

# FLOPS : FLOtteurs du Pacifique Sud-est

Contrat universitaire IFREMER No 2005-2-20712062  
Groupe Mission MERCATOR-CORIOLIS 2006-2007

Responsables scientifiques :

Gérard ELDIN <sup>(1)</sup> , Alexis CHAIGNEAU <sup>(2)</sup>

Collaborations :

Marie CROQUETTE <sup>(1)</sup> , Boris DEWITTE <sup>(1)</sup> , Yves du PENHOAT <sup>(1)</sup> , Oscar PIZARRO <sup>(3)</sup> ,  
Carmen GRADOS <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> *Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS,  
CNES/CNRS/IRD/UPS), 31400 Toulouse*

<sup>(2)</sup> *Laboratoire Océanographie, Environnement et Analyse Numérique (LOCEAN,  
CNRS/IRD/U P. et M. Curie), 75005 Paris*

<sup>(3)</sup> *Laboratorio de Procesos Oceanográficos y Clima, (PROFC), Universidad de Concepción,  
Concepción, Chili*

<sup>(4)</sup> *Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Lima, Pérou*

Rapport intermédiaire au 01/10/2006

## 1. Rappel des objectifs scientifiques

L'océan Pacifique Sud-Est (PSE, 5°S-40°S, à l'Est de 110°W), lie les latitudes tropicales aux hautes latitudes de l'océan Austral. Les données hydrographiques y sont rares, et la circulation ainsi que les caractéristiques des différentes masses d'eau qui le composent restent mal connues. Le PSE se caractérise essentiellement en surface par un courant diffus s'écoulant vers le Nord, associé au courant de retour du gyre subtropical. Les deux principaux facteurs qui font de cette région l'une des plus productives au monde, sont la présence en subsurface du sous-courant du Pérou-Chili (PCU), et les cellules d'upwellings côtiers. Le PCU transporte le long du talus continental depuis le Pacifique tropical jusqu'à environ 48°S, des eaux équatoriales de subsurface (ESSW), chaudes, salées et pauvres en oxygène [Silva and Neshiba, 1979]. Sous l'action des vents dominants parallèles à la côte, ces eaux de subsurface également riches en sels nutritifs, remontent dans les couches superficielles et favorisent ainsi la production de phytoplancton, premier maillon de la chaîne alimentaire marine.

Avec des eaux originaires à la fois du Pacifique tropical/équatorial et de l'Océan Austral, le PSE exhibe une structure particulière de masses d'eau. Dans les couches de surface (~0-200 m), se rencontrent l'Eau de Surface Subtropicale (STSW) relativement chaude et salée, et l'Eau de Surface Subantarctique (SASW), relativement froide et peu salée. La STSW (~5°S-35°S) est formée au nord du front subtropical dans des régions où l'évaporation domine les précipitations [Stramma et al., 1995], tandis qu'une partie de la SASW, qui se forme entre le front subtropical et le front subantarctique (~35°S-50°S), est advectée vers le Nord par le courant du Chili-Pérou sur le bord Est du gyre Subtropical [Chaigneau and Pizarro, 2005c]. Ces deux masses d'eau, formées localement en contact avec l'atmosphère, ont de fortes concentrations en oxygène dissous. A la rencontre de ces deux masses d'eau se trouve en subsurface (~150-250 m) une eau de faible salinité (Figure 1a): l'Eau Intermédiaire du Pacifique Sud-Est (ESPIW) [Schneider et al., 2003 ; Karstensen, 2004]. Son origine est encore mal connue et peut être due par exemple à la subduction de la SASW vers 35°S, ou à l'extension vers l'océan intérieur d'une eau côtière de très faible salinité (<34.0) [Strub et al., 1998] formée entre 40-45°S dans des régions soumises à de fortes précipitations et au ruissellement d'eau douce continentale [Davila et al., 2002].

En subsurface (~200-1000 m) se rencontrent l'Eau Equatoriale de Subsurface (ESSW), de forte salinité et de très faible concentration en oxygène, et l'Eau Antarctique Intermédiaire (AAIW), de faible salinité et de forte concentration en oxygène, formée à l'ouest du Sud Chili [Mc Cartney, 1977]. Finalement, entre 1000 m et 2000 m, se trouve essentiellement l'Eau Profonde du Pacifique (CDW) qui participe peu à la circulation. Ses propriétés sont déterminées presque entièrement par le mélange entre l'AAIW et l'Eau de Fond Antarctique qui tapisse le plancher océanique [Tomczak and Godfrey, 1994]. Un objectif majeur de ce projet est de documenter les structures verticales des masses d'eau présentes dans le Pacifique Sud-Est le long des côtes sud-américaines, puis d'en déterminer les variations temporelles aux échelles intrasaisonnières, saisonnières, et interannuelles.

