

Programme national :
ATMOSPHERE ET OCEAN
A MULTI-ECHELLES

FORMULAIRE DETAILLE

Titre: **BOMOMO (BQuées dérivantes et MOdélisation en Méditerranée Orientale)**

Responsables scientifiques : **I. TAUPIER-LETAGE** et **C. MILLOT**

Laboratoire: **Laboratoire d'Océanographie et Biogéochimie (LOB)**

N° de code de la formation (si CNRS) : **UMR 6535**

adresse: **Antenne LOB-COM, BP 330, ZP Brégaillon, F-83507 LA SEYNE,**

téléphone : **04 94 30 49 13**, télécopie : **04 94 87 93 47**, mel : **itaupier@ifremer.fr**

Directeur : **B. QUEGUINER**

Durée du projet : (*Date de début et de fin*) : **18 mois entre mi 2004 et fin 2005**

Budget demandé au PATOM : **32 500 € HT pour 2004 et 4 000 € HT pour 2005**

Petit équipement : **24 000 € HT (bouées dérivantes) pour 2004 (ou 2005 en partie)**

Missions : **7 500 € HT**

Fonctionnement : **4 000 € HT (aucun frais de gestion de crédits n'a été considéré)**

Thèmes de l'appel d'offre concernés :

2 : Océanographie et interaction océan-atmosphère (pour l'utilisation des données de l'océanographie opérationnelle CORIOLIS et PSY2)

2.1 : Processus physiques intervenant dans la circulation de grande échelle / Étude de processus dans l'océan / Bathymétrie (guidage des veines de la circulation générale et des tourbillons de moyenne échelle)

2.3 : Dynamique côtière et littorale / Échelle côtière (processus contrôlés par la topographie de la pente continentale et du plateau)

4 : Utilisation des observations spatiales (infrarouge, altimétrie)

5 : Recherches fondamentales en dynamique des fluides (effet de la topographie dans l'océan)

Mots-clés : Méditerranée, circulation générale, moyenne échelle, topographie, bouées dérivantes, modélisation, transfert de technologie

Résumé: BOMOMO (BQuées dérivantes et MOdélisation en Méditerranée Orientale)

Nous tenons d'abord à souligner que nous trouvons justifiées la plupart des critiques et recommandations qui nous ont été transmises (lettres SJ/MR/N° 033 et 035) en réponse aux demandes SALTO et MEMO que nous avons présentées en 2003. Nous pensons avoir pris en compte ces remarques et nous nous sommes réunis pour présenter une demande commune.

Par des mesures *in situ* appropriées, et leur confrontation avec des produits issus de MERCATOR PAM/PSY2, nous nous proposons de tester les résultats que nous avons récemment déduits de l'analyse de l'imagerie infrarouge et de la modélisation, tout d'abord quant à 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. Nos résultats quant à la turbulence de moyenne échelle sont également tout à fait originaux.

Forts de l'expérience que nous avons acquise dans le bassin occidental, nous nous proposons de mettre en œuvre 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. 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.

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 cette circulation. Au moins pour ce qui concerne la partie égyptienne de la demande, la deuxième phase de cette étude est de plus en plus précisément envisagée dans le cadre d'une opération que nous souhaiterions entreprendre dès 2005 (mouillages de courantomètres et campagnes pluridisciplinaires). En effet, nous avons pu établir des contacts prometteurs avec nos collègues égyptiens, nous espérons bénéficier d'un soutien financier important de la région PACA et nous pouvons déjà compter sur la participation de plusieurs collègues européens.

Visa obligatoire du Directeur de formation
B. QUEGUINER

Signature du demandeur :
I. TAUPIER-LETAGE

Dossier scientifique

1. Les objectifs scientifiques

1.1 *Généralités*

L'objectif de cette demande est de valider les premiers résultats récemment obtenus (Hamad *et al.*, 2002, 2003 ; Alhammoud *et al.*, 2003 ; Béranger *et al.*, 2003b) quant à la circulation de l'eau d'origine atlantique (AW, couche 0-200 m) dans le bassin oriental de la Méditerranée, tant dans le domaine de l'observation (analyse de l'imagerie infrarouge et de données *in situ* par le LOB et l'INSTM) que dans celui de la modélisation (modèles numériques de circulation par le LODYC).

Conformément aux résultats que nous avons obtenus dans le bassin occidental et qui sont maintenant clairement validés, la circulation de AW est conditionnée par la topographie de manière complexe. Tant que cette circulation est relativement stable, elle suit les isobathes 0-200 m et a une largeur de quelques dizaines de km; elle décrit ainsi un circuit direct autour de tout un bassin et elle peut se diviser en deux veines lorsqu'elle rencontre un plateau continental (comme à l'entrée du golfe du Lion), (Millot, 1997). Mais, lorsqu'elle devient instable, elle génère essentiellement des tourbillons anticycloniques de moyenne échelle qui ont des diamètres de 100-200 km, des durées de vie jusqu'à plusieurs années (Puillat *et al.*, 2002), et une structure qui est anticyclonique parfois jusqu'au fond (~3000 m), (Millot et Taupier-Letage, 2003). Ces tourbillons suivent donc les isobathes les plus profondes en se détachant, dans des endroits privilégiés, de la circulation dont ils sont issus (comme dans le bassin algérien). Pour ce qui est du canal de Sicile, l'analyse des données (*in situ* et par télédétection) dont nous disposons est moins claire mais la modélisation académique comme les simulations du GCM MED 16 (Molcard *et al.*, 2002 ; Alhammoud *et al.*, 2003 ; Béranger *et al.*, 2003b) suggèrent les mêmes caractéristiques principales. La validation de ces premiers résultats par des mesures *in situ* d'hydrologie, de courantométrie lagrangienne (principal objet de cette demande) et eulérienne (envisagée en 2005-2007), qui seront analysées en comparaison avec des mesures de télédétection et des simulations de modèles nous semble nécessaire pour continuer l'étude de processus que nous avons entreprise quant au rôle de la topographie sur la circulation de surface.

Cette validation nous semble d'autant plus nécessaire que nos résultats s'opposent radicalement aux idées actuellement admises. Le schéma de circulation qui fait pour l'instant autorité (fig.1) a été proposé par les animateurs du programme international POEM. Il décrit des traits qu'aucune théorie n'explique comme le Atlantic Ionian Stream (AIS) qui méandre dans le canal de Sicile puis, semble-t-il, dans le partie centrale du sous-bassin ionien ou le Mid Mediterranean Jet (MMJ) qui traverse en diagonale le sous-bassin levantin, ou encore la multitude de circuits de dimension moyenne donnés pour permanents, transitoires ou récurrents. Il ignore également ce qui se passe dans la partie sud du bassin, à l'évidence parce que très peu de données *in situ* y ont été acquises. Ceci est difficilement acceptable d'autant que i) une circulation directe tout autour du bassin a été suggérée depuis longtemps (Nielsen, 1912), ii) l'imagerie infrarouge, disponible depuis une trentaine d'années, n'a pas été suffisamment exploitée et iii) ce n'est pas parce que une région n'a pas été étudiée que rien ne s'y passe ! ! ! !

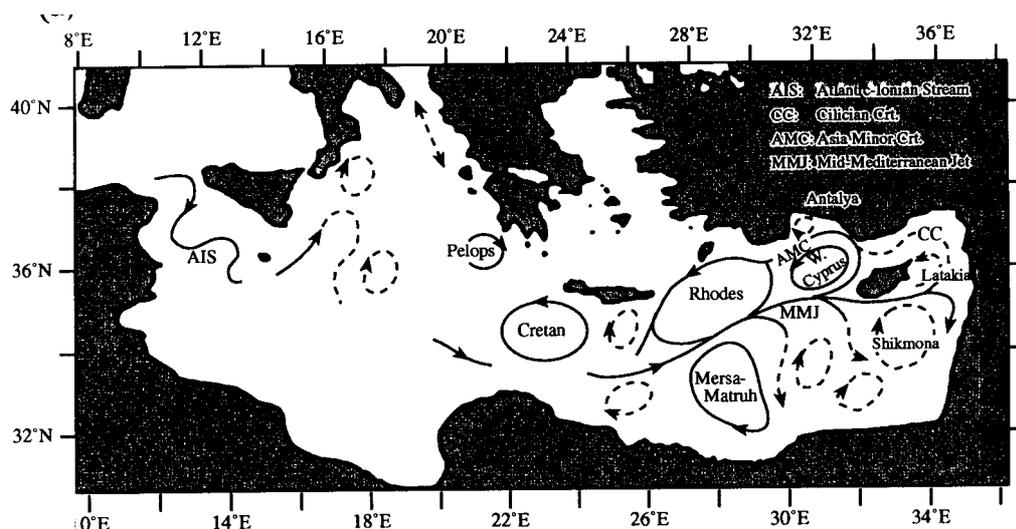


Figure 1: Schéma de la circulation de surface (Robinson et Golnaraghi, 1993). —: circuits permanents, ----: circuits transitoires ou récurrents

Ce schéma contraste fortement avec les hypothèses que nous avons avancées il y a une dizaine d'années (Millot, 1992 ; Le Vourch *et al.*, 1992) et avec le schéma que nous avons récemment proposé (fig. 2 ci-dessous, Hamad *et al.*, 2002, 2003) à partir de l'analyse détaillée de l'imagerie infrarouge sur quelques années.

