

**Compte-rendu de la 6<sup>ième</sup> réunion Argo France : Argo-biogéochimie**  
**21 mai 2010, Villefranche**  
**F. D'Ortenzio, V. Thierry, P. Brasseur**

La 6<sup>ième</sup> réunion Argo-France était dédiée aux mesures biogéochimiques effectuées à partir des flotteurs profileurs. Elle s'est tenue le 21 Mai 2010 à l'Observatoire Océanologique de Villefranche et a rassemblé une trentaine de personnes originaires de différents laboratoires français (liste des participants en annexe).

### **Introduction**

L'observation de paramètres biogéochimiques à partir des flotteurs profileurs s'est révélée être une activité scientifique en plein ressort au cours de ces dernières années. Plusieurs flotteurs ont été équipés des capteurs biogéochimiques (Oxygène, Chlorophylle, POC, CDOM, Nitrates) et, après une phase transitoire de mise au point technologique, les données commencent à devenir exploitables scientifiquement. L'objectif principal de cette réunion était d'élargir à une communauté plus vaste le savoir-faire acquis dans ce domaine par plusieurs laboratoires français (voir livre blanc PABIM : <http://projets.ifremer.fr/coriolis/All-news/News/PABIM-White-BOOK>) et de renforcer la dynamique autour de l'exploitation scientifique de ces nouveaux outils de recherche.

Après trois présentations générales relatives au projet Argo, les mesures biogéochimiques accessibles par des engins autonomes et les besoins de la modélisation dite « verte », une dizaine d'interventions ont été faites pour proposer des idées ou présenter des premiers résultats sur l'utilisation des flotteurs profileurs biogéochimiques.

### **Résumé des présentations générales**

*V. Thierry* : Le projet Argo a mis 20 ans pour se structurer et atteindre un mode pleinement opérationnel. Le projet est coordonné au niveau international par différents comités ad hoc qui gèrent la gouvernance, la gestion et le contrôle qualité des données, et qui assure une homogénéité dans les traitements. La contribution de la France et de l'Europe au projet Argo est en train de se structurer par la soumission d'un projet pour labelliser l'ensemble des activités Argo France en SOERE et par le projet Euro-Argo qui est une phase préparatoire pour la mise en place d'une nouvelle infrastructure de recherche européenne. Le développement des mesures Argo-biogéochimiques est soutenu par le SOERE Argo et Euro-Argo. Il faut néanmoins démontrer l'intérêt (recherche, opérationnel) et la faisabilité d'un réseau global de mesures biogéochimiques. Il faut également que la communauté internationale se structure autour des mesures biogéochimiques. Grâce au projet PABIM soutenu par le GMMC, la France est leader dans ce domaine.

*F. D'Ortenzio* : Les premiers flotteurs profileurs équipés des capteurs biogéochimiques ont été développés dans les années 2000 (Mitchell et al, 2003; Kortzinger et al, 2004, Boss et al. 2008). Le réseau actuellement le plus étendu concerne l'oxygène, avec presque 200 flotteurs (février 2010, source JCOMMOPS). En France, l'activité scientifique s'est développée autour des versions biogéochimiques de la plateforme PROVOR (d'origine française) : les PROVOR-DO (équipés d'un capteur d'oxygène) et les PROVBIOs (équipés des fluoromètres chlorophylle et CDOM, d'un capteur d'irradiance à 3 longueurs d'onde, d'un transmissiomètre et d'une antenne IRIDIUM, Le Reste et al, 2009). L'utilisation de l'antenne IRIDIUM, qui permet de changer certains paramètres de mission des PROVBIO (i.e. profondeur de parking,

résolution verticale, fréquence d'échantillonnage), rend ces flotteurs capables d'effectuer des missions ciblées sur des processus biogéochimiques, tout en gardant une capacité de revenir à un échantillonnage de type Argo. Finalement, en suivant des développements technologiques initiés par des équipes américaines (Johnson et al, 2006), un PROVOR sera prochainement équipée d'un capteur de nitrates (projet PRONUTS, GMMC). Les profils de chlorophylle et d'oxygène mesurés par les flotteurs profileurs sont maintenant disponibles en temps réel sur le site Coriolis (<http://projets.ifremer.fr/coriolis/Data-Services-Products/Data-selection>). Un contrôle de qualité pour ces données a été récemment proposé dans le cadre du projet PABIM (<http://projets.ifremer.fr/coriolis/All-news/News/PABIM-White-BOOK>).

