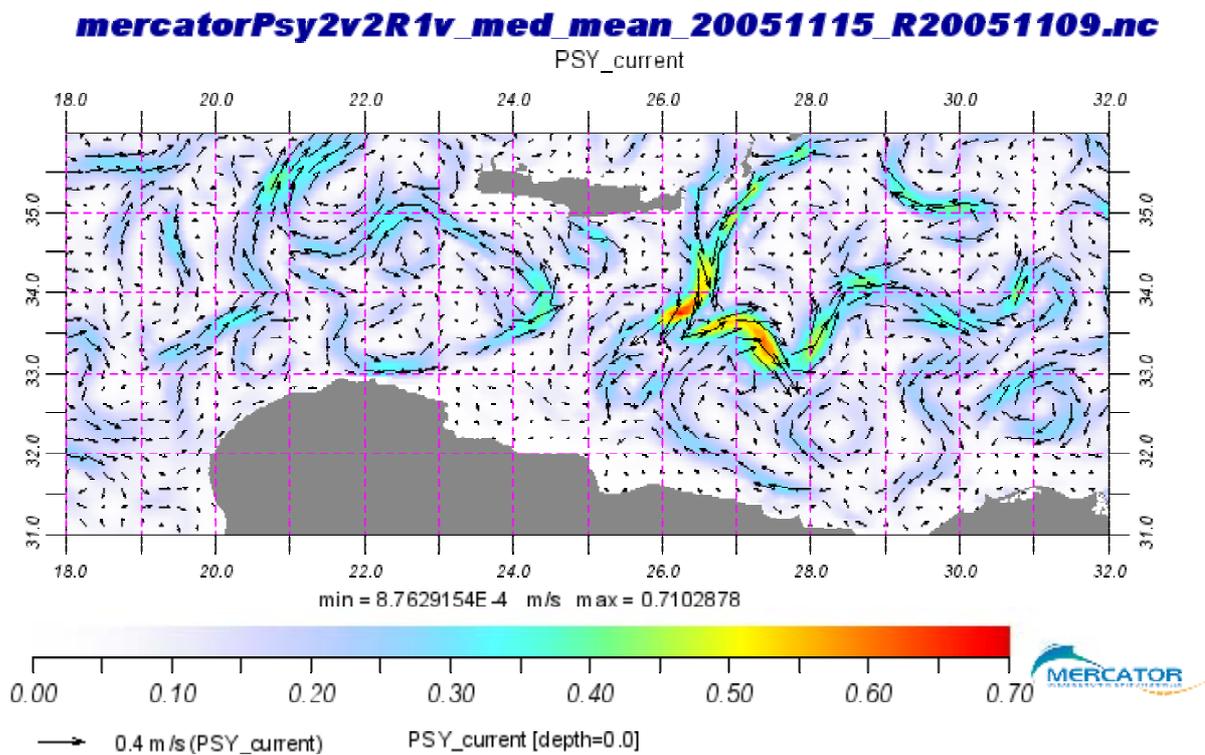
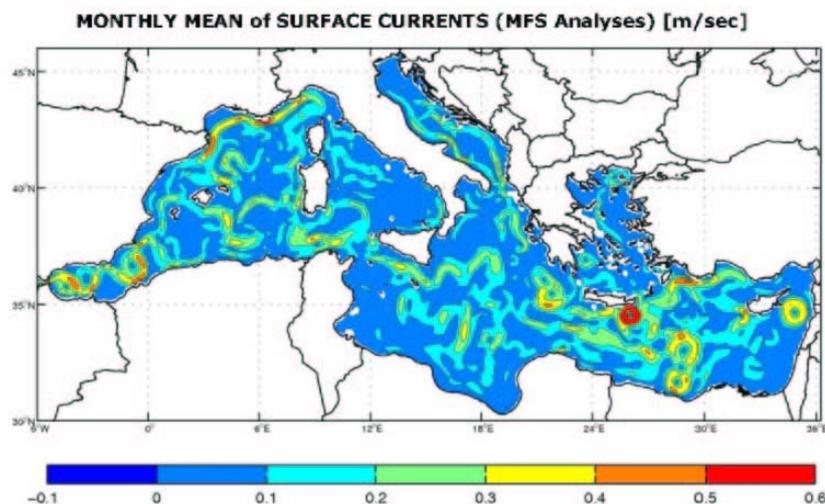


Figure 2 : Prévisions du courant de surface pour le 15 novembre 2005 (D. Palin, Mercator).

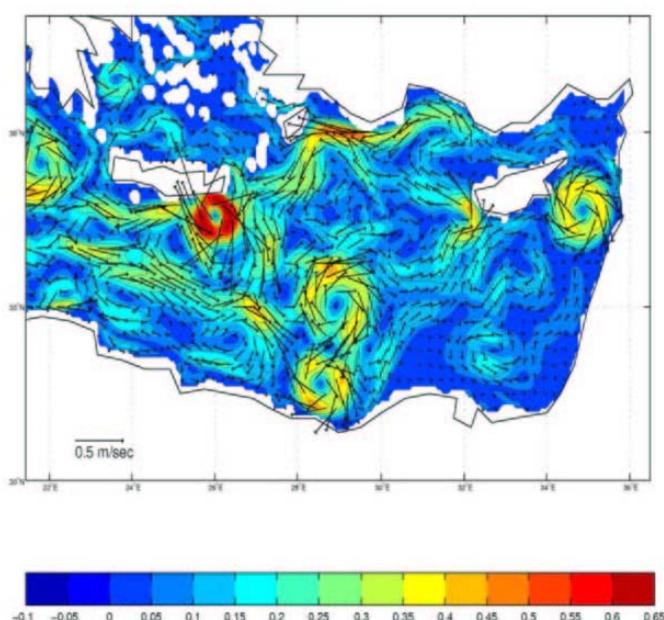
Cette analyse est à comparer avec celle de MFSTEP, parue dans le bulletin de novembre 2005

