

Toulouse, le 4 Janvier 2010

---

Dossier suivi par  
Nadia Ayoub  
LEGOS, 14 avenue E. Belin  
31400 Toulouse

☎ : (+33) (0)5 61 33 30 59  
Mél : nadia.ayoub@legos.obs-mip.fr

## COMPTE RENDU

-  
Objet : Séminaire 'Circulation forcée par le vent' du projet « EPIGRAM ». Toulouse, 2 Décembre 2009, organisé par N. Ayoub et Y. Morel  
Référence(s):  
P. jointe(s) : Annexe I : liste des participants  
Annexe II : ordre du jour, liste des présentations  
-

### .1 GÉNÉRALITÉS

Le projet EPIGRAM est divisé en 5 axes majeurs (regroupant un ensemble de processus physiques d'intérêt), pour lesquels une trentaine de sujets d'étude sont identifiés :

- effets de la marée,
- marée interne,
- processus saisonniers de grande échelle et échange côte/large,
- influence du forçage atmosphérique et des rejets de rivière sur la dynamique du plateau,
- influence des vagues sur la circulation du plateau.

Deux axes transverses sont par ailleurs identifiés :

Modélisation numérique,

Campagnes à la mer.

Le présent séminaire concernait l'axe 'influence du forçage atmosphérique et des rejets de rivière sur la dynamique du plateau' et plus spécifiquement l'impact du forçage par le vent sur la dynamique et sur le mélange dans des conditions météorologiques 'normales' ou extrêmes (tempêtes).

### .2 SYNTHÈSE DU SEMINAIRE

Le séminaire s'est tenu le 2 Déc. 2009 à l'Observatoire Midi-Pyrénées (Toulouse).

---

Destinataire(s) : Tous participants projet EPIGRAM

Copie(s) extérieure(s) :

Copie(s) intérieure(s) :

Il a regroupé plus d'une vingtaine de participants dont la liste est donnée en annexe I.

Des présentations scientifiques ont été faites dont la liste est donnée en annexe II.

A. Rubio a présenté des travaux sur la variabilité temporelle de la stratification et du cisaillement en courant aux mouillages Donostia et Matxitxako sur la période Jan 2007-Jan 2009. Les spectres des courants ADCP font apparaître un pic à la fréquence inertielle jusqu'à 150 m de profondeur. Le cisaillement vertical présente un maximum à la fréquence inertielle aux deux mouillages ce qui suggère un rôle important des ondes inertielles sur le mélange vertical. L'objectif est de comprendre quels sont les processus en jeu dans le mélange et sa pénétration verticale (en déc. – mars). Dans une seconde partie de l'exposé, A. Rubio a exposé quelques résultats de travaux en cours du groupe de recherche à AZTI (incluant entre autre L. Ferrer et A. Caballero) sur l'étude de la mésoéchelle principalement à partir de simulations numériques et d'analyses en ondelettes. Les objectifs sont d'appliquer des techniques de suivi des tourbillons et d'étudier l'influence des tourbillons sur les échanges côte-large. Il a été remarqué que les données de la campagne MOUTON2005 sur le plateau des Landes sont adaptées pour aborder cette problématique. Les données altimétriques seront aussi utilisées. Une possible collaboration avec R. Dussurget, F. Birol et R. Morrow (LEGOS) est en cours de discussion sur ce point. Par ailleurs, le groupe AZTI participe au projet WASSCO (PI: N. Grima, B. Blanke). Enfin, dans une troisième partie, A. Rubio a mentionné des travaux en cours avec N. Aloritz, A. Fontan et L. Ferrer sur des comparaisons entre des simulations ROMS et les observations aux bouées d'AZTI et de Puertos del Estado sur les variables atmosphériques et les variables océaniques de surface (voir aussi présentation du 30/11 dans l'atelier 'Modélisation numérique').

