

APPEL A PROJETS 2010

Groupe Mission MERCATOR / CORIOLIS

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

REPONSE A L'AVIS EMIS PAR LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME MERCATOR-CORIOLIS DU 8-9 NOVEMBRE 2010

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET:

Sabrina SPEICH, University Professor, Laboratoire de Physique des Océans (LPO),
speich@univ-brest.fr

UNITÉ DE RATTACHEMENT DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Laboratoire de Physique des Océans (LPO) UMR6523 CNRS/IFREMER/IRD/UBO
<http://www.ifremer.fr/lpo/> Université de Bretagne Occidentale - UFR Sciences 6, av Le
Gorgeu C.S. 93837 29238 Brest Cedex 3 FRANCE mailto: [Sabrina.Speich@univ-brest.fr](mailto: Sabrina.Speich@univ-brest.fr)
Directeur : Claude Roy

Titre du projet :

The global ocean overturning circulation. A focus on Southern Hemisphere interocean exchanges and their complex dynamics. A process study and a contribution to the CLIVAR/WRCP South Atlantic MOC (SAMOC) project and CLIVAR/CliC/SCAR Southern Ocean Observing System.

Le projet SAMOC, dans le cadre duquel nous répondons aux objectifs de la section 3.6 de l'AO 2010 et s'inscrit dans la continuité du projet CLIVAR GoodHope et de la campagne de mesure Bonus-GoodHope. Cette action vise à intégrer la stratégie expérimentale mise en œuvre depuis 2004 dans l'Atlantique Sud, région par ailleurs peu échantillonnée, dans le cadre du projet international SAMOC.

1. LE PROJET INTERNATIONAL CLIVAR/WRCP SOUTH ATLANTIC MERIDIONAL OVERTURNING CIRCULATION (SAMOC)

Depuis la mise en place en 2004 dans le cadre de CLIVAR du projet international GoodHope, une collaboration forte se développe avec la NOAA (AOML, USA), l'Université de Rhodes Island (URI, USA) le MIT (USA), l'Afrique du Sud, la Russie, l'Argentine, le Brésil, le Royaume Uni (NOC, UEA et BAS) et l'Allemagne. Elle concerne les moyens mis en œuvre (temps navire, radiales hydrologiques profondes, déploiement de XBTs, flotteurs Argo, drifters) ainsi que l'analyse et l'exploitation de ces données en intégrant les observations satellitaires.

Cette collaboration s'est renforcée ces trois dernières années et vise maintenant des objectifs beaucoup plus ambitieux avec la mise en place du projet SAMOC (www.aoml.noaa.gov/phod/SAMOC). Ce projet rationalise et coordonne les efforts d'observation internationaux dans le secteur Atlantique de l'Océan Austral afin de constituer un réseau de surveillance à long terme, à ambition scientifique et opérationnelle, pour appréhender et anticiper les tendances climatiques futures. Sous sa forme actuelle, SAMOC est déjà approuvé par la NOAA, la NSF, CLIVAR et l'Ifremer. Le projet a donné lieu à un rapport avalisé par les instances internationales (Garzoli et al. 2008) et à une communication internationale (Speich et al. 2010). Il constitue l'ossature d'un réseau austral (Rintoul et al. 2010a) et global de surveillance de l'océan (Rintoul et al. 2010b; Garzoli et al. 2010). Ce projet constitue le pendant austral des projets RAPID/MOCHA de l'Atlantique Nord. Il complète au LPO l'implémentation d'une surveillance à

long terme de l'océan, et plus particulièrement du secteur atlantique de la MOC, en synergie avec l'Équipe 2 du laboratoire.

Le projet SAMOC intègre la radiale GoodHope dont la réalisation continuera dans le futur dans un effort d'observation coordonnée avec les observations dans le Passage de Drake, le long de la radiale zonale entre l'Amérique du Sud et le Cap et les observations sur la pente continentale Brésilienne.

Par le biais de trois réunions internationales organisées en 2007, 2009 et 2010, le projet a abouti à la conception d'un réseau d'observations idéal (cf. Fig. 2) qui aligne une stratégie efficace en coût pour le secteur Atlantique de l'Océan Austral. Ce réseau est basé sur la répétition de radiales hydrographiques, de déploiement de XBTs à une très forte résolution spatiale et à une fréquence élevée (radiales AX25 et AX18), le déploiement régulier de flotteurs profilants et de mouillage de fond *Pressure Inverted Echo Sounders* (PIES) aux quels on associe un courantomètre Aanderaa (les mouillages sont ainsi dénommés C-PIES avec le C pour *Currentmeter*).