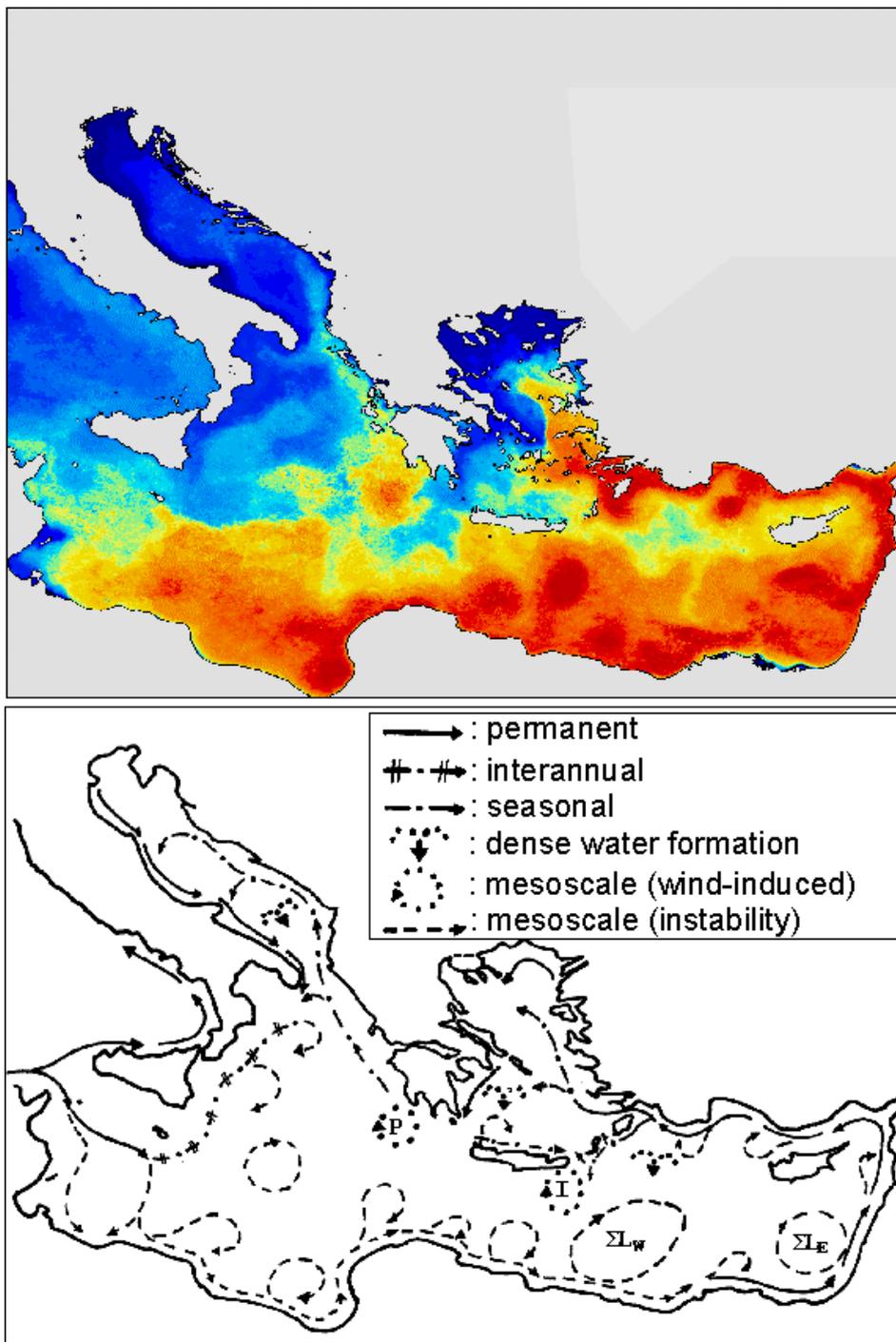


Fig.2 : Notre schéma est déduit de l'analyse d'images (essentiellement journalières) dans l'infrarouge (telle que la composite mensuelle de janvier 1998 reproduite ici) pour lesquelles les températures décroissent du rouge au bleu. P (Pelops) et I (Ierapetra) sont figurés là où ils sont créés mais ils peuvent dériver sur plusieurs centaines de km. Les zones dénommées Σ_{LW} et Σ_{LE} sont des zones où la turbulence générée par l'instabilité de la circulation générale se concentre (nous n'avons pas retenu les dénominations Mersa-Matruh et Shikmona qui ne nous semblent pas traduire correctement les processus). **On peut imaginer qu'un échantillonnage in situ limité en latitude peut conduire à confondre la partie nord de tourbillons anticycloniques avec un courant traversant le bassin vers l'est ... comme indiqué sur la fig. 1 !**

Le schéma du LOB de la fig. 2 est en assez bon accord avec les derniers résultats de la modélisation du LODYC dans le canal de Sicile (fig. 3a) même si celle-ci suggère, entre autres, une veine collée à la Sicile qui ne peut être validée par l'analyse de nos données

de télédétection (fort signal associé à l'upwelling) et d'hydrologie (l'INSTM ne peut aller dans les eaux italiennes).

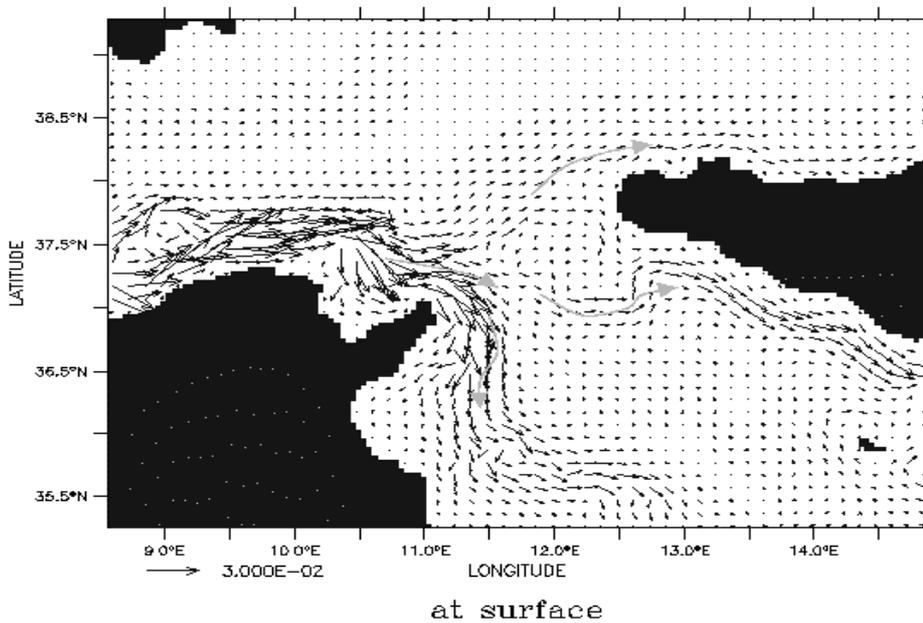


Fig. 3a : Circulation de surface dans le canal de Sicile. La topographie est la même que celle de MED16 mais il s'agit d'un zoom forcé uniquement par les gradients de densité entre la région du canal et les sous-bassins adjacents (d'après Molcard *et al.* 2002)

Le schéma de la fig. 2 est aussi en très bon accord avec les résultats du GCM MED16 dans l'ensemble du bassin oriental, en particulier dans le sous bassin levantin (fig. 3b).

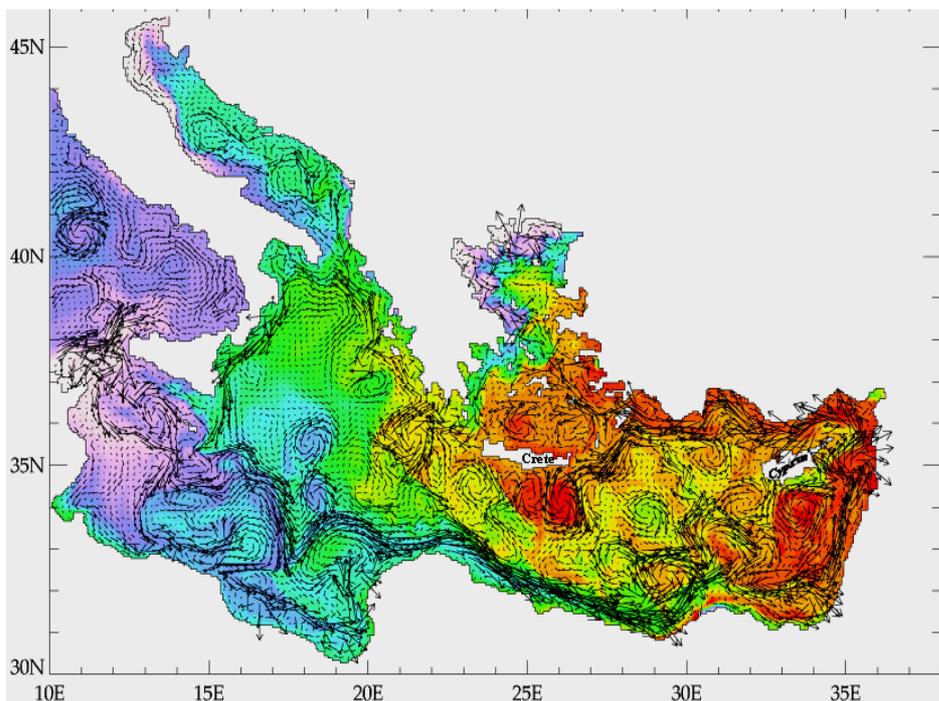


Fig. 3b : Circulation de surface dans le bassin oriental (moyenne hivernale), d'après Alhammoud *et al.*, 2003).

Le schéma de la figure 1 (POEM) diffère de celui de la fig. 2 (dédié de notre analyse des données de télédétection et supporté par notre modélisation), ou du moins de la

perception que nous avons des principaux traits de la circulation, sur deux points essentiels.

1) Nous pensons que, lorsqu'elle est stable, la circulation de surface doit suivre les isobathes correspondant à son épaisseur (de la côte jusqu'à la partie supérieure de la pente continentale) dans le sens direct. C'est donc dès l'entrée de AW par le canal de Sicile que notre perception s'oppose aux idées admises, et c'est donc dans cette région, et plus particulièrement du côté tunisien, que nous devons préciser cette circulation. Les équipes qui sont le plus impliquées dans cette demande (LOB, LODYC, INSTM) ont la chance d'avoir depuis longtemps des liens étroits, et maintenant des possibilités d'intervention dans cette région.

