

Argo-France Evolution 2010-2013

Virginie Thierry

Dossier pour une première labellisation (2010-2013) d'un Système
National d'Observation

2010/02/04

I. DESCRIPTION DU SNO

1. Le Système d'Observation ou d'Expérimentation

« Argo France » regroupe l'ensemble des activités françaises associées au réseau international Argo de mesures in situ de la température et de la salinité à partir de flotteurs profileurs autonomes et son extension vers les mesures biogéochimiques. C'est la contribution française à l'infrastructure de recherche européenne Euro Argo labellisée en 2006 dans la première feuille de route ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) et qui fait partie de la feuille de route nationale sur les très grandes infrastructures de recherche (TGIR).

Argo France est une des composantes de la structure inter-organismes Coriolis (CNES, Ifremer, INSU, IPEV, IRD, Météo-France et SHOM) (voir Section 8.b). Coriolis fédère plusieurs services d'observations, rassemble l'ensemble des données au niveau d'un centre de données commun et fournit un service intégré pour les centres d'océanographie opérationnelle (Mercator Ocean, GMES Marine Core Service et son projet MyOcean) et les laboratoires scientifiques.

Au niveau français comme au niveau européen et international, l'effort est actuellement dirigé vers la pérennisation de la composante physique et le développement de la composante biogéochimique. C'est dans ce contexte que l'on propose de labelliser l'ensemble des activités Argo France en tant que Système d'Observation et d'Expérimentation sur le long terme pour la Recherche en Environnement (SOERE). Celles-ci peuvent être regroupées en sept activités principales, détaillées Section 5 et concernant aussi bien les paramètres physiques que biogéochimiques :

- **Financement et achat de flotteurs** pour contribuer au réseau Argo
- **Missions à la mer** : déploiements des flotteurs, développements technologiques, suivi des capteurs ;
- **Gestion des données** : centre de données Argo (DAC), centre de données global Argo (GDAC)
- **Recherche, développement et contrôles qualités des données**: contrôles qualités des données en temps différé, développement de méthodes de validation et de produits ;
- **Centre régional Argo pour l'Atlantique Nord (NA-ARC)** : vérification de la consistance des données à l'échelle de l'Atlantique Nord, coordination des déploiements, récupération et mise à disposition d'une base de données de référence pour le contrôle qualité des données Argo
- **Animation scientifique, représentation et coordination** des activités Argo France aux niveaux régional, national, européen et international ;
- **Développements des mesures bio-géochimiques et intégration dans un système mondial et régional d'observation des écosystèmes.**

Les objectifs du SOERE Argo France, qui comprend un volet de mesures physiques et un volet de mesures biogéochimiques, sont de :

- mettre des données de qualité à disposition de la communauté scientifique française pour favoriser et promouvoir la contribution française aux recherches sur le climat et plus généralement aux recherches en océanographie menées avec les données Argo (physiques, biogéochimiques), soit directement par analyse directe des données, soit indirectement via l'assimilation des données dans des modèles ou par l'utilisation de produits de réanalyses océaniques.
- consolider et organiser la contribution française au projet Argo et à l'infrastructure de recherche européenne Euro-Argo (voir Section 8.c)
- promouvoir les mesures biogéochimiques effectuées à partir des flotteurs Argo et le développement des réseaux Argo-biogéochimiques.

2. Le contexte scientifique

Les processus scientifiques étudiés devront être décrits, ainsi que les progrès potentiels apportés par l'activité du SOERE

- *Relations éventuelles avec les Observatoires Opérationnels et la « société civile »
Un SOERE doit avoir une finalité recherche affichée dans son intitulé et dans son cahier des charges détaillé, ce qui le distingue des « Observatoires Opérationnels », à finalité de veille ou d'alerte. Dans certains cas, ces deux fonctions peuvent être étroitement liées. La nature de ces liens devra être clairement explicitée, et les objectifs « recherche » bien identifiés.*
- *Grandeur (s) mesurée (s). A documenter avec précision*

a. Le projet Argo et les processus physiques étudiés

Les processus physiques étudiés dans le cadre de ce SOERE sont communs avec ceux du projet Argo. Lancé en 2000 par la Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco (COI) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le programme international Argo a pour objectif de maintenir sur le long terme un réseau global de 3000 flotteurs profileurs autonomes mesurant en temps réel la température et la salinité des 2000 premiers mètres de l'océan. Argo est le premier réseau in situ global d'observation des océans en temps réel. Avec les observations des satellites, les données des flotteurs Argo sont la principale source d'information pour les chercheurs s'intéressant au climat et à l'océan, pour la prévision saisonnière et climatique ainsi que pour les centres d'analyse et de prévision océanique (Mercator Océan, service marin de GMES). Ainsi le projet Argo a pour objectif de mettre en place un réseau global de mesures in situ intégrées aux autres éléments du système d'observation du climat :

- pour fournir des informations nécessaires à la calibration des données satellites (voir Section 8.d)
- pour fournir des données pour initialiser et contraindre les modèles de climat (voir Section 2.d).
- pour détecter la variabilité climatique à des échelles de temps saisonnières à décennales et observer les signaux océaniques liés au changement climatique. Cela inclut les changements régionaux et globaux de la température océanique et du contenu thermique, de la salinité et du contenu d'eau douce, de la hauteur stérique de la surface de mer par rapport au niveau de la mer total et de la circulation océanique à grande échelle.

Le jeu global de données Argo n'est pas encore de durée suffisante pour observer des signaux de changement globaux. En effet, la variabilité saisonnière et interannuelle domine les séries temporelles dont la durée est actuellement de 5 ans (les premiers flotteurs du réseau Argo ont été déployés en 2000 mais le réseau n'est complet que depuis 2007). Ainsi, les analyses de changements à échelle décennale se concentrent actuellement sur la comparaison des données Argo aux données historiques clairsemées. Si les tendances actuellement observées (von Schuckmann et al, 2009) se poursuivent dans le futur, il faudra environ 10 ans de mesures supplémentaires pour que le signal de tendance dépasse le niveau des fluctuations interannuelles actuellement observé. Ainsi, les contributions les plus grandes du réseau Argo pour l'observation de l'océan global sont toujours dans l'avenir, mais son caractère global transforme clairement notre capacité à observer les changements climatiques. Une revue de l'apport des données Argo sur ces questions de changements climatiques est proposée par Freeland et al (2010).

Plus généralement, les données Argo sont destinées à être utilisées dans de nombreuses études océanographiques. Les données Argo sont en effet devenues la première source de données pour les recherches dans le domaine de l'océanographie. La liste des publications utilisant les données Argo, incluant celles sur les changements globaux, est disponible sur le site web suivant : www.argo.ucsd.edu/. Une liste non exhaustive des publications impliquant les équipes françaises est fournie en Annexe C.

b. Processus biogéochimiques étudiés

Presque exclusivement basée sur les mesures obtenues à partir de bateaux océanographiques, la caractérisation des écosystèmes hauturiers marins souffre d'un manque chronique d'observations. Partiellement compensée par les observations satellitaires (circonscrites à certains paramètres, aux

couches de surface et aux zones sans nuages), cette insuffisance observationnelle limite fortement notre capacité d'évaluer, comprendre et éventuellement modéliser les mécanismes qui règlent le fonctionnement des écosystèmes océaniques, particulièrement à certaines échelles spatiales et temporelles.

Depuis quelques années, la miniaturisation des capteurs a permis la mesure automatisée, à partir de flotteurs profileurs, de plusieurs variables biogéochimiques clés pour l'étude des écosystèmes marins, de leurs fonctionnements et de leurs rétroactions avec les facteurs environnementaux et forçants. Ces paramètres clés sont l'oxygène, la chlorophylle a, le Carbone Organique Particulaire (POC en anglais) dérivé des mesures optiques des coefficients de rétrodiffusion ou d'atténuation et les nitrates. Bien que l'on soit encore loin d'un véritable réseau d'observation comme Argo, des « **prototypes de réseau** » pour la biogéochimie marine ont fait leurs preuves, à la fois en termes de maturation technologique et d'exploitation scientifique (voir Annexe B). Dans l'avenir, une intensification des mesures in situ par les flotteurs profileurs biogéochimiques et bio-optiques permettra

- d'élaborer une vision tridimensionnelle de l'océan à haute résolution en liant mesures in situ et mesures satellitales de la couleur de l'eau (donnant accès, outre la Chlorophylle a, à d'autres variables mesurées par les flotteurs)
- d'élaborer des climatologies 3D/4D qui seront le départ d'études sur des sujets clés tels que :
 - **les interactions physique-biologie.** Quel est le rôle du forçage physique et de son évolution temporelle dans la structuration spatio-temporelle des écosystèmes océaniques?
 - **la biogéographie.** Comment peut-on améliorer la définition et l'identification des provinces biogéographiques dans l'océan?
 - **les zones de minimum d'oxygène.** Quelle est l'importance relative entre facteurs biotiques et abiotiques dans la création et l'évolution des zones de minimum de l'oxygène?
 - **l'estimation du stockage de carbone anthropique dans l'océan :** Quelle quantité de carbone anthropique est stockée dans l'océan et comment varie-t-elle ?
 - **l'export et la production par la communauté biologique et biogéochimique :** Quelles sont l'amplitude et la variabilité de la production et de l'export nets par la communauté ?
 - **le changement climatique :** Quel est l'impact du changement climatique sur les écosystèmes marins et sur le stockage de carbone anthropique dans l'océan ?

Organisés en réseau pour des suivis à large échelle et sur du long terme ou déployés pour des expériences spécifiques et ponctuelles, les flotteurs profileurs peuvent récolter des données dans des régions océaniques et à des périodes de l'année impossibles à échantillonner par bateau. Les observations automatiques peuvent être en outre réalisées sur un continuum d'échelles qui va de l'horaire à l'interannuel/décennal et de la méso-échelle à l'échelle de bassin.

c. Résultats attendus

Le volet de Argo France destiné à alimenter les systèmes opérationnels (Section 2.d) a été développé de façon prioritaire pour accompagner le développement de l'océanographie opérationnelle. Les données sont distribuées sur une base quotidienne une fois que des contrôles qualités ont été effectués pour éliminer les données aberrantes (voir Section 3.c). Cette partie est actuellement parfaitement opérationnelle et pleinement satisfaisante.

Argo doit fournir des données à la communauté recherche pour laquelle le niveau d'exigence sur la qualité des données est plus élevé que celui des systèmes opérationnels. C'est également le cas pour les réanalyses océaniques qui se développent pour les applications climatiques (Mercator Ocean, GMES). Le SOERE Argo France doit donc fournir des données de haute qualité pour répondre aux besoins de la recherche sur le climat et plus généralement de la recherche sur les processus physiques et biogéochimiques, sur la dynamique océanique et sur les interactions physique-biologie. Il faut pour cela renforcer les contrôles qualités des données de manière à détecter aussitôt que possible et corriger si possible des problèmes dans la distribution des données, des problèmes dans la programmation des flotteurs ou encore des problèmes de capteurs. Plus généralement, le SOERE Argo France doit permettre de consolider la contribution française au projet international Argo via la contribution à l'infrastructure de recherche européenne Euro-Argo.

En mettant à disposition des données de qualité accrue, le SOERE garantira une recherche de qualité et des estimations fiables et précises des changements globaux (naturel et anthropique). Une attention particulière sera portée à l'Atlantique Nord car la France s'est engagée à gérer le Centre Régional Argo pour l'Atlantique Nord (NAARC, <http://www.argodatamgt.org/Argo-regional-Centers>, voir Section 5.e). C'est aussi en engagement de la France pour l'infrastructure européenne Euro-Argo et une zone d'intérêt pour l'OSU IUEM (voir Section 8.a). C'est enfin la zone d'expertise des porteurs du projet.

L'expertise et la connaissance des données Argo ainsi que la qualité de ces données serviront également aux applications opérationnelles. En effet, les progrès accomplis pour satisfaire les besoins de la communauté recherche sont en général bénéfiques pour les systèmes opérationnels. Par exemple, les problèmes sur les capteurs de pression (fuite dans le capteur entraînant une dérive négative) ont été détectés par les laboratoires de recherche lors du contrôle des données en temps différé. Par ailleurs, lorsque le capteur de pression dérive dans le temps et que les données ne sont pas automatiquement corrigées par le flotteur, les procédures de correction en temps réel de la pression et de la salinité ont été mises en place à partir des procédures appliquées en temps différé.

d. Relations éventuelles avec les Observatoires Opérationnels et la « société civile »

Volet physique

Comme cela a été mentionné précédemment, le réseau Argo sert aussi les besoins de l'océanographie opérationnelle. Ainsi, à travers le monde, plus de 15 agences opérationnelles intègrent les données Argo dans leurs modèles pour des estimations de l'état de l'océan, pour les prévisions météorologiques à court terme et à des échelles de temps saisonnières à décennales. Les données Argo ont ainsi permis des avancées remarquables dans la représentation de l'océan nécessaire à la prévision climatique saisonnière.

En France, les données Argo sont utilisées par le système d'océanographie opérationnelle Mercator qui fournit chaque semaine des prévisions océaniques globales à 7 et 14 jours. Mercator est une des composantes principales du projet MyOcean du GMES Marine Core service qui a vocation à fournir une information de référence régulière et systématique sur l'état de l'océan et des mers régionales pour l'environnement et la sécurité. Les applications de ce système opérationnel concernent le suivi de l'environnement et du climat de l'océan, la météorologie, la sécurité et le transport maritime, la défense, le suivi et la prévision des pollutions accidentelles, l'amélioration de la gestion des ressources marines, l'industrie offshore. Les données Argo sont intégrées avec d'autres mesures hydrologiques dans le centre thématique in situ de MyOcean (pilote par S. Pouliquen/Ifremer, co-porteur du projet), et constituent une part importante des données qui alimentent les centres de modélisation de l'océan de MyOcean.