*P. Brasseur*: L'océanographie dite « intégrée », qui s'appuie sur la modélisation, l'observation et l'assimilation d'observations dans les modèles, s'est considérablement développée au cours des 15 dernières années et a permis d'atteindre un stade opérationnel permettant de décrire de façon réaliste la circulation océanique hauturière et les masses d'eau ainsi que leur variabilité depuis l'échelle globale jusqu'à l'échelle des tourbillons. Le réseau Argo s'est avéré être une composante indispensable du système d'observation sur lequel s'appuie aujourd'hui l'Océanographie Opérationnelle. Quelques premiers efforts ont été entrepris dans le cadre de projets nationaux (PABIM, Bionuts, Mercator-Vert), européens (Topaz, Mersea, MyOcean) et internationaux (GODAE OceanView) afin d'étendre le concept d'océanographie intégrée à la biogéochimie et aux écosystèmes marins et de répondre ainsi aux attentes d'utilisateurs aval *très variés*. Le besoin de renforcer significativement la composante d'observation *in situ* pour la biogéochimie, en synergie avec les missions d'observation de couleur de l'eau, - en particulier les prochaines missions géostationnaires -, est critique pour ajouter un ensemble cohérent de variables biogéochimiques « essentielles » au périmètre de l'Océanographie Opérationnelle. Un objectif à relativement court terme sera d'utiliser les modèles afin de préciser les spécifications requises pour le déploiement du système d'observation biogéochimique *in situ* à partir du réseau Argo existant. Dans l'immédiat, la réflexion doit porter sur l'identification de quelques chantiers pilotes prioritaires pour définir la stratégie de déploiement et mettre en oeuvre les premières opérations.

## **Synthèse des présentations et des discussions**

### Domaines d'études :

Les zones d'études mentionnées lors des présentations concernaient principalement les gyres subtropicaux, l'Atlantique Nord, l'océan austral et la Méditerranée. A l'issue des discussions, il est apparu clairement que :

- la valorisation des données sera d'autant plus facile que les zones d'études sont communes à plusieurs groupes et que les données sont utiles à plusieurs applications ;
- l'Atlantique Nord est une zone très intéressante pour des déploiements de flotteurs profileurs biogéochimiques. Les données recueillies seront probablement facilement valorisables car la zone est caractérisée par une forte variabilité interannuelle et saisonnière de la profondeur de mélange, du bloom, etc...
- il serait judicieux de déployer les flotteurs dans différentes zones afin d'explorer l'intérêt d'autres régions et de caractériser d'autres écosystèmes (comme en Méditerranée). Ainsi, il faudrait, par exemple, cibler 2 ou 3 provinces biogéochimiques qui seraient ensemencées en priorité. Une ré-évaluation de telles provinces (à partir des données récentes ou par modélisation) est donc envisageable.

- l'exploration de la saisonnalité dans des gyres subtropicaux n'est possible que depuis le déploiement de flotteurs autonomes car les gyres subtropicaux sont trop éloignés pour être visités régulièrement par des bateaux océanographiques.

### Stratégie d'échantillonnage

Les présentations ont montré que les études pouvant bénéficier d'un échantillonnage grande échelle de type Argo concernaient notamment l'établissement de climatologies 3D/4D de paramètres biogéochimiques ou de grandeurs déduites de ces paramètres (structure verticale de la biomasse, paramètres bio-optiques, couche de minimum d'oxygène, etc) ainsi que les études comparatives flotteurs / satellite pour la validation de ces derniers. Le maintien d'une forte cohérence avec le réseau Argo (en particulier pour la stratégie d'échantillonnage) est apparu comme une priorité pour initier le développement d'un réseau biogéochimique. Toutefois, les nouvelles possibilités offertes par la communication de type IRIDIUM ouvrent la voie à des études de processus, qui nécessitent d'une stratégie adaptative selon les processus ciblés. Les études mentionnées concernent les processus expliquant les maxima profonds de biomasse et le suivi lagrangien de tourbillons (tourbillons des aiguilles, tourbillons dans le sillage d'îles). Dans tous les cas, les processus étudiés concernent les interactions entre la biogéochimie, l'oxygène, les nutriments et la couche de mélange. Des questions se sont alors posées sur la stratégie d'échantillonnage de ces flotteurs :