([http:// www.bo.ingv.it/mfstep/WP8/Doc/ MFSTEP_bulletin_112005.pdf](http://www.bo.ingv.it/mfstep/WP8/Doc/MFSTEP_bulletin_112005.pdf)) (Fig. 3) :



The figure above represents the **magnitude of the surface currents** calculated from MFS analyses.

As we can see the amplitude is largest in the Alboran Sea, North Western Mediterranean and in the Levantine where many gyres and meanders of high intensity are visible.



We decided to focus our attention on the **Levantine Sea**.

The Atlantic Ionian stream entering in the Cretan Sea is in the middle of the basin forming a well defined Mid Mediterranean Jet.

South of this, there is a well formed Mersea Matruh Gyre system that presents two anticyclonic centers.

The Mid Med Jet deviates northward of Cyprus leaving a region of weaker circulation in the South eastern Levantine basin.

A very strong and large anticyclonic gyre is present between Cyprus and the Lebanese coasts.

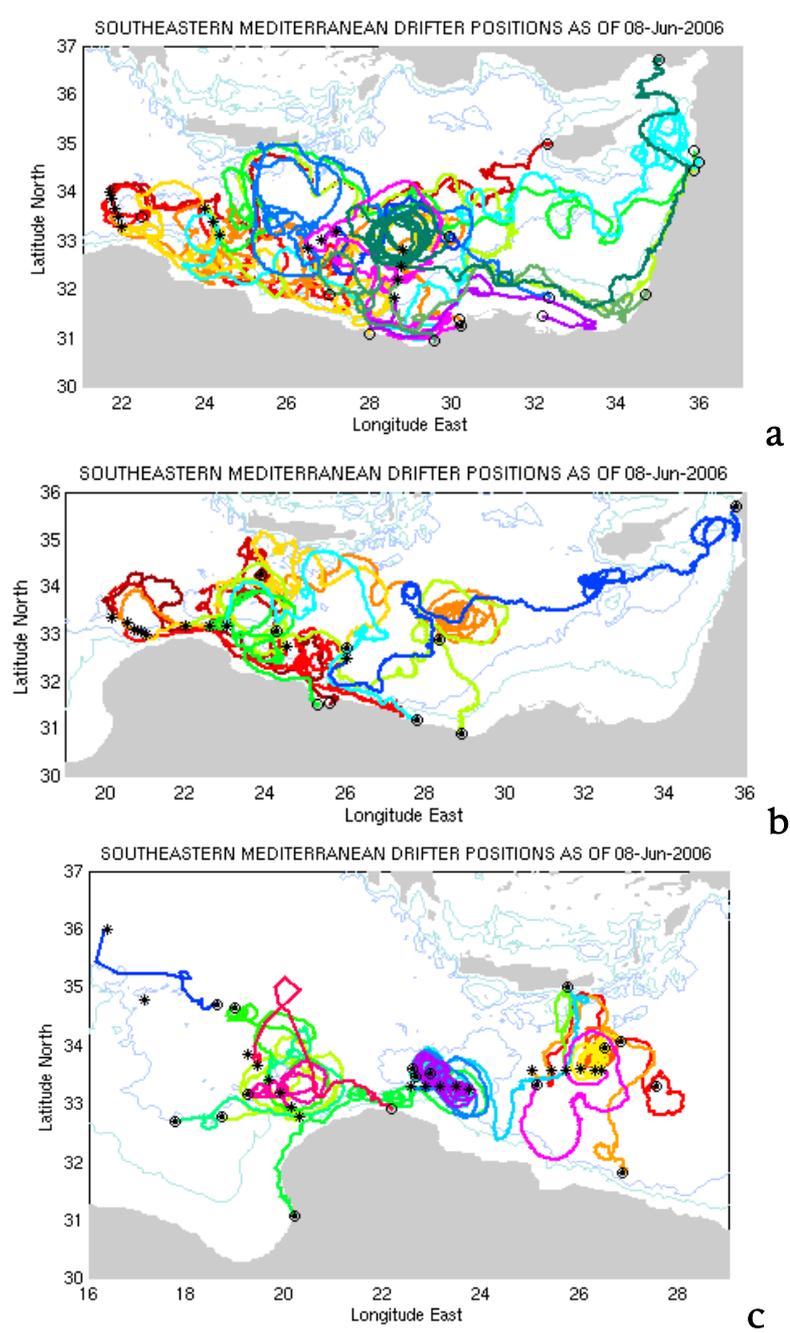
Finally, the Asia Minor Current flows westward along the Turkish coasts and forms a very high intensity Iera Petra Gyre where the velocity fields reach values of amplitude of about 0.7 m/sec.