Ces mouillages constituent un élément essentiel de ce projet et ouvrent des perspectives réalistes sur la possibilité d'un réseau d'observations à long terme efficace d'un point de vue scientifique et opérationnel. Les C-PIES sont simplement déposés sur le fond océanique depuis où ils mesurent différents paramètres (vitesse de propagation du son, pression et courant de fond). Ces mesures intégrées aux données *in situ* récolté pendant les radiales hydrologiques, les données des flotteurs profilants ARGO et les données satellites (essentiellement altimétrie), permettent un monitoring à haute fréquence temporelle (les données sont enregistrées toutes les vingt minutes) pendant une durée nominale de 4 ans de la structure de toute la colonne d'eau, de sa dynamique et variabilité. Par le biais de ces mouillages et de méthodes de proxy similaires à celle que nous avons développées à partir des données *in situ* et de l'altimétrie (e.g., Swart et Speich 2010), ce réseau a ainsi l'ambition d'étendre en profondeur et dans le temps les observations hydrologiques récoltés à partir des radiales hydrologiques et des flotteurs Argo. Cet effort est nécessaire et son coût est optimisé. Il constitue une première étape à la mise en place d'un Système d'Observation (permanente) de l'Océan Austral souhaité depuis quelques années par CLIVAR (SOOS : <http://www.clivar.org/organization/southern/expertgroup/activities.htm>).

Pour tester l'efficacité d'un tel réseau d'observation nous avons mis en place à partir de 2008 des études préliminaires. Ces études sont basées à la fois sur un projet pilote d'observations en mer et des simulations numériques. Pendant cette phase et dans le cadre du consortium SAMOC des mouillages PIES et C-PIES ont été déployés sur la radiale GoodHope (contribution Française – Ifremer – et Allemande – AWI), sur la pente continentale Argentine (contribution NOAA-AOML) et le passage de Drake (contribution URI et Scripps, USA). Ce réseau pilote est schématisé en Fig. 1. En Fig. 2 est représenté le réseau d'observations soumis aux financements nationaux tel qu'il sera implémenté dans le cadre du programme SAMOC.

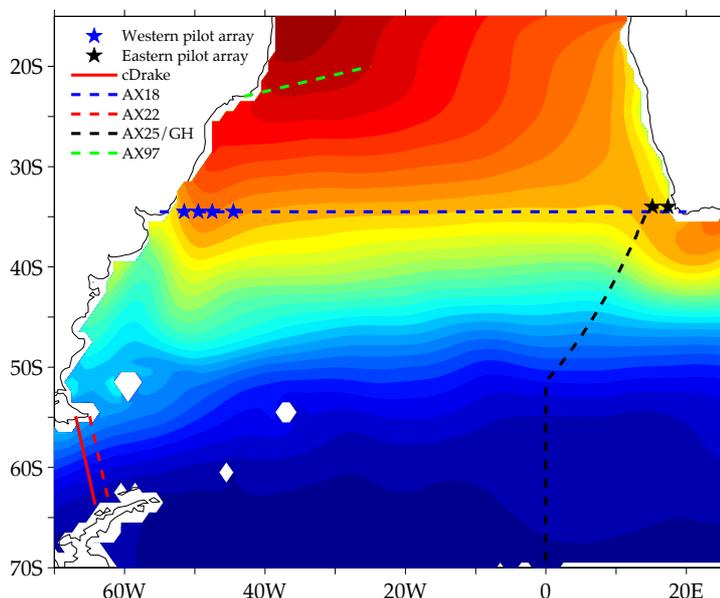


Figure 1. Réseau pilote d'observations océaniques mises en œuvre pendant la première phase du projet international SAMOC entre 2008 et 2010 (Speich et al. 2010). Ce réseau inclut le projet pilote sur les bords ouest (étoiles bleues) et est (étoile noire) de la section zonale à 34,5°S, le réseau de C-PIES du projet cDrake (ligne rouge solide), les radiales XBT AX18 (ligne à traits bleus), AX22 (ligne à traits rouges), AX25 (ligne à traits noirs), et la ligne AX97 (ligne à traits verts). La ligne XBT AX25 coïncide avec la radiale CTD GoodHope. Les détails des autres observations planifiées dans l'Atlantique Sud dans le cadre du projet SAMOC peuvent être trouvés sur les documents du site <http://www.aoml.noaa.gov/phod/SAMOC>.

