

## Dossier à remplir pour le bilan et la labélisation 2015-2019 d'un Service National d'Observation

---

**Nom du service: PIRATA** (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic)

**Nom du responsable : BOURLÈS Bernard**

Chercheur en Océanographie physique à l'IRD  
Directeur de Recherche (DR1)

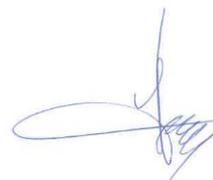
**Laboratoire : LEGOS**, UMR5566 CNES/CNRS/IRD/UPS)  
18 Avenue Edouard Belin 31401 Toulouse cedex 9, FRANCE

**OSU ou Etablissement/organisme de rattachement :**  
IRD/LEGOS (UPS/OMP)

**Signature du responsable : Bernard BOURLÈS**



**Signature du directeur OSU gestionnaire (ou  
Etablissement/organisme de rattachement) : Yves MOREL**  
(directeur du LEGOS)



---

**Autres laboratoires et OSU intervenant dans le fonctionnement du service (pour chaque laboratoire concerné ou équipe impliquée, indiquer en deux lignes maximum, le mode d'intervention, hors exploitation scientifique) :**

1. Unité de Service 191 IMAGO / IRD : Maintenance annuelle des mouillages météo-océaniques et courantométriques du réseau PIRATA, logistique des campagnes, traitement des données (hydrologie, courant, chimie) acquises pendant les campagnes annuelles. Maintenance de la station marégraphique de São Tomé (avec l'INSU).
2. UMR LOCEAN et DT INSU (Meudon) pour l'extension CO2 (capteurs CARIOCA)
3. Fortes collaborations avec la NOAA (AOML/Miami et PMEL/Seattle, USA), partenaire de PIRATA international.
4. Fortes collaborations avec l'UFPE (LOFEC/Recife, Brésil) et l'INPE (Brésil), partenaires de PIRATA international.
5. Fortes collaborations avec le GEOMAR (Kiel/Allemagne) pour les interventions sur le site 23°W-0°N, et dans le cadre de PREFACE et AtlantOS.
6. Météo-France : soutien financier et collaborations scientifiques (CNRM/GAME).
7. CORIOLIS : Collecte et transmission opérationnelle des données, archivage et intégration dans des bases de données ; fourniture de sondes XBT et profileurs ARGO pour leur déploiement pendant les campagnes dédiées.

## **Préambule :**

En raison de l'extension aux mesures CO<sub>2</sub> (capteurs CARIOCA aux sites 6°S-10°W et 8°N-38°W) proposée par Nathalie Lefèvre (IRD/LOCEAN) et avalisée en 2011 par la CSOA, chaque rubrique est constituée de 2 composantes : la 1<sup>ère</sup> est relative au réseau PIRATA et à son extension à la bouée 6°S-8°E, également avalisée en 2011, rédigée par le responsable du SO (Bernard Bourlès), et la 2<sup>nde</sup> relative aux mesures CO<sub>2</sub>, rédigée par Nathalie Lefèvre.

---

# BILAN

---

## Le contexte, les motivations et les objectifs scientifiques.

---

### RESEAU PIRATA :

La variabilité climatique du couplage océan-atmosphère dans l'Atlantique tropical, de l'échelle saisonnière à l'échelle multi-décennale, influe fortement sur les hydro-climats (variations pluviométriques) régionaux, et par voie de conséquence sur les économies des régions continentales environnantes (Afrique de l'ouest et Nordeste au Brésil en particulier). La variabilité interannuelle de l'Atlantique tropical peut principalement se décomposer en deux modes climatiques : un mode équatorial liée à la dynamique propre des régions équatoriales et un mode méridien (ou inter-hémisphérique), lié essentiellement aux anomalies de température de surface de l'océan (SST) de part et d'autre de la zone intertropicale de convergence (ITCZ). Ce second mode est souvent décrit comme un gradient méridien d'anomalies de SST. De plus, il existe de nombreuses oscillations pas encore bien identifiées à l'intérieur du bassin, ce qui perturbe l'identification de ces deux types de variabilité.