Volet Biogéochimique

Le volet biogéochimique du SOERE Argo France est naturellement complémentaire des systèmes opérationnels d'observation depuis l'espace, notamment ceux de la couleur de l'océan. Les flotteurs profileurs sont en effet l'outil scientifique par excellence pour compléter l'observation satellitaire de couleur de l'océan, principale et, pour l'instant, unique source d'observations multi-échelle de la dynamique biogéochimique marine.

Également, l'utilisation scientifique d'un réseau de flotteurs biogéochimique pourrait s'enrichir et renforcer les activités de l'océanographie opérationnelle « verte » qui est en plein essor depuis quelques années. Coordonné et soutenu par le Groupe Mission Mercator Coriolis (GMMC), un modèle global couplé physique-biologie (OPA+PISCES) tourne maintenant en version « quasi opérationnelle » (BIO1) (Lehodey et al, 2009). Un système d'observation SOERE de flotteurs biogéochimiques sera à la fois fournisseur de données pour les activités opérationnelles (i.e. initialisation, assimilation, validation/évaluation) et utilisateur des données. En effet, les outputs des simulations pourront être utilisés pour déterminer les stratégies d'ensemencement, pour donner un cadre aux observations, et finalement pour adapter le protocole échantillonnage des flotteurs, sur la base d'événements spécifiques (i.e. floraisons) prévus par les modèles opérationnels.

e. Grandeurs mesurées

Au jour d'aujourd'hui, tous les flotteurs profileurs Argo mesurent la **pression**, la **température** et la **salinité** des 2000 premiers mètres de la colonne d'eau. Ce sont les paramètres de base du réseau Argo. Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'une CTD. Le capteur le plus couramment utilisé est un capteur Seabird (SBE41CP) dans lequel la salinité est mesurée dans une cellule de conductivité. Des CTD FSI ont également été utilisés avec un principe de mesure de la salinité différent (induction) et moins stable dans le temps. Pour cette raison, ce capteur a été progressivement abandonné par la communauté Argo.

Quatre variables biogéochimiques peuvent être collectées à partir des flotteurs profileurs en plus des paramètres physiques de base : l'**Oxygène**, la **Chlorophylle-a**, le **Carbone Organique Particulaire** et les **Nitrates**. Les capteurs et les protocoles de mesures sont décrits dans le livre blanc PABIM (projet GMMC, PI F. D'Ortenzio, D'Ortenzio et al, 2009a,b) qui est en phase de finalisation (la version actuelle du livre blanc est disponible sur le site du projet <http://pabim.gmmc.free.fr>).

Le tableau ci-dessous indique les unités, la précision et la résolution des données distribuées. Les précisions sont généralement moins bonnes que celles affichées par les constructeurs à cause de l'impossibilité de calibrer les capteurs à la fin de vie du flotteur.

Paramètres	Unité	Précision	Résolution
Pression	dbar	2.4	0.1
Température	Degree Celsius	0.01	0.001
Salinité	PSU	0.01	0.001
Oxygène	µMol/kg	8 µMol/kg ou 5%	0.001
Chlorophylle-a	mg.m ⁻³	0.01	0.001
Carbone organique particulaire	mg.m ⁻³	0.01	0.001
Nitrates	µMol/kg	0.5	0.1

3. Les protocoles de mesure

Description rigoureuse des protocoles de mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques (y compris les stratégies d'échantillonnage dans l'espace et le temps). La durée de fonctionnement du SOERE devra être explicitement accordée aux constantes de temps du phénomène étudié. L'adéquation des mesures et des protocoles utilisés avec d'autres Systèmes existant sur des sites proches ou d'autres réseaux de mesures devra être précisée. Résultats de la démarche qualité (cas particuliers des SOERE multi-sites : cohérence, complémentarité)

a. Volet physique

Les flotteurs Argo sont des engins autonomes qui réalisent tous les 10 jours des profils de température et de salinité entre 0 et 2000 mètres de profondeurs. Entre ces deux profils, le flotteur dérive librement à une profondeur typiquement égale à 1000 m. Lorsque le flotteur arrive en surface, les données sont transmises à des centres de données qui les distribuent en moins de 24 heures en général. L'échantillonnage nominal du réseau Argo correspond à un flotteur par grille de 3° par 3°. Cet échantillonnage, proposé par le comité de pilotage Argo (AST) et accepté par l'ensemble des contributeurs au réseau, a été défini à partir d'études basées sur le réseau global d'XBT, des statistiques déduites des mesures altimétriques et des expériences d'échantillonnages utilisant les sections hydrographiques de l'expérience WOCE. Ce réseau permet d'estimer la température près de la surface avec une erreur inférieure à 0.5°C. Avec le système de transmission Argos, l'échantillonnage vertical correspond typiquement à une mesure tous les 10 à 25 dbar suivant les configurations. Avec Iridium, il est possible d'avoir une mesure tous les 1 ou 2 dbar. Il a été choisi de faire faire un profil tous les dix jours par le flotteur de manière à avoir de nombreuses mesures indépendantes à des échelles de temps saisonnières et même plus longues. En outre, l'échantillonnage des satellites altimétriques est lui aussi de 10 jours.

Environ 3000 flotteurs sont actuellement en opération dans tous les océans. Il faut prévoir un déploiement annuel d'environ 800 flotteurs pour maintenir un réseau de 3000 flotteurs actifs. L'Europe (via l'infrastructure Euro-Argo décrite Section 8.c) vise à consolider une contribution

pérenne de 250 flotteurs par an. La France s'est engagée à fournir chaque année 80 des 250 flotteurs européens.

b. Volet biogéochimique

Les flotteurs Argo biogéochimiques sont les mêmes flotteurs que ceux du réseau Argo, ils suivent donc les mêmes procédures de mesure. Les capteurs additionnels (biogéochimiques, bio-optiques) et l'augmentation associée du flux de données à transmettre imposent toutefois d'utiliser systématiquement la transmission Iridium. Cela ajoute deux caractéristiques additionnelles par rapport aux flotteurs Argo :

1. une augmentation de la résolution verticale d'échantillonnage qui peut atteindre la résolution métrique (1 mètre), notamment dans la partie sub-superficielle de l'océan (~200m), zone où se manifeste généralement les principaux gradients biogéochimiques,
2. la possibilité d'envoyer par satellite des commandes aux flotteurs et donc de changer à distance la fréquence d'acquisition des profils. La stratégie d'échantillonnage peut donc être éventuellement modifiée en temps réels pour l'adapter aux processus ciblés. On peut donc associer une logique d'observation régulière à une logique de stratégie adaptative pour répondre à la nature événementielle de certains processus clés.

Comme énoncé dans la Section 2.b, le principal objectif scientifique d'un réseau « Argo Biogéochimique » est de produire une représentation 3D de certaines variables clés (i.e. chlorophylle, oxygène, POC et nitrates) capables de caractériser l'état biogéochimique de l'océan. Pour des raisons strictement scientifiques, un réseau international Argo biogéochimique efficace ne pourra se construire sans considérer une implémentation synergique avec la composante physique. Il est donc nécessaire d'harmoniser les deux composantes, pour arriver, à terme, au développement d'un réseau unique. Ainsi, le groupe de travail international « The friends of Oxygen » propose la mise en place d'un réseau d'observation global de l'oxygène en ajoutant un capteur d'oxygène aux flotteurs du réseau Argo (Gruber et al, 2007 ; Gruber et al, 2009).

Le groupe de travail BIO-ARGO de l'IOCCG (International Ocean Color Coordinating Group, coordonné par H. Claustre) a également été créé pour élaborer des recommandations en vue d'une utilisation future des flotteurs profileurs bio-optiques soit dans le cadre d'un réseau global de type Argo soit dans le cadre de réseaux plus spécifiques avec des objectifs très ciblés (e.g. problématique des flux de carbone) ou des applications plus régionales (Océan Austral, Atlantique Nord, zones de minimum d'oxygène). Ce groupe de travail propose notamment d'équiper 20% des flotteurs Argo de capteurs bio-optiques d'ici 5 ans (Claustre et al 2010b).

Bien qu'à vocation globale à moyen terme, le développement de réseaux Argo Biogéochimiques doit initialement démarrer sur des régions océaniques spécifiques, où l'ensemencement de flotteurs a déjà commencé, pour, ensuite, progressivement s'élargir à l'océan global dans le cadre d'un partenariat international.

c. Gestion des données et contrôles qualité

Les données Argo sont décodées, traitées, archivées et distribuées par différents centres nationaux qui ont la responsabilité de leurs lots de flotteurs. Les traitements sont homogénéisés au niveau international via les réunions annuelles du groupe de gestion des données Argo (Argo Data Management Team, ADMT, <http://www.argodatamgt.org>) dont S Pouliquen est co-chair depuis sa création en 2000. C'est ainsi que les tests automatiques de contrôle qualité (QC) temps réels ont été définis et sont maintenant appliqués à l'identique par chaque centre national. Un groupe de travail associé à l'ADMT traite plus spécifiquement des questions relatives au contrôle qualité en temps différé (DMQC). Un manuel décrivant l'ensemble des procédures de QC (temps réel et temps différé) acceptées par tous les membres est remis à jour régulièrement (Argo Quality Control Manual V2.05, Argo Data Management). Les données Argo du SOERE Argo France sont traitées suivant ces procédures de QC par le centre de données Coriolis opéré par l'Ifremer (voir Section 5.c), qui traite également une grande partie des flotteurs européens. Les traitements sont les suivants :

- **Données brutes en temps réel, mode « R »** : Après décodage, les données brutes transmises par les flotteurs subissent des tests automatiques en temps réel permettant d'attribuer des indices de qualité à chaque donnée. Les données, non modifiées, sont transmises dans le mode « R » (temps réel). Ces

données sont avant tout destinées aux systèmes opérationnels. Elles peuvent être utilisées par la recherche mais avec les précautions qui s'imposent.

- **Données ajustées en temps réel, mode « A » :** Dans certains cas, il est possible de corriger en temps réel et de façon automatique les données brutes. Les champs ADJUSTED sont alors remplis avec les données brutes corrigées. Les données brutes inchangées et les données ajustées sont transmises dans le mode « A » (ajustés en temps réel). Comme pour les données temps réel, ces données sont avant tout destinées aux systèmes opérationnels et elles peuvent être utilisées par la recherche mais avec les précautions qui s'imposent.

- **Données ajustées en temps différé, mode « D » :** Lorsque les données ont plus d'un an, elles sont contrôlées en temps différé et éventuellement corrigées. La température est rarement corrigée car le capteur est très stable dans le temps. Les mesures de pression effectuées en surface permettent en général de corriger, si nécessaire, une dérive du capteur de pression. Un outil statistique est disponible pour contrôler et corriger une éventuelle dérive du capteur de conductivité (Owens et Wong, 2009). Il a fallu plus de 5 ans de recherche pour converger vers un outil satisfaisant et utilisable par le plus grand nombre (Owens et al, 2003 ; Boehme et Send, 2005, Owens et Wong, 2009). Les capteurs n'étant pas calibrés lorsque le flotteur est en fin de vie et les corrections en salinité étant basées sur un outil statistique, on estime la précision des données de température et de salinité à 0.01. Les données ADJUSTED sont systématiquement remplies même si aucune correction n'est apportée aux données brutes. Lors de ces contrôles temps différés, les indices de qualités attribuées aux données brutes en temps réel peuvent être modifiés de manière à ce qu'ils reflètent mieux la qualité des données brutes. Les données brutes (inchangées, sauf éventuellement leur indice de qualité) et les données ajustées sont transmises dans le mode « D ». Ce sont ces données ajustées qui sont destinées à la communauté recherche.

Pour les applications liées à la détection des changements climatiques globaux, les données Argo doivent avoir une très grande précision et des erreurs systématiques minimales. C'est pourquoi une des priorités pour Argo est de poursuivre le travail sur la détection et la correction d'erreurs de mesure et particulièrement celles induisant les erreurs systématiques et des biais, comme celles concernant la pression. En effet, une fuite dans un nombre croissant de capteurs de pression équipant les flotteurs Argo a été mise en évidence récemment. A cause de cette fuite qui engendrait une dérive négative de la pression les déploiements ont du être stoppés pendant 4 mois en 2009. Par ailleurs, cette fuite n'est pas détectable pour certains types de flotteurs. Des outils sont donc mis en oeuvre par les centres opérationnels, dont Coriolis, pour détecter dès que possible des données mauvaises qui n'ont pas pu être détectées par les contrôles automatiques. Ces méthodes sont développées dans les laboratoires de recherche et dans la cellule R&D de Coriolis. Des travaux sont également en cours dans le cadre de la phase préparatoire Euro Argo. C'est le cas notamment des outils développés au niveau français comme l'outil d'analyse objective ISAS (Gaillard et al, 2008) et l'outil de comparaison aux données altimétriques (Guinehut et al, 2008). Nous étudions actuellement la possibilité d'utiliser ces outils pour détecter les capteurs de pression défectueux.

Enfin, il existe des centres Argo régionaux (ARC, Argo Regional Center) qui ont pour mission de vérifier la qualité des données Argo temps différés (voir Section 5.e). Un des rôles de ces centres régionaux est de vérifier qu'à l'échelle d'un bassin l'ensemble des données Argo sont cohérentes entre elles et qu'il n'y a pas un biais systématique associé à un centre de données, à un type de flotteur ou à un type de capteur par exemple.