2) Nous pensons que cette circulation le long de la côte/pente continentale est fortement instable. Elle génère des tourbillons de moyenne échelle qui ont, d'après nous, une importance fondamentale quant à la circulation des masses d'eau sur toute la profondeur, et qui n'ont pas du tout été pressentis comme tels par les études antérieures. Ces tourbillons ont, tout autour du bassin, des caractéristiques variables. Ils ont une structure relativement complexe (que nous liions essentiellement à la complexité de la topographie) dans le sud du sous-bassin ionien, ils sont relativement énergétiques et bien organisés le long des côtes libyennes et égyptiennes dans le sous-bassin levantin (là, ils ressemblent beaucoup aux tourbillons algériens), ensuite ils sont de plus petite taille le long des côtes du Moyen-Orient et de la Turquie. Afin d'intervenir de manière aussi efficace que possible, et en ayant le souci de collaborer avec les chercheurs des pays riverains, nous avons essayé de trouver les meilleurs contacts. La complexité de la circulation le long des côtes libyennes dans le sud du sous-bassin ionien, et la difficulté d'établir des relations avec nos collègues libyens nous ont naturellement conduits à contacter nos collègues égyptiens de l'AUDO (Département d'Océanographie de l'Université d'Alexandrie) et du NIOF (Institut National d'Océanographie et des Pêches) avec l'objectif d'aller travailler avec eux le plus à l'ouest possible (frontière avec la Libye).

Notre demande a pour objectif de décrire la circulation dans toute la partie sud du bassin oriental par des mesures *in situ* afin de tester notre propre analyse des mesures satellitaires et de la modélisation ; nous voulons également poursuivre ainsi des études de processus. Compte tenu des problèmes d'accès dans cette région et de la lourdeur des procédures pour y faire intervenir des moyens importants et y mouiller des appareils dans la zone côtière concernée (d'après nous) par la circulation générale, nous pensons que la mise en œuvre de bouées dérivantes est, dans une première phase, le meilleur moyen pour atteindre nos objectifs. Nous avons une certaine expérience dans l'utilisation de telles bouées (Millot, 1991 ; Ruiz *et al.*, 2002 ; Salas *et al.*, 2002) et celles-ci sont susceptibles de décrire en Méditerranée des trajectoires relativement longues (10-15 ° en longitude, fig. 4 ci-dessous, Salas *et al.*, 2002). Compte tenu de la largeur du bassin oriental (de ~10 à 35 °E), des bouées larguées vers 10°E (Tunisie, là où nous travaillons d'ores et déjà) et 25 °E (ouest Égypte, là où nous avons désormais établi les contacts nous permettant d'envisager d'aller y travailler) devraient permettre une description correcte de la circulation dans l'ensemble de la partie sud de ce bassin.

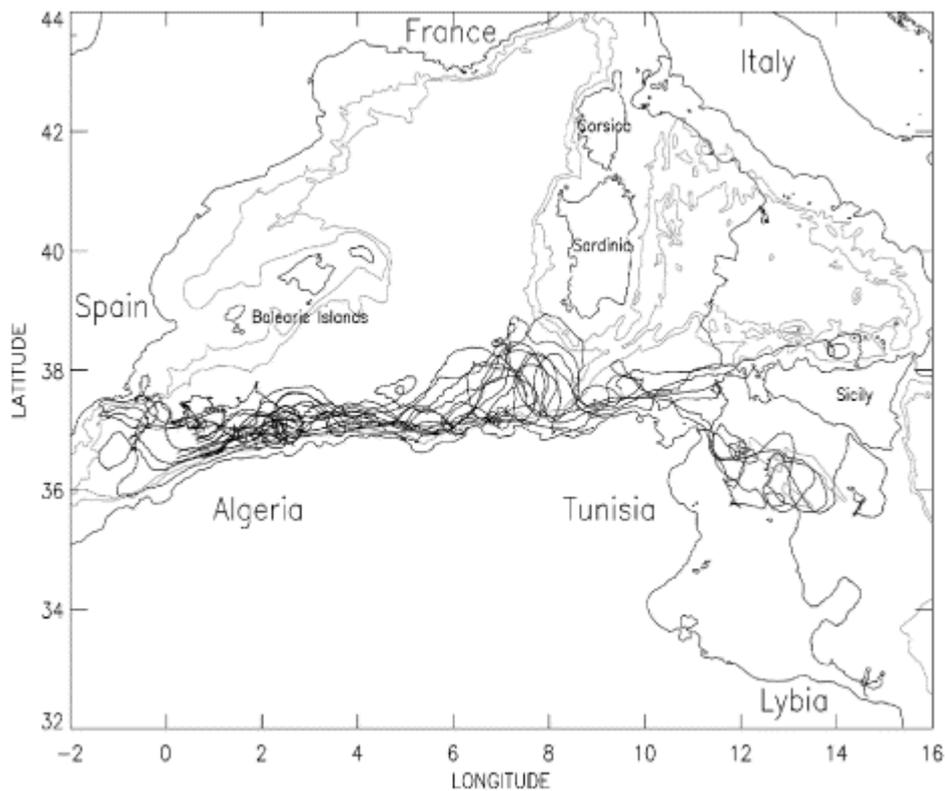


Fig. 4 : Trajectoires de la campagne ALGIERS-96.

Si notre demande était retenue, nous serions donc en mesure de faire i) une description correcte de la circulation et ii) une étude préliminaire (dans le bassin oriental) de processus que nous détaillons ci-dessous pour chacune des deux régions où nous nous proposons d'intervenir.

1.2. Le canal de Sicile

Le canal de Sicile et ses abords immédiats sont évidemment une région-clé pour la circulation de AW. Néanmoins, à cause de la grande largeur du canal, d'une topographie complexe, de l'importance du plateau continental, de la forte variabilité des conditions météorologiques, tout autant que des difficultés pour échantillonner dans des eaux nationales étrangères, il n'a pas encore été possible de faire une étude détaillée de la partie tunisienne du canal (la plus importante de notre point de vue).

A grande échelle, le déficit en eau des bassins occidental et oriental de la Méditerranée est compensé par une entrée d'AW par le détroit de Gibraltar. Comme indiqué dans le travail pionnier de Nielsen (1912), nous pensons que AW s'écoule en Méditerranée le long de la pente continentale en décrivant assez systématiquement des circuits directs dans chaque bassin. A l'entrée du canal de Sicile notamment, une partie de AW s'écoule dans le bassin oriental mais une autre partie reste dans le sous-bassin tyrrhénien pour rejoindre ensuite le courant Nord (Millot, 1987, 1999), où elle alimente le phénomène de convection profonde au large du golfe du Lion. La séparation de AW qui en résulte est déjà nettement schématisée par Nielsen lui-même. Sur son schéma, la veine orientale apparaît d'abord collée à la côte tunisienne (comme sur la fig. 2). C'est aussi le principal trait qui ressort des travaux conduits par les participants à cette demande du point de vue de la modélisation numérique (fig. 3a d'après Béranger *et al.*, 2002 ; voir aussi Molcard

et al., 2002, et Pierini et Rubino, 2001). Néanmoins, les données *in situ* et par télédétection que nous avons collectées récemment ont révélé que la variabilité à moyenne échelle avait une importance déterminante sans permettre toutefois de la décrire précisément (Sammari *et al.*, 1999). Ces différents éléments sont mis en évidence par les trajectoires de la fig. 4.

Ceci étant, la plupart des autres données et études récentes conduites dans le canal à partir de bouées dérivantes, de profils hydrologiques et de modèles (e. g. Poulain, pers. comm. ; Lermusiaux *et al.*, 2001 ; ce dernier article fournit une revue assez complète des études antérieures), ont plutôt concerné la partie centrale et le côté sicilien du canal en n'échantillonnant que très aléatoirement le côté tunisien. L'image de la circulation dans cette région qui est actuellement la plus répandue (e.g. fig. 1) pourrait donc selon nous différer très sensiblement de la réalité. Il en est de même de la circulation au sud et à l'est du canal de Sicile car très peu de mesures couvrent le sud du sous-bassin ionien et plus particulièrement le plateau tuniso-libyen au large des golfes d'Hammamet et de Gabès.

La circulation sur le plateau tunisien au large de ces golfes est pourtant une zone d'intérêt environnemental très fort pour nos collègues tunisiens. La région entre la Tunisie et la Sicile est la plus riche de toute la Méditerranée en ressources halieutiques, et la pêche est une activité centrale de l'économie tunisienne. La très faible profondeur du plateau le rend particulièrement vulnérable aux apports polluants de toute nature. L'INSTM a d'ailleurs la charge de préciser l'environnement physique de cette région dominé par un fort signal de marée (1,5m dans le golfe de Gabès) et une circulation qui semble relativement particulière, comme le montraient déjà Lacombe et Tchernia (1972 ; à peu près tel que fig. 2). En effet, et comme dans le golfe du Lion où le phénomène est maintenant parfaitement admis, la partie de AW qui suivrait la côte tunisienne (pour mieux l'individualiser par rapport aux autres veines nous l'appelons TCC, Tunisian Coastal Current) se sépare d'abord de la partie de AW qui suit le bord du plateau (elle est appelée ATC, Atlantic Tunisian Current par Poulain, 1998) avant de la rejoindre là où le plateau se termine (à l'ouest de la Libye). Cette bifurcation de la circulation générale (entre TCC et ATC) à l'entrée du plateau et sa jonction à la sortie méritent d'être précisées, tout comme doit l'être l'existence d'une veine qui suivrait les côtes sud-ouest de la Sicile pour donner l'AIS (cf. fig. 1).

La modélisation numérique a bien évidemment ouvert de nombreuses pistes et simulé des situations plus ou moins réalistes. Parmi les modèles dédiés à des études de processus, on peut citer principalement celui de Onken et Sellschopp (1998) qui étudie la variabilité saisonnière de l'AIS en s'appuyant sur le caractère barocliniquement instable du courant, et ceux qui étudient le forçage thermohalin 'lointain' du détroit (Pierini et Rubino, 2001 ; Molcard *et al.*, 2002). Enfin, parmi les nombreux GCM, il faut noter que leur résolution horizontale (1/4 ou 1/8ème de degré) trop faible ne permet pas une représentation correcte de la circulation. Récemment, le GCM MED16 que nous avons développé au LODYC (cf. infra) (1/16ème cos(lat) de degré, soit presque le triple des modèles au 8ème) permet une modélisation de l'écoulement de surface (Béranger *et al.*, 2002, 2003a,b ; Alhammoud *et al.*, 2003) qui semble plus correcte !