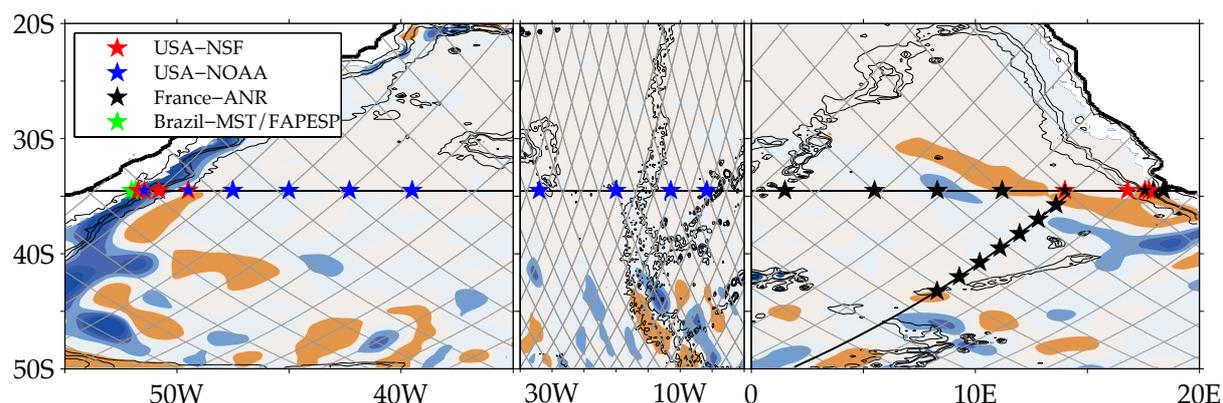


Figure 2. Schémas du réseau trans-bassin proposé Lelong d'une section à 34.5°S et la partie la plus septentrionale de la radiale GoodHope. A noter que l'échelle de l'axe zonale a été étirée sur les bords est et ouest. Les étoiles indiquent les différentes composantes du réseau SAMOC tel qu'il a été soumis aux différentes instances de recherches nationales Américaines, Françaises, Brésiliennes, Argentines, Russes et Sud Africaines. Ce réseau inclut des mouillages de fond PIES et C-PIES, des ADCP, des capteurs de pression de fond, et mouillages classiques. Les contours en couleurs représentent la moyenne calculée sur 27 ans de la vitesse méridienne à 200 m résultante du modèle océanique global OFES. Les lignes grises représentent les traces de l'altimètre Jason.

Les mouillages C-PIES Français ont été récupérés en Décembre 2010 (Fig. 3). Ces mouillages avaient été déployés pendant la campagne de l'Année Polaire Internationale BONUS-GoodHope en février 2008 au large de l'Afrique du Sud. Le relevage a été opéré à bord du navire océanographique Sud Africain « Algoa » qui nous a été proposé gracieusement par le *Department of Environmental Affairs and Tourism* (DEAT) dans le cadre de la coopération entre le LPO et le laboratoires Sud Africains formalisé par le Laboratoire Mixte International ICEMASA (<http://www.icemasa.org/>).

Les données que nous avons obtenu par les mesures des C-PIES s'étalent sur presque trois ans avec une fréquence de mesure de l'ordre de la dizaine de minutes pour différentes variables océaniques. La validation des données a été effectuée. Les données sont d'une très bonne qualité sur toute la période de mesure. L'exploitation scientifique de ces données peut donc commencer. Cette exploitation se fera à la fois de manière interne au LPO pour des études de processus locaux et en coopération avec la NOAA AOML et l'Université de Rhodes Island (USA) pour des études intégrées sur la dynamique de bassin.



Figure 3. Arrivée à la surface de l'océan de l'un des deux mouillages CPIES déployés dans le cadre de SAMOC-GoodHope au large de la pente continentale Sud-africaine pendant la campagne API BONUS-GoodHope. Les mouillages ont été récupérés en décembre 2010. Grâce à ce projet pilote, nous disposons de presque 3 ans de données récoltées à une fréquence de la demie heure.

2. INTERET SCIENTIFIQUE ET ADEQUATION AUX OBJECTIFS DE L'APPEL D'OFFRES 2010 DU GROUPE MISSION MERCATOR / CORIOLIS:

L'intérêt scientifique du réseau ARGO dans l'Océan Austral est désormais acquis. Depuis les premiers déploiement fin 2003-début 2004 de flotteurs profilants dans cette région, effort auquel le projet GOODHOPE a fortement contribué, l'Océan Austral a commencé à se dévoiler. Grâce à la mise en place de ce réseau nous avons pu avoir accès à la structure de surface et subsurface de cet océan et à leur variations saisonnières. Déjà rien que ceci nous a permis de progresser de manière très quantitative et rapide sur nos connaissances de la dynamique océanique propre à cet océan. Des premiers bilans sur le cycle saisonnier de la couche mélangée ont été possibles bien que le manque de bonne données atmosphériques aient limité leur portée (Faure et al. 2011).

Ces données ont ouvert l'accès aux variations des propriétés des masses d'eau dans des structures mésoéchelles telles que les tourbillons. Un exemple extraordinaire est les variations de la température et de la salinité dans des tourbillons des Aguilles, surtout pour ceux qui avant de rentrer dans l'Océan Atlantique Sud, pénètrent dans la région Subantarctique et, bloqués par la topographie, résident dans cette région pour plusieurs mois (Gladyshev et al. 2008, Arhan et al. 2011). En hiver ils interagissent fortement avec l'atmosphère en relâchant une énorme quantité de chaleur. Celui-ci est probablement l'un des mécanismes de transfert de chaleur de l'océan vers l'atmosphère des plus importants au monde. Ces échanges étant à l'échelle des tourbillons et en période hivernale, les flotteurs profilants se révèlent comme unique moyen d'observation de ce phénomène de manière récurrente. Fortement refroidis de la convection se génère dans le sein de ces tourbillons salés. Cette convection peut atteindre même 600-700 m comme nous l'avons pu constater lors de la réalisation de la campagne BONUS-GoodHope (Arhan et al. 2011).