D'une manière générale, les données CTD de grande qualité acquises depuis des navires océanographiques sont indispensables pour évaluer la qualité de données acquises par des flotteurs Argo voisins.

Ainsi le centre de données Coriolis, qui opère la partie gestion des données de Argo France et qui est opéré majoritairement par l'Ifremer et le Shom, est Centre de données Argo (DAC) pour les flotteurs français et la majorité des flotteurs européens (sauf Royaume –Unis et Irlande), Centre de données Argo global (GDAC) (le second centre global Argo est aux Etats-Unis), Centre régional Argo pour l'Atlantique Nord (voir Section 5).

Les données des flotteurs profileurs biogéochimiques existants sont traitées en temps réel par Coriolis mais seules la température et la salinité sont qualifiées. Les procédures de QC sont en cours d'élaboration. A ce sujet, les discussions entamées au sein des différents groupes de travail nationaux et internationaux (Friends of Oxygen on Argo ; IOCCG-BIO-ARGO ; PABIM) concordent sur la nécessité de proposer un système de contrôle de qualité qui suive la « philosophie » Argo , c'est-à-dire, un mode « temps réel », un mode « ajusté en temps réel » et un mode « temps différé ». Des recommandations ont également été données pour unifier et centraliser la distribution des données biogéochimiques avec les données physiques.

Les variables Chlorophylle et Oxygène sont actuellement les plus matures et disposent déjà d'un réseau relativement large de flotteurs déjà opérationnels (voir Annexe A). Aucun contrôle qualité n'est actuellement effectué sur les données d'oxygène mais des méthodes de contrôle qualité sont en cours de développements dans le cadre du projet PABIM..

Pour la chlorophylle a, un prototype de contrôle qualité temps réel a été définie dans le cadre de PABIM (D'Ortenzio et al, 2009). Ce prototype sera testé au centre de données Coriolis début 2010 et son implémentation est prévue courant 2010. Parallèlement, toujours dans le cadre du projet PABIM, plusieurs méthodes pour le contrôle de qualité en « temps différé » de la chlorophylle sont en cours de développement et de test: comparaison à des climatologies et aux observations satellitaires, facteurs de forme des profils verticaux (voir le livre blanc PABIM pour plus des détails). Lorsque le LOV aura qualifié ses données, il les transmettra au centre de données Coriolis.

Pour les autres variables, les déploiements ont été plus limités et les réflexions sont moins abouties. Néanmoins, les évolutions sont très rapides, et à court terme, notamment grâce à certaines actions scientifiques déjà lancées (dans le projet ERC REMOCEAN, PI H. Claustre, tous les flotteurs seront équipées de capteurs pour le POC et 50%, au moins, de capteurs de Nitrates), les nitrates et le POC deviendront naturellement des variables de base du système d'observation.

4. La durée d'observation

Durée minimale de 10 ans

(On rappelle que les Systèmes d'Observation sont, comme les unités de recherche, évalués tous les quatre ans)

Dès le lancement du projet, la France s'est fortement investie dans Argo et a contribué aux premiers déploiements en Atlantique Nord, d'abord lors de l'expérience POMME puis dans le cadre du projet Européen Gyroscope. Depuis, la France est restée très active dans le projet et a contribué aux déploiements de 65 flotteurs par an environ. Après 10 ans de mesure, le rôle central des données Argo dans le système d'observation de la terre a été clairement affirmé lors de la conférence Ocean Obs 09 qui s'est tenue à Venise en 2009. Chaque pays contribuant à Argo cherche maintenant à pérenniser sa contribution au réseau pour la prochaine décennie. Consolider la contribution des pays européens, et notamment de la France, à Argo est précisément l'objectif du projet d'infrastructure européenne Euro-Argo. Il est donc tout à fait légitime d'envisager une poursuite de l'observation de l'océan global à l'aide de flotteurs profileurs sur la prochaine décennie.

En ce qui concerne la biogéochimie, les premières mesures ont été effectuées au niveau international dès 2004 pour l'oxygène et depuis 2008 pour les paramètres comme la Chlorophylle. Au niveau français, la région Bretagne (CPER CREST Argo, PI V. Thierry) a accepté de financer des capteurs biogéochimiques pour des flotteurs profileurs (typiquement 16 capteurs d'oxygène par an) jusqu'en 2012. Ainsi en 2010, 16 flotteurs PROVOR équipés de capteurs d'oxygène seront déployés en Atlantique nord au cours de la campagne Ovide. Par ailleurs, un important financement européen a été accordé (Projet ERC : REMOCEAN, P.I. Hervé Claustre) pour étudier deux régions clés de l'océan global (Atlantique Nord et les gyres subtropicaux du Pacifique et de l'Atlantique), avec une utilisation massive (environ 50) de flotteurs profileurs équipés de capteurs biogéochimiques. REMOCEAN, qui est la continuation naturelle et l'aboutissement de plus de 6 ans d'activités liées à cette thématique (voir 0), permettra de mettre en place, sur une période limitée à 4 ans, un véritable réseau de flotteurs profileurs biogéochimiques.

Les financements actuels (ERC de H. Claustre, CREST Argo pour V. Thierry) nous permettent donc d'envisager des déploiements pour les 3 prochaines années permettant ainsi des observations jusqu'en

2016 au moins et assurant ainsi plus de 10 ans de données. Par ailleurs, l'importance des données biogéochimiques a été mise en avant à la dernière réunion Ocean'Obs 2009. La communauté biogéochimique est en train de se structurer pour développer les réseaux BIO-Argo et Argo-O2 (Claustre et al. 2010a,b, Gruber et al, 2010). Il est donc parfaitement envisageable que des moyens supplémentaires permettront de poursuivre les mesures biogéochimiques au-delà de 2016.

5. L'existant

Préciser si une partie ou la totalité du SO fonctionne déjà et dans quelles conditions

La majeure partie du système d'observation Argo France fonctionne déjà. Il est géré en grande partie par la structure inter-organisme Coriolis (décrite Section 8.b) et en partie par les laboratoires de recherche. La contribution de ces derniers se fait généralement via l'appel d'offre du Groupe Mission Mercator Coriolis. Toutefois, les chercheurs des laboratoires fortement impliqués dans Argo-France (LPO et LOV) collaborent aussi directement avec Coriolis.

a. Financement et achat de flotteurs et de capteurs biogéochimiques

A l'heure actuelle le financement de 65 flotteurs par an est assuré par Ifremer, la région Bretagne et le SHOM. Ifremer s'est en effet engagé à financer 50 flotteurs par an. Parmi ces 50 flotteurs, 15 sont financés par le CPER Bretagne Crest Argo sur la période 2008-2012 (voir Section 8.a). Le SHOM s'est aussi engagé à financer 15 flotteurs par an. **Pour satisfaire les engagements de la France aux niveaux européens (Euro-Argo et la feuille de route nationale TGIR) et international (projet Argo) de 80 flotteurs par an (10% du réseau), il faut financer 15 flotteurs supplémentaires par an.**

Comme indiqué dans la section précédente, le volet biogéochimique de Argo France peut envisager :

- L'achat de capteurs biogéochimiques pour 80k€ par an. Ces achats sont financés par le CPER CREST Argo sur la période 2008-2012 (PI V. Thierry). Ce budget est avant tout destiné à l'achat de capteurs d'oxygène.
- L'achat d'environ 50 flotteurs profileurs équipés de capteurs biogéochimiques dans le cadre du projet européen REMOCEAN (projet ERC, P.I. Hervé Claustre). Ces flotteurs seront déployés dans deux régions clés de l'océan global : l'Atlantique Nord et les gyres subtropicaux du Pacifique et de l'Atlantique.

Par ailleurs des financements complémentaires pour l'achat de capteurs biogéochimiques peuvent être obtenus de façon ponctuelle par les équipes de recherche (cas du projet FLOPS de G. Eldin par exemple).

b. Activité « moyens à la mer »

Coriolis assure pour Argo France l'activité « moyens à la mer » qui consiste principalement à

- faire les préparations matérielles des profileurs
- élaborer les plans de déploiements en collaboration avec les équipes scientifiques
- assurer le soutien technique ou la formation des équipes chargées du déploiement,
- assurer un suivi des capteurs et des performances des instruments déployés

c. Gestion des données

Coriolis est centre de données Argo (DAC), cela signifie qu'il assure la collecte, l'archivage le traitement et la distribution des données Argo (physiques et biochimiques) françaises et des pays européens exception faite de l'Irlande et de l'Angleterre. A ce titre, il collecte les données soit via Argos ou Iridium, met en œuvre les tests automatiques temps réels qui permettent de contrôler la qualité des données. La partie temps différé est décrite dans la section suivante.

En tant que centre de données Argo global (GDAC), Coriolis assure également la collecte, l'archivage et la distribution des données Argo à l'échelle globale, c'est-à-dire des données de tous les autres centres de données Argo. Il effectue également un premier niveau de contrôle journalier de cohérence du jeu Argo et utilisant des méthodes statistiques afin de détecter les données Argo non consistantes avec le reste du réseau et en informe le DAC responsable pour correction.

d. Recherche et développements et contrôles qualité

Coriolis s'est doté d'une cellule de recherche et développement qui travaille notamment (mais pas exclusivement) sur les données Argo.

La recherche et le développement d'accompagnement de Argo-France, pour les données physiques comme pour les données biogéochimiques, sont donc effectués par la cellule R&D de Coriolis ainsi que par les laboratoires de recherche. Cela consiste à :

- développer des méthodes de contrôles qualité des données (QC)
- développer des produits et des indicateurs basés sur les données Argo
- transférer en opérationnel les méthodes développées par les laboratoires de recherche ou la cellule R&D Coriolis (effectué par la cellule R&D de Coriolis)

Le contrôle qualité en temps différé des données est effectué par un opérateur du centre de données, par le scientifique responsable du flotteur ou par une personne de la cellule R&D de Coriolis. Les rapports synthétisant cette activité sont disponibles sur le site web de Coriolis ou sur le site de certains projets scientifiques (voir par exemple les rapports établis pour les flotteurs du projet OVIDE ; PI :V. Thierry ; http://www.ifremer.fr/lpo/ovide/data/argo_profiling_floats.htm).

Ce travail de QC temps différé est long, fastidieux et peu valorisable. C'est néanmoins une étape très importante pour l'obtention de données de qualité satisfaisant les besoins de la recherche. L'ampleur de la tâche a été sous estimée car elle nécessite des connaissances et une expertise sur des sujets aussi divers que le fonctionnement des flotteurs, les méthodes statistiques de contrôle des données, la dynamique et les masses d'eaux de la zone dans laquelle le flotteur dérive. Par ailleurs, la définition des contrôles qualités en temps réel et en temps différé pour les données biogéochimiques est en cours d'élaboration au niveau des laboratoires de recherche et notamment dans le cadre du projet PABIM. **Des moyens supplémentaires sont nécessaires pour renforcer l'activité de contrôle qualité à Coriolis (QC des données physique et mise en œuvre des QC pour la biogéochimie) et pour poursuivre l'activité recherche et développements sur cette thématique au LOV (laboratoire reconnu internationalement pour son expertise sur les mesures biogéochimiques à partir de plateformes autonomes).**

e. Centre régional Argo Atlantique Nord

Les missions principales du centre régional Argo pour l'Atlantique Nord (<http://www.argodatamgt.org/Argo-regional-Centers/North-Atlantic-ARC>), définies au niveau international (Argo et Euro-Argo), sont les suivantes :

- vérifier la consistance des données Argo à l'échelle du bassin Atlantique Nord et informer les centres de données et le scientifique responsable du flotteur si un problème est détecté
- traiter en temps différé les flotteurs ayant été déployés dans le bassin par des navires d'opportunités et pour lesquels aucun responsable scientifique n'est identifié
- contribuer à la constitution de base de données de référence sur le bassin incluant les données CTD les plus récentes pour le QC des données Argo
- coordonner les déploiements en Atlantique Nord en centralisant les informations sur les déploiements d'opportunités et en maintenant à jour les plans de déploiements en collaboration avec le centre régional pour l'Atlantique Sud.
- assurer l'information et la formation des nouvelles équipes européenne souhaitant contribuer à Argo notamment en Mer Méditerranée et dans les régions tropicales en formant les pays intéressés par Argo au déploiement des flotteurs, à la gestion des données et à leur utilisation
- fournir des produits ; le produit principal de ce centre régional est un jeu de donnée Argo pour l'Atlantique Nord entièrement cohérent. D'autres produits pourront être distribués.

La coordination des déploiements, la centralisation de la base de référence et la formation de nouveaux pays sont assurées par Coriolis. Par contre, faute de moyens humains, les parties consistance des données Argo à l'échelle de l'Atlantique Nord et produits ne sont que partiellement assurées. Or ce travail de consistance qui consiste à vérifier la qualité des données temps différés et la consistance des corrections apportées par chaque groupe ou à détecter des biais ou des erreurs systématiques à l'échelle d'un bassin est fondamental pour les études sur le climat par exemple. **Il est donc important de consolider l'activité Centre Régional Argo Atlantique Nord par le recrutement d'une personne au LPO (laboratoire reconnu internationalement pour son expertise de l'Atlantique Nord et son implication dans Argo).**

C'est sur cette activité que l'OSU IUEM (voir section 8.a) intervient de façon prioritaire.