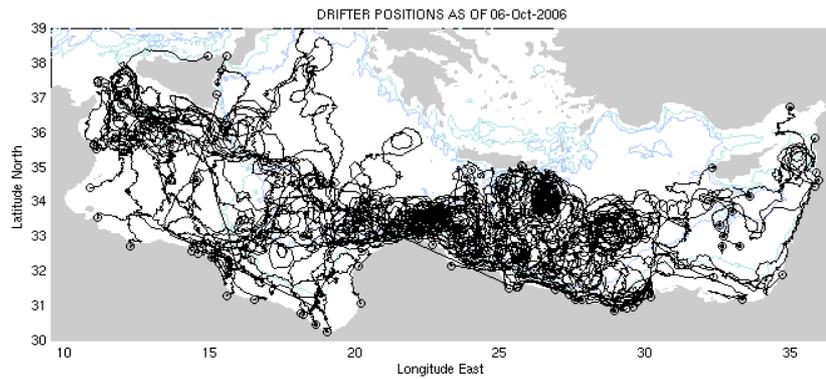
Figure 3 : Analyse de MFS pour novembre 2005

Alors que le modèle reproduit plutôt bien les structures de moyenne échelle que sont les tourbillons libyo-égyptiens (mieux que PAM PSY2V2 a priori), l'analyse met en avant un MMJ. Il est évident que de l'AW récente est advectée sur les bords ouest des tourbillons vers le nord/le large ... mais il est tout aussi évident (ne serait-ce que par les trajectoires des bouées) que l'advection de l'AW récente continue vers le sud sur leurs bords est. Ce « MMJ » correspond donc clairement aux bords nord des tourbillons.

Notre analyse de la situation est confirmée par les trajectoires des bouées qui ont été larguées successivement de novembre 2005 à Avril 2006 (Fig.4). L'image résultant de l'ensemble des largages dans le Canal de Sicile et le bassin oriental (Fig. 4d) montre l'importance de la circulation le long des pentes libyenne et égyptienne, ainsi que celle de la moyenne échelle. Il

faut toutefois utiliser ces tracés provisoires avec prudence, car un nombre anormalement élevé de bouées ont fini par perdre leur drogue. Par conséquent la majorité des trajectoires à l'est de $\sim 30^{\circ}\text{E}$ n'est plus valide (ex. trajectoire bleue sur Fig. 4b). L'information sur la présence/absence de la drogue est accessible sur <http://poseidon.ogs.trieste.it/doga/sire/egitto/> .





d

Figure 4: Trajectoires des bouées dérivantes des programmes EGITTO et EGYPT larguées : a) en novembre 2005 (EGITTO-1); b) en Février 2006 (EGYPT-0) ; c) en Avril 2006 (EGYPT-1). d) : ensemble des trajectoires des bouées larguées dans le Canal de Sicile et le bassin oriental.

Certaines portions de trajectoires des profileurs CTD ARGO (PROVORs) sont aussi affectées par la moyenne échelle (dans Ierapetra, notamment, Fig.5). On remarque enfin des portions de trajectoires le long des pentes libyenne et égyptienne.

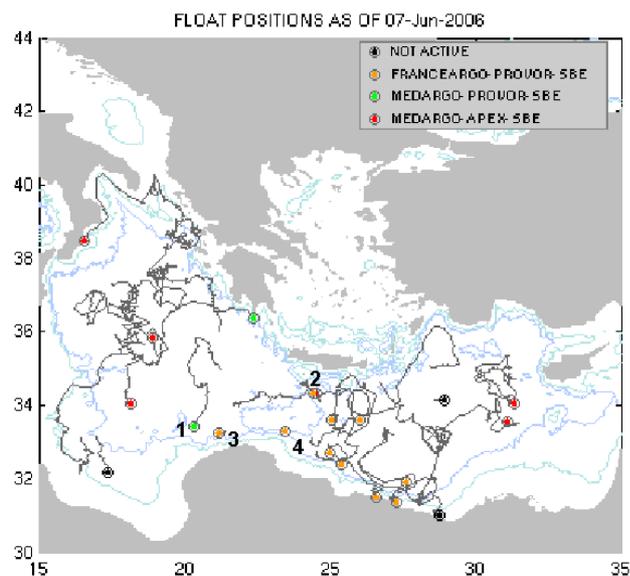


Figure 5: Trajectoires des profileurs ARGO dans le bassin oriental (ceux d'EGYPT sont identifié en orange). Fig. from MFSTEP/MEDARGO web site

Les valeurs de salinité de surface mesurées par le profileur 1 (MEDARGO 1900629) ayant dérivé principalement vers le sud entre 20-21°E (Fig.5 - 6) diminuent en allant vers la pente libyenne (Fig.7 et 8).