En plus de la forte influence climatique du couple océan-atmosphère sur les proches régions continentales de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, la partie nord de l'Atlantique tropical est le siège de la genèse des cyclones qui sévissent ensuite sur les régions des Antilles et du sud-est des Etats-Unis. Le rôle des conditions océaniques dans cette zone de cyclogenèse est encore mal cerné. On sait aussi qu'il existe une liaison entre les circulations océanique et atmosphérique des régions tropicales et celles des zones tempérées de l'Atlantique ainsi qu'un lien avec les oscillations tropicales du Pacifique liées à El Niño-Southern Oscillation (ENSO).

Les principales questions scientifiques à résoudre sont :

- (i) Quels sont les mécanismes de forçage et de couplage entre les composantes atmosphérique et océanique sur l'Atlantique tropical ? En particulier quels sont les mécanismes de contrôle de la SST ? Et quels sont les mécanismes de contrôle des flux de chaleur ?
- (ii) Quelles sont les influences de ces flux de chaleur (et de quantités de mouvement : le vent) sur la variabilité (position, intensité) de l'ITCZ et sur les systèmes convectifs à l'est (en lien avec la mousson de l'Afrique de l'Ouest), et à l'ouest du bassin (en lien avec les pluies sur l'Amérique du Sud et le Nordeste) ?
- (iii) Quelle est la relation entre la variabilité de la SST et celle du contenu thermique en Atlantique tropical, et quelle est son influence sur les divers modes de variabilité de cette région ? Quelle est en particulier la relation dynamique entre les pôles nord et sud du mode de variabilité inter-hémisphérique de l'Atlantique et entre celui-ci et le mode équatorial ?
- (iv) Quelles sont les téléconnexions et leurs mécanismes entre la variabilité dans la région de l'Atlantique tropical et la variabilité dans d'autres régions (ENSO, Oscillation Nord-Atlantique, variabilité Atlantique sud, ...) ?

Dans ce contexte, le programme PIRATA a plus spécifiquement pour objectifs :

- D'améliorer la description de la variabilité saisonnière à interannuelle des couches limites atmosphérique et océanique (étendue à la couche 0-500 m) en Atlantique tropical ;

- D'améliorer notre compréhension des contributions relatives des flux de surface et de la dynamique océanique dans la variabilité de la SST et du contenu thermique de subsurface aux échelles intra-saisonnières à interannuelles ;
- De fournir un ensemble de données utilisables pour développer et améliorer les modèles de prévision du système couplé océan-atmosphère ;
- De documenter les interactions entre le climat de l'Atlantique tropical et la variabilité climatique en dehors de cette région ;
- De maintenir (et si possible développer) un réseau de bouées océaniques et de collecter et transmettre un jeu de données océaniques et atmosphériques, en temps réel via satellites, afin de suivre et d'étudier l'océan superficiel et l'atmosphère en Atlantique tropical et d'alimenter en données *in situ* les systèmes opérationnels.

#### Rappels de l'historique de PIRATA :

Le programme expérimental PIRATA a été mis en place en 1997 dans l'océan Atlantique tropical (*Servain et al., BAMS, 79, 2019-2031, 1998*). Il s'est développé dans le cadre du programme international CLIVAR et implique des équipes scientifiques de trois pays : la France (IRD, Météo France, et avec la participation de l'IFREMER et du CNRS/INSU), le Brésil (DHN et INPE) et les USA (NOAA/PMEL et NOAA/AOML). Le Service National d'Observation PIRATA constitue donc la composante française d'un observatoire international. Après une phase « pilote » de 1997 à 2001 (d'où le nom initial du programme : « *Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic* »), les organismes partenaires (IRD, Météo-France, INPE, DHN et NOAA) se sont engagés via un Memorandum Of Understanding -MoU- en 2001 et le programme a été mené dans une phase de consolidation jusqu'à fin 2005. En novembre 2005, les partenaires ont affirmé leur volonté de continuer à soutenir le programme, qui a été évalué très positivement dans son intégralité en 2006 par CLIVAR et OOPC, à partir d'un document rédigé par les membres du Comité Scientifique International (*Bourlès et al.: Accomplishments of PIRATA 1997-2005: Status and perspectives, 89pp, avril 2006*). Par ailleurs la NOAA s'était engagé dès 2005 sur le financement des bouées jusqu'en 2008, le temps de définir les conditions de la continuation du projet via la finalisation d'un nouveau MoU en 2007-2008 (le précédent MoU s'achevait fin 2005 et avait été prolongé de deux ans afin d'assurer la continuité du programme). Un nouveau MoU a été finalisé par le PIRATA international Scientific Steering Group (PIRATA SSG) et le PIRATA Resources Board (PIRATA PRB) en 2008 et signé en février 2009 lors du meeting annuel PIRATA/Tropical Atlantic Variability. C'est en 2008 que l'intitulé du programme a été modifié en « *Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic* » (*Bourlès et al., BAMS, 89(8), 1111-1125, 2008*). Lors du meeting annuel PIRATA de 2013, le renouvellement du MoU (arrivant à terme en juillet 2014) a été discuté et il a été prolongé par avenant le 25 juillet 2014 pour une durée de 5 ans, soit jusqu'en juillet 2019.