G. Herbert a présenté un travail en cours sur le rôle du forçage en vent le long de la côte Cantabrique sur le signal en élévation du niveau de la mer des événements Navidad (hiver 2003/2004). Cette présentation fait suite à celle de la réunion 'Circulation' du 16/11/2009. G. Herbert s'appuie sur des données de courant de surface et de vent issues de 4 bouées du réseau de Puertos del Estado, sur un jeu de données altimétriques côtier et sur une simulation du modèle SYMPHONIE sur l'année 2004. Elle a comparé plusieurs régimes de vent aux côtes Galicienne et Cantabrique avec les informations (modèle ou données) sur la dynamique de surface. Elle a également analysé les conditions en courant et température (surface et 100m) à la frontière sud de son domaine. L'analyse des différentes situations suggère que dans le modèle la présence d'un courant vers l'est le long des côtes Cantabriques est soumise à l'existence d'un courant vers le Nord à la frontière Sud (i.e. le long des côtes Galiciennes); cependant, le forçage local en vent peut fortement moduler l'amplitude et la position du courant par rapport à la côte.

Y. Morel a commencé par présenter des travaux sur le développement d'upwellings côtiers. Des observations en densité et concentration en chlorophylle au large du Portugal ont permis de mettre en évidence l'existence d'un upwelling 'secondaire' au niveau de la pente supérieure du talus continental, en plus de l'upwelling à la côte. Des simulations académiques 2D avec un vent parallèle à la côte et la présence d'un large plateau ont reproduit l'existence de l'upwelling secondaire (voir Rossi et al., 2009). Par ailleurs, les travaux de thèse de T. Meunier suggèrent que la topographie peut générer des méandres et les piéger; ce mécanisme pourrait expliquer la présence de filaments permanents observés dans des upwellings. L'existence d'un transport intégré net vers la côte est la condition au développement d'un courant alongshore; son amplitude croît avec le temps proportionnellement au transport barotrope cross-shore jusqu'à équilibre avec le frottement au fond. L'extension cross-shore du courant along-shore a pour échelle le rayon de Rossby barotrope dans le cas d'un vent homogène. L'échelle est

modulée par le fetch du vent dans le cas d'un vent variable (dans la direction cross-shore).

Dans une seconde partie, Y. Morel a repris les transparents de Y. Leredde (réunion EPIGRAM de Mars 2009) montrant l'existence d'un courant de 50-60 cm/s mesuré en Méditerranée par plus de 60m de fond lors d'un épisode de tempête durant lequel la hauteur significative des vagues a atteint ~5 m. Les simulations à l'aide d'un OGCM n'ont pas reproduit un courant d'une telle intensité: le modèle sous-estime d'environ 30 cm/s le courant zonal sur toute la colonne d'eau. Une hypothèse envisagée est la génération par les vagues de ce courant, mécanisme qui n'est pas représenté dans ce modèle. A partir d'estimations théoriques du transport de Stokes, Y. Morel montre que des vitesses de l'ordre de 25 cm/s peuvent en effet être générées par les vagues. L'impact de celles-ci sur la dynamique côtière dans des zones où le plateau est étendu est donc potentiellement significatif.

C. Estournel suggère d'utiliser des expériences numériques académiques 2D avec un modèle non-hydrostatique qui résoudrait explicitement la houle pour estimer l'impact de celle-ci sur la circulation. On se placerait dans le cas où existe déjà un courant le long de la côte.

La question des observations disponibles pour caractériser et quantifier l'influence des courants générés par les vagues a été posée. Les mouillages ASPEX sur le plateau Armoricaïn et le plateau des Landes pourraient être utilisés (P. Lazure).

F. Ardhuin n'a pas pu assister à la réunion, mais il a fait part par email de quelques idées et commentaires sur des points de l'ordre du jour, qui ont été retranscrits sur des transparents la réunion du 02/12 et sont rapportés ci-dessous.