En parallèle de cette modélisation numérique, nous avons également développé une approche théorique. Un premier modèle analytique linéaire en mode verticaux (Herbaut *et al.*, 1998) a permis de détailler le mécanisme qui contrôle la séparation en 2 veines du courant de surface à l'entrée d'un plateau continental. Un deuxième modèle (Ponte,

2003 ; cf. fiche de suivi de SALTO-2) a généralisé ce résultat et détaille les processus de contrôle par la topographie du système de courants dans le canal de Sicile schématisé par un seuil entre deux bassins. Le rôle des ondes ‘doubles de Kelvin’ (qui sont en fait des ondes topographiques) barotrope et barocline y est déterminant. On montre en particulier comment le gradient topographique du seuil contrôle le débit des différentes veines. Le calcul numérique complet (avec OPA et MICOM dans la configuration du modèle analytique) confirme avec une très bonne précision la validité du modèle analytique.

Le schéma de circulation que l’on peut maintenant proposer en se basant sur les observations (fig. 2), et qui est en assez bon accord général avec la modélisation (fig. 3), est encore à approfondir sur plusieurs points importants :

- Peut-on confirmer l’existence des veines que seraient l’AIS, le ATC et le TCC ?
- Quelle serait l’importance respective de ces trois veines, quels seraient leurs transports et leurs variabilités saisonnières?
- Où auraient lieu préférentiellement les éventuelles bifurcations ATC-AIS puis ATC-TCC?
- Peut-on préciser la circulation générale sur le plateau (TCC) et le long de son bord (ATC) mieux que ne l’ont fait la plupart des études antérieures (conduites plutôt du côté sicilien) ?
- Quel serait le devenir de l’ATC et de l’AIS dans le sous-bassin ionien, ou plus précisément quelle serait la part de l’AIS qui rejoindrait l’ATC et le TCC pour s’écouler le long des côtes libyennes par rapport à celle qui se répandrait de manière turbulente dans la partie centrale de l’ionien ?
- Comment les GCM reproduisent-ils ces différentes veines et quelle variabilité exhibent-ils ?

Le travail que nous proposons vise à approfondir, grâce à des données adaptées, ces questions qui ont reçu des premières réponses, essentiellement sur la base de modèles théoriques, lors de SALTO-2 (voir fiche de suivi).

1.3. Le sous-bassin levantin

La figure 1 est très explicite quant aux idées admises jusqu’à présent sur la circulation dans ce sous-bassin avec un MMJ qui s’écoulerait en diagonale et formerait sur sa droite (dans la partie sud) des circuits dits permanents ou récurrents et appelés Mersa-Matruh ou Shikmona. La figure 2, quant à elle, veut d’abord représenter un écoulement moyen le long de la côte, ou plutôt le long de la partie supérieure de la pente continentale. Cet écoulement est relativement instable et génère des tourbillons de moyenne échelle qui vont se détacher et, nous semble-t-il, se concentrer *in fine* dans les zones privilégiées mentionnées ci-dessus mais que nous avons dénommées Σ_{LW} et Σ_{LE} . En effet, notre analyse diffère des analyses précédentes non pas sur les zones particulières elles-mêmes (elles ressortent dans toute analyse de données) mais sur les processus qui les gouvernent. Notre dénomination a pour but de montrer que ces zones (à l’ouest/W et à l’est/E du sous-bassin levantin/L) sont formées par la coexistence (Σ) de structures de moyenne échelles issues pour certaines de la zone côtière au sud, qui arrivent dans la zone en étant guidées par la topographie (les isobathes profondes formant la dépression dite d’Herodotus pour W, peut-être l’angulation de la côte de l’Égypte au Moyen-Orient pour E), y interagissent jusqu’à parfois y fusionner et finalement y disparaissent. A noter que le tourbillon qui, d’après nous, est systématiquement formé tous les étés par les vents de nord au sud-est de la Crête (Ierapetra), peut se déplacer jusqu’aux côtes égyptiennes pour

souvent se trouver dans la zone ΣL_w et interagir avec les tourbillons issus du processus d'instabilité (Hamad *et al.*, 2002, 2003). L'étude que nous souhaitons conduire avec nos collègues égyptiens a pour but de tester la validité de notre analyse tout en montrant autant que possible les conséquences directes de la variabilité de la circulation pour tout ce qui concerne l'activité économique dans la région. Nous surveillons (imagerie satellitaire) en permanence la genèse et la propagation des tourbillons le long des côtes libyennes et égyptiennes et envisagerions d'attendre, si besoin était, qu'un tourbillon entre dans les eaux égyptiennes pour pouvoir correctement l'échantillonner avec des bouées. Ces bouées devraient dériver d'abord dans la circulation générale côtière avant d'être entraînées dans ce tourbillon, puis dans d'autres éventuellement, soulignant ainsi la forte variabilité de moyenne échelle et la non-existence d'un quelconque MMJ.

2. Le plan de recherche et le calendrier

La stratégie générale de BOMOMO peut se définir ainsi.

Dans un premier temps, nous demandons :

- au PATOM le financement de bouées dérivantes pour compléter celles fournies par les partenaires italien et tunisien et nous valorisons les données 'opérationnelles' acquises par ailleurs (transits valorisés du Marion-Dufresne et du Beautemps-Beaupré, 'rails' XBT et 'gliders' du projet MFSTEP, flotteurs profileurs du projet MEDARGO).
- à la région PACA un soutien pour renforcer les collaborations d'ores et déjà établies avec les chercheurs égyptiens (en plus du soutien pratiquement assuré pour former des techniciens et acheter de l'accastillage).

Nous faisons ensuite des demandes:

- au début 2004: pour obtenir de la commission flotte ~15 j de bateau type Suroît et mettre en place, en 2005, un certain nombre de mouillages (matériel du LOB-Toulon, de l'ICM-Barcelone et de l'AUDO+NIOF-Alexandrie),
- en mars 2004 (date indiquée sur le site Internet) pour obtenir de la DRI du CNRS tout le soutien possible pour des actions de coopération et des bourses
- en 2005: en fonction de l'intérêt général pour notre projet qu'auront pu manifester le PATOM, PACA et la commission flotte, ainsi que du démarrage ou pas du projet européen MEDWATER (co-animé par M. Crépon, LODYC) qui vient d'être soumis au 6^{ème} PCRD et dans lequel les principales équipes de cette demande sont partenaires, pour préparer une campagne pluridisciplinaire de plus grande envergure vers 2007 au large des côtes égyptiennes (le relevage des mouillages après ~2 ans d'immersion permettra d'avoir ensemble toutes les données possibles).

Pour ce qui est du soutien demandé au PATOM pour la période allant de mi-2004 à fin-2005, le plan de BOMOMO peut se définir suivant quatre composantes :

- surveillance hydrologique à 'haute résolution' dans le canal de Sicile, surveillance hydrologique 'd'opportunité' dans le sud levantin
- analyse de l'altimétrie et de l'imagerie (thermique, visible)
- suivi de bouées lagrangiennes larguées régulièrement (tous les 1-2 mois) à proximité de Tunis et lors d'une seule campagne à proximité de la frontière libyo-égyptienne
- modélisation analytique et numérique.

2.1. Surveillance hydrologique

Pour ce qui est du canal de Sicile, nous proposons de conduire une surveillance hydrologique de la radiale 'Cap Bon - Marsala'. Deux navires océanographiques sont disponibles : Le N/O Hannibal de l'INSTM et le navire de la station de Mazzara del Vallo. Compte tenu de la contrainte 'eaux territoriales', la seule solution envisageable est une synchronisation aussi étroite que possible des sorties des bateaux tunisien et italien.

Le N/O Hannibal 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 sera faite sur la base d'une sortie 2 fois par mois à partir de juin 2004. La programmation pour 2005 sera très probablement faite sur la même base. Cette périodicité est rendue nécessaire par notre objectif de décrire les différentes veines de courant d'une manière qui soit statistiquement significative. Le rythme d'une sortie tous les 1 ou 2 mois tenu en 2003 sera maintenu jusqu'en mi-2004.

La programmation du navire de station de Mazzara étant assez souple, bien que fortement dépendante des conditions météorologiques, nos collègues italiens tenteront d'assurer le complément des radiales aux mêmes dates que le N/O Hannibal. Ce navire assurera le complément de la radiale jusqu'à Marsala, en doublant éventuellement quelques stations dans les eaux internationales.

Le N/O Urania est régulièrement utilisé par l'IOF - CNR de la Spezia qui maintient 2 mouillages courantométriques dans les 2 chenaux profonds du seuil. A l'occasion de la maintenance de ces mouillages (2 fois en 2004 si les mouillages sont maintenus), nos collègues essaieront de se coordonner avec les sorties du N/O Hannibal pour assurer le complément des radiales jusqu'en Sicile à la place du navire de Mazzara.

Pour ce qui est des côtes égyptiennes, le NIOF et l'AUDO disposent de 2 bateaux de 31 m (donnés par le Japon et équipés d'une CTD) qui conviendraient parfaitement mais nous ne leur avons pas encore parlé de la possibilité de faire des sorties régulières. Ces bateaux pourront par contre parfaitement être utilisés pour larguer des bouées.

Autres données hydrologiques

- 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, 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 (et malgré l'intérêt manifesté par nos collègues tunisiens et égyptiens en particulier !).

- Données TSG : Dans le courant du 1er trimestre 2004, un TSG devrait être 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, www.ciesm.org).

- Nous avons commencé à rassembler toutes les données archivées de TS et d'ADCP, voire de radiales XBT et de flotteurs profilants 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). Au moment de rédiger cette demande, 3 possibilités avec le Beautemps-Beaupré (SHOM) et 2 avec le Marion-Dufresne (IPEV) nous ont été présentées, et nous allons présenter une demande d’XBT à CORIOLIS pour compléter les valorisations de ces transits.

- Signalons enfin que le N/O Hannibal est équipé d’un ADCP de coque Furuno. Même si actuellement les données de cet appareil ne sont pas exploitables, l’INSTM devrait pouvoir activer la chaîne de traitement de ces données qui seront alors bien évidemment incluses dans les analyses que nous conduirons.

2.2. Suivi lagrangien

Canal de Sicile

Nous profiterons des sorties régulières du N/O Hannibal dans le canal de Sicile 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), serait de larguer les bouées sur la route retour du N/O Hannibal pour optimiser les points le largage compte tenu de la dynamique déduite de l’hydrologie (courant géostrophique) lors de la route aller. La mise en œuvre des bouées serait assurée entièrement par l’INSTM.

- Durée de vie des bouées. La durée de vie des bouées a été estimée à partir des largages réalisés par P. 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, la durée de vie maximum ayant été de ~9 mois (cf. fig. 4).