Les produits développés dans le cadre de ce centre régional ont vocation à être utilisés par le groupe de travail sur l'hydrographie océanique (Working Group in Oceanic Hydrography, WGOH) du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM ou ICES/ International Council for the Exploration of the Sea) qui dresse annuellement un bilan des conditions climatiques de l'océan Atlantique Nord et des Mers Nordiques pour l'année écoulée.

f. Animation scientifique et représentations internationales

L'animation scientifique et la représentation de Argo-France dans les comités Argo internationaux sont assurées par V. Thierry (LPO). La coordination de la gestion des données Argo à l'échelle internationale est assurée par S Poulouen (Coriolis). La représentation d'Argo-France dans Euro-Argo est assurée par P.Y. Le Traon (Ifremer) coordinateur de la phase préparatoire Euro-Argo. Pour la partie biogéochimique, la représentation Argo-France dans les comités internationaux (BIO-Argo) et pour Euro-Argo est assurée par le LOV (H. Claustre et F. D'Ortenzio).

g. Développements des mesures bio-géochimiques et intégration dans un système mondial et régional d'observation des écosystèmes

Au sein de la communauté biogéochimique française, certains laboratoires ont entrepris des actions scientifiques exploratoires basées sur l'exploitation des observations des flotteurs profileurs équipés de capteurs biogéochimiques. Les actions menées par la communauté française décrites en 0 ont été limitées et ponctuelles, car pour la plupart liées à des objectifs scientifiques spécifiques. Elles ont, tout de même, démontré la faisabilité et les potentialités d'un système d'observation « Argo biogéochimique ». Ces activités se poursuivent dans le cadre des projets REMOCEAN (H. Claustre) et CREST Argo/OVIDE (V. Thierry).

Les activités autour des mesures d'oxygène se font en collaboration avec D. Gilbert (MPO, Canada membre du groupe « The Friends of Oxygen ». Les activités autour des autres paramètres biogéochimiques et bio-optiques sont associées à une dynamique internationale et notamment au groupe BIO Argo de l'IOCCG coordonné par H. Claustre.

6. L'archivage des données et leur mise à disposition

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration internationale éventuelle, responsable technique.

Les aspects concernant la validation, les différents types de données (brutes ou ajustées) et les modes de distribution (temps réel R, ajustés en temps réel A ou ajustés en temps différés D) sont définis Section 3.c.

La distribution des données temps réel (R) et ajustées en temps réel (A) se fait généralement en moins de 24h. La distribution des données temps différé (D) peut commencer 1 an après la transmission des données brutes mais le délai est généralement plus long. Outre la distribution des données « profils » entre 0 et 2000m, les « meta » données, les données techniques ainsi que les informations recueillies en dérive sont également distribuées et archivées.

Quelque soit leur mode (R, A ou D) ou leur type (meta, profils, techniques, trajectoires), les données Argo sont accessibles à tous et distribuées librement au format netcdf (voir le site Coriolis <http://www.coriolis.eu.org> et le site ftp : <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/argo>). La cohérence des informations fournies et la structure correcte des fichiers contenant les données sont vérifiées au niveau des centres de données Argo globaux (GDAC).

De la même manière que les données de la mission de base d'Argo, le centre de données Coriolis assure la collecte et l'archivage des données Argo-biogéochimiques française ainsi que celles fournies par les autres DACs Argo. La diffusion des données d'oxygène est déjà effective. Sous le leadership d'Argo France, un accord a été obtenu lors de la dernière réunion de l'ADMT pour rendre cohérente entre tous les centres de données la distribution des données d'oxygène. La diffusion des autres paramètres biogéochimiques sera effective début 2010 (dans le cadre des recommandations Argo) et

lorsque les données, qualifiées par le LOV en temps différé, auront été fournies au centre de données Coriolis. Comme pour les données physiques, les données biogéochimiques seront distribuées librement.

Le statut juridique de ces données est géré au niveau international par la résolution XX-6 de la COI de 1999. Cette résolution prévoit la notification auprès de chaque pays de l'entrée d'un flotteur dans sa zone économique exclusive (ZEE). Cette notification est gérée au niveau Argo international par le Centre d'Information Argo (AIC) et le Coordinateur Argo (<http://argo.jcommops.org/>, M. Belbeoch).

Au niveau français, la gestion des données est entièrement assurée par le centre de données Coriolis. Les données Argo physiques et biogéochimiques sont archivées en utilisant les mêmes moyens que le SISMER/Ifremer qui est le centre national d'archivage des données françaises sur le long terme.

7. Lien avec la modélisation

Indiquer si les données du S.O. sont susceptibles d'être utilisées par des modèles, et si oui pour quel objectif.

Que ce soit les données physiques ou biogéochimiques, les données Argo ont vocation à être utilisées dans les modèles :

- assimilation des données en temps quasi réel dans les systèmes opérationnels de prévisions océaniques et atmosphériques ;
- assimilation des données pour la prévision saisonnière (e.g. ECMWF);
- assimilation des données pour des réanalyses océaniques servant en particulier la recherche et les études climatiques ;
- validation des modèles.

Les données physiques sont déjà assimilées dans les modèles de prévision océanique globaux et régionaux au niveau français (Mercator Ocean), européen (GMES Marine Core Service et son projet MyOcean) et international (GODAE OceanView, JCOMM). Ces modèles sont d'ailleurs eux-mêmes utilisés pour fournir des conditions initiales aux modèles de prévisions saisonnières. Notons que les réanalyses océaniques de Mercator disponibles pour la communauté recherche assimilent les données Argo. Les données Argo sont également assimilées dans des modèles utilisés en mode recherche (Forget et al, 2008a,b). Elles permettent enfin de valider les simulations sans assimilation comme celles du projet DRAKKAR par exemple (de Boissésion 2010).

En ce qui concerne les données biogéochimiques, elles sont actuellement utilisées pour la validation des modèles, mais des études sont actuellement en cours pour assimiler ces données dans les modèles couplés physique-biogéochimie (Brasseur et al, 2009, Lehodey et al, 2009). A ce sujet, dans le cadre du projet PABIM-2 soumis au GMMC en 2009, une réflexion sera entamée pour mieux identifier les besoins des modélisateurs biogéochimiques en terme de réseau des flotteurs profileurs. Ce type de réflexion concernera des approches à la fois numériques (i.e. OSSE) et observationnels (i.e. climatologies et/ou biogéographie) et ambitionne à déterminer les caractéristiques d'un réseau des flotteurs sur la base des besoins de la modélisation en amont (i.e. validation, initialisation et assimilation).

8. L'ouverture et l'insertion du Système d'observation

Actions qui seront mises en œuvre pour ouvrir le SO à des équipes extérieures ; liens avec d'autres SOERE ; insertion dans le dispositif de recherche français (régional, national), européen et international (notamment GMES) ; appartenance à un Réseau national ou international d'observation ou d'expérimentation ; mise en place éventuelle d'un comité d'utilisateurs.

Dans les sections ci-dessous, on rappelle le lien entre Argo France et le dispositif de recherche régional (CPER Bretagne CREST ARGO et OSU IUEM), national (Coriolis), européen (Euro-Argo) et international (projet Argo et système d'observation global du climat). Le lien avec d'autres SOERE est explicité Sections 8.b et 8.d. Le fonctionnement du comité d'utilisateur est décrit dans la Section 9.

a. Intégration régionale : CREST Argo et OSU IUEM

Le Centre Régional d'Expertise Scientifique et Technique Argo (CREST Argo, responsable V. Thierry) a pour objectif de structurer, sur la place brestoise, l'expertise scientifique et technique relative au projet Argo. Cette structuration se fait autour du centre de données Coriolis et en partenariat entre l'Ifremer, l'IUEM, le SHOM, l'IRD et la région Bretagne. Le CREST Argo est financé par le CPER Bretagne (Contrat Plan Etat Région Bretagne) sur la période 2008-2012 à hauteur de 2.9M€ pour l'achat de flotteurs (15) et de capteurs biogéochimiques. Voir le site : http://wwz.ifremer.fr/lpo/observation/crest_argo pour plus de détails.

L'Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU) de l'IUEM (<http://www-iuem.univ-brest.fr/observation>) soutiendra en priorité les activités du centre régional Atlantique Nord du SOERE Argo France. Cet observatoire mène des séries spécifiques sur le long terme dans trois domaines principaux des sciences de la mer et du littoral : le climat et la circulation océanique, la géophysique, et l'environnement côtier. Le volet climat et circulation océanique constitue l'observatoire hauturier de la colonne d'eau et contribue au suivi de la variabilité de l'océan dans le cadre des programmes internationaux CLIVAR et Argo. Le suivi est fait à l'échelle du globe et deux régions clé sont observées plus en détail : l'Atlantique Nord et la zone d'échange Atlantique-Océan Indien. L'observatoire repose essentiellement sur le CREST Argo, et s'appuie aussi sur deux projets scientifiques: OVIDE et GoodHope.

b. Intégration nationale : Structure inter-organisme Coriolis

Coriolis regroupe l'ensemble des organismes français impliqués en océanographie (CNES, Ifremer, INSU, IPEV, IRD, Météo France, Shom). Une nouvelle convention cadre inter-organismes a été signée en Janvier 2009 pour la période 2009-2012. L'objectif de Coriolis est de consolider et opérer au sein de la collaboration les moyens d'acquisition, de collecte, de validation et de distribution en temps réel et différé de données issues de mesures in situ faites dans l'océan mondial et adaptées aux besoins des systèmes d'analyse et de prévision de l'océan et de fournir ainsi un service à la communauté scientifique et opérationnelle française, Européenne (GMES) et internationale. La structure opérationnelle mise en place dans le cadre de Coriolis contribue de manière indispensable au déploiement et à la maintenance du réseau global d'observation des océans (e.g. profileurs Argo, mesures de surface sur navires d'opportunité ou de recherche, flotteurs de surface, mouillages). C'est dans ce cadre que Coriolis assure la gestion d'une grande partie des activités Argo France.

Le centre de données Coriolis a été initialement défini comme le portail d'accès aux données in situ pour l'océanographie opérationnelle. Fort de son succès, il devient maintenant le portail d'accès aux données in situ pour les équipes de recherche. Une lettre d'intention a été déposée en décembre 2009 pour labelliser le centre de données Coriolis en tant que Très Grand Réseau d'Observation (TGRO) pour l'océanographie opérationnelle et le climat. Ce TGRO s'appuiera sur des SOERE existants ou en cours de labellisation. Les SOERE en cours de réévaluation sont PIRATA et SSS. Outre Argo France, les SOERE en cours de labellisation sont éléphants de mer et marégraphie.

c. Intégration européenne : Infrastructure de recherche Euro-Argo

Euro-Argo est la contribution européenne au réseau international Argo. Euro-Argo a été labellisé en 2006 en tant qu'infrastructure de recherche européenne dans la première feuille de route ESFRI. Une phase préparatoire financée dans le cadre du 7^{ème} PCRD a démarré en janvier 2008 et se terminera en fin 2010. La phase préparatoire doit permettre de mettre en place les accords entre les pays membres (niveau ministériel) et la commission Européenne (bureau GMES) pour une contribution pérenne de l'Europe au réseau Argo. La contribution visée est de 250 flotteurs/an, soit environ 1/4 du réseau global avec un échantillonnage densifié au niveau des mers régionales Européennes. La phase préparatoire est coordonnée par Ifremer (qui représente le consortium Coriolis). Elle regroupe 15 partenaires et 12 pays (France, Allemagne, Grande Bretagne, Italie, Espagne, Pays Bas, Norvège, Irlande, Grèce, Portugal, Pologne, Bulgarie). L'objectif principal de la phase préparatoire est d'organiser les contributions des états membres afin de permettre d'ici fin 2010 à l'Europe de:

- Déployer, maintenir et opérer un réseau de 800 flotteurs. Cela demandera de déployer chaque année 250 flotteurs/an.
- Fournir un service d'excellence aux communautés recherche (climat) et suivi environnemental (GMES et son service marin).

L'organisation, la gouvernance de l'infrastructure européenne et les aspects légaux associés sont en cours de finalisation et la nouvelle structure européenne devrait être mise en place au début 2011. L'Infrastructure de Recherche (IR) comprendra une composante centrale (C-RI) et des composantes nationales (dont le SOERE Argo France) distribuées (coordination via la C-RI). Les flotteurs seront achetés via la C-RI et les composantes nationales. La composante centrale (C-RI) aura la forme légale juridique européenne proposée par la commission européenne (ERIC, European Research Infrastructure Consortium). Elle jouera un rôle de coordination et participera activement au programme (achat de flotteurs, déploiements, suivi des performances, expertise sur tous les aspects du programme, relations avec la structure internationale). La gouvernance s'articulera autour d'un conseil, un comité de direction, un directeur, un conseil scientifique et technique et un forum des utilisateurs.

Un des deux porteurs du SOERE Argo France sera le représentant français au niveau du comité de direction.

d. Intégration internationale

Comme cela est mentionné tout au long du projet, l'activité Argo France est la contribution française au projet Argo. A ce titre, elle est parfaitement intégrée dans le projet Argo international. Argo France est même très active dans le projet via les engagements de ses membres dans les différents groupes de travail (comité de pilotage AST, groupe de gestion des données ADMT, groupe sur le contrôle qualité des données DMQC).