Le Pacifique Sud-Est se caractérise également par la présence en subsurface d'une zone de minimum d'oxygène (ZMO) s'étendant au large des côtes du Pérou et du Nord-Chili. La ZMO, qui joue un grand rôle dans le cycle de gaz à effets de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), est associée à l'ESSW [Sievers and Silva, 1982]. La distribution spatiale et l'épaisseur de la ZMO sont mal connues, mais elle s'étend depuis la côte à plusieurs centaines de km au large et de quelques dizaines à quelques centaines de mètres en profondeur [Morales et al., 1999]. Le deuxième objectif de ce projet vise à mieux documenter les paramètres physiques des eaux de subsurface associées à la ZMO du PSE. On prévoit d'équiper certains flotteurs profilants de capteurs d'oxygène durant la deuxième phase de déploiement, afin de préciser la distribution en oxygène dissous dans ces couches suboxiques.

Enfin, superposés à la circulation grande échelle du PSE, des tourbillons mésoéchelles énergétiques, jouant un rôle important pour le transfert de propriétés physico-chimiques depuis la région côtière vers le large, sont également observés à partir de données hydrographiques [Blanco *et al.*, 2001] et satellitaires [Hormazabal *et al.*, 2004 ; Chaigneau and Pizarro, 2005b]. Différents projets en cours visent notamment à obtenir une meilleure description des caractéristiques de l'activité mésoéchelle au large des côtes sud-américaines. En effectuant une analyse croisée des mesures satellitaires (altimétrie, température de surface, couleur de l'eau) et des données des flotteurs ARGO, le troisième objectif de ce projet vise à analyser la structure verticale des tourbillons mésoéchelles du courant du Chili-Pérou.

**Pour contribuer aux 3 objectifs décrits ci-dessus, le projet prévoit d'améliorer l'échantillonnage de la région 70°W-80°W, 4°S-37°S par le déploiement de 20 flotteurs profilants, obtenus du GMMC dans le cadre de l'Appel à Projets pour 2006-2007.**

## 2. Etat d'avancement du projet

### 2.1 Déploiements de flotteurs

Le projet prévoit le déploiement des 20 flotteurs en 10 sites le long de la côte Ouest d'Amérique du Sud (**Figure 1**). Ces déploiements doivent être effectués au cours de campagnes océanographiques réalisées en 2006 et 2007 par les collaborateurs du projet au Pérou et au Chili, dans le cadre d'accords scientifiques (Université de Concepcion au Chili, IMARPE au Pérou). Les 20 flotteurs profilants, de marque PROVOR, sont fournis par la société MARTEC à Guidel (56), préparés et programmés au Centre IFREMER de Brest par la Cellule de Déploiements CORIOLIS. Ils sont ensuite expédiés, par lots de quelques unités, suivant disponibilité, au Chili et au Pérou.

En octobre 2005, Alexis Chaigneau a suivi le stage de formation aux déploiements assuré par CORIOLIS à Brest. Il a ensuite relayé cette expertise aux personnels de l'Université de Concepcion. Actuellement affecté à l'IMARPE à Lima, il en fera de même auprès des personnels de l'IMARPE impliqués dans les déploiements.

Les déploiements ont pris un important retard pour diverses raisons :

- indisponibilité pour travaux du bassin d'essai IFREMER fin 2005/début 2006,
- possibilités restreintes de transport des flotteurs, que ce soit par avion ou bateau, à cause de la présence de batteries au lithium,
- surcharge de travail de la Cellule Déploiements.

2.1.1 *Un premier lot de 3 flotteurs a été expédié par avion au Chili début juin 2006, et deux ont été déployés, avec les caractéristiques suivantes :*

No de série	No WMO	Date (TU)	Longitude	Latitude
04-S2-063	3900520	06/06/06 14:00	75°00' W	37°05' S
04-S2-071		26/09/06 19:40	74°00' W	31°00' S

Pour des raisons inconnues, le flotteur WMO 3900520 a cessé d'émettre après le 19/07/2006 et a repris ses émissions le 12/09/2006. Les **figures 2 et 3** présentent une carte de sa trajectoire et les profils TS correspondants.