Ces événements ont potentiellement un rôle important au niveau de la dynamique océanique : échanges de chaleur avec l'atmosphère, mais aussi formation d'eaux modales et importance dans les échanges interocéaniques surtout dans le cadre des échanges avec l'Atlantique Sud et de la circulation globale océanique liée au "retournement méridien". Ces événements sont aussi importants au niveau des processus biogéochimiques pour leur rôle dans l'activité biologique très forte dans cette région, mais aussi pour le bilan global du carbone et le changement climatique en cours (Gonzalez-Davila et al. 2011). Le comportement de cet océan dans ce cadre est encore méconnu (source ou puit de carbone ?) et il sera intéressant d'y répondre avec une vision détaillée de cet océan en surface et subsurface et qui varie dans le temps. L'approche multidisciplinaire proposée dans le cadre du projet BONUS-GoodHope est sans doute idéal pour pouvoir répondre à ces genre de questions.

L'Océan Austral est aussi le lieu de formation des eaux antarctiques intermédiaires (AAIW) et de transformation des eaux profondes (de l'Atlantique Nord, NADW, et circumpolaires, CDW). Des bilans à partir des flotteurs ARGO ont déjà commencé à donner une répartition géographique de cette masse d'eau en mettant en lumière que ces échanges méridiens entre l'Océan Austral et autres bassins océaniques ne se font de manière homogène mais selon des routes particulières. Ce sujet est au cœur des analyses en cours dans le secteur Atlantique de l'Océan Austral (Ollitaut et al. 2008). Néanmoins, pour avoir une estimation quantitative des processus de formation et pénétration d'AAIW dans la thermocline dans l'océan intérieur nous devons augmenter la couverture des régions australes qui pour l'instant ont été les moins échantillonnées, tout en continuant la série temporelle que nous avons commencée et qui sous peu nous pourra donner des renseignements sur la variabilité interannuelle et l'évolution en cours des eaux Australes dans le cadre du réchauffement global et du changement climatique. Depuis 2009, du fait que la base de données ARGO-Coriolis dans notre secteur d'étude s'est étoffée d'un nombre relativement important de données, nous avons augmenté les moyens humains qui travaillent sur les données flotteurs. Ce travail est particulièrement intéressant car on dispose aujourd'hui des données atmosphériques sur la radiales. Ces données ont déjà permis d'évaluer les échanges air-mer en relation aux structures océaniques observées pendant la campagne BONUS-GoodHope (et elles sont nombreuses), ainsi que valider à la fois les données satellites QuikSCAT et les produits colocalisés et "merged" du CERSAT-Ifremer, et les produits de *downscaling* dynamique avec le modèle WRF que nous avons mis en œuvre au LPO dans le secteur

Le projets CLIVAR GoodHope et BONUS-GoodHope ont contribué et contribuent encore de manière substantielle à la mise en place et maintien du réseau ARGO-Coriolis dans l'Océan Austral. La quantité de données actuelle commence à être intéressante pour sa couverture spatiale et en tant que première base pour l'établissement d'une série temporelle échantillonnant le cycle saisonnier (les flotteurs ARGO étant l'unique moyen pour son estimation) ainsi qu'à partir de maintenant les variations interannuelles et les tendances à plus long terme. Nous demandons à poursuivre cet effort de déploiement, de suivi et d'analyse. En fait, comme nous l'avons déjà fait remarquer par le passé, cette région océanique est caractérisée par des courants (Courant Circumpolaire Antarctique, Courant des Aiguilles, Courant du Benguela) et des échanges à mésoéchelle très intenses. Ainsi les flotteurs déployés s'éloignent très vite de leur position de mise à l'eau et de la région d'étude (Fig. 4). Puisque les déploiements dans l'Océan Austral ne sont pas courants (pas beaucoup de navires naviguent dans la région) notre demande nous semble raisonnable si l'on veut maintenir le réseau ARGO Austral et contribuer ainsi aux enjeux scientifiques qui nécessitent une couverture spatiale homogène et une continuité temporelle.