PROVOR FLOAT: 50772 - POSITIONS AS OF 04-Jun-2006

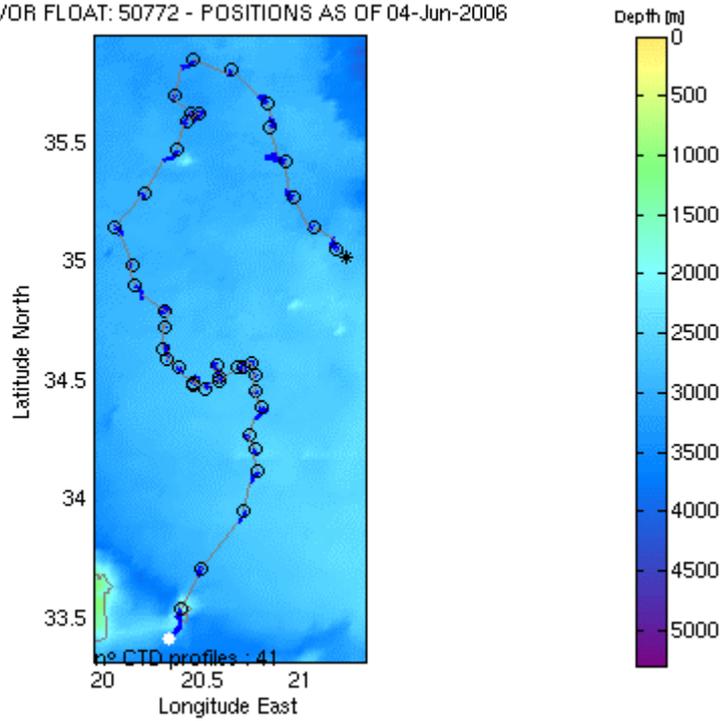


Figure 6 : Détail de la trajectoire longitudinale du profileur 1 (1900629). Etoile noire: position de largage ; étoile blanche: position actuelle ; cercle : position d'un profil avec dérive de surface. Fig. from MFSTEP/MEDARGO web site.

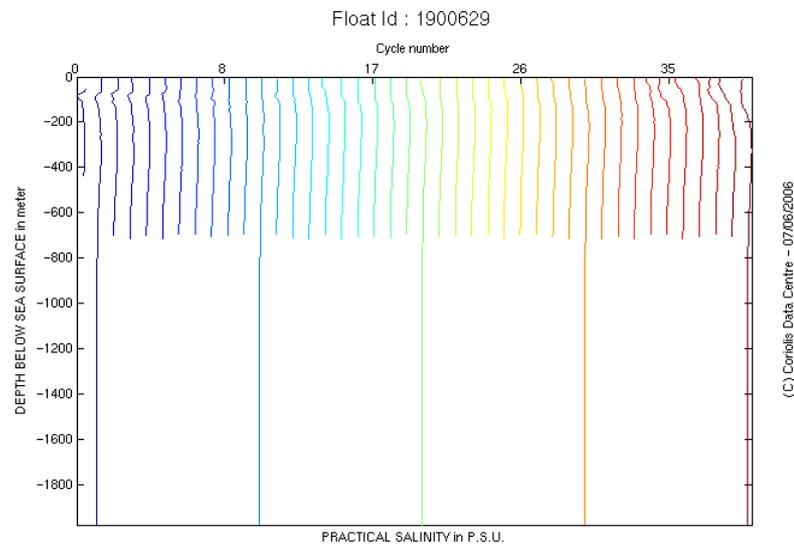


Figure 7 : Evolution des profils de salinité du profileur 1 (1900629), du 16/11/2005 (bleu foncé, bleus = partie nord de la trajectoire) au 04/06/2006 (marron).

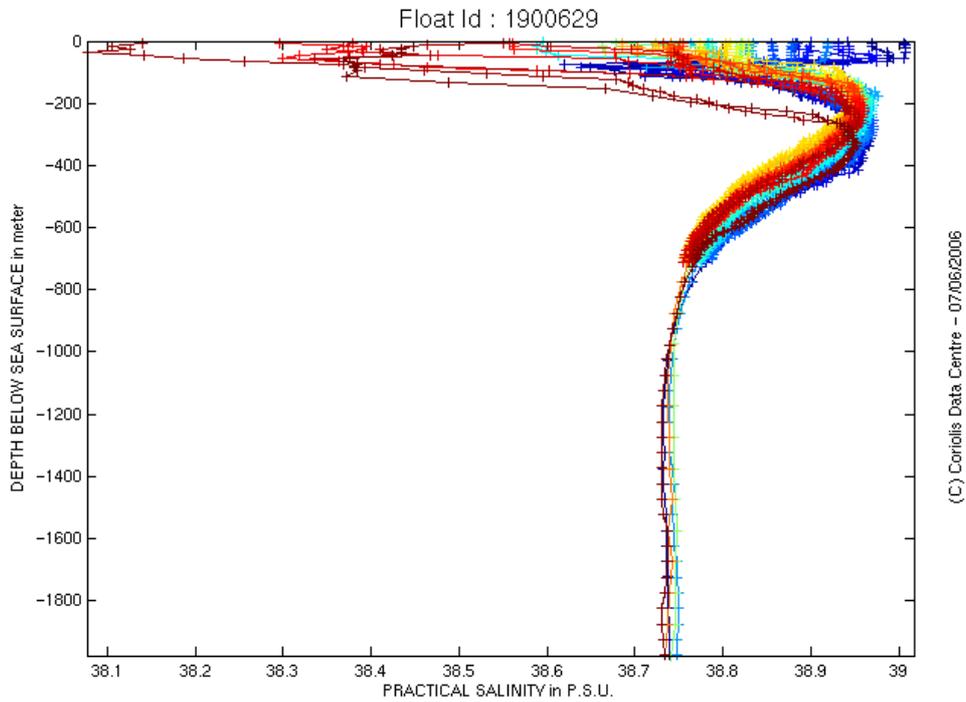


Figure 8 : Profils de salinité superposés du profileur 1 (1900629).