Sur les différents sujets à l'ordre du jour, voici quelques points de discussion:

- Turbulence et mélange vertical; impact sur la couche de mélange

Tour de table des modèles de mélange utilisés par les différents groupes de modélisation:

- MARS3D: jusqu'à présent modèle TKE (Gaspar et al. 1990) ; actuellement passage au modèle de Umlauf and Burchard (2003)

- ROMS (AZTI): KPP

- Symphonie: équation TKE (Gaspar et al. 1990) + schéma de Bougeault et Lacarrère (1989) pour les échelles turbulentes

- NEMO: modèle généralisé de Umlauf and Burchard (2003) en  $K\epsilon$

P. Marsaleix remarque que ces modèles 1D sont très sensibles à la condition sur le forçage en surface. Par ailleurs, on peut s'attendre à un comportement de ces modèles différents sous différents régimes de vent.

A. Rubio et J. Mader ont présenté des estimations du cisaillement vertical du courant et de leurs spectres en fréquence à partir des observations aux bouées. Des estimations et comparaisons seront faites à partir des simulations ROMS et Symphonie sur la période de coups de vent forts en collaboration avec G. Herbert, N. Ayoub, P. Marsaleix et F. Lyard au POC. Par ailleurs, le groupe d'AZTI souhaite développer un modèle 1D pour l'étude du mélange vertical et la comparaison aux mouillages et cherche d'éventuelles collaborations sur cette action.

[F. Ardhuin]: les paramétrages proposés par Li et Garrett (Science 1995) et les analyses de Harcourt et d'Asaro (JPO 2008) permettent d'envisager un paramétrage des circulations de Langmuir (LC) qui prennent le relais du déferlement des vagues en dessous de quelques mètres. Une approche énergétique est aussi possible en estimant la source d'énergie des LC à partir du terme de production de TKE par la dérive de Stokes (Ardhuin et Jenkins JPO 2006).

- Réponse de la circulation de surface au vent:

[F. Ardhuin]: la partition entre vagues est courant est qualitativement bien comprise (Donelan 1998, in "Physical Processes in Lakes and Oceans") en termes de flux de quantité de mouvement. La réponse en termes de courant de surface demande une séparation claire entre champ de vagues et courant quasi-Eulérien, telle que proposée par Jenkins (Deut. Hydr. Zeit. 1989) et reprise par Ardhuin et al. (CRAS 2005), Raschle et al. (JGR 2006) et Raschle et Ardhuin (JGR 2009). Les analyses faites par ailleurs par Polton sont théoriquement correctes mais quantitativement erronées, une preuve claire étant donnée par l'analyse de données radar HF (Ardhuin et al. JPO novembre 2009): dans l'océan le courant de surface quasi-Eulérien est faible, typiquement inférieur à 1% de la vitesse du vent, et ce d'autant plus faible que vent est fort. Toutefois, la réponse inertielle est très importante sur la côte Atlantique (en tout cas en Iroise, et il n'y a aucune raison pour ce soit différent ailleurs, l'analyse des nombreux drifters doit le montrer).

- Qualité des forçages:

[F. Ardhuin]: les analyses et prévisions ECMWF en termes de vitesse et direction du vent sont généralement les plus précises. Elles sont disponibles toutes les 3h, globalement, sur une grille de 0.25° (bientôt sur une grille de 0.125°). Ces champs ont été évalués par rapport à des observations en des bouées (voir <http://www.jcomm-services.org/documents.htm?parent=193>). Des groupes travaillent sur des observations satellite afin de faire du 'blending' avec les champs issus de NWP (p.ex. les travaux de A. Bentamy au LOS/IFREMER à Brest) ou pour des estimations directes du vent (p.ex. les efforts à CLS sur des produits SAR: <http://soprano.cls.fr/L2/windProducts>). Concernant la tension de vent, l'algorithme COARE 3.0 semble donner de bons résultats pour des vents < 15 m/s. Pour des vents forts, il n'y a pas d'observations de qualité disponibles (les mesures de Powell 2003 sont très discutables); de plus, l'état de mer induirait des variations importantes sur l'estimation de la tension (Edson et al., BAMS 2007). Les modèles de surcote permettent potentiellement de valider les tensions de vent dans le cas de vent fort (Mastenbroek et al., JPO 1993).

A. Rubio et J. Mader ont montré (atelier de Modélisation numérique du 30/11) des comparaisons sur l'amplitude des vitesses de vent et de spectres en fréquence entre les champs observés aux bouées de Puertos del Estado et d'AZTI et les produits numériques utilisés pour forcer leurs modèles (champs de Meteo-Galicia, disponibles toutes les 3h avec une résolution de 20 km).