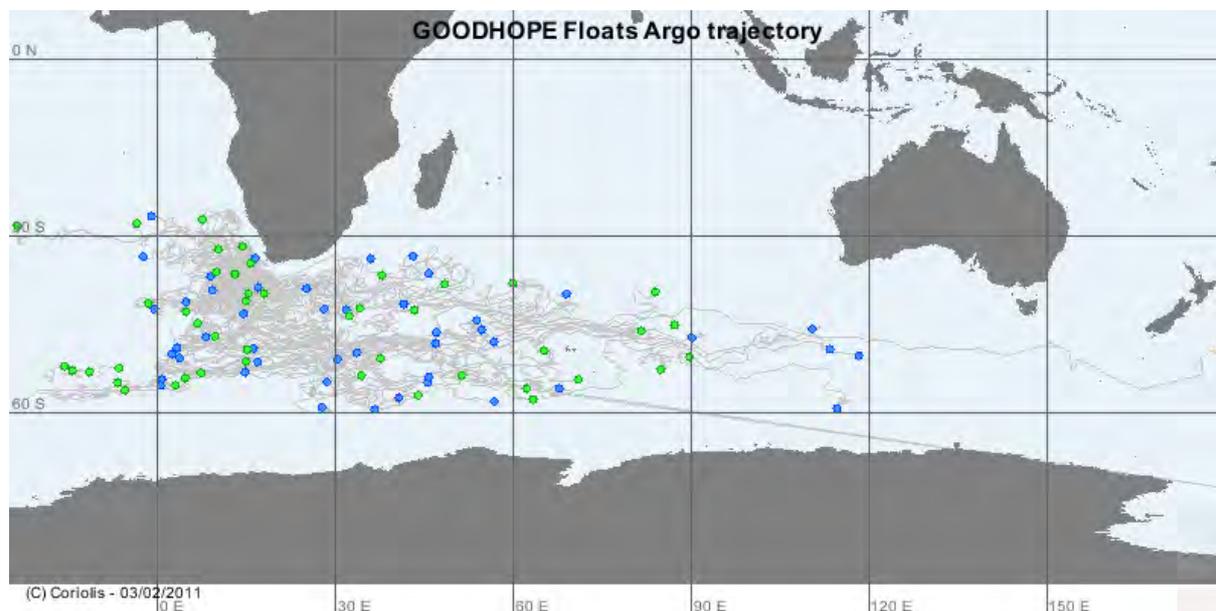


Figure 4. Ensemble des trajectoires des flotteurs Argo Coriolis (PROVOR) GoodHope. Les symboles colorés représentent la position du dernier cycle de mesure pour les flotteurs encore actifs (en vert) au 3 février 2011 et désormais inactifs (en bleu).

De plus, la perception de la dynamique régionale que nous avons acquise pendant ces années et la connaissance des routes parcourues par les navires (scientifiques et de ravitaillement des bases Antarctiques) dans la région Atlantique Australe nous a fait réaliser que pour mieux échantillonner ce secteur il serait judiciable de déployer au moins une partie des flotteurs ARGO-Coriolis à l'Ouest de la radiale GoodHope. En fait, les flotteurs déployés dans et près du Passage de Drake n'atteindront pas rapidement notre région. Ainsi la région océanique à l'Ouest de notre radiale est très peu, voir pas de tout échantillonnée (Fig. 5). Pour pallier à ce manque de données nous proposons d'utiliser pour le déploiement d'au moins une partie des flotteurs ARGO-Coriolis en 2011 et 2012 la route de retour vers Ushuaia que le navire *R/V Akademik Vavilov* du *Shirshov Institute of Oceanography* emprunte à chaque fois qu'il termine la réalisation de la radiale hydrographique GoodHope. Cette stratégie a été déjà adoptée en 2009 et 2010. Cette route part de la partie la plus au sud de notre radiale (vers 57-58°S sur le méridien de Greenwich) et virant vers la pointe sud de l'Argentine, croise en diagonale toute la région sous-échantillonnée du secteur Atlantique de l'Océan Austral. Notre stratégie entre clairement dans les priorités de Coriolis : "...Le réseau ARGO ayant maintenant atteint l'objectif de 3000 flotteurs opérationnels, la priorité sera donnée aux déploiements dans les zones faiblement couvertes ou à forte dispersion". Ce point est aussi primordial dans la mise en place "d'indicateurs" ainsi que les interaction océan-atmosphère.