En surface dans le centre du bassin la salinité est supérieure à 38.8 (jusqu'à ~39), pour atteindre des valeurs inférieures à 38.5 dans la partie sud (jusqu'à ~38.1). Ces observations sont confirmées par les faibles salinités de surface des 2 profileurs EGYPT devant la Libye vers 21 et 24°E (profileurs 3 et 4, Fig.7-9), et par celles du profileur qui a une trajectoire le long de ~34°N entre ~21°E et 25°E (profileur 2, Fig. 7-10), qui elles restent élevées.

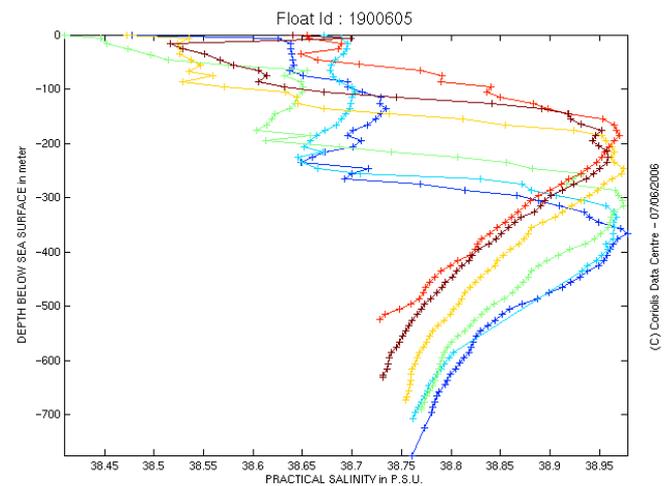
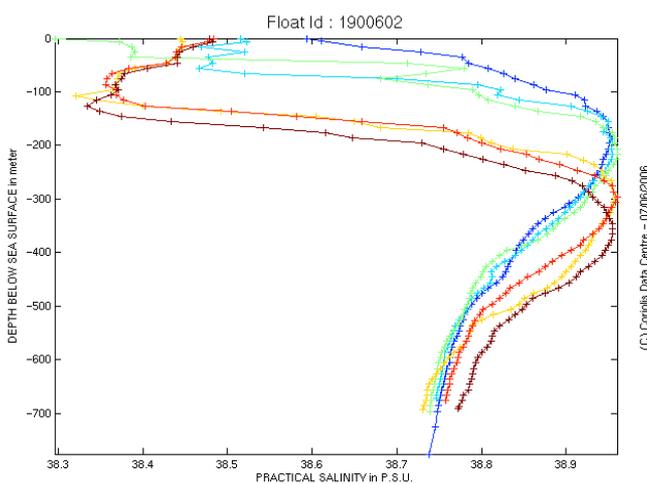


Figure 9 : Profils de salinité superposés des profileurs 3 (gauche) et 4 (droite).

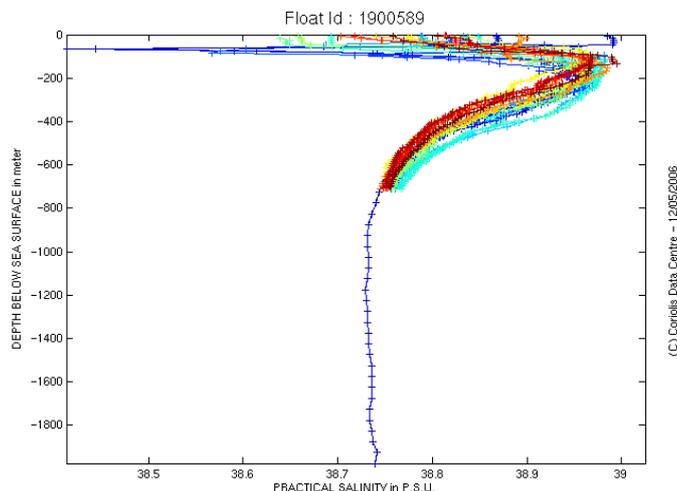


Figure 10 : Profils de salinité superposés du profileur 2 (1900589).

Les premiers résultats de la campagne EGYPT-1 en avril 2006 confirment l'impact des tourbillons sur la circulation de AW dans le sous-bassin Levantin. Les images satellitaires thermiques étaient en effet reçues en temps quasi-réel à bord afin de déterminer la stratégie d'échantillonnage optimale. C'est ainsi que nous avons pu localiser (Fig.11) un tourbillon libyen (I5) et le traverser par une section CTD à haute résolution (Fig.12), ainsi que Ierapetra (IE, Fig.13), dont la signature sur les modèles n'apparaissait pas significative.