La qualité des champs atmosphériques utilisés pour forcer les modèles est critique et plusieurs actions en cours ont été mentionnées sur l'évaluation de la qualité des forçages issus de NWP:

- comparaisons systématiques avec des observations aux bouées effectuées par le Centre de Météorologie Marine à Brest (travaux de P. Bluque et J. Rolland) [G. Reverdin]

- comparaison de différents produits atmosphériques, de différentes formulations bulk avec des observations satellite et des bouées en Méditerranée et Gascogne: travail en cours à l'IFREMER (sous-traitance MeteOcean). L'étude a été réalisée sur les flux de chaleur turbulents et a mis en évidence des écarts significatifs entre les champs ALADIN et ARPEGE. La comparaison sur les tensions de vent est en cours. L'évaluation de l'impact des différents produits et formulations sur les simulations réalistes des régions du Golfe de Gascogne et de la Méditerranée nord-occidentale sera démarrée en 2010.

- comparaison de simulations avec MARS 3D dans le Golfe du Lion forcées par différents produits atmosphériques (dont AROME): travaux menés entre autres par P. Garreau (IFREMER) et A. Molcard (LSEET).

Concernant l'utilisation d'AROME, il est à noter que l'extension vers le large sur la façade Atlantique est plus réduite que celle d'ALADIN. Une étude a été initiée dans le cadre de la thèse de C. Renaudie au SHOM en collaboration avec le CNRM et soutenue en 2009; pas de projet dans la continuité de ce travail prévu actuellement.

- Fréquence et interpolation temporelle des forçages:

La question sur la fréquence minimale des forçages à utiliser pour ne pas manquer des événements (forçages à 6h ? 3h ? 1h?) a été posée. On note également que la représentation des courants inertiels et du mélange vertical est sensible à la fréquence des forçages. Par ailleurs, on s'est interrogé sur la nature des produits utilisés et sur la pertinence de ces choix:

- analyse ou prévisions
- variables instantanées ou grandeurs cumulées

Dans le cas de variables instantanées, et en particulier pour le vent ou la pression, quelle est l'influence du schéma d'interpolation temporelle entre deux échéances ? Par exemple, l'interpolation linéaire permet-elle de restituer correctement le déplacement d'une perturbation entre deux échéances? Il est aussi noté qu'il ne faut pas utiliser l'échéance 0h des flux cumulés (état initial en fait).

En conclusion:

Les problématiques liées au thème du vent qui sont actuellement abordées sont:

- rôle du forçage par le vent sur la circulation de surface dans le sud du GdG (Rubio et al., Herbert et al.)
- impact du vent sur le mélange vertical à partir d'observations aux bouées d'AZTI et de modèles numériques ne prenant pas en compte l'effet des vagues (Rubio et al.; Herbert et al. à partir de 2010)
- génération d'upwelling côtier et circulation côtière associée (Morel et al.)
- réponse de l'océan de surface au passage de tempête (Herbert et al. à partir de 2010)
- impact des structures mésoéchelles sur les échanges côte-large (Rubio et al.)
- caractérisation des structures tourbillonnaires (Dussurget et al., Rubio et al.)

Les problématiques identifiées qui pourraient faire l'objet d'axes de coopération dans le cadre d'EPIGRAM

- impact du courant généré par les vagues sur la circulation côtière (i.e. littorale + large)
- prise en compte du rôle des vagues sur le mélange vertical dans un modèle numérique

Parmi les points qui n'ont pas été abordés, notons: l'utilisation des données radar HF: or ces données sont très intéressantes pour étudier la réponse au vent (notamment inertielle): voir par exemple les travaux de F. Ardhuin et al. (JPO 2009) sur les données du radar en Mer d'Iroise. De plus ces données couvrent des événements de vent fort durant lesquels des données in situ peuvent être indisponibles.