En France, la composante française de l'observatoire PIRATA avait le label ORE (Observatoire de Recherche de l'Environnement) de 2001 à 2009. Fin 2009, PIRATA a été évalué positivement par le CIO-E et obtenu en 2010 le label SOERE (Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la Recherche en Environnement). En 2011, PIRATA a obtenu le label SO-OA (Service d'Observation Océan-Atmosphère), avec les extensions d'une 6<sup>ème</sup> bouée ATLAS à 6°S-8°E et aux mesures des paramètres du CO<sub>2</sub> au site 6S-10°W. PIRATA constitue depuis une des composantes du SOERE CTDO2 (Coriolis-Temps Différé Observations Océaniques).

## EXTENSION CO<sub>2</sub> :

L'océan est, en moyenne, un puits important de CO<sub>2</sub> pour l'atmosphère. Son comportement face à l'augmentation continue du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère reste cependant très peu connu. Certaines études montrent une décroissance du puits de CO<sub>2</sub> en Atlantique nord (e.g. Lefèvre et al., 2004 ; Schuster and Watson, 2007) mais la complexité des variations de fugacité de CO<sub>2</sub> (fCO<sub>2</sub>) dans l'océan ne permet pas de dégager une tendance précise. La communauté internationale a donc initié des réseaux d'observations de fCO<sub>2</sub> dans l'océan en installant des systèmes de mesures autonomes sur navires marchands et en suivant la variabilité de fCO<sub>2</sub> à différents sites. Des navires marchands ont ainsi été équipés d'un système autonome pour la mesure en continu fCO<sub>2</sub> dans l'océan et dans l'atmosphère. Pendant le projet CARBOOCEAN (FP6, 2005-2009), deux navires marchands et deux bouées instrumentées du réseau PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) ont été équipés d'un système autonome pour la mesure en continu de la fugacité de CO<sub>2</sub> dans l'océan de surface.

Suite à l'avis du CS LEFE de pérenniser ces observations de CO<sub>2</sub> jugées très importantes, une demande de labellisation a été faite en 2010 et a abouti à une labellisation, en janvier 2011, comme extension CO<sub>2</sub> à PIRATA pour les bouées et extension CO<sub>2</sub> à SSS pour les observations des navires marchands.

Ces observations devraient à terme être intégrées dans la composante océanique de l'infrastructure européenne ICOS (Integrated Carbon Observation System) qui est en cours de montage.

Les principaux objectifs scientifiques de ce réseau d'observations de l'océan Atlantique sont de mieux quantifier la variabilité du flux de CO<sub>2</sub> à l'interface air-mer et de déterminer l'évolution à long terme du CO<sub>2</sub> dans l'océan face à l'augmentation continue du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Les données collectées sont rassemblées dans une base internationale pour contribuer à la synthèse des données effectuée dans le cadre du projet international SOCAT (Surface Ocean CO<sub>2</sub> Atlas project). Les données sont également utilisées pour établir le bilan annuel de carbone au niveau global (e.g. LeQuéré et al., 2014).