- 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 ne peut, d’après nos informations, être assuré avec des crédits PATOM et il doit se faire par l’intermédiaire des contrats (CNRS, global) déjà passés avec le CLS ; par ailleurs, suivant la date de largage des bouées et leur durée de vie, le positionnement sera en fait étalé sur 2 années civiles. Le positionnement des bouées de l’OGS (GPS + ARGOS) serait pris en charge par l’OGS.

Egypte

Nous (LOB) embarquerions avec nos collègues égyptiens de l’AUDO et du NIOF pour larguer les bouées (drogue standard WOCE) que nous leur aurions expédiées.

- Stratégie de largage. L’objectif serait de larguer 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 (cf. fig. 5 ci-dessous). 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. 6 ci-dessous 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 (Milot et Taupier-Letage, 2003), si ces tourbillons ont une structure anticyclonique dans toute la couche inférieure (AC_D, fig. 6).

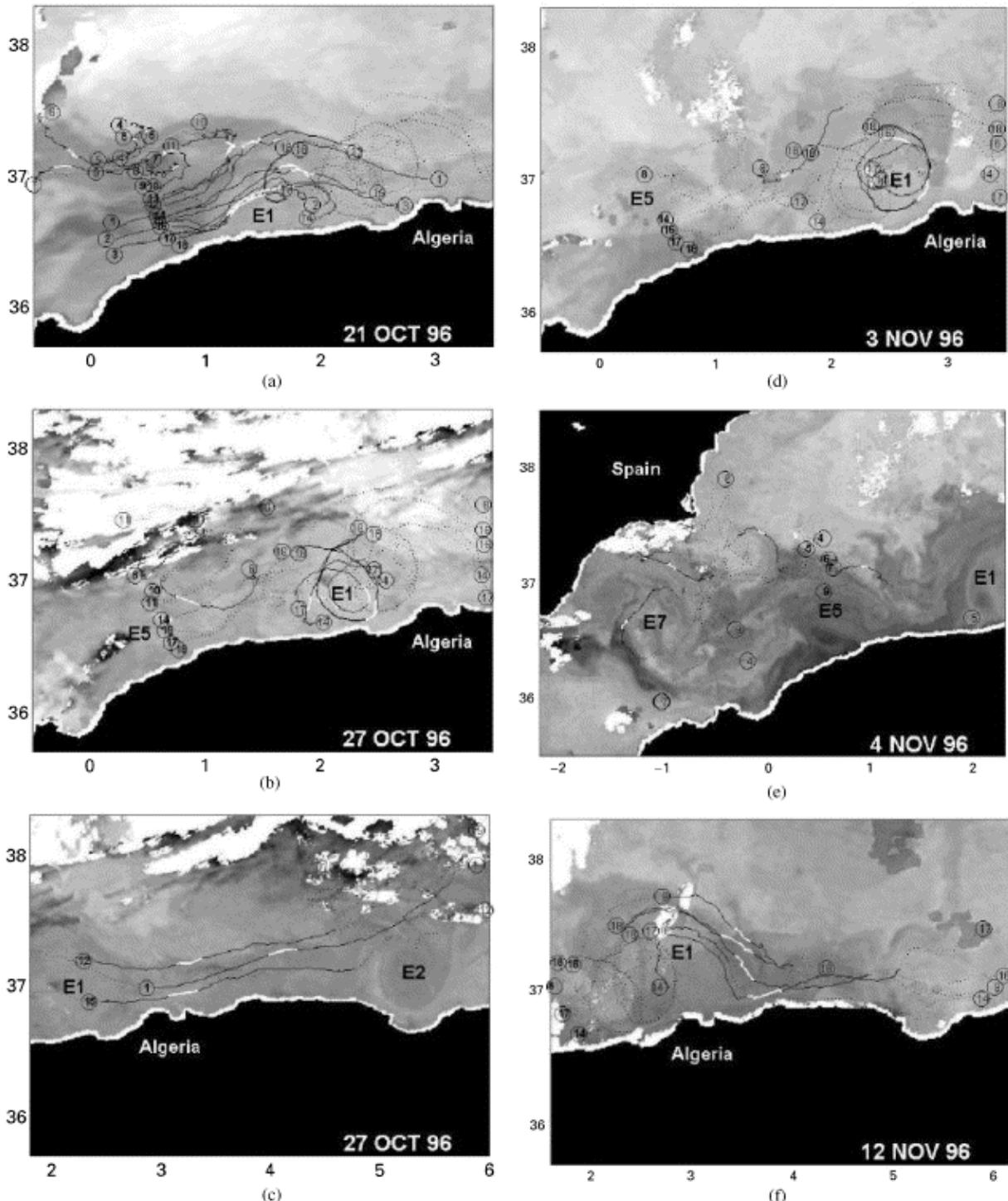


Fig. 5 : Trajectoires de bouées et imagerie infrarouge dans le sous-bassin algérien (ALGIERS-96, Salas *et al.*, 2000)

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

- Positionnement. Cf. ci-dessus

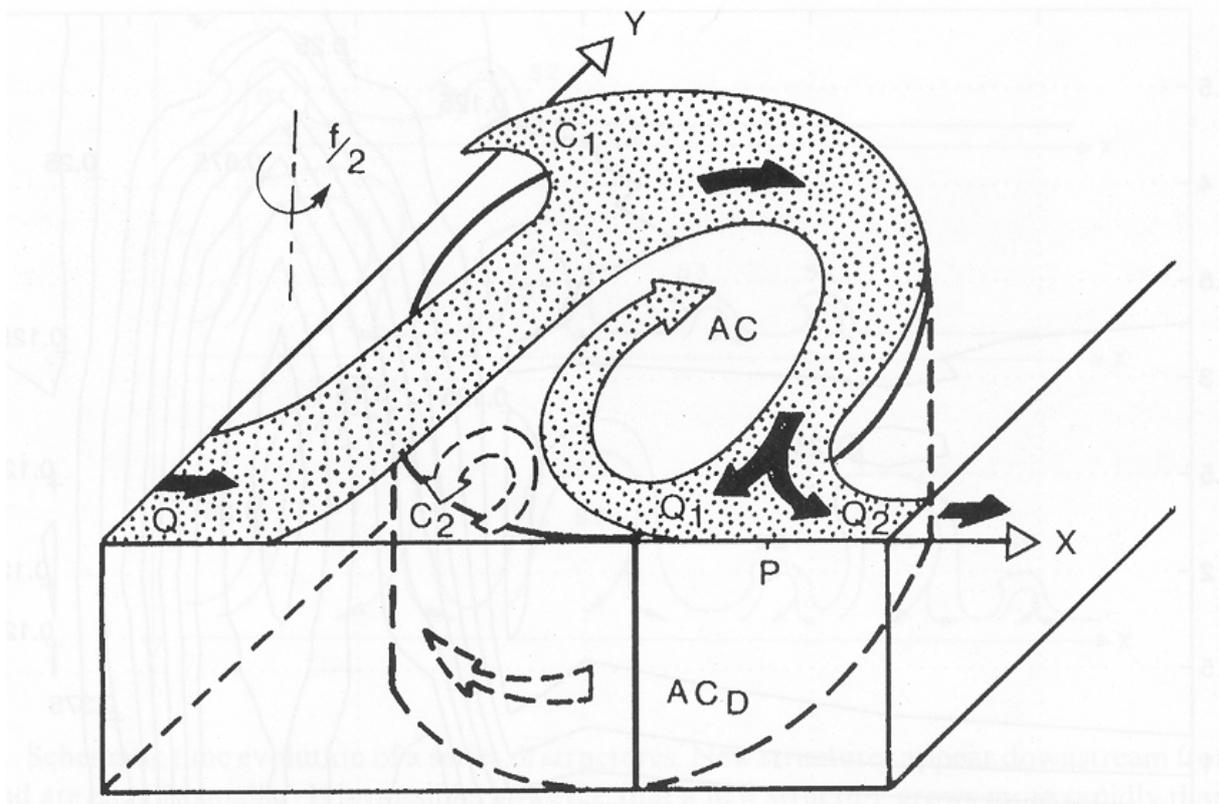


Fig. 6 : Schéma d'une instabilité engendrée par un écoulement superficiel côtier déduit i) de l'analyse de données in situ et par télédétection concernant le courant algérien et ii) d'expériences en laboratoire (d'après Obaton *et al.*, 2000).

2.3. Imagerie satellitaire et altimétrie

- 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). A partir de janvier 2004 la collaboration avec ACRI dans le cadre du programme Coastwatch (ESA / GMES) nous permettra d'obtenir les images thermiques (NOAA / AVHRR) et visibles (MODIS et MERIS) à ~1 km en temps quasi réel de façon routinière également, et cette fois-ci sans problème de couverture (collaboration d'ailleurs déjà initiée pour la valorisation des transits de NAUTINIL, sep.-oct. 2003). 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.

- IFM Hambourg fournira une analyse des données altimétriques JASON / ENVISAT couvrant plus particulièrement le canal de Sicile et l'ouest ionien. Les cartes analysées (produits AVISO) seront également utilisées sur l'ensemble du bassin oriental.

Analyse intégrée des données in situ (trajectoires, hydrologie) et par télédétection

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 (le LOB et l'INSTM) nous considérons comme des spécialistes dans l'analyse intégrée de ce genre de données, nous ne pouvons préciser le niveau d'intégration que nous atteindrions dans cette analyse à la fin 2005. 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 devant être fait dans le cadre de la thèse que C. Sammari encadrerait (cf. infra), le niveau que nous atteindrions à la fin 2005 dépendra des capacités de l'étudiant (bien évidemment, l'analyse complète, éventuellement par les chercheurs statutaires, sera achevée). Quoi qu'il en soit, les différents jeux de données seront assemblés et validés par le LOB et l'INSTM pour une diffusion rapide auprès des autres partenaires.

2.4. Modélisation

2.4.1. Modèles académiques

Canal de Sicile

Le modèle analytique de Herbaut *et al.* (1998) a été généralisé, par des arguments de symétrie, au cas d'un seuil entre deux bassins de densités différentes (Béranger *et al.*, 2003) et le calcul linéaire complet des solutions a également fait (Ponte, 2003 ; voir aussi fiche de suivi). Ceci schématise bien le canal de Sicile qui sépare en fait un bassin occidental léger et un bassin oriental plus dense (au moins en surface). Ce modèle n'a pas encore été exploité dans le cadre d'une étude paramétrique permettant d'explorer facilement l'espace des paramètres, notamment les gradients de densité qui forcent la circulation.