Le deuxième flotteur vient juste d'être déployé et n'a pas encore transmis de données.

2.1.2 Un lot de 4 flotteurs a été expédié au Pérou par bateau, où il est arrivé le 20/09/2006. Ils seront déployés en octobre-novembre 2006.

2.1.3 Un lot de 8 flotteurs est en cours de modifications chez Martec, pour être munis de capteurs d'oxygène Optode Aanderaa ; cet équipement a été obtenu par un financement IRD en 2006.

## 2.2 Contrôle de qualité

Etant donné le petit nombre de profils réalisés à la date de ce rapport, un contrôle de qualité en temps différé n'a pas encore été effectué. Le contrôle temps réel accompli au centre de données CORIOLIS a montré que les données obtenues sont raisonnables par comparaison à la climatologie régionale.

## 2.3 Exploitation scientifique

Au début du projet, une simulation de lâchers de flotteurs a été effectuée « offline », sur les sorties d'un modèle de circulation océanique régional (ROMS, résolution 1/6°, coordonnées isopycnales, forçage par vents QuikSCAT), voir **figure 4**. 10 flotteurs sont déployés au hasard dans un rayon de 0.5° autour de 9 des sites prévus. Ils suivent un cycle de 12 heures en surface et 10 jours à 1000m, entraînés par les courants modélisés, sur une période de 3 ans. Leurs déplacements reflètent les différentes échelles de variabilité dans la région : tourbillons méso-échelle en majorité dans le sud, et déplacement plutôt zonaux et plus rapides dans le nord. Un seul flotteur sur les 90 injectés initialement s'est échoué à la côte.

L'exploitation scientifique commence à peine, concernant surtout la variabilité des masses d'eau du PSE. Une première étape a consisté à rassembler les profils Argo existant dans la région et à déterminer des critères de contrôle qualité à appliquer ; en effet, il persiste un certain nombre de profils douteux dans les bases de données (**figure 5**). Il apparaît que la densité de profils dans la région permet d'aborder les variations saisonnières et interannuelles à moyenne échelle depuis 2002-2003 (**figure 6**).

## 2.4 Valorisation

Plusieurs présentations ont permis d'exposer le projet FLOPS à la communauté scientifique :

FLOPS (FLOtteurs du Pacifique Sud-est): Motivations, Instrumentation, Sites de Déploiement, par A. Chaigneau, G. Eldin et M. Croquette, poster aux « Journées du GMMC 2005 », 10-11/10/2005, Toulouse, France.

FLOPS (FLOats in the eastern South Pacific): Motivations, Instrumentation, and Deployments, par A. Chaigneau, G. Eldin et M. Croquette, poster au "CLIVAR/OOPC/GOOS/Argo Workshop on the South Pacific", 11-14/10/2005, Concepcion, Chili.

FLOPS (FLOtteurs du Pacifique Sud-est), par G. Eldin et A. Chaigneau, communication aux « 3<sup>èmes</sup> Journées Argo-France », 11-12/05/2006, Brest, France.

### 3. Budget

Budget alloué par le GMMC : 9000 €H.T. sur 2 ans :

Date	Objet	Crédit ou Débit (€)
03/03/06	1 <sup>er</sup> versement	+5796
03/03/06	Frais de gestion	-405,72