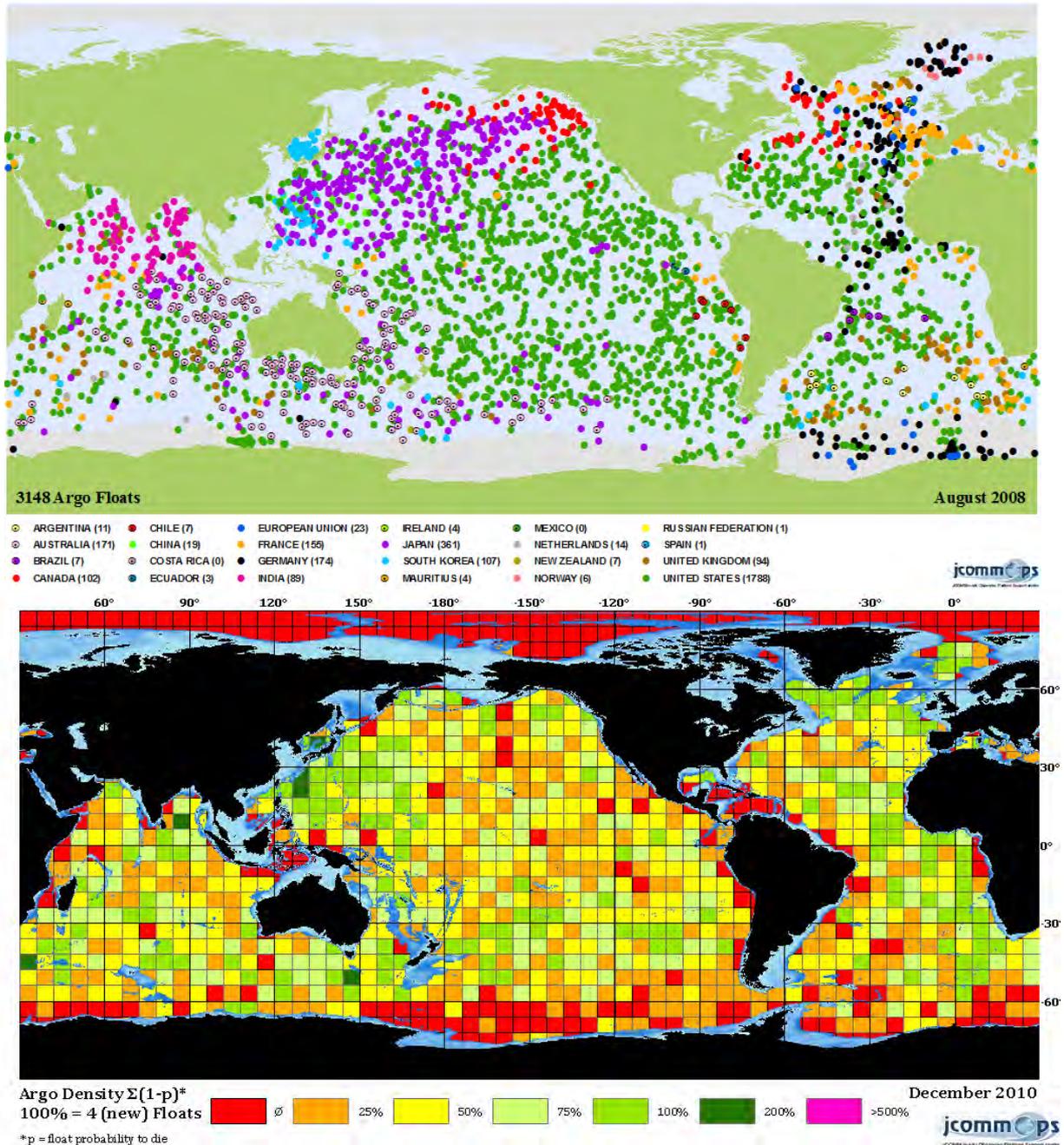


Figure 5. Etat des flotteurs actif au 31 Decembre 2010 (figure du haut) et densité de données à la même date (figure du bas). La densité qui été, avant 2009, extrêmement faible en données à l'ouest de la radiale GoodHope (Méridien de Greenwich faisant référence) a été amélioré grâce notamment à la stratégie de déploiement adoptée pour les flotteurs alloué au projet GoodHope (11 flotteurs déployés sur la radiale GoodHope et 4 sur le trajet du navire Russe entre la radiale GoodHope et le port de Ushuaia en Argentine).

Enfin, nous développons depuis le commencement du projet GoodHope des “proxies” à partir des données hydrologiques *in situ* (CTDs, XBTs), de l’altimétrie et maintenant aussi à partir des flotteurs ARGO-Coriolis. Cette voie est très intéressante pour remonter à des séries temporelles 4D dans la région d’étude. Les premiers résultats sont très encourageants (Swart et al. 2008, Swart et al. 2010, Swart et Speich 2010) et les possibilités d’études dynamiques et potentiellement pluridisciplinaires très séduisants. Nous cherchons à l’heure actuelle de bien étudier le fondement de nos méthodes afin d’élargir leur application. Nous développons actuellement des études sur la reconstitution en 4D des structures thermohaline de subsurface dans l’ACC. Nous voudrions élargir cette étude à la prise en compte des vitesses dérivées à la fois de altimétrie en surface et des flotteurs à 1000 db. Cette voie est possible par la réalisation des mesures de courants par ADCP (*Vessel Mounted* et *Lowered*) telle que

celles obtenues dans le cadre des campagnes GoodHope et BONUS-GoodHope qui constituent le *benchmark* de tout calcul et extrapolation des vitesses dérivées par les méthodes proxies. Pour ce type d'études (des bilans effectués directement des observations *in situ* Argo ou ceux basés sur des méthodes de proxy) il est important de maintenir l'homogénéité de l'échantillonnage Argo telle qu'elle l'est actuellement (Fig. 6).