Nous avons l'intention de développer le couplage du modèle du détroit avec le sous-bassin ionien (stage de N. Manghi). Il s'agit de coupler le modèle de détroit actuellement forcé par les différences avec les sous-bassins adjacents (algérien et ionien), avec un modèle en boîte du sous-bassin ionien qui sera lui-même forcé d'une part saisonnièrement par des flux de flottabilité en surface (idéalisant le forçage thermohalin par l'atmosphère) et d'autre part par les flux d'eau en provenance du modèle de détroit. Le feed-back du modèle de détroit sur le sous-bassin ionien que nous nous proposons d'étudier fournirait un mécanisme simple pour interpréter la variabilité de l'AIS à basse fréquence (saisonniers et au-delà). Comme dans Ponte (2003), des simulations numériques (MICOM) avec forme et topographie idéalisées, permettront de valider ce modèle conceptuel. Le choix de MICOM (modèle en coordonnées isopycnales) permet de reprendre exactement le même vecteur d'état que dans le modèle analytique, ce qui n'est pas le cas de OPA et des coordonnées en z utilisé par Herbaut *et al.* (1998) ou Molcard *et al.* (2002) pour le même type d'étude.

Égypte

Cette deuxième partie porte sur le contrôle de l'instabilité du courant d'AW par la topographie de la pente continentale égyptienne. Les mécanismes d'instabilité barocline sont à l'origine de nombreux phénomènes géophysiques comme, par exemple, la formation de tourbillons de moyenne échelle à partir des courants généraux. Le cas qui

nous intéresse ici est celui d'un courant côtier de densité, type de courant le plus souvent instable, mais pour lequel la pente continentale peut modifier fortement les processus quasi géostrophiques d'instabilité barocline (qui sont le plus souvent invoqués comme mécanisme déstabilisateur).

A partir d'un modèle simple de canal à deux couches en eau peu profonde, incluant une topographie d'amplitude arbitraire, nous pouvons calculer l'instabilité absolue d'un vent thermique. Nous avons en effet montré que les solutions quasi géostrophiques de Philips sont complètement modifiées par l'inclusion des termes agéostrophiques car, par exemple, les interactions entre modes de physique (Kelvin ou Rossby) et/ou d'échelles spatiales différentes deviennent alors possibles. En modifiant la relation de dispersion de l'onde de Kelvin dans la couche inférieure, la topographie permet en particulier une interaction instable entre des modes de Rossby dans la couche supérieure et des modes de Kelvin dans la couche inférieure pour des petits nombres de Froude. Avec cette instabilité, ce modèle pourrait donner une interprétation possible des instabilités de faible longueur d'onde des courants de densité coulant sur des plateaux continentaux de largeur inférieure à celle de l'écoulement ou au rayon de déformation, ce qui est le cas au niveau de l'Égypte dans le sous-bassin levantin. Le but poursuivi ici est l'application paramétrique de ce modèle à cette région pour décrire les mécanismes d'instabilité possible du courant en fonction de l'état de base (stratification, largeur) et de la pente continentale. Le diagramme de dispersion sera un outil particulièrement utile pour l'analyse des données et des simulations MED16 en termes d'échelles spatiale et temporelle. Nous examinerons aussi l'intérêt du calcul (qui doit être numérique) d'une analyse de ce même modèle en terme d'instabilité absolue/convective (collaboration avec J.-M. Chomaz, LADHYX).

2.4.2. MED16 et PSY2

Nous disposons également des résultats des simulations MED16 et des analyses de PSY2 avec un échantillonnage journalier qui serviront:

- à préciser le contexte de grande échelle pour l'exploitation des données hydrologiques et lagrangiennes,
- à évaluer la valeur explicative du modèle analytique. Inversement, l'analyse de la distorsion du diagramme de dispersion des ondes doubles de Kelvin sur une grille C en fonction de sa résolution permettra d'expliquer pourquoi les GCMs résolvent plus ou moins bien les bifurcations du courant de surface en fonction de leur résolution,
- à valider MED16 et PSY2, quantitativement sur l'hydrologie et 'qualitativement' sur les trajectoires lagrangiennes.

Si les analyses et les prévisions PSY2 sont disponibles en temps quasi réel, elles seront utilisées en complément de la télédétection infrarouge et de l'hydrologie pour le largage des bouées.

Nous détaillons ici les modèles utilisés :

- Le modèle analytique linéaire en mode verticaux (Herbaut *et al.* 1998 ; Ponte, 2003). Il a permis de détailler comment le gradient topographique du seuil contrôle la séparation en différentes veines du courant de surface sur chaque seuil.
- MICOM. Il s'agit de la configuration développée par A. Ponte lors de son stage d'option.
- MED16. Pour des objectifs scientifiques aussi spécifiques que ceux de ce projet, la Méditerranée a été «débranchée» du Prototype Atlantique – Méditerranée de

MERCATOR, 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 (MED16-07) 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 notre schéma (fig. 2). Une simulation MED16-07PS 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. Les simulations (OPA8.2 en surface libre) forcées par la re-analyse ERA 40 sont en cours de construction, de même qu'une simulation de contrôle avec forçage climatologique pour faciliter l'analyse de la variabilité interannuelle (thèse de B. Alhammoud).

2.4.3 Modèle régional emboîté

Notons également que l'INSTM développe un modèle numérique pour la région du canal de Sicile mis en place dans le contexte du projet européen MAMA. L'objectif est d'aboutir à un modèle opérationnel qui servira de base aux problèmes affectant la région (pollution et autres). La version actuelle a une résolution du même ordre que celles de MED16 et de PSY2. Elle est forcée par des données atmosphériques et par des conditions latérales qui sont issues, dans le cadre du projet MAMA, du modèle opérationnel de MFSTEP. L'INSTM souhaiterait pouvoir utiliser les analyses de PSY2, d'abord dans un simple but de comparaison, ensuite comme conditions aux limites du modèle régional concurrentement à MFSTEP. Ce travail est conduit dans le cadre de la thèse d'A. Gharbi.

3. Les collaborations

Les collaborations listées ci-dessous concernent les travaux envisagés dans le cadre de cette demande PATOM. Elles s'étendent au projet d'une opération BOMOMO de plus grande envergure que nous envisageons de conduire dans le sous-bassin levantin (2005-2007).

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 BOMOMO. I. Taupier-Letage met actuellement sur pied, avec l'aide de la CIESM, un programme visant à équiper d'un TSG entièrement automatisé des transbordeurs traversant fréquemment (toutes les semaines) et régulièrement (lignes Marseille - Alger et Marseille - Tunis pour l'instant) le bassin occidental. Ces données seront analysées en parallèle avec les données de télédétection, dans un premier temps pour validation. A terme, d'autres lignes seront équipées dans l'ensemble de la Méditerranée. C. Millot met actuellement en place, toujours avec l'aide de la CIESM, un réseau international opérationnel pour le suivi à long terme des caractéristiques hydrologiques en Méditerranée (CIESM, 2002 ; <http://ciesm.org/people/task.html>). 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.

LODYC (Paris, France). Le LODYC 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'IOF (La Spezia) lorsque L. Gervasio en 'postdoc' au LODYC et A. Molcard (maintenant 'Assistant Scientist' au RSMAS / Miami) ont rejoint cet Institut. Le LODYC (K. Béranger) 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. Dans le cadre de ce même 'réseau bleu', nous participons à la validation des analyses / prévisions de PSY2 (2ème Prototype Système, basé sur la configuration PAM, qui fonctionne en 'temps réel' depuis fin nov. 2002) sur la Méditerranée.

INSTM (Carthage, Tunisie). L'équipe active à l'INSTM est essentiellement composée de 3 chercheurs (C. Sammari, A. Harzallah, M. Boukthir) ayant obtenu une thèse au COM / LOB, au LMD ou au LEGI. Les scientifiques formant l'équipe 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 tient à maintenir une activité de recherche fondamentale au travers de collaborations avec le LODYC, le LMD, le LOB et le LEGI. Le support du PATOM 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 flotteurs profileurs. L'OGS déploie actuellement un grand nombre de flotteurs en Adriatique qui, pour la plupart, restent dans l'est de notre région d'intérêt (<http://oga.ogs.trieste.it/drifter>). L'OGS contribuera au déploiement de bouées à partir de la Tunisie.

IFM (Hambourg, Allemagne). D. Quadfasel a participé à de nombreuses études concernant les détroits et impliquant une importante composante campagnes à la mer : détroit de Fram, canal Irlande - Écosse, détroit de Timor, détroit de Messine. L'IFM a également une activité dans cette région sur le plan de la modélisation (A. Rubino).

SZ (Naples, Italie). La Stazione Zoologica (M. Ribera) assurera la synchronisation des radiales du N/O Hannibal avec le navire de la station de Mazzara del Vallo (S. Mazzola).

IOF-CNR (La Spezia, Italie). G.-P. Gasparini assurera la synchronisation des radiales du N/O Hannibal avec le N/O Urania lors de la maintenance des mouillages de l'IOF dans le canal de Sicile. A. Molcard travaille sur un projet conjoint entre l'IOF - CNR et la RSMAS. Dans le cadre du projet MFSTEP, son activité consiste à tester l'assimilation de données lagrangiennes dans le modèle de bassin. Elle assurera en liaison avec le LODYC la réalisation des simulations avec MICOM en configuration académique.

Stages. Deux stages ENSTA sont d'ores et déjà mis en place au LODYC pour achever le modèle linéaire académique. Un étudiant de l'ENIT (École Nationale des Ingénieurs de Tunis) prévu en stage de DEA à partir de 09/03 est pressenti pour une thèse visant à exploiter l'ensemble des données acquises sur le plateau par l'INSTM dans le cadre de ses programmes nationaux. Cette base de données inclut bien sûr les données acquises dans le cadre de SALTO-2.