Par ailleurs, la structure du réseau Argo a été définie pour être un élément clé et parfaitement intégré dans le système d'observation global du climat (GCOS):

- Il a d'abord été défini pour compléter les mesures altimétriques de Jason. Les altimètres combinés au réseau de marégraphes fournissent une estimation précise de la variabilité du niveau de la mer tous les 10 jours. En mesurant la température et la salinité dans les 2000 premiers mètres de la colonne d'eau, Argo permet d'estimer la contribution de l'effet stérique à cette variabilité de la SSH et d'affiner la nature de cette contribution (distribution spatiale, répartition entre température et salinité).
- Argo permet aussi d'étendre le domaine, la résolution et la capacité d'observation des réseaux de mouillages tropicaux : TAO/TRITON dans l'océan Pacifique, PIRATA dans l'océan Atlantique et RAMA dans l'océan Indien. Il est important de noter que le réseau PIRATA est un système d'observation labellisé par l'INSU.
- Les satellites fournissent une vue globale de la température de surface (SST) et bientôt de la salinité de surface (SSS). Les données in situ telles que les données Argo sont nécessaires à la calibration de ces données mais aussi à leur interprétation en fournissant des informations sur la structure des couches de mélange. Les données de l'ORE SSS sont donc complémentaires des données Argo. Les données des satellites altimétriques peuvent également être utilisées pour détecter des anomalies dans les données Argo (Guinehut et al 2009).
- Les données Argo sont également complémentaires des données profondes (données hydrographiques) pour les estimations de transports de masse et de chaleur et des données à plus haute résolution (données hydrographiques, XBTs) qui permettent de résoudre les petites échelles et les courants de bord.

Pour le volet biogéochimique, le SOERE Argo France est complémentaire des systèmes d'observations satellitaires (couleur de l'eau) et des systèmes hauturiers d'observations basés sur des outils d'observation classiques (i.e. bateaux, mouillage) ou plus innovants (i.e. Gliders).

9. La gouvernance

Organigramme de ou des équipe(s) scientifiques et techniques ayant la responsabilité du SOERE (partage des tâches). Fonctionnement des comités (pilotage, scientifique, utilisateurs). Stratégie de communication, programmes de formations associées.

Le comité de pilotage du SOERE Argo France sera composé du porteur du projet (V. Thierry, pour le volet physique et la partie oxygène du volet biogéochimique) et des deux co-porteurs (S. Pouliquen

pour Coriolis et F. D'Ortenzio pour les autres paramètres du volet biogéochimique), d'un représentant de la R&D Coriolis (C. Cabanes) et d'un représentant du centre de données (C. Coatanoan). Le comité de pilotage se réunira deux fois par an : avant les réunions du comité de pilotage Argo (AST) et du groupe de travail sur la gestion des données (ADMT) afin de préparer ces réunions. L'AST et l'ADMT ont généralement lieu en mars et fin octobre, respectivement.

Le comité scientifique Argo France s'appuie sur le conseil scientifique du GMMC qui examine notamment les réponses à l'appel d'offre annuel de Coriolis pour le déploiement de flotteurs Argo ou pour la recherche d'accompagnement de Coriolis et donc de Argo France. Le conseil scientifique est également amené à faire des recommandations à Coriolis concernant la partie Argo France.

Le comité des usagers existe déjà. Il regroupe toutes les personnes des laboratoires français impliquées dans Argo, intéressées ou utilisatrices des données. Les échanges avec les usagers se font via la mailing list Argo France, via les journées annuelles du Groupe Mission Mercator et via la réunion Argo France annuelle. Les comptes-rendus des deux dernières réunions Argo France sont disponibles sur la page web suivante :

http://wwz.ifremer.fr/lpo/observation/crest_argo/argo_france_et_international.

Le centre de données Coriolis forme les personnes chargées de contrôler la qualité des données Argo en temps différés. La cellule déploiement forme les personnes chargées des déploiements des flotteurs.

La communication est effectuée par la mailing list Argo France et par les sites web de Coriolis (<http://www.coriolis.eu.org>) et du CREST Argo (http://wwz.ifremer.fr/lpo/observation/crest_argo). A terme, un site web SOERE Argo France sera créé.

10. Références

- de Boissésou E., 2010 : Les eaux modales du gyre subpolaire de l'Atlantique Nord : origine, formation et variabilité. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité : océanographie physique, Brest, France. Encadrement : V. Thierry, H. Mercier.
- Brasseur P., N. Gruber, R. Barciela, K. Brander, M. Doron, A. El Moussaoui, A. Hobday, M. Huret, A.-S. Kremer, P. Lehodey, R. Matear, C. Moulin, R. Murtugudde, I. Senina and E. Svendsen, 2009: Integrating Biogeochemistry and Ecology into Ocean Data Assimilation Systems. *Oceanography*, 22, 3: 206-215.
- Claustre, H., Antoine, D., Boehme, L., Boss, E., D'Ortenzio, F., Fanton D'Andon, O., Guinet, C., Gruber, N., Handegard, N. O., Hood, M., Johnson, K., Körtzinger, A., Lampitt, R., LeTraon, P.-Y., Lequeré, C., Lewis, M., Perry, M.-J., Platt, T., Roemmich, D., Sathyendranath, S., Testor, P., Send, U., & Yoder, J. (2010a). "Guidelines towards an integrated ocean observation system for ecosystems and biogeochemical cycles". in Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 1), Venice, Italy, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison D.E. and Stammer, D., Eds., ESA Publication WPP-306, submitted. (Get PDF of the submitted ms)
- Claustre, H., Bishop, J., Boss, E., Stewart, B., Berthon, J.-F., Coatanoan, C., Johnson, K., Lotiker, A., Ulloa, O., Perry, M.-J., D'Ortenzio, F., Hembise Fanton D'Andon, O. & J. Uitz (2010b). "Bio-optical profiling floats as new observational tools for biogeochemical and ecosystem studies", in Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 2), Venice, Italy, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison D.E. and Stammer, D., Eds., ESA Publication WPP-306, in press. (Get PDF)
- D'Ortenzio F. and the PABIM group, (2009) Biogeochemical Autonomous Platforms: Instrumentation and Measures (PABIM Project), Mercator Ocean Quarterly Newsletter, October 2009, disponible online : http://www.mercator-ocean.fr/documents/lettre/lettre_35_en.pdf
- Freeland H. and the Argo steering Team, 2010: Argo – A decade of progress, , in Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 2), Venice, Italy, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison D.E. and Stammer, D., Eds., ESA Publication WPP-306, in press. (Get PDF)

- Gaillard, F., E. Autret, V. Thierry, P. Galaup, C. Coatanoan, and T. Loubrieu, 2009: Quality Control of Large Argo Datasets. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **26**, 337-351.
- Gruber N., S. C. Doney, S. R. Emerson, D. Gilbert, T. Kobayashi, A. Körtzinger, G. C. Johnson, K. S. Johnson, S. C. Riser, and O. Ulloa, 2007: The Argo-oxygen program. A white paper to promote the addition of oxygen sensors to the international Argo float program.
- Gruber N., S. C. Doney, S. R. Emerson, D. Gilbert, T. Kobayashi, A. Körtzinger, G. C. Johnson, K. S. Johnson, S. C. Riser, and O. Ulloa, 2009: Adding oxygen to Argo: Developing a global in situ observatory for ocean deoxygenation and biogeochemistry. in Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 2), Venice, Italy, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison D.E. and Stammer, D., Eds., ESA Publication WPP-306, in press. (Get PDF)
- Guinehut S., C. Coatanoan, A.L. Dhomp, P.Y.Le Traon & G. Larnicol. On the use of satellite altimeter data in Argo quality control. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. JAOT, Vol. 26, No. 2. 395-402.
- Lehodey P., I. Senina, J. Jouanno, F. Royer, P. Gaspar, B. Calmettes, M. abécassis, J. Polovina, G. Balazs, M. Lutcavage and J. Sibet, 2009 : Mercator-Vert : Extension towards Marine Ressources, Mercator Ocean Quarterly Newsletter, October 2009, disponible online : http://www.mercator-ocean.fr/documents/lettre/lettre_35_en.pdf
- Von Schuckmann, K., F. Gaillard, and P. Y. Le Traon, 2009: Global hydrographic variability patterns during 2003-2008. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **114**, 17.

1.

II : LES MOYENS AFFECTES

A- MOYENS FINANCIERS

Moyens en infrastructure et équipement nécessaires, ainsi que l'origine prévu de ces crédits :

Le coût annuel des équipements nécessaires au fonctionnement de Argo France est le suivant :

	IFREMER	SHOM	CNES	INSU	CPER Bretagne (2008-2012)	Europe FP7 REMOCEAN (2010-2014)	OSU IUEM	Total
Acquisition des flotteurs	480 k€ (35 flotteurs)	210k€ (15 flotteurs)			210k€ (15 flotteurs)			900 k€ soit 65 flotteurs (1)
Développe ment réseau biogéochim ique					80 k€ (capteurs oxygène)	130k €		210 k€

(1) Dans le cadre de la convention cadre inter-organismes 2009-2012 du projet Coriolis, l'Ifremer et le SHOM se sont engagés à financer l'achat de 65 flotteurs par an (15 par le SHOM et 50 par l'Ifremer dont 15 par le projet CREST Argo du CPER Bretagne). Pour atteindre l'objectif de 80 flotteurs par an (10% du réseau) il faudrait un financement de 15 flotteurs supplémentaires par le ministère.

A l'heure actuelle, les capteurs biogéochimiques sont acquis sur des projets de recherche (ANR PABO et ERC REMOCEAN, PI H. Claustre ; projet FLOPS, PI. G. Eldin) ou sur des financements régionaux (CREST Argo, PI V. Thierry) à durée limitée. A terme, il faudra pérenniser l'achat de capteurs biogéochimiques. En estimant un surcoût de 10k€ pour l'addition d'un capteur biogéochimique à un flotteur classique (transmission Iridium, capteur, consommation énergétique accrue et réduction de la durée de vie) et en considérant que 20% du parc de flotteurs sera dédié à la biogéochimie (O₂ + Chl_a+POC), **on peut estimer le coût annuel additionnel pour les capteurs biogéochimiques à 160k€ (pour 80 flotteurs Argo).**

Moyens financiers annuels récurrents nécessaires au fonctionnement du service (en TTC) en précisant l'origine prévue de ces crédits (INSU, organismes, Ministère, Université, etc.) :

	IFREMER	SHOM	CNES	INSU	CPER Bretagne (2008-2012)	Europe FP7 REMOCEAN (2010-2014)	OSU IUEM	Total
Moyens à la mer	70 k€ (communications Argos)							70 k€
Gestion des données	120 k€							120 k€
R&D, Contrôles qualité	60 k€		35k€	15k€				110 k€ (2)
Centre régional Argo Atlantique Nord							7k€	7 k€
Coordination internationale	64 k€ (3)							64 k€
Développement réseau biogéochimique								
Total	314 k€ (4)		35 k€	15 k€			7 k€	371 k€

(2) Ces budgets sont utilisés pour le soutien aux études GMMC relatives à Argo, et pour des contrats de sous-traitance pour la validation des données (comparaison avec l'altimétrie par CLS, DMQC des données par GLAZEO).

(3) Ce budget Ifremer se décompose en une contribution de 40k€ à l'infrastructure européenne Euro-Argo (ERIC), une contribution de 15k€ à l'Argo Information Center et une contribution de 9k€ pour des missions de coordinations internationales

(4) Dans la contribution Ifremer au fonctionnement annuel de Argo France, 200K€ viennent de l'Union Européenne dans le cadre de MyOcean.

B- RESSOURCES HUMAINES

Liste des personnels (et ETP) qui seront affectés au fonctionnement du service (en dehors de l'exploitation scientifique), en indiquant pour chacun son titre, son organisme de rattachement, son pourcentage d'implication, ainsi que sa tâche spécifique

Activité moyens à la mer					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
S. Le Reste	TSI	Ifremer	Ingénieur	Support instrumentation	3
S. Le Bras	TSI	Ifremer	Technicien	Support instrumentation	3
N. LeBreton	SHOM	SHOM	Technicien	Coordination cellule déploiement Coriolis	10
Technicien	SHOM	SHOM	Technicien	Recette et déploiement des flotteurs	3
M. Le Menn	SHOM	SHOM	Ingénieur	Calibration des capteurs	1
ITA	LPO	Ifremer	Ingénieur ou technicien	Recette et déploiement des flotteurs	3
A. Poteau	LOV	CNRS	Ingénieur CDD	Expertise mesures biogéochimie	2
Technicien	UPS 855	DT INSU	Technicien	Recette et déploiement des flotteurs	3
Technicien	US 191	IRD	Technicien	Recette et déploiements des flotteurs	3
Total activité moyens à la mer					31 h.m.

Gestion des données : DAC Coriolis, GDAC					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
T. Carval	ISI	Ifremer	Responsable ISI permanent	Responsable GDAC Coriolis	2
L Petit de la Villéon	SISMER	Ifremer	Responsable SISMER permanent	Responsable DAC Coriolis	2
V. Bernard	SISMER	Ifremer	Technicien permanent	DAC Coriolis	7
A. Briand	ISI	Ifremer	Ingénieur permanent	DAC Coriolis	6
CDD récurrent pour le centre de données	SISMER	Ifremer	Ingénieur CDD	DAC Coriolis	10
Technicien	SHOM	SHOM	Technicien	DAC Coriolis	9
Total activité gestion des données					37 h.m.