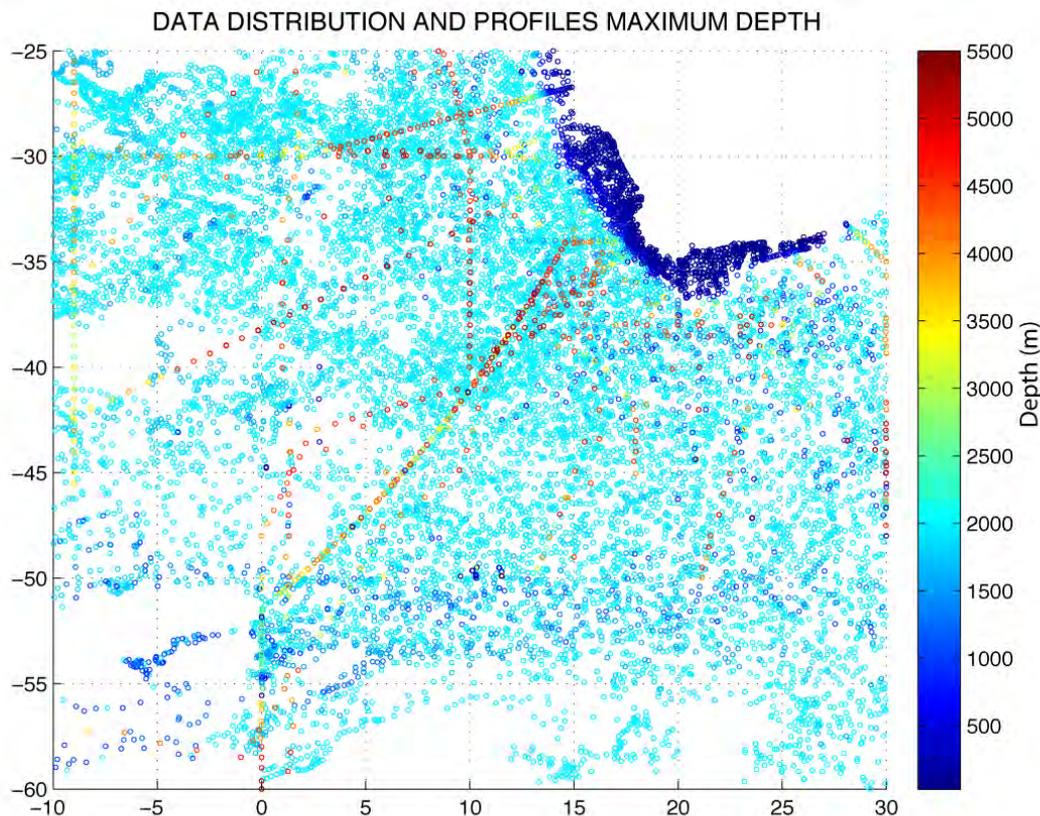


Figure 6. Distribution des observations hydrologiques dans la région GoodHope. Il est évident que l'échantillonnage des flotteurs Argo (points bleu clairs et légèrement plus foncés) a complètement changé la couverture spatiale des données hydrologiques qui auparavant se basaient essentiellement sur des radiales hydrologiques profondes (en orange car elle descendent jusqu'à plus de 5000 m).

3. PLAN DE RECHERCHE ET CALENDRIER D'EXECUTION

Année 2011 :

- **Octobre 2011 :** déploiement de 15 flotteurs ARGO-Coriolis pendant la campagne GoodHope/SAMOC 11 Russe aux latitudes nominales : 35°S (DO), 37°S, 39°S (DO), 41°S, 43°S (DO), 45°S, 47°S, 49°S, 50°S, 51°30'S, 53°S (Fig. 7). Avec les termes "DO" nous indiquons les positions de déploiement des flotteurs équipés de capteurs d'oxygène dissous. Les autres quatre Ushuaya effectués par le navire Russe. Ces largages se feront aux longitudes nominales 10°W, 13°W, 16°W, 19°W. Les flotteurs avec capteurs d'oxygène sont largués aux latitudes données pour échantillonner différentes eaux intermédiaires de la région (35S (I-AAIW), 39S (A-AAIW), et 43°S (nord du SAF: le moment venu, on peut voir s'il y a un tourbillon convecté sur la ligne et le larguer en son milieu). Les derniers trois flotteurs de la radiale GoodHope sont régulièrement programmés pour ne descendre qu'à 1000 dbar du fait de la forte topographie de la région et des pertes observées lors du premier déploiement pour lequel nous avons programmé une

descente de tous les flotteurs à 2000 dbar.

- Mise à jour des données ARGO-Coriolis dans la région jusqu'à la fin de l'année.
- Validation des données Argo GoodHope 2010 et proposition de données en « delayed mode » et écriture du rapport.
- Finalisation du travail sur la quantification des échanges en eaux Antarctiques Intermédiaires (AAIW) d'origine Indienne et Atlantique dans la région GoodHope.
- Mise en place du *downscaling* dynamique des champs atmosphériques par une application de WRF en mode recherche (nous l'avons jusqu'ici testé en mode prévision opérationnel). Validation par les données recueillies pendant la campagne BONUS-GoodHope. Comparaison avec les données QuikSCAT et "merged" du CERSAT.
- Mise en place d'études sur la variabilité pluriannuelle de la région océanique australe Atlantique par en continuant le développement des proxies utilisant des données hydrologiques profondes, celles des flotteurs ARGO et les champs altimétriques
- Extension de l'étude à toute la profondeur de la colonne d'eau via les données récoltées par les mouillages de fond C-PIES durant la période 2008-2010

Année 2012

- Réalisation de la campagne GoodHope/SAMOC 12 en octobre 2012. Déploiement de 15 flotteurs ARGO-Coriolis.
- Mise en place de proxies sur les vitesses des courants dans le secteur GoodHope à partir des réalisations *in situ*, de la dérive de flotteurs préalablement qualifiée et validée, et de l'altimétrie.
- Etude des eaux AAIW à partir des campagnes GoodHope et des données flotteurs. Evaluation des transports méridiens par l'utilisation des vitesses "proxies" et flotteurs, modèles inverses, et modélisation inverse et directe.