Même si nos collègues de l'ICM (Barcelone, Espagne) ne sont pas impliqués dans cette demande, la collaboration que le LOB a depuis longtemps avec eux (J. Font) 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) va se poursuivre dans le bassin oriental. Nous avons d'ores et déjà convenu que pratiquement tous les courantomètres et l'équipement pour mouillages disponibles à l'ICM seraient mis en œuvre avec les nôtres si nous pouvions réaliser les mouillages que nous projetons en 2005 au large de l'Égypte (pendant ELISA nous avons ainsi mis en œuvre ensemble près de 40 courantomètres sur 9 mouillages pendant 1 an ! Thèse au LOB de E. Aubertin).

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). A partir de janvier 2004 la collaboration avec ACRI-Sophia Antipolis dans le cadre du programme Coastwatch (ESA / GMES) nous permettra d'obtenir les images NOAA / AVHRR, MODIS et MERIS à ~1 km en temps quasi réel de façon routinière également, et cette fois-ci sans problème de couverture (collaboration d'ailleurs déjà initiée pour la valorisation des transits de NAUTINIL, sep.- oct. 2003).

4. Les références bibliographiques des équipes concernant directement 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
- 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, 2003. The surface circulation in the eastern basin of the Mediterranean Sea as inferred from infrared images. *Progress in Oceanogr.*, submitted.
- Harzallah A., Rocha de Aragao J. O., R. Sadourny, 1996. Interannual rainfall variability in north-east Brazil: observation and model simulation. *Int. j. climatol.*, 1996, vol. 16, no 8, pp. 861 – 878.
- Harzallah A., Sadourny R., 1997. Observed lead-lag relationships between Indian summer monsoon and some meteorological variables, *Clim. dyn.*, 1997, vol. 13, no 9, pp. 635 - 648
- Harzallah A., Chapelle A., 2002. Contribution of climate variability to occurrences of anoxic crises 'malaïgues' in the Thau lagoon (southern France), *Oceanol. acta.*, 2002, vol. 25, no 2, pp. 79 - 86
- 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.

- 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, 2003. Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian Basin by mesoscale eddies and not by a permanent westward-flowing vein. *Progress in Oceanography*, accepted.
- 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., 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.
- 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.

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.
- 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.

Moyens

1 Moyens nécessaires pour l'ensemble du projet

Budgets :

BUDGETS	Année 1 (6 mois en 2004)	Année 2 (2005)
Fonctionnement	3 000 €	1 000 €
Coûts ARGOS	(45 800 €) non comptabilisés	idem
Missions	4 500 €	3 000 €
Équipements	24 000 € (20 bouées + drogues) + 1000 € (transport)	
Totaux annuels	32 500 €	4 000 €
Total	36 500 € sur la durée totale du projet	

Équipements :

1 - Équipement de laboratoire disponible pour la réalisation du projet

- N/O Hannibal incluant CTD (SBE 911 +) et ADCP de coque FURONO (INSTM)
- N/O Urania pour maintenance mouillage IOF/CNR (La Spezia) et complément radiale (IOF/CNR)
- N/O de la station de Mazzara del Vallo pour complément radiale (Staz. Zool.)
- 2 N/O du NIOF pour largage bouées (possibilité à envisager pour CTDs)
- 3 ou 4 bouées dérivantes ClearSat avec positionnement GPS + transmission ARGOS (OGS)
- 5 bouées dérivantes (INSTM). Positionnement ARGOS à financer, inclus dans le tableau ci-dessus.
- Heures de calcul sur NEC-SX5 de l'IDRIS : Allocation 040227 « Fonctionnement de la Méditerranée : Circulation et Écosystème » (LODYC)
- Imageries satellitaires (LOB)
- Réseaux locaux des laboratoires

2 - Instruments Nationaux sollicités : aucun

Campagnes en mer qui seront demandées en janvier 2004 :

Campagne	2004	2005
Nombre de jours		~15 jours (max)
Navire		Le Suroît
Zone		sous-bassin levantin

Personnel détaillé :

No	Laboratoire	Fonction	2004	2005
Isabelle TAUPIER-LETAGE	LOB, CR1 CNRS	Responsable projet ; Imagerie satellitaire, comparaison avec données lagrangiennes	50%	50%
Claude MILLOT	LOB, DR2 CNRS	Largage et analyse données lagrangiennes, comparaison avec l'imagerie satellitaire	30%	30%
Laurent MORTIER	LODYC, MC1 ENSTA	Modèle analytique ; modèle numérique	30%	30%
Michel CRÉPON	LODYC, DR1 CNRS	Modèle analytique	Expert	Expert
Karine BERANGER	ENSTA, Postdoc	Modèle numérique ; Analyse MED16/PSY2	50%	50%
Bahjat ALHAMMOUD	LODYC, Thésard	Modèle numérique ; Analyse MED16	50%	
Nina MANGHI	LODYC, Élève ENSTA	Modèle analytique	2 mois stage	
Chérif SAMMARI	INSTM, MC1	Responsable projet ; Hydrologie ; largage et analyse données lagrangiennes	30%	30%
Ali HARZALLAH	INSTM, MC1	Modèle numérique régional ; Analyse PSY2	30%	30%
Mouldi BRAHIM	INSTM, IR1	Conduite radiales hydrologie ; Largage bouées	30%	
Ayda GHARBI	INSTM, Thèse	Modélisation régionale	100 %	100%
Anne MOLCARD	RSMAS, Postdoc	Modèle numérique académique	20%	
Pierre POULAIN	OGS, Equiv DR1	Largage bouées ; Analyse données lagrangiennes	Expert (travail au sein équipe OGS)	
Detlef QUADFASEL	IFM, Equiv. DR1	Analyse données altimétriques	10%	10%
Gian Pietro. GASPARINI	IOF, Equiv. DR1	Hydrologie	Expert	
Salvo MAZZOLA	SO Mazzara Equiv.CR1	Hydrologie	Expert	

2 Budget détaillé demandé au PATOM pour l'année en cours :

2.1. Fonctionnement:

*-Localisation ARGOS : 10.4 ptt*an (soit 25 ptt pendant 5 mois) à 4400 € = 45 800 €. A noter que, suivant les dates de largage des bouées et leur durée de vie, leur localisation sera à prendre sur les budgets 2004 et/ou 2005*

-Frais de publication (LODYC pour tous les partenaires) : 1 000 €

-1 PC (traitement images, LOB) = 3 000 €

2.2. Missions:

-Une mission est prévue pour chaque institution pour une personne pour une réunion de projet à Paris, dans le 2^{ème} semestre 2005, soit :

1 mission Toulon-Paris : 400 € (LOB)

1 mission Tunis-Paris : 800 € (INSTM)

1 mission La Spezia-Paris : 600 € (IOF-CNR)

1 mission Hambourg-Paris : 600 € (IFM)

1 mission Trieste-Paris : 600 € (OGS)

-Les missions suivantes sont relatives au travail spécifique de chaque équipe :

2 missions Paris-Toulon et Toulon-Paris : pour la confrontation données - simulations 800 € (LOB, LODYC)

1 mission La Spezia-Paris (A. Molcard à l'IOF en 2004) pour la confrontation des résultats de modélisation: 600 € (IOF-CNR)

1 mission Tunis-Toulon pour la confrontation des analyses des trajectoires et des images: 800 € (INSTM)

1 mission Trieste-Tunis pour le déploiement des bouées OGS: 800 € (OGS)

1 mission Toulon-Alexandrie pour le déploiement des bouées PATOM: 1500 € (LOB)

2.3. Équipements:

20 bouées SC40 (flotteur +émetteur) SERPE-IESN : 20 * 820 € HT = 16 400 € HT

20 drogues : 20 * 380 € HT = 7 600 € HT

Le prix de 820 € HT par bouée (devis de début déc. 2003) est pour une commande « groupée » (dans un délai de 15 jours) par éventuellement plusieurs laboratoires français, frais de livraison en France inclus. Pour 10 bouées, le prix unitaire est de 850 € HT. Le devis des drogues est fourni par un fabricant de voiles proche du LOB. Un devis plus « serré » peut sans doute être obtenu par un voilier « lié » au LOB mais aucun devis n'a pu être obtenu pour cause de ... Salon Nautique. Ces prix n'incluent pas le transport en Tunisie et en Égypte depuis le LOB que nous avons évalué (sans devis) à 1 000 €.

2.4.Demande de moyens de la division technique de l'INSU (matériels et humains) : aucun

TOTAL GÉNÉRAL DES CRÉDITS DEMANDÉS (pour mi 2004 à fin 2005 en HT): 36 500 € dont 24 000 € sur le poste équipement / bouées

Programme National
" ATMOSPHERE ET OCEAN A MULTI-
ECHELLES"

FICHE ABREGEE

Titre: **BOMOMO (BOuées dérivantes et MOdélisation en Méditerranée Orientale)**

Responsables scientifiques : **I. TAUPIER-LETAGE** et **C. MILLOT**

Laboratoire: **Laboratoire d'Océanographie et Biogéochimie (LOB)**

N° de code de la formation (si CNRS) : **UMR 6535**

adresse: **Antenne LOB-COM, BP 330, ZP Brégaillon, F-83507 LA SEYNE,**

téléphone : **04 94 30 49 13**, télécopie : **04 94 87 93 47**, mel : itaupier@ifremer.fr

Directeur : **B. QUEGUINER**

Durée du projet : (*Date de début et de fin*) : **18 mois entre mi 2004 et fin 2005**

Budget demandé au PATOM : **32 500 € HT pour 2004 et 4 000 € HT pour 2005**

Petit équipement : **24 000 € HT (bouées dérivantes) pour 2004 (ou 2005 en partie)**

Missions : **7 500 € HT**

Fonctionnement : **4 000 € HT (aucun frais de gestion de crédits n'a été considéré)**

Thèmes de l'appel d'offre concernés :

2 : Océanographie et interaction océan-atmosphère (pour l'utilisation des données de l'océanographie opérationnelle CORIOLIS et PSY2)

2.1 : Processus physiques intervenant dans la circulation de grande échelle / Étude de processus dans l'océan / Bathymétrie (guidage des veines de la circulation générale et des tourbillons de moyenne échelle)

2.3 : Dynamique côtière et littorale / Échelle côtière (processus contrôlés par la topographie de la pente continentale et du plateau)

4 : Utilisation des observations spatiales (infrarouge, altimétrie)

5 : Recherches fondamentales en dynamique des fluides (effet de la topographie dans l'océan)