R&D et contrôles qualité (QC)					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
C. Coatanoan	SISMER	Ifremer	Ingénieur	Responsable DMQC à Coriolis	7
C. Cabanes	UPS 855	INSU	Ingénieur	R&D Coriolis	5
C. de Boyer Montégut	LOS	Ifremer	Chercheur	R&D Coriolis	4
M. Hamon	LOS	Ifremer/Météo-France	Thésard	R&D Coriolis	2
K. Von Schuckmann	LOS	Ifremer	Post-doc	R&D Coriolis	1
V. Thierry	LPO	Ifremer	Chercheur	Expertise et QC mesures physiques et oxygène	1,5
C. Lagadec	LPO	Ifremer	Ingénieur	QC des données physique	4
F. Gaillard	LPO	Ifremer	Chercheur	R&D et expertise mesures physiques	2
M. Ollitrault	LPO	Ifremer	Chercheur	Expertise flotteurs et trajectoires	1,5
F. D'ortenzio	LOV	CNRS	Chercheur	Expertise et QC mesures biogéochimie	1
A. Poteau	LOV	CNRS	Ingénieur CDD	QC des données biogéochimiques	2
L. Prieur	LOV	CNRS	Chercheur émérite	Expertise mesures physiques, QC des données	1
Total activité R&D et QC					19,5 h.m.

Centre régional Argo Atlantique Nord					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
M. Le Steun	LPO	UBO	Ingénieur CDD	Consistance données Argo	10
Total activité centre régional					10 h.m.

Coordinations régionales, nationales, européennes, internationales					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
S Pouliquen	LOS	Ifremer	Responsable Coriolis	Responsable coriolis, ADMT	6
P.-Y. Le Traon	LOS	Ifremer	Chercheur	Coordination Euro-Argo	2
T. Carval	ISI	Ifremer	Responsable ISI	Responsable GDAC Coriolis	2
V. Thierry	LPO	Ifremer	Chercheur	Représentante Argo France	3
F. D'ortenzio	LOV	CNRS	Chercheur	Expertise mesures biogéochimie	1,5
H. Claustre	LOV	CNRS	Chercheur	Expertise mesures biogéochimie	0,5
Total activité coordination					15 h.m.

Développements mesures biogéochimiques et promotion réseaux Argo-bio					
Personnes impliqués	Laboratoire	Organisme	Titre et statut (si non permanent)	Tâche	Temps (mois)
V. Thierry	LPO	Ifremer	Chercheur	Expertise mesures Oxygène	0,5
F. D'ortenzio	LOV	CNRS	Chercheur	Expertise mesures biogéochimie	0,5
H. Claustre	LOV	CNRS	Chercheur	Expertise mesures biogéochimie	0,5
Total activité coordination					1,5 h.m.

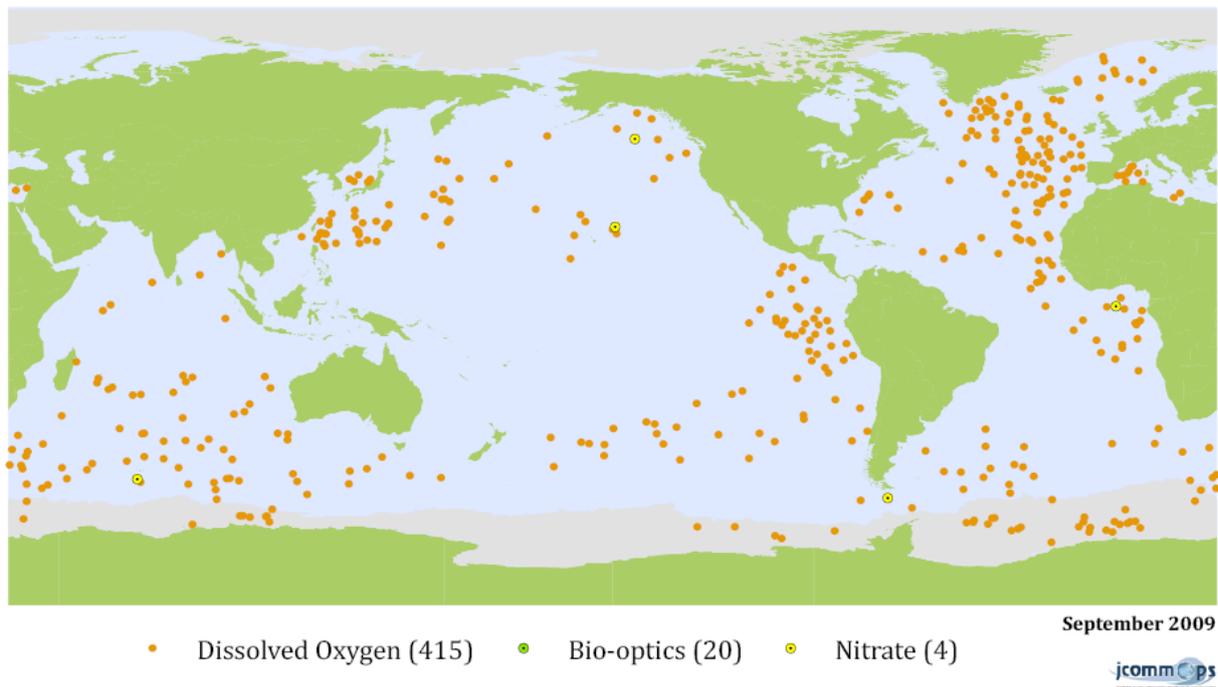
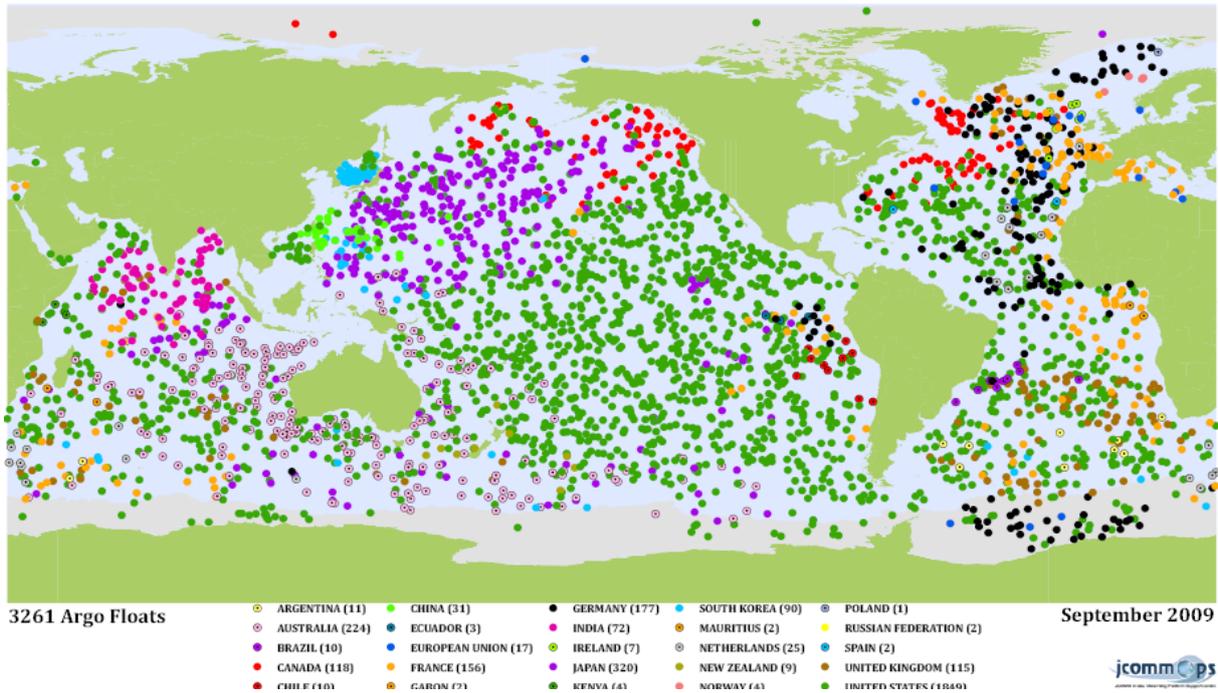
Des recrutements supplémentaires sont-ils nécessaires pour le fonctionnement du SO dans les quatre années à venir?

Pour assurer le bon fonctionnement du SOERE, il est nécessaire de pérenniser les activités qui sont actuellement assurées, partiellement ou totalement, par des personnes en CDD (A. Poteau, M. Le Steun, CDD au centre de données Coriolis). Nous souhaitons donc recruter

- Un chercheur au LPO pour le développement du centre régional Argo Nord Atlantique et l'utilisation des données Argo-oxygène (typiquement poste CNAP)
- Un ingénieur de recherche (IR) au LOV pour l'amélioration de la qualité des données biogéochimiques et pour l'implémentation du système à l'échelle nationale/européenne
- Un ingénieur de recherche pour le traitement temps différé des flotteurs au centre de données Coriolis.

Un poste d'ingénieur d'étude a été demandé par l'OSU IUEM. Si le poste est pourvu, la personne recrutée travaillera à mi-temps sur les données du volet Observatoire de la Colonne de cet OSU et en particulier sur les données Argo et le centre régional Argo Atlantique Nord.

Annexe A. Le réseau Argo



Annexe B. Historique des activités biogéochimiques françaises associées aux flotteurs profileurs

1. Chlorophylle, POC et nitrates

L'activité scientifique liée à l'observation de la Chlorophylle et du POC par les flotteurs profileurs a commencée au Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) en 2002. Un premier projet, financé par le CNES (PROGLO, PI H. Claustre) en 2002, était dédié au développement de quatre flotteurs profileurs PROVBIO-I, composé d'un flotteur du type PROVOR, équipé d'un transmissiomètre (proxy pour le POC), d'un capteur d'irradiance à trois longueurs d'onde et d'une antenne IRIDIUM. Ensuite, un projet ANR-blanc (PABO, PI H. Claustre) et une demande GMMC (PROBIO, PI H. Claustre) en 2006, ont permis de développer une deuxième version du PROVBIO (PROVBIO-II), composée d'un flotteur PROVOR, d'une antenne IRIDIUM, d'un fluorimètre Chlorophylle, d'un fluorimètre CDOM, d'un retrodiffusiomètre (proxy du POC) et d'un transmissiomètre. A l'heure actuelle (novembre 2009), 12 PROVBIO-II et 4 PROVBIO-I ont été déployés (12 encore actives), dans 5 régions océaniques (Méditerranée, Atlantique Nord, gyres du Pacifique Nord et Sud; Arctique). Un projet spécifique (PROMALINA, GMMC + CNES, PI D. Doxaran) a permis aussi de développer 2 flotteurs biogéochimiques adaptées aux mesures dans les régions polaires (2 flotteurs déploies en Arctique en 2009). Dernièrement, dans le cadre de l'appel d'offre GMMC-2008, un projet (GMMC-2008, projet PRONUTS, PI F. D'Ortenzio) a été approuvé pour le développement d'un flotteur profileur de type PRONUTS (PROVOR+ antenne IRIDIUM + capteur de Nitrates SUNA). Le déploiement du premier prototype de PRONUTS est prévu pour l'été 2010.

Récemment (octobre 2009), un projet proposé à l'appel d'offre « ERC-advanced Grant » a été accepté (projet REMOCEAN (REMotely sensed biogeochemical cycles in the OCEAN, PI H. Claustre). Le projet REMOCEAN (2010-2014) prévoit le déploiement d'au moins 40 PROVBIO-II et des 10 PRONUTS dans l'Atlantique Nord et dans le gyres subtropicaux de l'Atlantique et du Pacifique.

2. Oxygène

L'activité scientifique associée à la mesure de l'oxygène à partir de flotteurs profileurs autonomes a été initié en France par Gérard Eldin (déploiements de flotteurs Argo équipés de capteurs d'oxygène dans le pacifique Sud Ouest, projet FLOPS) et Virginie Thierry (déploiements de flotteurs Argo équipés de capteurs d'oxygène en Atlantique Nord, projet Ovide). Les déploiements de flotteurs Argo O2 effectués dans le cadre de ces projets ont permis d'améliorer le logiciel interne des flotteurs (correction de deux bugs) et le positionnement du capteur d'oxygène (initialement placé à la base du flotteur, le capteur d'oxygène est maintenant placé en tête). Le déploiement de 18 flotteurs équipés de capteurs d'oxygène est prévu en 2010 dans le cadre du projet OVIDE.

V. Thierry, D. Gilbert (MEDS, Canada) et T. Kobayashi (JAMSTEC, Japan) ont été chargé en mars 2009 par le comité de pilotage Argo de s'assurer que la gestion des données Argo Oxygène était gérée de manière consistante par les différents centre de données. Cela a été fait en septembre 2009 lors de la dernière réunion de l'ADMT.

3. Le projet PABIM

Une collaboration entre Coriolis et sept laboratoires (LOV, LPO, LEGOS, LOCEAN, CEBC, LMGEM, ELG) impliqués dans la mesure de paramètres biogéochimiques à partir de plateformes autonomes (flotteurs profileurs, gliders, animaux) a été mise en place dans le cadre du projet PABIM (PI F. D'Ortenzio) soutenu par le GMMC sur la période 2007-2009. Outre la rédaction d'un livre blanc sur le sujet (<http://pabim.gmmc.free.fr>), un premier système pour le contrôle de qualité en temps réels des données Oxygène et Chlorophylle obtenues depuis les flotteurs profileurs a été établis pour , à terme, être intégré dans le système Coriolis. L'activité du consortium sur les procédures de QC continue dans le cadre du projet PABIM2 (GMMC 2010-2011, PI F. D'Ortenzio).