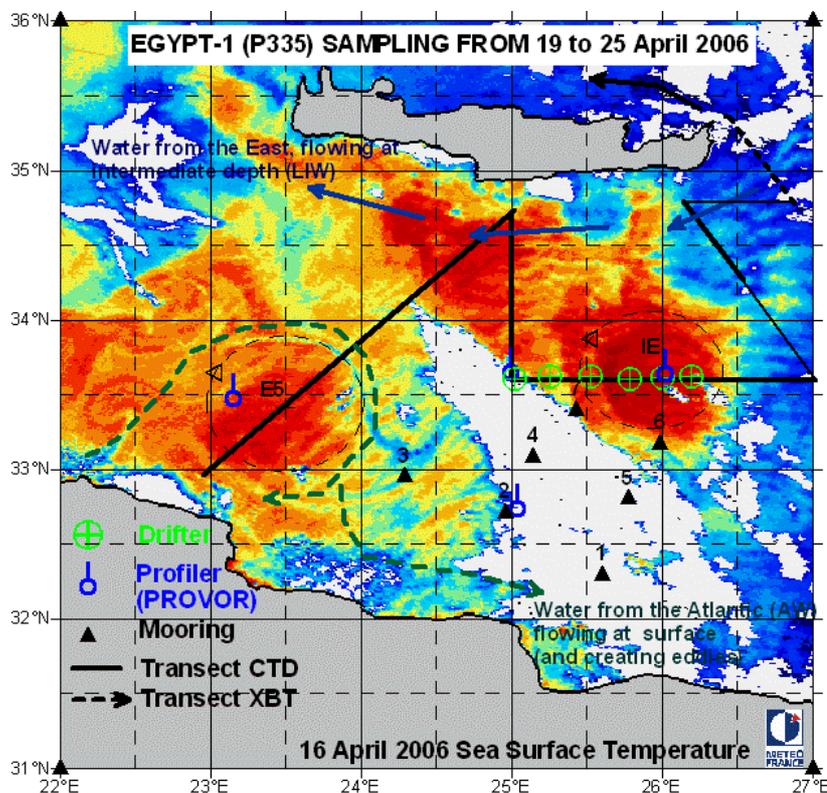


Figure 11a : Image thermique du 16 Avril 2006 (provenance SATMOS/CMS/MétéoFrance) et stratégie d'échantillonnage d'EGYPT-1.