- faut-il changer l'échantillonnage au cours de la vie du flotteur pour que 80% des profils soient de type « Argo » et 20% des profils soient de type « processus »? Cela pourrait être possible car les PROVOR-Iridium peuvent embarquer un grand nombre de piles et peuvent réaliser plus de 300 profils.
- Dans le cas d'études de processus, et pour maintenir la cohérence au sein des centres des données, une définition claire des méta-données sera nécessaire (transmission et stockage de la totalité des paramètres qui définissent la stratégie d'échantillonnage, par exemple).
- Quelle doit être la profondeur de parking sachant que les 1000 m préconisés par le projet Argo ne sont pas nécessairement les plus adéquats pour les paramètres biogéochimiques.

### Modélisation

Les données biogéochimiques peuvent être utilisées pour valider les modèles mais ce n'est pas aussi direct que pour les variables dynamiques comme T et S. Il faut en effet définir quels paramètres sont utiles aux modèles. C'est clairement le cas des nitrates mais ce n'est pas aussi clair pour l'oxygène qui n'est pas une variable pronostique des modèles biogéochimiques ni pour la chlorophylle car les mesures in situ et satellites ne sont pas directement comparables aux valeurs du modèles.

Les études numériques sont attendues par la communauté « flotteurs » pour contribuer à la définition des stratégies d'échantillonnage et d'ensemencement. Cela concerne autant les échantillonnages « grande échelle » de type Argo que les expériences de suivi lagrangien.

Les discussions ont montré qu'il était important d'attirer l'attention des modélisateurs sur les observations afin qu'ils prêtent plus d'importance à l'opérateur d'observation et qu'ils envisagent par exemple la possibilité d'assimiler des nouveaux paramètres comme l'oxygène.

### Lien flotteurs/gliders, flotteurs/mouillages

Concernant les gliders, une question sur les charges utiles qui devraient être embarquées sur les gliders a été posée. Il a aussi été dit que les développements technologiques des gliders et des flotteurs doivent être couplés pour avancer en même temps. Finalement, une proposition a été avancée pour que l'utilisation du parc glider nationale soit évaluée sous la responsabilité du Conseil Scientifique du GMMC (au même titre que les flotteurs profileurs).

Egalement, une proposition pour utiliser des réseaux existants des mouillages fixes comme points d'inter calibration pour gliders et flotteurs a été avancée.

#### Nouveaux capteurs :

Deux nouveaux capteurs ont été présentés :

- le PROMIX qui est un capteur de turbulence
- l'UVP (Underwater Video Profileur) qui est un capteur qui permet de détecter des organismes et des particules dans l'eau.

Il reste essentiel démontrer la capacité des nouveaux capteurs à minimiser le coût énergétique ainsi que le coût de transmission, et aussi la capacité à définir un control de qualité à distance sur les nouveaux paramètres.

#### Financements capteurs et flotteurs / GMMC

H. Claustre a mentionné la possibilité pour le CNES de financer de manière récurrente des capteurs de Chlorophylle et backscattering pour équiper une dizaine de flotteurs Coriolis par an. L'ajout de capteurs d'oxygène financé par le Crest Argo (CPER Bretagne) est également possible. Ces flotteurs seraient accessibles via l'appel d'offre annuel du GMMC, mais il sera alors nécessaire de modifier l'AO en conséquence, notamment afin d'afficher une bonne complémentarité avec les mesures satellites.

Un SOERE Argo, qui prévoit une importante composante biogéochimique, a été déjà proposé. Une première étape, donc, serait de solliciter des lettres d'intention lors du prochain Appel à Opportunités du GMMC dès 2010. Il faudrait alors envisager la participation régulière de représentants du SOERE Argo au CS du GMMC.