### **.2.1. Actions spécifiques, concernant les études**

Des discussions ont permis de faire émerger des axes de coopérations sur les études suivantes :

ETUDE	PARTICIPANTS (NOM+LABO)
<p>Impact de coup de vent sur la circulation et la stratification dans le sud du Golfe de Gascogne lors de quelques évènements identifiés sur la période 2007-2009.</p> <p>Etude comparative à partir de simulations ROMS, SYMPHONIE et des mouillages opérés par AZTI.</p>	<p>A. Rubio, J. Mader, ??? (AZTI) G. Herbert, N. Ayoub, P. Marsaleix, F. Lyard (LEGOS, POC)</p>
<p>Dynamique tourbillonnaire dans le Golfe de Gascogne à partir de données altimétriques. Impact des tourbillons sur les échanges côte-large.</p>	<p>R. Dussurget, F. Birol, R. Morrow, Y. Morel, A. Rubio, J. Mader</p>

Des actions ont été réparties sur ces études et sont résumés dans le tableau suivant :

Qui	Quand	Quoi (Action)	Observations

Organisateur du séminaire

## Annexe I : Liste des participants

<b>Nom Prénom, labo</b>
<b>N. Ayoub, LEGOS</b>
<b>R. Baraille, SHOM</b>
<b>G. Charria, IFREMER</b>
<b>R. Dussurget, LEGOS</b>
<b>C. Estournel, Laboratoire d'Aérodologie</b>
<b>V. Garnier, IFREMER</b>
<b>H. Giordani, CNRM</b>
<b>G. Herbert, LEGOS</b>
<b>C. Lathuilière, SHOM</b>
<b>P. Lazure, IFREMER</b>
<b>B. Levier, MERCATOR-Océan</b>
<b>S. Louazel, SHOM</b>
<b>F. Lyard, LEGOS</b>
<b>J. Mader, AZTI</b>
<b>C. Maraldi, LEGOS/MERCATOR-Océan</b>
<b>P. Marsaleix, Laboratoire d'Aérodologie</b>
<b>H. Michaud, Laboratoire d'Aérodologie</b>
<b>Y; Morel, SHOM</b>
<b>A. Pasquet, SHOM</b>
<b>G. Reffray, MERCATOR-Océan</b>

---

Destinataire(s) : Tous participants projet EPIGRAM

Copie(s) extérieure(s) :

Copie(s) intérieure(s) :

<b>G. Reverdin, LOCEAN</b>
<b>A. Rubio, AZTI</b>

## **Annexe II : Ordre du jour, liste des présentations**

### Organisation de la journée:

9h début de la réunion, salle Pyrénées de l'OMP

12h30-13h fin de la matinée - Repas au restaurant du CNRS (site OMP)

14h: reprise des discussions

16h fin de la réunion (départ des participants brestois et parisiens pour l'aéroport)

NB: cet atelier fait suite aux ateliers 'Modélisation numérique' et 'Ondes internes', qui se sont déroulés à Toulouse les 30/11 et 01/12 2009.

### Ordre du jour

#### Présentations du matin

-----

- A. Rubio et J. Mader : On the seasonal to high frequency variability of currents and temperature in the continental slope of the southeastern Bay of Biscay
- G. Herbert, N. Ayoub, P. Marsaleix et F. Lyard: rôle du vent sur les événements Navidad de 2003/2004. Résultats préliminaires.
- Y. Morel: circulation côtière générée par le vent; débat sur le rôle des vagues.
- F. Ardhuin: quelques points de réflexion envoyés par email.

#### Points de discussion

-----

##### 1- Processus

- influence du vent sur la circulation
- upwellings, upwellings transitoires
- turbulence et mélange vertical; impact sur la couche de mélange
- événements extrêmes
- rôle des vagues

##### 2- Approche et outils

- utilisation des observations radars HF
- produits disponibles pour forcer les modèles (ALADIN, analyses ECMWF, ARPEGE, AROME, WRF, produits satellites ...)
- paramétrisation de l'effet du vent: bulk formulae pour le calcul de la tension, paramétrisation du mélange

##### 3- Autres processus

- courants inertiels
- surcotes
- ondes internes