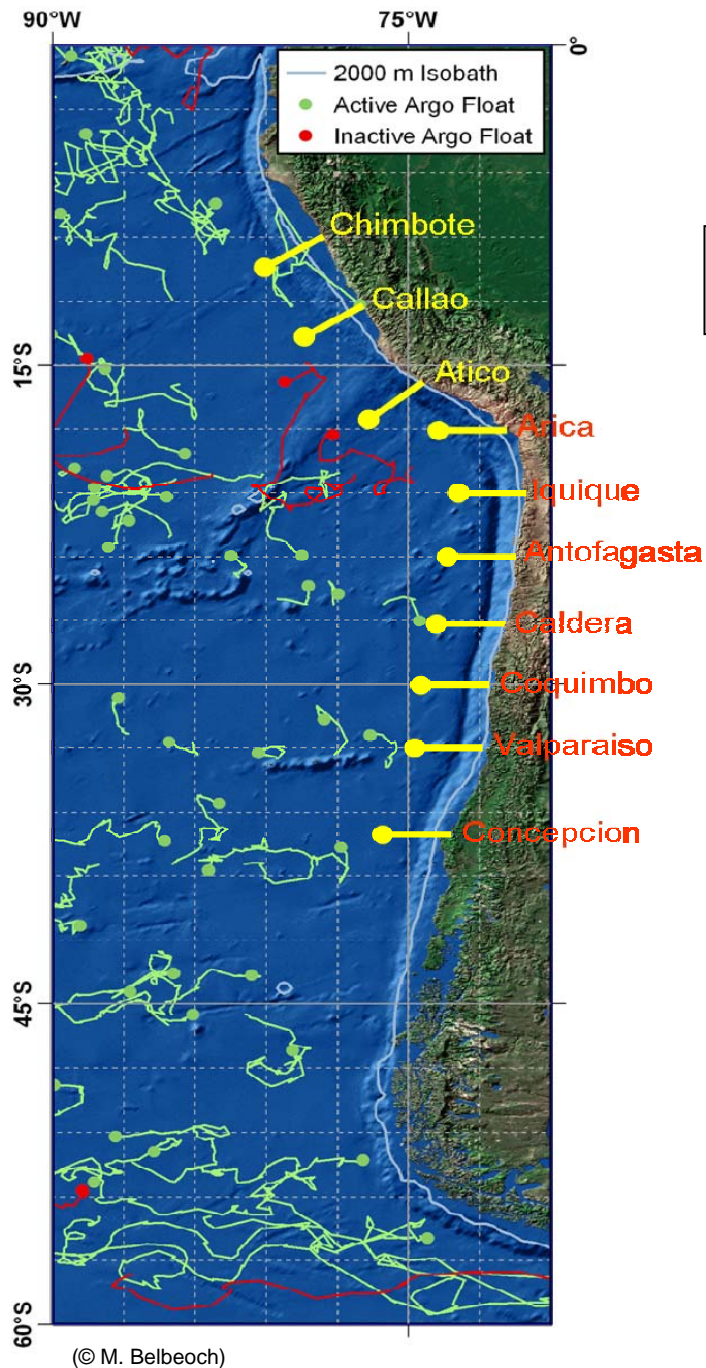
Pas de dépenses engagées au 01/10/06.

Autres financements engagés :

Date	Source	Objet	Montant (€)
Avril 2006	IRD	Expédition 3 PROVOR au Chili	1700
Septembre 2006	IRD	Expédition 3 PROVOR au Chili	1700
Septembre 2006	IRD	Expédition 4 PROVOR au Pérou	1000
Fin 2006	IRD	Installation capteurs O <sub>2</sub> sur 8 PROVOR	40000

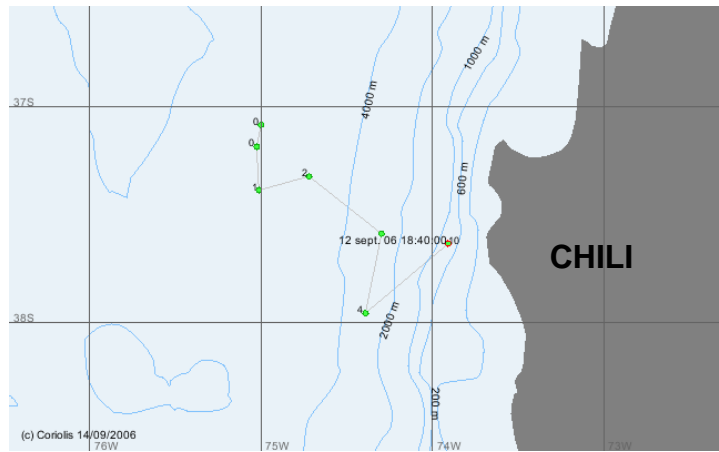
### 4. Remerciements

Nous remercions les scientifiques et marins chiliens qui ont réalisé avec succès les deux déploiements à ce jour, au cours de deux campagnes océanographiques. La Cellule Déploiements de CORIOLIS et le transitaire Celtic Global Service à Brest ont assuré la préparation et l'expédition des flotteurs dans de bonnes conditions malgré les problèmes cités plus haut.