---

## Les missions du Service d'Observation

Description exhaustive du service en termes de sites et paramètres. Privilégier une présentation concise (tableau, carte). Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs. Cette description doit se limiter au périmètre du service labélisé en 2010

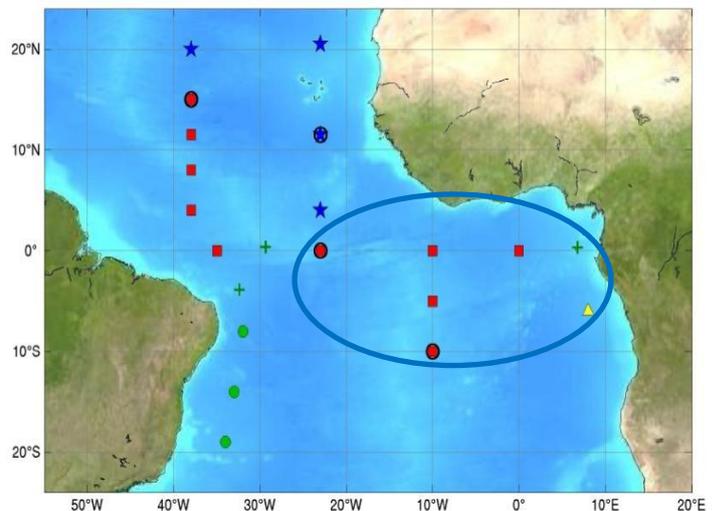
### RESEAU PIRATA :

De 1997 à 2005, PIRATA a développé et maintenu un réseau de 10 bouées de mesures météo-océaniques de type ATLAS (identiques à celles utilisées dans le Pacifique; voir <http://www.pmel.noaa.gov/tao/index.shtml>), dont la position géographique est adaptée pour l'étude et le suivi des modes de variabilité climatiques dominants (équatorial et méridien). De 2005 à 2007, le réseau PIRATA (voir figure ci-dessous) s'est développé via i) trois bouées ATLAS supplémentaires installées dans la région Sud-Ouest du bassin Atlantique Tropical au large de Brésil et maintenues par ce pays, ii) quatre bouées supplémentaires dans la région Nord et Nord-Est du bassin tropical maintenues par les USA.

L'extension Sud-Est au large du Congo (à 6°S-8°E), présentée par l'Afrique du Sud (Université de Cape Town) et soutenue financièrement pendant un an par le BCLME (Benguela Current Large Marine Environment), et déployée par la France entre juin 2006 et juin 2007, est désormais également maintenue par le SO PIRATA depuis juin 2013.

Ainsi, en 2010 le réseau PIRATA regroupait 17 bouées ATLAS, et également deux mouillages courantométriques (à l'équateur, aux longitudes 23°W et 10°W), des stations météorologiques (à São Tomé, Fernando de Noronha et St Pierre St Paul) et un marégraphe (à São Tomé). Depuis 2013, le réseau comporte 18 bouées, dont 6 sous responsabilité du SO.

*Réseau du programme PIRATA : les bouées ATLAS du réseau de base sont représentées par des carrés rouges. Les trois bouées ATLAS de l'extension Sud-Ouest sont représentées par des cercles verts, et les quatre bouées ATLAS de l'extension Nord-Est sont représentées par des étoiles bleues. L'extension Sud-Est est représentée par un triangle jaune. Les croix vertes représentent les sites d'observations installés sur des îles (marégraphe et stations météorologiques). Les bouées ATLAS entourées d'un cercle noir sont équipées de baromètres et radiomètres ondes-longues. Deux mouillages courantométriques sont également maintenus à l'équateur aux longitudes 23°W et 10°W (PIRATA-France). La partie du réseau sous la responsabilité du SO PIRATA est encerclée.*



La France, via le SO PIRATA, a la charge opérationnelle de :

- 5 bouées ATLAS le long de l'équateur aux longitudes 23°W, 10°W et 0°E et le long de 10°W à 10°S et 6°S. Les bouées ATLAS sont équipées de capteurs météorologiques et océaniques. Depuis 2013, une 6<sup>ème</sup> bouée ATLAS est maintenue à 6°S-8°E, grâce au financement d'une seconde bouée (nécessaire pour sa maintenance) par le programme EU PREFACE (FP7), via le SO PIRATA ;
- un mouillage courantométrique ADCP à 23°W-0°N, à proximité de la bouée ATLAS, faisant partie du réseau PIRATA international depuis 2001;
- un mouillage courantométrique ADCP à 10°W-0°N, à proximité de la bouée ATLAS, maintenu de 2001 à 2005 en continuité du programme EQUALANT, et depuis 2006, initialement dans le cadre d'EGEE/AMMA et TACE/CLIVAR, puis maintenu dans le cadre du SO PIRATA ;