#### **Conclusion**

Cette première réunion Argo-France dédiée à la biogéochimie a permis une première évaluation des intérêts et des besoins scientifiques de la communauté nationale. Trois points sont ressortis :

1. le développement technologique portant sur l'intégration des capteurs biogéochimiques sur les flotteurs profileurs, est dans un état bien avancé en France, ce qui permet aux équipes nationales concernées de participer en position de leader à la construction d'un réseau transnational, européen ou global. Le développement parallèle d'une activité spécifique dédiée au contrôle de qualité des données biogéochimiques depuis les flotteurs (projet PABIM, GMMC) renforce cette position de leadership de la France.
2. Le système de gestion nationale des flotteurs (renouvellement du parc géré par des appels d'offre GMMC sur des thématiques prioritaires établie par un CS), hérité par la gouvernance mise en place pour le projet Argo, semble bien s'adapter aussi à la composante biogéochimique.
3. Une activité « étude de processus », qui n'est pas considérée dans les thématiques Argo physiques, et qui n'est donc pas affichée dans les appels d'offre GMMC, semble être nécessaire par la communauté biogéochimique. Les systèmes de communication «double-sens » (i.e. IRIDIUM) vont toutefois permettre une utilisation temporaire d'un flotteur pour des études de processus (i.e. 10% des cycles disponibles), sans empêcher pourtant de garder le reste du temps un échantillonnage cadré sur le protocole Argo.
4. Quatre régions océaniques (Atlantique Nord, Méditerranéen, Océan Austral, gyres sub-tropicaux) regroupent les intérêts présents et futurs de la communauté présente à la réunion.

## Annexe : Liste et emails des participantes

Antoine David	LOV	antoine@obs-vlfr.fr
Bernard Yann	CLS	ybernard@cls.fr
Besson Florent	LOV	florent.besson@obs-vlfr.fr
Bouret-Aubertot Pascale	LOCEAN	pba@locean-ipsl.upmc.fr
Brasseur Pierre	LEGI	Pierre.Brasseur@hmg.inpg.fr
Carlotti Francois	COM	francois.carlotti@univmed.fr
Claustre Hervé	LOV	claustre@obs-vlfr.fr
Coppola Laurent	OOV	coppola@obs-vlfr.fr
D'Ortenzio Fabrizio	LOV	dortenzio@obs-vlfr.fr
Falasca Stefano	--	stefano.falasca@gmail.com
Fontana Clement	LEGI	Clement.Fontana@hmg.inpg.fr
Guieu Cecile	LOV	guieu@obs-vlfr.fr
Iudicone Daniele	SZN	iudicone@szn.it
Lavigne Heloise	LOV	Heloise.Lavigne@obs-vlfr.fr
Levefre Dominique	COM	dominique.lefevre@univmed.fr
Leymarie Edouard	LOV	leymarie@obs-vlfr.fr
Lorthiois Thomas	LOV	lorthiois@obs-vlfr.fr
Lourenco Antonio	LOCEAN	antonio@locean-ipsl.upmc.fr
Martinez Elodie	LOV	martinez@obs-vlfr.fr
Maze Guillaume	LPO	maze.guillaume@gmail.com
Mignot Alexandre	LOV	mignot@obs-vlfr.fr
Mortier Laurent	LOCEAN	Laurent.Mortier@locean-ipsl.upmc.fr
Picheral Marc	LOV	marc.picheral@obs-vlfr.fr
Poteau Antoine	LOV	poteau@obs-vlfr.fr
Prieur Louis	LOV	prieur@obs-vlfr.fr
Queguiner Bernard	COM	bernard.queguiner@com.univmed.fr
Speich Sabrina	LPO	Sabrina.Speich@univ-brest.fr
Stegner Alexandre	LMD	stegner@lmd.ens.fr
Stemmann Lars	LOV	stemmann@obs-vlfr.fr
Taillandier Vincent	LOV	vincent.taillandier@obs-vlfr.fr
Testor Pierre	LOCEAN	testor@locean-ipsl.upmc.fr
Thierry Virginie	LPO	vthierry@ifremer.fr