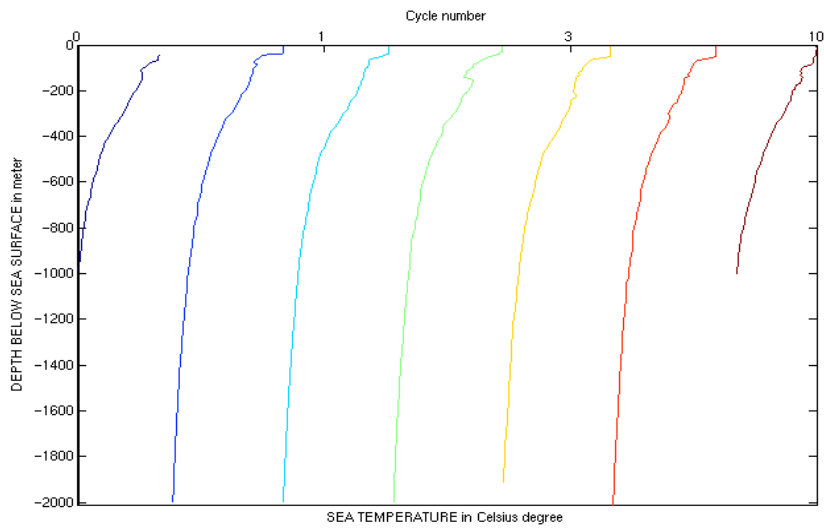


**Figure 1 :** Positions des déploiements prévus en février 2005 pour 2006 et 2007

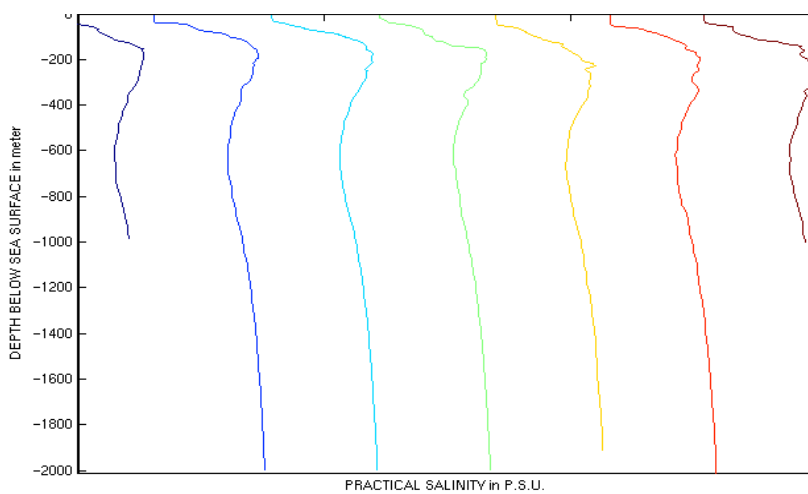
**Figure 2 : Trajectoire du flotteur WMO 3900520 au 1<sup>er</sup> octobre 2006**