- un marégraphe à São Tomé, installé par l'ORSTOM dès 1989 pour les besoins des programmes de recherche sur le climat (TOGA, WOCE, CLIVAR). Ce marégraphe, relié à une balise Argos pour la transmission de données en temps réel, fait partie intégrante du réseau PIRATA depuis 1997. Il avait été positionné par GPS pour le programme international GLOSS en décembre 2002 ;
- une station météorologique à São Tomé, depuis octobre 2003, et un capteur de température de surface de la mer à proximité, depuis septembre 2005, installés dans le cadre initial d'EGEE/AMMA puis intégrés à PIRATA depuis 2008.
- les capteurs des paramètres du CO<sub>2</sub> (CARIOCA), installés depuis 2006 sur la bouée ATLAS située à 6°S-10°W (PI : Nathalie Lefèvre, IRD/LOCEAN) ; mesures labellisées en 2011 et détaillées au long de ce document.

Les tâches réalisées par le SO PIRATA depuis la dernière évaluation (voir le document transmis en 2010) sont décrites ci-dessous selon les types d'instruments mis en œuvre.

1) Bouées météo-océaniques ATLAS :

La maintenance du réseau PIRATA nécessite des campagnes océanographiques annuelles, indispensables pour remplacer les bouées ATLAS. Les 5 campagnes annuelles (résumées dans le tableau ci-dessous) menées depuis 2010 ont permis de maintenir avec succès l'ensemble des 5 bouées ATLAS sous la responsabilité du SO. La réalisation de ces campagnes (d'une durée de 45 jours environ par an) nécessite de suivre tous les ans les procédures usuelles pour l'obtention du temps navire, relativement simplifiées du fait que PIRATA est un SO (évaluation scientifique complète par la CNFH des dossiers de demande de campagne seulement tous les 4 ans).

Nom de la campagne	Navire	Dates	Chefs de mission
PIRATA FR 20	ANTEA	13/09 – 22/10/2010	Jacques GRELET
PIRATA FR 21	SUROIT	01/05 – 16/06/2011	B.BOURLES/J.GRELET
PIRATA FR 22	SUROIT	19/03 – 02/05/2012	B.BOURLES/J.GRELET
PIRATA FR 23	SUROIT	09/05 – 20/06/2013	B.BOURLES/J.GRELET
PIRATA FR 24	SUROIT	09/04 – 22/05/2014	B.BOURLES/Y.GOURIOU

Les bouées de type ATLAS sont toutes équipées des capteurs suivants (version « standard » minimale) :

- Mesures océaniques :

Capteurs de température à 1, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 180, 300 et 500 m ;

Capteurs de salinité à 1, 20, 40 et 120 m ;

Capteurs de pression à 300 et 500m.

- Mesures atmosphériques :

Température de l'air ;

Humidité relative ;

Vent (vitesse et direction) ;

Radiation ondes courtes ;

Pluviométrie.

A noter que les bouées situées à 23°W-0°N, 10°W-10°S (depuis 2005) et 6°S-8°E (depuis juin 2013), sont également équipées de capteurs i) de température à 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 180, 300 et 500 m; ii) de salinité à 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80 et 120 m ; iii) de radiation ondes longues, iv) de pression atmosphérique et v) de courant horizontal à 12m de

profondeur. Elles constituent des bouées de référence pour OceanSITES (<http://www.oceansites.org/OceanSITES/>).

Le suivi du fonctionnement de chacun de ces capteurs est disponible sur le Web (site PIRATA de la NOAA/PMEL) à l'adresse suivante : [http://www.pmel.noaa.gov/pirata/pir\\_status.html](http://www.pmel.noaa.gov/pirata/pir_status.html).