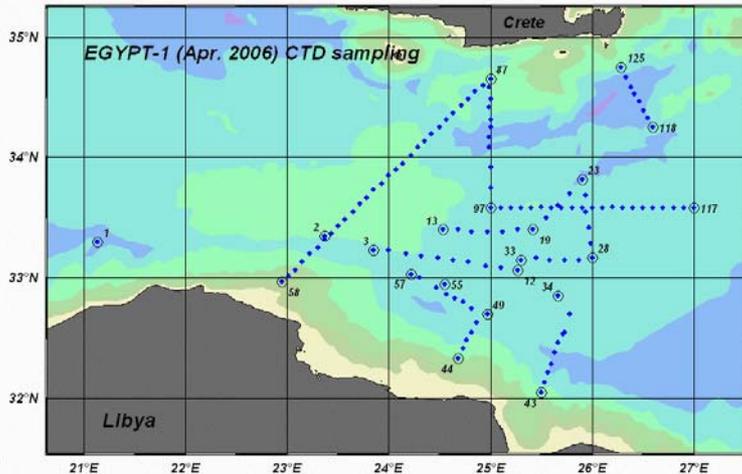


Figure 11b : réseau des stations CTD d'EGYPT-1

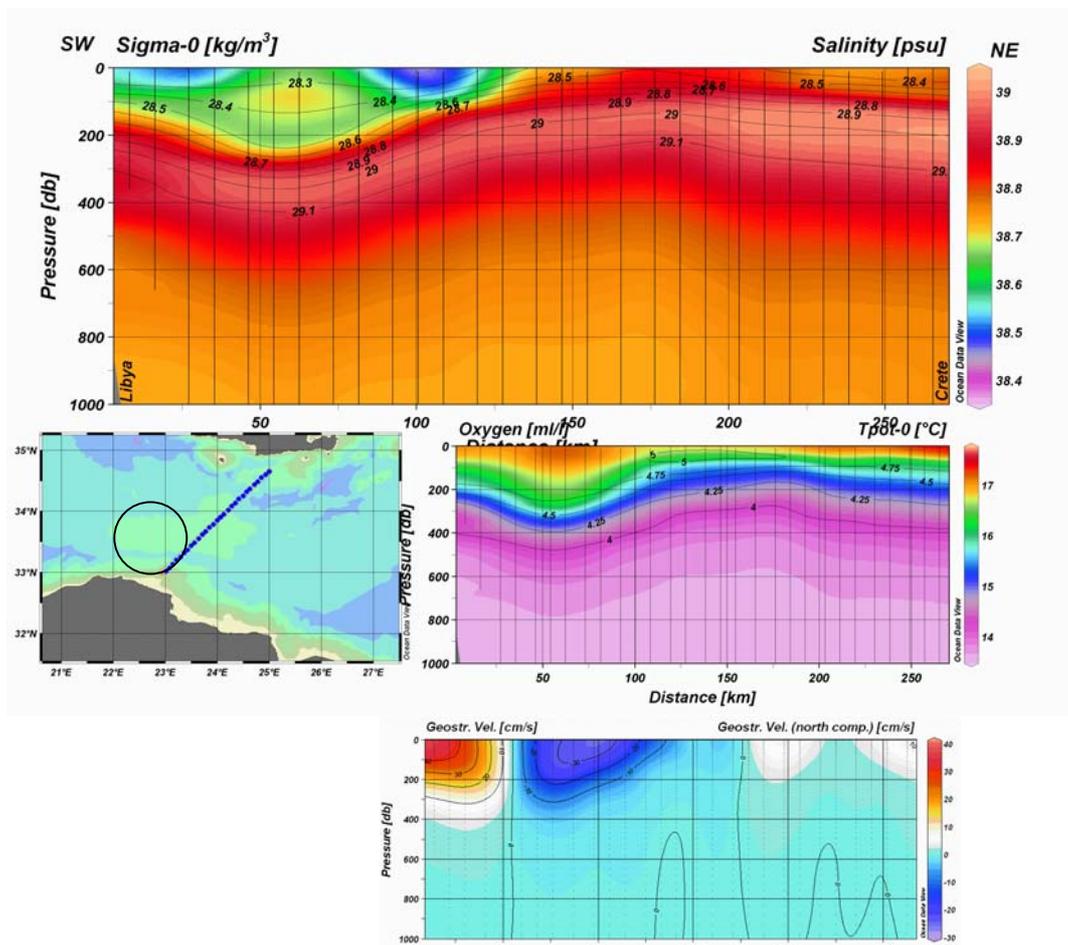


Figure 12 : Radiale CTD du plateau libyen à la Crète, traversant le tourbillon libyen E5) : haut : salinité (couleur) et densité potentielle (isolignes) ; milieu : température potentielle (couleur) et concentration en oxygène (isolignes) ; bas : composante Nord (couleur) et courant géostrophique (isolignes), référence 1000db.

La section de salinité montre bien que la présence d'AW peu modifiée relativement loin au large ($\sim 34^\circ\text{N}$) est due à la présence du tourbillon I5. Il n'y a pas d'autre (veine de) AW plus au nord, ce qui devrait être le cas en présence d'un MMJ. Enfin, logiquement, I5 est associé à de l'AW

relativement peu modifiée au sud, avec un courant portant à l'ouest. Son extension verticale excède 1000m.

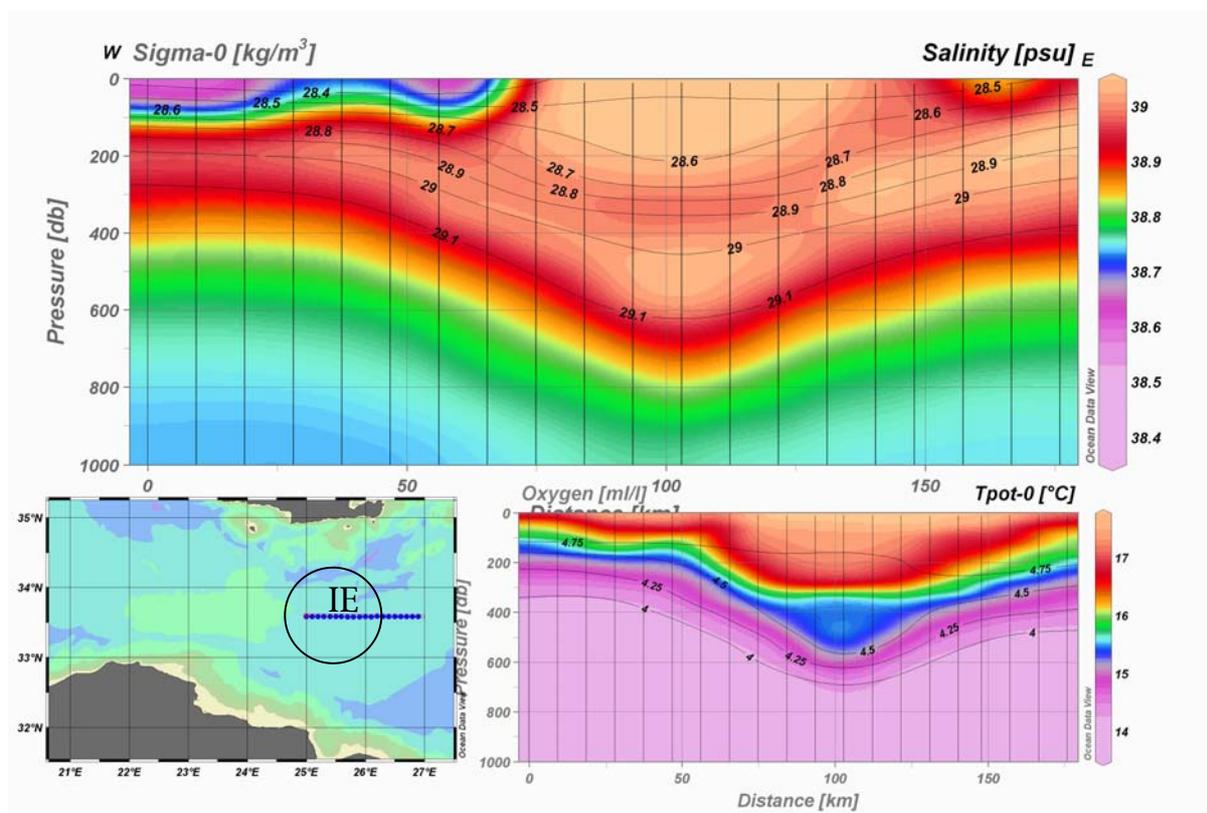


Figure 13 : Radiale CTD à travers le tourbillon de Ierapetra de l'été 2005.
(id. légende Fig.12)

Ierapetra a encore une extension qui excède 1000m (isolignes encore déformées à ce niveau). On observe l'entraînement de la Levantine Intermediate Water (LIW) sur son bord est.