Float Id : 3900520

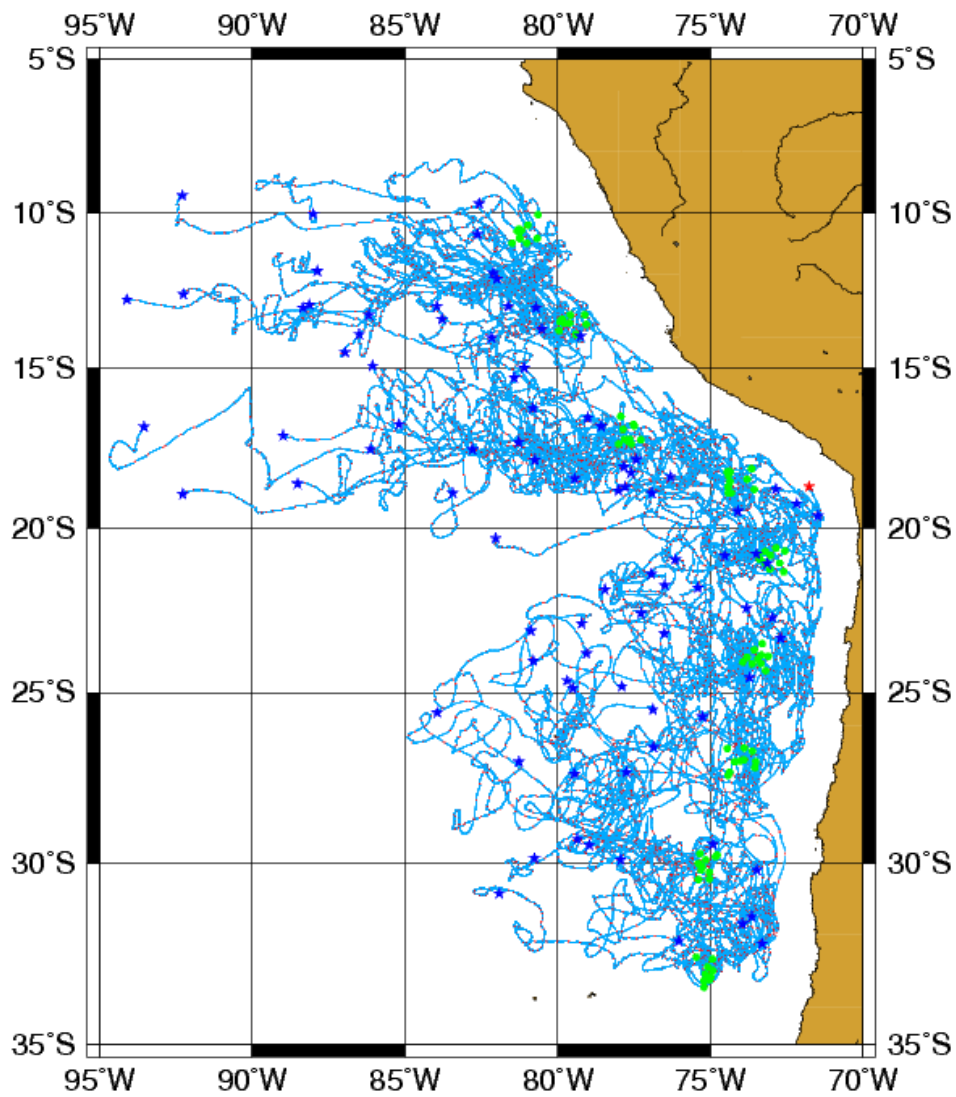


(C) Coriolis Data Centre - 15/09/2006



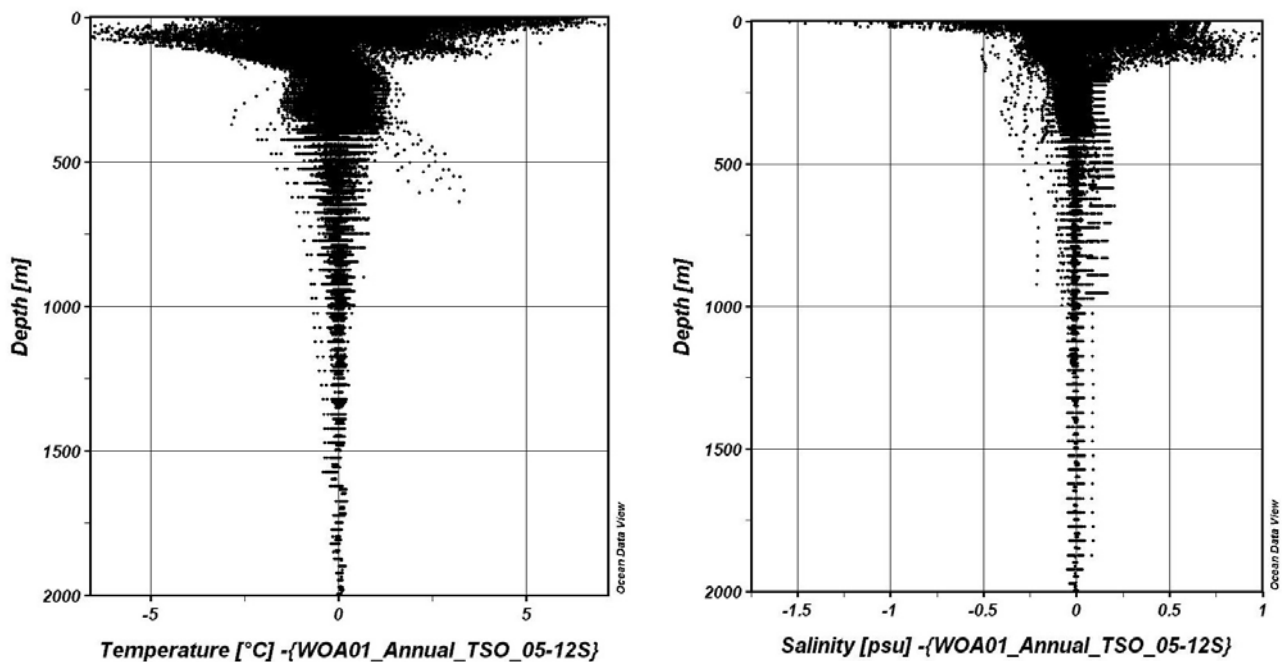
(C) Coriolis Data Centre - 15/09/2006

**Figure 3 : Profils de température (en haut) et de salinité (en bas) réalisés par le flotteur WMO 3900520**

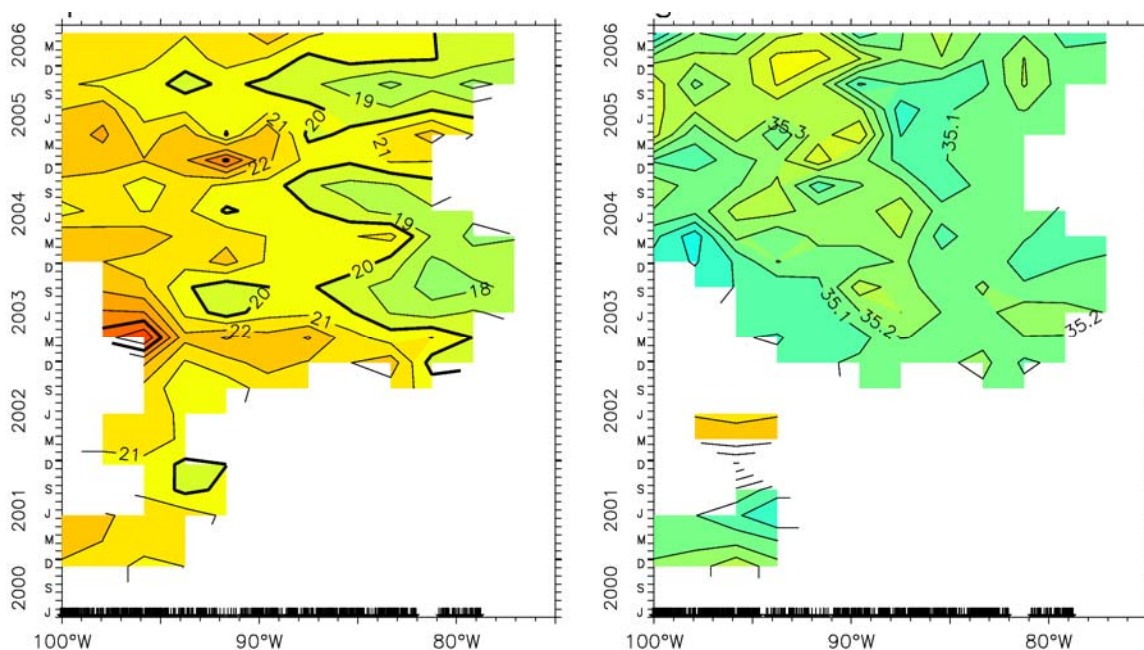


**Figure 4** : Trajectoires de 90 flotteurs simulées dans un champ de vitesse issu du modèle ROMS. Trajectoires en rouge en surface, en bleu à 1000m . Points verts, déploiements ; étoiles bleues, positions après 3 ans ; étoile rouge, échouage.





**Figure 5 :** Anomalies de température (à gauche) et de salinité (à droite) par rapport à la climatologie WOA01, pour les 842 profils disponibles dans la zone du maximum de la ZMO (5°S-12°S, 110°W-côte). Les profils qui s'écartent le plus de la moyenne en profondeur (> 500m) seront éliminés de l'analyse.



**Figure 6 :** Diagrammes longitude temps des variations de température (à gauche) et de salinité (à droite) de surface, dans la zone définie en Figure 5. On y distingue des variations saisonnières de température et des variations interannuelles de salinité.