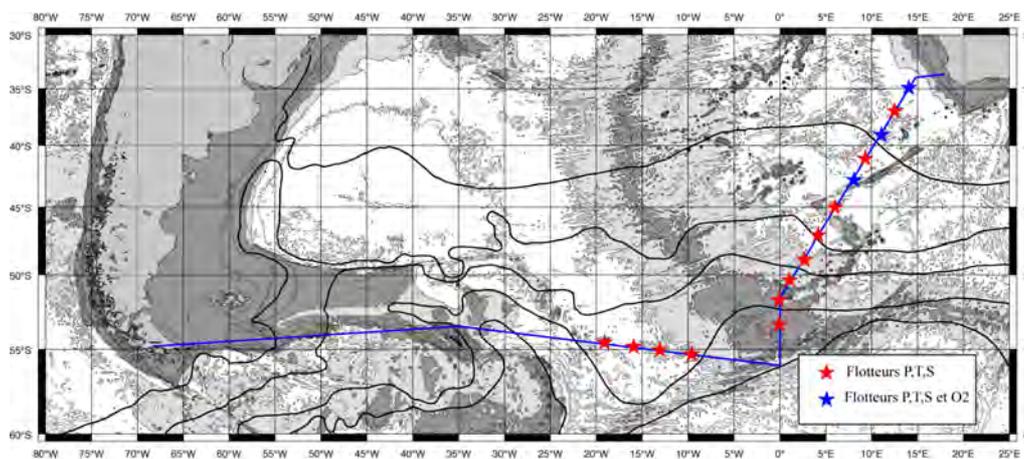


Figure 7. Plan de déploiement pour les flotteurs GoodHope/SAMOC en 2011 et 2012. Les étoiles rouges indiquent la position de déploiement des flotteurs ARGO-Provor classiques (P, T, et S) ; les étoiles bleues celles des flotteurs avec capteur pour la mesure de l'oxygène dissous.

Brest, le 27/02/2011

Sabrina Speich

Références bibliographiques

- Arhan, M., S. Speich, G. Dencausse, C. Messenger, R. Fine and M. Boyé, 2011 : Anticyclonic and cyclonic eddies of subtropical origin in the subantarctic zone south of Africa. Submitted to OceanSciences.
- Bown, J., M. Boye, A. Baker, E. Duvieilbourg, F. Lacan, F. Le Moigne, F. Planchon, S. Speich, and D. Nelson, 2011 : The biogeochemical cycle of dissolved cobalt in the Atlantic and the Southern Ocean south off the coast of South Africa. Mar. Chem., in revision.
- Chever, F; Bucciarelli, E; Sarthou, G, Speich, S., Arhan, M., Penven, P., Tagliabue, A., 2010 : Iron physical speciation in the Atlantic sector of the Southern Ocean along a transect from the subtropical domain to the Weddell Sea Gyre, J. Geophys. Res. Ocean, In press.
- Dencausse, G., M. Arhan, S. Speich, 2010 : Spatio-temporal characteristics of the Agulhas Current Retroflection. Dees Sea Res. , Volume 57, Issue 11, November 2010, Pages 1392-1405.
- Dencausse, G., M. Arhan, S. Speich, 2010: Routes of Agulhas rings in the southeastern Cape Basin. Deep Sea Res. Volume 57, Issue 11, November 2010, Pages 1406-1421.
- Dencausse, G., M. Arhan, S. Speich, 2010: Is there a continuous Subtropical Front south of Africa?, J. Geophys. Res., doi:10.1029/2010JC006587, in press.
- Faure, V., M. Arhan, S. Speich and S. Gladyshev , 2011 : Heat budget of the Surface Mixed Layer south of Africa. Ocean Dynamics. Submitted (October 2010).
- Gladyshev, S., M. Arhan, A. Sokov, S. Speich, 2008. A hydrographic section from South Africa to the southern limit of the Antarctic Circumpolar Current at the Greenwich meridian. Deep Sea Res., 55, 1284-1303.
- Gonzalez-Davila, M., M. Santana-Casiano, B. Delille, R. Fine, S. Speich, M. Arhan, 2011: Carbonate system buffering in the water masses of the Southwest Atlantic sector of the Southern Ocean during February 2008. BioGeosciences. Submitted.
- Rubio, B., B. Blanke, S. Speich, et N. Grima, R. Duarte, et V. Laval, 2008: Mesoscale eddy activity in the southern Benguela upwelling system from altimetry and model data. Progress in Oceanography, 83, issue 1-4, pp. 288-295. DOI: 10.1016/j.pocean.2009.07.029
- Swart, S., S. Speich, I. Ansorge, G. J. Goni, S. Gladyshev, J. R. Lutjeharms, 2008. Transport and variability of the Antarctic Circumpolar Current south of Africa J. Geophys. Res., 113, C09014, doi:10.1029/2007JC004223
- Swart, S., S. Speich, I. Ansorge, J. Lutjeharms, 2010: A satellite altimetry based Gravest Empirical Mode South of Africa. Part I: Development and Validation. J. Geophys. Res., 115, C03002, doi:10.1029/2009JC005299.
- Swart, S., S. Speich, 2010: A satellite altimetry based Gravest Empirical Mode South of Africa. Part II: 1992-2008 Heat, Salt and Mass Transport variability and changes. J. Geophys. Res., 115, C03003, doi:10.1029/2009JC005300.