3. Conclusion

Les observations in situ et satellitaires confirment donc que la circulation de surface (Atlantic Water AW) se fait essentiellement le long de la pente continentale libyenne et égyptienne. Le courant est instable, et engendre des méandres et tourbillons de moyenne échelle qui sont détectés et suivis par l'imagerie satellitaire. Ces tourbillons (et leurs interactions) sont responsables de la dispersion de AW vers l'intérieur du bassin (ainsi que des eaux intermédiaires et profondes, comme observé lors de la campagne EGYPT-1 en avril 2006).

4. *Références de l'équipe 2005 sur le programme EGYPT*

(Voir www.ifremer.fr/lobtln)

- Alhammoud, B., K. Béranger, L.Mortier, M.Crépon and I. Dekeyser, 2005. Surface circulation of the Levantine Basin: comparison of model results with observations. *Progr. in Oceanogr.*, 66, 299-320.
- Béranger K., L. Mortier and M. Crépon, Seasonal variability of water transport through the Straits of Gibraltar, Sicily and Corsica, derived from a high-resolution model of the Mediterranean circulation, *Progr. in Oceanogr.*, 66, Issues 2-4, 341-364.
- Hamad, N., C. Millot and I. Taupier-Letage, 2005a. A new hypothesis about the surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea. *Progr. In Oceanogr.* , 66, 287-298.
- Hamad N., C. Millot and I. Taupier-Letage, 2005b. The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea as inferred from infrared images. *Scientia Marina*, 70(3), 457-503..
- Millot C. and I. Taupier-Letage, 2005. Circulation in the Mediterranean Sea. *The Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5 Part K*, Alain Saliot volume Ed., Springer-Verlag, 29-66.
- Poulain P-M., I. Taupier-Letage, R. Gerin, R. Barbanti, D.Delponte and G. Notarstefano, 2006. Oceanographic cruise EGITTO-1. Cruise report, Rel. 29/2006- OGA/14, OGS Borgo Grotta Gigante, 40p.

EGYPT-2 TV Suroît Héraklion – Toulon 30h max, 12-21 mars 2007

contact : Isabelle TAUPIER-LETAGE, itaupier@ifremer.fr, 04 94 30 49 13
(rédaction : 04 oct. 2007)

L'objectif est de faire un avec transect thermosalinomètre, ADCP et XBT à haute résolution du SW de la Crête à la pente Libyenne, afin de couper la totalité de la circulation 0-~700m (max. des XBT). Le point d'arrivée sur la pente Libyenne sera fixé vers la fin février 2007, en fonction de la position des tourbillons (déterminée d'après l'imagerie satellitaire thermique et les analyses Mercator).

Positions théoriques du transect : 35°11'N – 23°18'E -> 33°07'N-22°00'E

Distance : ~140 milles

Distance supplémentaire parcourue pour cette valorisation : ~200 milles max. (<30h)

Pas de demande de travaux en ZEE (Grèce , Libye), travaux réalisés en dehors des 12 milles (limites rouges).

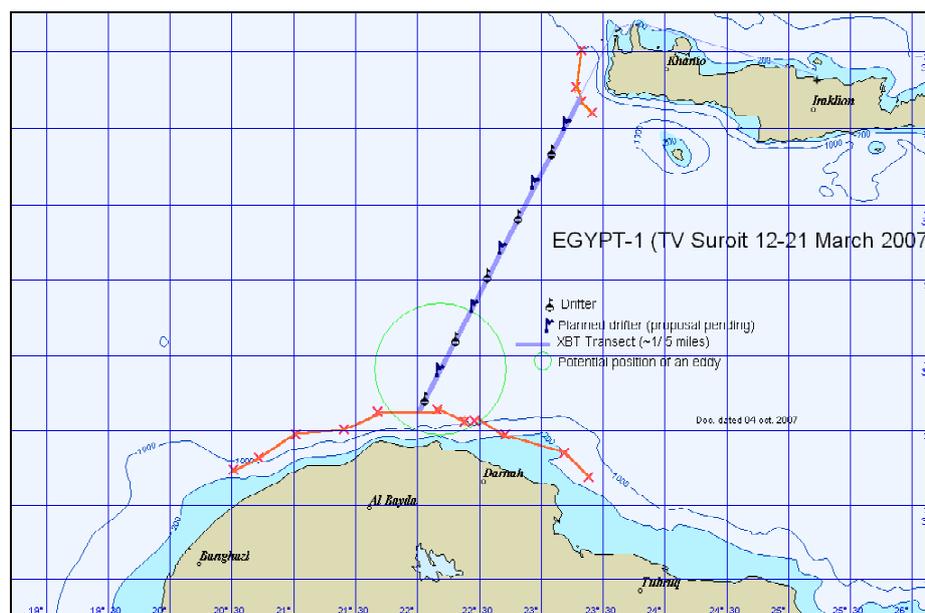


Figure 1 : EGYPT-2/Projet de valorisation du transit du Suroît en mars 2007

Travaux par l'équipe scientifique :

- XBT : 1 XBT (T7) / 5 milles : ~30 XBT
- Largage de 5 bouées dérivantes SVP Clearwater (10 si proposition GMMC 2007 acceptée)

Dans les 2 cas il n'y a pas besoin de ralentir.

Organisation du travail :

A priori : 3 personnes

Durée : de 14 à 30h selon conditions météo.

Travail de nuit impératif de l'équipe scientifique, en binôme
Autonomie complète pour le lancer d'XBT et des bouées dérivantes.