Annexe C. Liste des publications scientifiques utilisant les données Argo et associées à des équipes françaises

Publications de rang A

- Balmaseda, M., Anderson, D., Vidard, A. Impact of Argo on analyses of the global ocean (2007) *Geophysical Research Letters*, 34 (16), art. no. L16605
- Barré, N., Provost, C., Sennechael, N., Lee, J.H. Circulation in the Ona Basin, southern Drake passage (2008) *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 113 (4), art. no. C04033.
- Bosc, C., T. Delcroix, and C. Maes, 2009: Barrier layer variability in the western Pacific warm pool from 2000 to 2007. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **114**, 14
- Bouruet-Aubertot, P., H. Mercier and F. Gaillard, 2005: Evidence of strong inertia-gravity wave activity during POMME experiment. *J. Geophys. Res.*, 110 (C7): Art. No. C07S06.
- Boutin, J. and L. Merlivat, 2009: New in situ estimates of carbon biological production rates in the Southern Ocean from CARIOCA drifter measurements. *Geophysical Research Letters*, **36**, 6.
- Caniaux, G, Giordani, H., Prieur, L., Hernandez, F., 2001: Observations of an Intense Anticyclonic Warm Eddy in the Newfoundland Basin. *Geophysical Research Letters*, 28, 2649-2652.
- Cazenave A., K. Dominh, S. Guinehut, E. Berthier, W. Llovel, G. Ramillien, M. Ablain and G. Larnicol, 2008: Sea level budget over 2003-2008: A reevaluation from GRACE space gravimetry, satellite altimetry and Argo, *Glob. Planet. Change*, doi:10.1016/j.gloplacha.2008.10.004.
- Claustre, H., Bishop, J., Boss, E., Stewart, B., Berthon, J.-F., Coatsanoan, C., Johnson, K., Lotiker, A., Ulloa, O., Perry, M.-J., Dortenzio, F., Hembise Fanton D'Andon, O. & J. Uitz (2010). "Bio-optical profiling floats as new observational tools for biogeochemical and ecosystem studies", in *Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 2), Venice, Italy, 21-25 September 2009*, Hall, J., Harrison D.E. and Stammer, D., Eds., ESA Publication WPP-306, in press.
- Cummings, J., L. Bertino, P. Brasseur, I., Fukumori, M. Kamachi, M. Martin, K. Mogenssen, P. Oke, C. E. Testut, J. Verron and A. T. Weaver, 2009: Ocean data assimilation systems for GODAE. *Oceanography*, 22, 96-109.
- Daget, N., A. T. Weaver and M. A. Balmaseda, 2009: Ensemble estimation of background-error variances in a three-dimensional variational data assimilation system for the global ocean. *Q. J. R. Meteorol Soc.*, 135, 1071-1094, DOI: 10.1002/qj.412.
- De Boyer Montégut, C., Madec, G., Fischer, A.S., Lazar, A., Iudicone, D.: Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology, *Journal of Geophysical Research C: Oceans* 109 (12), pp. 1-20
- de Boyer Montégut, C., Mignot, J., Lazar, A., Cravatte, S. Control of salinity on the mixed layer depth in the world ocean: 1. General description (2007) *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 112 (6), art. no. C06011
- De Boyer Montégut, C., J. Vialard, S.S.C. Shenoi, D. Shankar, F. Durand, C. Ethé and G. Madec, 2007, Simulated seasonal and interannual variability of mixed layer heat budget in the northern Indian Ocean, *Journal of Climate*, 20, 3249-3268.

- Dombrowsky, E., L. Bertino, G. B. Brassington, E. P. Chassignet, F. Davidson, H. E. Hurlburt, M. Kamachi, T. Lee, M. J. Martin, S. Mei, and M. Tonani, 2009: GODAE Systems in Operation. *Oceanography*, **22**, 80-95.
- Durand, F., Reverdin, G. A statistical method for correcting salinity observations from autonomous profiling floats: An ARGO perspective (2005) *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **22** (3), pp. 292-301.
- Foltz, G. R., J. Vialard, Praveen Kumar B. and M. J. McPhaden, 2009 : Seasonal mixed layer heat balance of the southwestern tropical Indian Ocean, *J. Clim.*, in press.
- Forget, G., H. Mercier, B. Ferron, 2008: Combining Argo Profiles with a general circulation model in the North Atlantic. Part 1: Realistic transports and improved hydrography, between spring 2002 and spring 2003. *Ocean Modelling*, **20** (1), 17-34.
- Forget, G., H. Mercier, B. Ferron, 2008: Combining Argo Profiles with a general circulation model in the North Atlantic. Part 2: Estimation of hydrographic and circulation anomalies from synthetic profiles, over a year. *Ocean Modelling*, **20** (1), 1-16.
- Freeland H. J., Dean Roemmich, Silvia L. Garzoli, Pierre-Yves Le Traon, Muthalagu Ravichandran, Stephen Riser, Virginie Thierry, Susan Wijffels, Mathieu Belbéoch, John Gould, Fiona Grant, Mark Ignazewski, Brian King , Birgit Klein, Kjell Arne Mork, Breck Owens, Sylvie Pouliquen, Andreas Sterl, Toshio Suga, Moon-Sik Suk, Philip Sutton, Ariel Troisi, Pedro Joaquin Vélez-Belchi, and Jianping Xu, 2009. Argo – A decade of progress. Community white paper for the Ocean Obs 2009 conference. Venice.
- Gaillard, F., H. Mercier and C. Kermabon, 2005: A synthesis of POMME physical data set: one year monitoring of the upper layer. *J. Geophys. Res.*, **110**, C07S07, doi:10.1029/2004JC002764 .
- Gaillard, F., E. Autret, V. Thierry, P. Galaup, C. Coatanoan, and T. Loubrieu, 2009: Quality Control of Large Argo Datasets. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **26**, 337-351.
- Gourdeau, L., Kessler, W.S., Davis, R.E., Sherman, J., Maes, C., Kestenare, E. Zonal jets entering the coral sea (2008) *Journal of Physical Oceanography*, **38** (3), pp. 715-725.
- Griffa, A., Molcard, A., Raicich, F., Rupolo, V. Assessment of the impact of TS assimilation from ARGO floats in the Mediterranean Sea (2006) *Ocean Science*, **2** (2), pp. 237-248.
- Guinehut, S., G. Larnicol, and P.-Y. Le Traon, 2002: Design of an array of profiling floats in the North Atlantic from model simulations, *J. Mar. Sys.*, **35**, 1-9.
- Guinehut, S., P.-Y. Le Traon, G. Larnicol and S. Philipps, 2004: Combining Argo and remote-sensing data to estimate the ocean three-dimensional temperature fields- A first approach based on simulated observations, *J. Mar. Sys.*, **46** (1-4), 85-98.
- Guinehut, S., P.-Y. Le Traon and G. Larnicol, 2006 : What can we learn from Global Altimetry/Hydrography comparisons ?, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L10604, doi:10.1029/2005GL025551.
- Guinehut, S., C. Coatanoan, A.-L. Dhomps, P.-Y. Le Traon and G. Larnicol, 2009: On the use of satellite altimeter data in Argo quality control, *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, Vol. **26**, No. 2, pp 395-402.
- Hénoq C., J. Boutin, F. Petitcolin, !g ; Reverdin, S. Arnault and P. Lattès, 2010: Vertical variability of near-surface salinity in the Tropics: consequences for L-Band Radimeter calibration and validation. *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, Vol. **27**, No. 1, pp 192-209, doi:10.1175/2009JTECHO670.1.

- Lankhorst, M., D. Fratantoni, M. Ollitrault, P. Richardson, U. Send, and W. Zenk, 2009: The mid-depth circulation of the northwestern tropical Atlantic observed by floats. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, **56**, 1615-1632.
- Le Traon, P. Y., G. Larnicol, S. Guinehut, S. Pouliquen, A. Bentamy, D. Roemmich, C. Donlon, H. Roquet, G. Jacobs, D. Griffin, F. Bonjean, N. Hoepffner, and L. A. Breivik, 2009: DATA ASSEMBLY AND PROCESSING FOR Operational Oceanography 10 YEARS OF ACHIEVEMENTS. *Oceanography*, **22**, 56-69.
- Maes, C. 2008: On the ocean salinity stratification observed at the eastern edge of the equatorial Pacific warm pool. *Journal of Geophysical Research*, 113, C03027, doi: 10.1029/2007JC004297.
- Maes, C., L. Gourdeau, X. Couvelard, and A. Ganachaud, 2007: What are the origins of the Antarctic Intermediate Waters transported by the North Caledonian Jet? *Geophys. Res. Lett.*, 34, L21608, doi:10.1029/2007GL031546.
- Maes, C., K. Ando, T. Delcroix, W. S. Kessler, M. J. McPhaden, and D. Roemmich (2006), Observed correlation of surface salinity, temperature and barrier layer at the eastern edge of the western Pacific warm pool, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06601, doi:10.1029/2005GL024772
- Marchand, P., Servain, J. NOR-50: Fast research vessel for operational oceanography: Implementing PIRATA & argo programs in the tropical & South Atlantic in a practical, economic way (2002) *Sea Technology*, 43 (6), pp. 49-54.
- McPhaden, M., J., G. R. Foltz, V. S. N. Murty, M. Ravichandran, G. A. Vecchi, J. Vialard, J. D.. Wiggert and L. Tu, 2009: Ocean-Atmosphere Interactions During Cyclone Nargis, *Eos Trans. AGU*, 90, 53-54.
- Mignot, J., de Boyer Montégut, C., Lazar, A., Cravatte, S. Control of salinity on the mixed layer depth in the world ocean: 2. Tropical areas (2007) *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 112 (10), art. no. C10010
- Núñez-Riboni, Ismael, Olaf Boebel, Michel Ollitrault, Yuzhu You, Philip L. Richardson and Russ Davis, 2005: Lagrangian circulation of Antarctic Intermediate Water in the subtropical South Atlantic. *Deep-Sea Research II*, 52/3-4 545-564.
- Oke, P. R., M. A. Balmaseda, M. Benkiran, J. A. Cummings, E. Dombrowsky, Y. Fujii, S. Guinehut, G. Larnicol, P. Y. Le Traon, and M. J. Martin, 2009: OBSERVING SYSTEM EVALUATIONS USING GODAE SYSTEMS. *Oceanography*, **22**, 144-153.
- Ollitrault, M. M. Lankhorst, D. Fratantoni, P. Richardson, and W. Zenk, 2006: Zonal intermediate currents in the equatorial Atlantic Ocean. *Geophysical Research Letters*. 33(5), L05605, 000236269100007
- Poulain, P.-M., Barbanti, R., Font, J., Cruzado, A., Millot, C., Gertman, I., Griffa, A., Molcard, A., Rupolo, V., Le Bras, S., De La Villeon, L.P. MedArgo: A drifting profiler program in the Mediterranean Sea (2007) *Ocean Science*, 3 (3), pp. 379-395
- Reverdin, G. P. Blouch, J. Boutin, et al, 2007: Surface salinity measurements – COSMOS 2005 experiment in the Bay of Biscay. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 24 (9): 1643-1654.
- Roemmich, D., Boebel, O., Desaubies, Y., Freeland, H., King, B., Le Traon, P.-Y., Molinari, R.L., Owens, W.B., Riser, S., Send, U., Takeuchi, K., Wijffels, S., 2001: Argo - The global Array of profiling floats. pp248-258 In. *Observing the Oceans in the 21st Century*. Eds Chester J Koblinsky and Neville R. Smith. GODAE Project Office, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia. ISBN 0642 70618 2.

- Roemmich, D., Riser, S., Davis, R., Desaubies, Y. Autonomous profiling floats: Workhorse for broad-scale ocean observations (2004) *Marine Technology Society Journal*, 38 (2), pp. 21-29.
- Roemmich, M. Belbeoch, P.J.V. Belchi, H. Freeland, W.J. Gould, F. Grant, M. Ignaszewski, B. King, B. Klein, K.A. Mork, W.B. Owens, S. Pouliquen, M. Ravichandran, S. Riser, A. Sterl, T. Suga, M.-S. Suk, P. Sutton, V. Thierry, P.-Y. LeTraon, S. Wijffels, J. Xu, 2009: Argo: the challenge of continuing 10 years of progress. *Oceanography Magazine*, vol 22, 3, 46-55.
- Sallée, J.B. ; Wienders, N. ; Morrow, R. and Speer, K. Formation of Subantarctic mode water in the Southeastern Indian Ocean, *Ocean Dynamics*, 2006 , 56 , 525-542
- Sallée, J.B; Morrow, R.; Speer, K. Eddy heat diffusion and Subantarctic Mode Water formation, *Geophys. Res. Lett.*, 2008, 35, L05607, doi:10.1029/2007GL032827
- Sallée, J.B., K. Speer, and R. Morrow, 2008: Response of the Antarctic Circumpolar Current to Atmospheric Variability. *Journal of Climate*, 21 (12), 3020-3039.
- Schroeder, K., V. Taillandier, A. Vetrano, and G.P. Gasparini, 2008: The circulation of the western Mediterranean Sea in spring 2005 as inferred from observations and from model outputs. *Deep-Sea Research Part I*, 55 (8), 947-965.
- Skachko, S., Brankart, J.-M., Castruccio, F., Brasseur, P., Verron, J. Improved turbulent air-sea flux bulk parameters for controlling the response of the ocean mixed layer: A sequential data assimilation approach (2009) *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26 (3), pp. 538-555
- Taillandier, V., Griffa, A., Poulain, P.-M., Béranger, K. Assimilation of Argo float positions in the north western Mediterranean Sea and impact on ocean circulation simulations (2006) *Geophysical Research Letters*, 33 (11), art. no. L11604
- Taillandier V, Griffa A, Poulain PM, Béranger K., Assimilation of Argo float positions in a Mediterranean circulation model, *Geophys. Res. Let.* 3, L11604, doi:10.1029/2005GL025552.
- Taillandier V, Griffa A. Implementation of position assimilation for ARGO floats in a realistic Mediterranean Sea OPA model and twin experiment testing, *Ocean Sciences* 2(2), 223-236.
- Taillandier V, Dobricic S., Testor P, Pinardi N, Griffa A, Mortier L, Gasparini GP. Integration of ARGO trajectories in the Mediterranean Forecasting System and impact on the regional analysis of the Western Mediterranean circulation. *Journal of Geophysical Research*, in press.
- Taillandier, V., A. Griffa, A. Molcard, 2006: A variational approach for the reconstruction of regional scale Eulerian velocity fields from Lagrangian data. *OCEAN MODELLING*, 13(1), 1-24
- Thierry, V., E. de Boisséson and H. Mercier, 2008: Interannual variability of the Subpolar Mode Water properties over the Reykjanes Ridge during 1990-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113, C04016, doi:10.1029/2007JC004443.
- Treguier, A.M., Hogg, N.G., Maltrud, M., Speer, K., Thierry, V., 2003. The Origin of Deep Zonal Flows in the Brazil Basin. *Journal of Physical Oceanography*, 33, 580-599.
- Vage, K., R. S. Pickart, V. Thierry, G. Reverdin, C. M. Lee, B. Petrie, T. A. Agnew, A. Wong, and M. H. Ribergaard, 2009: Surprising return of deep convection to the subpolar North Atlantic Ocean in winter 2007-2008. *Nature Geoscience*, 2, 67-72.