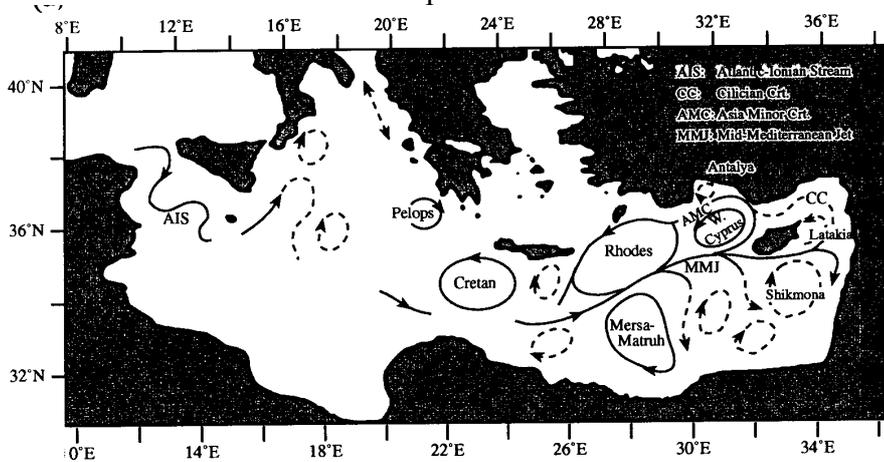
Mots-clés : Méditerranée, circulation générale, moyenne échelle, topographie, bouées dérivantes, modélisation, transfert de technologie

Résumé: BOMOMO (BQuées dérivantes et Modélisation en Méditerranée Orientale)

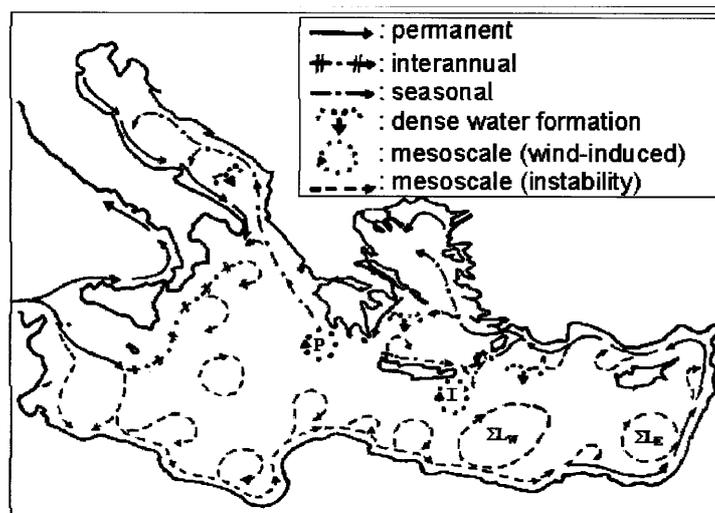
Nous tenons d'abord à souligner que nous trouvons justifiées la plupart des critiques et recommandations qui nous ont été transmises (lettres SJ/MR/N° 033 et 035) en réponse aux demandes SALTO et MEMO que nous avons présentées en 2003. Nous pensons avoir pris en compte ces remarques et nous nous sommes réunis pour présenter une demande commune.

Par des mesures *in situ* appropriées, et leur confrontation avec des produits issus de MERCATOR PAM/PSY2, nous nous proposons de tester les résultats que nous avons récemment déduits de l'analyse de l'imagerie infrarouge et de la modélisation, tout d'abord quant à la circulation générale superficielle en Méditerranée orientale.

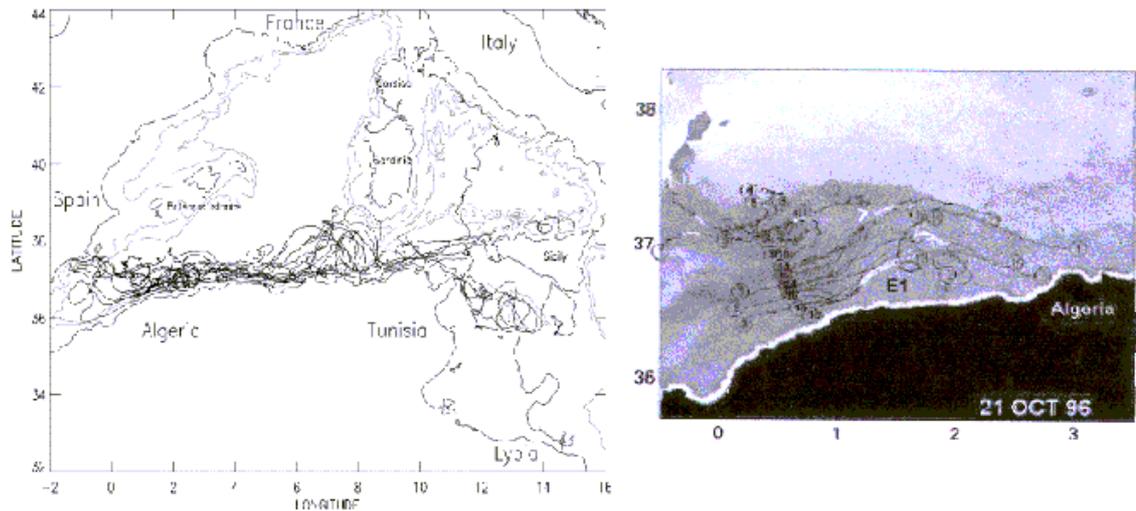
Ces résultats s'opposent radicalement aux schémas de circulation proposés jusqu'à présent (ci-dessous ; essentiellement par le groupe POEM) qui décrivent une circulation traversant l'ensemble du bassin dans sa partie centrale :



Nos propres résultats (ci-dessous) 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. Nos résultats sur la turbulence de moyenne échelle sont également tout à fait originaux.



Nous avons une certaine expérience quant à la mise en œuvre de bouées dérivantes dans le bassin occidental et à leur analyse en fonction de l'imagerie satellitaire (exp. ALGIERS-96)



Dans notre projet, nous nous proposons de mettre en œuvre 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. Nous ferons également des suivis hydrologiques et analyserons toutes les données in situ et satellitaires disponibles. 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.

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 cette circulation. Au moins pour ce qui concerne la partie égyptienne de la demande, la deuxième phase de cette étude est de plus en plus précisément envisagée dans le cadre d'une opération que nous souhaiterions entreprendre dès 2005 (mouillages de courantomètres et campagnes pluridisciplinaires). En effet, nous avons pu établir des contacts prometteurs avec nos collègues égyptiens, nous espérons bénéficier d'un soutien financier important de la région PACA et nous pouvons déjà compter sur la participation de plusieurs collègues européens.

Moyens nécessaires pour l'ensemble du projet

Budget :

BUDGETS	Année 1 (6 mois en 2004)	Année 2 (2005)
Fonctionnement	3 000 €	1 000 €
Coûts ARGOS	(45 800 €) non comptabilisés	idem
Missions	4 500 €	3 000 €
Équipements	24 000 € (bouées + drogues) + 1000 € (transport)	
Totaux annuels	32 500 €	4 000 €
Total	36 500 € sur la durée totale du projet	

Équipements :

1 - Équipement de laboratoire disponible pour la réalisation du projet

- N/O Hannibal incluant CTD (SBE 911 +) et ADCP de coque FURONO (INSTM)
- N/O Urania pour maintenance mouillage IOF/CNR (La Spezia) et complément radiale (IOF/CNR)
- N/O de la station de Mazzara del Vallo pour complément radiale (Staz. Zool.)
- 2 N/O du NIOF pour largage bouées (possibilité à envisager pour CTDs) - 3 ou 4 bouées dérivantes ClearSat avec positionnement GPS + transmission ARGOS (OGS)
- 5 bouées dérivantes (INSTM). Positionnement ARGOS à financer, inclus dans le tableau ci-dessus.
- Heures de calcul sur NEC-SX5 de l'IDRIS : Allocation 040227 « Fonctionnement de la Méditerranée : Circulation et Écosystème » (LODYC)
- Imageries satellitaires (LOB)
- Réseaux locaux des laboratoires

2 - Instruments Nationaux sollicités : aucun

Campagnes à la mer: seront demandées en janvier 2004

Campagne	2004	2005
Nombre de jours		~15 jours max
Navire		Le Suroît
Zone		sous-bassin levantin

Personnel détaillé:

No	Laboratoire	Fonction	2004	2005
Isabelle TAUPIER-LETAGE	LOB, CR1 CNRS	Responsable projet ; Imagerie satellitaire, comparaison avec données lagrangiennes	50%	50%
Claude MILLOT	LOB, DR2 CNRS	Largage et analyse données lagrangiennes, comparaison avec l'imagerie satellitaire	30%	30%
Laurent MORTIER	LODYC, MC1 ENSTA	Modèle analytique ; modèle numérique	30%	30%
Michel CRÉPON	LODYC, DR1 CNRS	Modèle analytique	Expert	Expert
Karine BERANGER	ENSTA, Postdoc	Modèle numérique ; Analyse MED16/PSY2	50%	50%
Bahjat ALHAMMOUD	LODYC, Thésard	Modèle numérique ; Analyse MED16	50%	
Nina MANGHI	LODYC, Élève ENSTA	Modèle analytique	2 mois stage	
Chérif SAMMARI	INSTM, MC1	Responsable projet ; Hydrologie ; largage et analyse données lagrangiennes	30%	30%
Ali HARZALLAH	INSTM, MC1	Modèle numérique régional ; Analyse PSY2	30%	30%
Mouldi BRAHIM	INSTM, IR1	Conduite radiales hydrologie ; Largage bouées	30%	
Ayda GHARBI	INSTM, Thèse	Modélisation régionale	100 %	100%
Anne MOLCARD	RSMAS, Postdoc	Modèle numérique académique	20%	
Pierre POULAIN	OGS, Equiv DR1	Largage bouées ; Analyse données lagrangiennes	Expert (travail au sein équipe OGS)	
Detlef QUADFASEL	IFM, Equiv. DR1	Analyse données altimétriques	10%	10%
Gian Pietro. GASPARINI	IOF, Equiv. DR1	Hydrologie	Expert	
Salvo MAZZOLA	SO Mazzara Equiv. CR1	Hydrologie	Expert	