A noter que les mouillages équatoriaux dans le Golfe de Guinée, à 10°W et 0°, ont présenté au début du programme de fréquentes périodes pendant lesquelles les bouées ne fonctionnaient pas, ayant été l'objet de vandalisme. Elles se trouvent en effet dans des zones d'upwelling équatorial et jouent le rôle de DCP (Dispositifs à Concentration de Poisson). La concentration importante de poissons présente sous ces bouées attire les flottilles de pêche. Cependant, ces actes de vandalisme semblent être de moins en moins nombreux depuis 2003, et aucune disparition ou destruction de bouées n'ont été constatée depuis 2008.

Le tableau ci-dessous résume les périodes de fonctionnement des 6 bouées sous la responsabilité du SO, depuis le début du programme jusqu'en décembre 2014. Ce tableau montre notamment que, à part pendant 5 mois en 2010 sur le site 0°W-0°N, toutes les bouées ont parfaitement fonctionné sur la période 2010-2014.

Mouillage PIRATA	Période de fonctionnement
23°W-0°N	01/1999 - 12/2014
10°W-0°N	09/1997 - 11/1997
	02/1999 - 12/2000
	11/2001 - 01/2002
	01/2003 - 03/2004
	06/2005 - 01/2006 *
	06/2006 - 12/2014 ***
10°W-6°S	01/1999 - 09/2005 **
	06/2006 - 12/2014
10°W-10°S	01/1999 - 12/2014
0°W-0°N	01/1998 - 12/1998
	08/2000 - 01/2002
	01/2003 - 04/2004
	06/2005 - 04/2008 ****
	09/2008 - 04/2010 *****
	09/2010 - 12/2014
8°E-6°S	06/2006 - 07/2007
	06/2013 - 12/2014

\* Grâce aux contacts établis dans le cadre du programme EGEE/AMMA avec des partenaires de différents pays d'Afrique de l'ouest (notamment Bénin, Togo, Ghana, Nigeria, Côte d'Ivoire), la bouée de 10°W-0°N partie en dérive en janvier 2006 (suite à du vandalisme lié aux activités de pêche) a pu être suivie et sa partie supérieure récupérée au large du Ghana grâce à des collègues de l'institut des pêches d'Accra et l'intervention de la Marine de ce pays. Les capteurs atmosphériques et l'émetteur ARGOS ont ainsi pu être expédiés aux USA à la NOAA/PMEL.

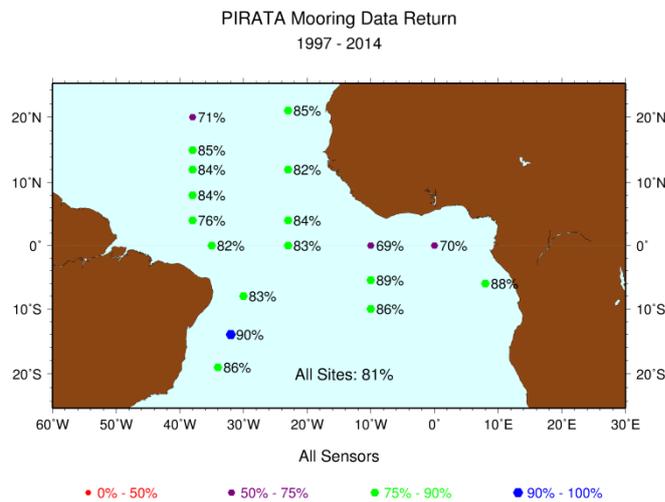
\*\* La bouée à 10°W-6°S a subi en septembre 2005 des dommages suite à du vandalisme lié aux activités de pêche. De fait, tous les capteurs atmosphériques et l'émetteur ARGOS ont été complètement détériorés, et donc aucun paramètre atmosphérique n'est disponible pendant cet intervalle de temps. Par contre, les mesures océaniques ont pu être récupérées.

\*\*\* Une intervention en janvier 2008 du N/O US Swift a permis de remettre des capteurs atmosphériques à 10°W-0.