- Vialard, J., J-P. Duvel, M. McPhaden, P. Bouruet-Aubertot, B. Ward, E. Key, D. Bourras, R. Weller, P. Minnett, A. Weill, C. Cassou, L. Eymard, T. Fristedt, C. Basdevant, Y. Dandoneau, O. Duteil, T. Izumo, C. de Boyer Montégut, S. Masson, F. Marsac, C. Menkes, S. Kennan, 2009, Cirene: Air Sea Interactions in the Seychelles-Chagos thermocline ridge region, *Bull. Am. Met. Soc.*, 90, 45-61.
- Vialard, J., G. Foltz, M. McPhaden, J-P. Duvel and C. de Boyer Montégut, 2008, Strong Indian Ocean sea surface temperature signals associated with the Madden-Julian Oscillation in late 2007 and early 2008, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L19608, doi:10.1029/2008GL035238.
- Von Schuckmann, K., F. Gaillard, and P. Y. Le Traon, 2009: Global hydrographic variability patterns during 2003-2008. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **114**, 17.
- Wiggert, J.D., J. Vialard, and M.J. Behrenfeld, 2009: Basin-wide modification of dynamical and biogeochemical processes by the Indian Ocean Dipole. In: *Indian Ocean Biogeochemical Processes and Ecological Variability*, J.D. Wiggert, R.R. Hood, S.W.A. Naqvi, S.L. Smith, and K.H. Brink (ed.), American Geophysical Union, Washington, D. C, in press.
- Autres publications**
- Autret, E. and F. Gaillard, 2006 : Use of the analysis system for monitoring the ARGO sensors drifts. *Coriolis newsletter* , 2.
- Autret, E., F. Gaillard, 2004 : Les analyses Coriolis et le suivi climatologique : mise en œuvre sur l'Atlantique Nord. *La lettre Mercator*, 11.
- Benkiran, M. and S. Guinehut, 2006: Impact of the assimilation of Argo data in the Atlantic Mercator Operational Ocean Forecasting System, *Coriolis Newsletter*, 2, 12-14.
- Béranger K, Taupier-Letage I, Alhammoud B, Lellouche J-M, Emelianov M, Mortier L, Millot C, (2007) Analysis of two mesoscale eddies in the southern Ionian and Cretan basins in 2006, *CIESM 38e Congress*, Istanbul, Turkey, April.
- Béranger K, Testor P, Crépon M (2007) Interannual variability of deep water formation in the Gulf of Lion *CIESM 38e Congress*, Istanbul, Turkey, April.
- COATANOAN C. V. THIERRY, 2009. Progress in Argo Delayed Mode Quality Control. *Coriolis News Letter* n°5. January.
- COATANOAN C., P. GALAUP & V. THIERRY, 2006. Delayed Mode Quality Control on the Argo floats. *Coriolis Newsletter* n°2. February.
- COATANOAN C., 2005. Contrôle qualité temps différé sur les flotteurs Argo au centre de données Coriolis. *La Lettre du Sismar* n°3
- Forget G., B. Ferron and H. Mercier, 2005: Potentiel du réseau Argo pour la reconstruction de la circulation océanique de l'Atlantique Nord par assimilation 4-D variationnelle. *La lettre Mercator*, 17.
- Gabaldon, J., F. Gaillard and T. Carval, 2002: Temperature profiles contained in the Coriolis database during its two first years (2000-2001). *CLIVAR Exchanges*, 25.
- Gaillard, F. and E. Autret, 2005 : Coriolis real-time analysis system : validation over the North-Atlantic. *Coriolis* , newsletter 1.
- GALAUP P., F. GAILLARD, E. AUTRET , THIERRY V. & C. COATANOAN, 2006. Consistency of the ARGO data set in the North Atlantic. *Coriolis News Letter* n°3. July

- Guinehut, S., G. Larnicol, and P.-Y. Le Traon, 2000: Design of an array of profiling floats in the North Atlantic from model simulations - Preliminary results -, CLIVAR Exchanges Newsletter, 5 (3), 6-8.
- Guinehut, S. and G. Larnicol, 2003: Utilisation combinée des données satellites (SLA, SST) et in-situ pour l'estimation des champs de température de l'Océan Atlantique Nord, MERCATOR Newsletter, 10, 11-16.
- Guinehut, S., G. Larnicol and P.-Y. Le Traon, 2003: Combining Argo and remote-sensing data in the North Atlantic, Argonautics: Newsletter of the international ARGO project, 2, 2-4.
- Guinehut, S., 2008: When satellite altimetry is called for to help on Argo quality control issues, Argonautics: Newsletter of the international ARGO project, 10.
- Guinehut, S., 2009: When satellite altimetry is called for to help on Argo quality control issues, Coriolis Newsletter, 5, 13-14.
- Henocq, C., J. Boutin, F. Petitcolin, S. Arnault, P. Lattes, 2008: Vertical variability of Sea Surface Salinity and influence on L-band brightness temperature. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), art. no. 4422966, pp. 990-993.
- Larnicol, G., S. Guinehut, M.-H. Rio, M. Drevillon, Y. Faugere and G. Nicolas, 2006: The Global Observed Ocean Products of the French Mercator project, Proceedings of 15 Years of progress in Radar Altimetry Symposium, ESA Special Publication, *SP-614*.
- PERTUISOT C., E. BRION & C. COATANOAN, 2009. IN-SITU Delayed Mode at the Coriolis Data Center : 1990-2007 Reference dataset. Coriolis News Letter n°5. January
- von Schuckmann, K., F. Gaillard and P-Y. Le Traon, 2009 : Estimating global Ocean indicators from a gridded hydrographic field during 2003-2008 . Mercator Newsletter.

Rapports

- Autret, E. and F. Gaillard, 2004 : Systèmes d'analyse des champs de température et de salinité mis en œuvre au centre de données CORIOLIS. Version 3. Document CORIOLIS – cordo-zzz-04-009.
- Autret E et. Gaillard F., 2004: Système opérationnel d'analyse des champs de température et de salinité mis en oeuvre au centre de données Coriolis. Version 3.02. Rapport Coriolis cordo-zzz-04-094.
- Autret, E. and F. Gaillard: Diagnostics on residuals and sensor drifts estimates. MERSEA Del. 3.6.4. Ref : IFR-STR-003. Janvier 2006.
- Barbanti, R;Poulain, P-M Misura di temperatura e salinità nel Mar Mediterraneo mediante profilatori lagrangiani (2000-2006) (March 2007) - EGITTO - MEDARGO. REL. OGS 2007/21 OGA 6 SIRE, Trieste, Italy, 48 pp. 2007 [Rapporto di ricerca]
- Billant A., H. Mercier, 2002: Contribution à l'évaluation des la métrologie des profileurs PROVOR CT-F2, Rapport interne DRO/DOPS/LPO 06-13.
- Billant A., 2003: Complément à l'évaluation des la métrologie des profileurs PROVOR CT-F2, Rapport interne DRO/DOPS/LPO 03-03.
- Charraudeau R. et F. Gaillard, 2007 : Bilan du contrôle qualité effectué lors de la préparation de l'analyse ISAS-V4. Rapport interne LPO 07-08.

- Charraudeau, R. , Gaillard, F.: ISAS-V4, Mise en place de la configuration. Rapport LPO-07-09.
- David N., 2007 : Traitement en temps différé des flotteurs Argo des campagnes Ovide04 et Ovide06. Rapport de Projet de Fin d'Etude ENSIETA, Encadrement V. Thierry.
- Gabaldon, F. Gaillard, T. Carval : Evaluation of the Coriolis data base, first analysis for year 200-2001. Rapport Coriolis, mai 2002
- Gaillard, F. :Synthesis of indicators over the gloal ocean: Data/model comparison. MERSEA del. 5.4.8. July 2008.
- Gaillard, F. and R. Charraudau: ISAS-V4: Organisation et mise en oeuvre. Rapport LPO-08-02.
- Gaillard, F. and R. Charraudeau: ISAS-V4.1b: Description of the method and user manual. Rapport LPO 08-03
- Gaillard, F. and R. Charraudeau: New climatology and statistics over the global ocean. MERSEA del. 5.4.7. June 2008.
- Gaillard, F. et E. Autret : Climatologie et statistique de l'Atlantique Nord. Projet GMMC 2003. Septembre 2006.
- Gaillard, F.: Collection of new climatologies and statistics over the Atlantic, identification of key data for the physical parameters. MESEA Del. 5.4.2 (D8.1.2) Ref: [MERSEA-WP05-IFR-STR-0022-00A, April 2007.
- Galaup P., 2006 : Contrôle qualité en temps différé des profils Argo en Atlantique Nord. Rapport interne OPS/LPO 06-05.
- Galaup, P. F. Gaillard and V. Thierry: Comparison of ARGO profilers corrections with calibrations. MERSEA Del 3.6.6. Ref: CNRS-STR-002, février 2006;
- Mattio S., 2007: Fonctionnement à la mer des flotteurs Argo déployés par Coriolis- Bilan 2006. Rapport d'étude du SHOM, n°480 EPSHOM/CIS/IES/NP.
- Poulain, P.-M.; Barbanti, R.; Taupier-Letage, I. Comparison between ship-based and Argo CTD profiles in the Eastern Mediterranean Sea (April 2006) - EGITTO . REL. OGS 2007/20 OGA 5 SIRE, Trieste, Italy, 45 pp. 2007 [Rapporto di ricerca]
- Teinturier S., Pennel R., A. Stegner, K. Béranger, L. Mortier, T. Pichon (2008) Impact de la bathymétrie sur la génération des instabilités des courants côtiers: confrontation entre modèle numérique et expériences en laboratoire Rapport interne DGA, ENSTA.
- Thierry V. and S. Le Reste, 2009: Surface pressure in the Argo fleet of the Coriolis DAC. CREST Argo projet. LPO report 09-05.
- Thierry, V., F. Gaillard, H. Mercier, M. Ollitrault, S. Speich. Avril 2009. Commentaires et recommandations sur le développement de flotteurs profileurs profonds. Rapport LPO 09-04.

Thèses

- Barré, N, 2008: Variabilité de l'océan austral au Passage de Drake à partir de données in situ et satellitales, Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris, France. Encadrement :C. Provost.

- De Boisséson E., 2010 : Les eaux modales du gyre subpolaire de l'Atlantique Nord : origine, formation et variabilité. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité : océanographie physique, Brest, France. Encadrement : V. Thierry, H. Mercier.
- De Boyer Montégut C., 2005 : Couche mélangée océanique et bilan thermohalin de surface dans l'océan Indien Nord. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris, France. Encadrement : G. Madec.
- Forget G., 2004 : Profils Argo et assimilation 4DVAR pour le suivi climatique de l'océan Nord Atlantique. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité : océanographie physique, Brest, France. Encadrement : B. Ferron, H. Mercier.
- Guinehut, S., 2002: Vers une utilisation combinée des données altimétriques et des mesures des flotteurs profilants. Thesis, Toulouse University, France.
- Hénoqc C., 2009 : Préparation de l'étalonnage et de la validation des mesures de salinité SMOS : de l'influence de la stratification verticale de la salinité. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris, France. Encadrement : J. Boutin.
- Sallée J.-B., 2007: Les eaux modales de l'océan Austral. Thèse de l'Université III Paul Sabatier, spécialité : océanographie physique, Toulouse, France. Encadrement R. Morrow.
- Tanguy, Y (thèse en cours) : Variabilité des transferts océaniques en Atlantique tropical (ARAMIS). Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris, France. Encadrement : S. Arnault.
- Wade M., (thèse en cours) : Caractérisation des couches limites atmosphériques et océaniques lors des expériences EGEE/AMMA. Thèse de l'Université III Paul Sabatier, spécialité : océanographie physique, Toulouse, France. Encadrement : Yves du Penhoat et Guy Caniaux (Meteo-France)