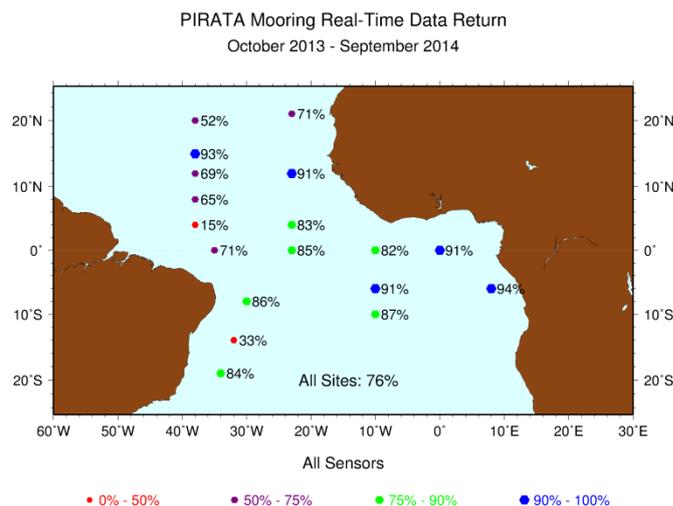
\*\*\*\* La bouée 0-0, après 3 années sans problème, a disparu en avril 2008. Remplacée début septembre 2008 pendant PIRATA-FR18, elle a de nouveau subi des actes de vandalisme 10 jours après et redéployée fin septembre 2008 pendant la même campagne dont le programme a dû être modifié.

\*\*\*\*\* La bouée 0-0 n'a plus émis de signal à partir du 20 avril 2010. Vandalisée, mais sur place, elle a été récupérée par le R/V Ron Brown pendant un transit une semaine plus tard, le 27 avril 2010. Elle a été redéployée en septembre 2010.

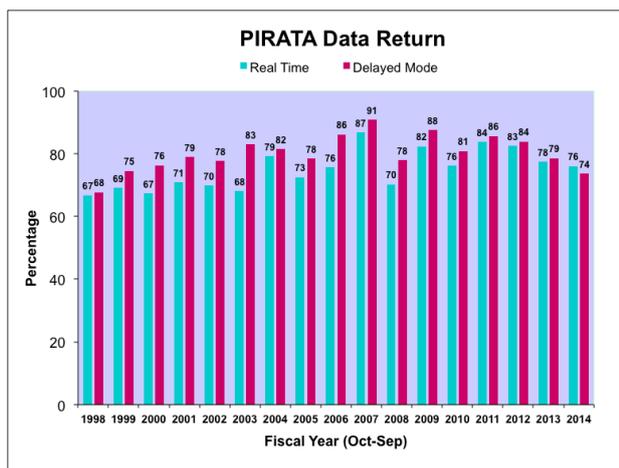
La figure ci-dessous présente le taux de retour des données en temps différé, soit le total des données disponibles et transmises en temps réel et des données transmises après calibration des capteurs, établi pour l'ensemble de la période de septembre 1997 à septembre 2014 (soit quasiment sur l'ensemble de la durée du programme). Sur l'ensemble du réseau, le taux de retour est de 81%, ce qui est très satisfaisant au vu notamment du grand nombre de capteurs installés sur les bouées et équivalent, voire meilleur, de celui obtenu par le réseau TAO dans le Pacifique. On peut constater (via les valeurs les plus faibles) l'influence des problèmes de vandalisme rencontrés avant 2008 aux deux bouées situées dans le Golfe de Guinée à l'équateur. Cependant, le taux pour ces deux bouées a été ces dernières années du même ordre de grandeur que pour les autres (voire même supérieur à 90% à 0°E-0°N l'an dernier).



Ceci est illustré sur la figure ci-dessous qui montre le taux de retour en temps réel des bouées PIRATA sur la période d'octobre 2013 à septembre 2014. Elle montre la nette progression du taux de retour dans le Golfe de Guinée (la période 2011-2012 était la 1<sup>ère</sup> pour laquelle le taux de retour au site 0°N-0°E est devenu supérieur à 90% !). Le taux global est de 76% (un des plus faibles de ces dernières années) mais est surtout expliqué par les faibles taux observés en 2 sites à l'ouest, dus à une panne de transmission pour un site et une bouée partie en dérive quelques mois seulement après son déploiement pour le second. En tenant compte des données qui seront transmises en temps différé (donc après récupération des mouillages et validation à la NOAA/PMEL) à l'issue des dernières campagnes effectuées en 2014, ce taux devrait être largement plus élevé sur l'ensemble de cette période.

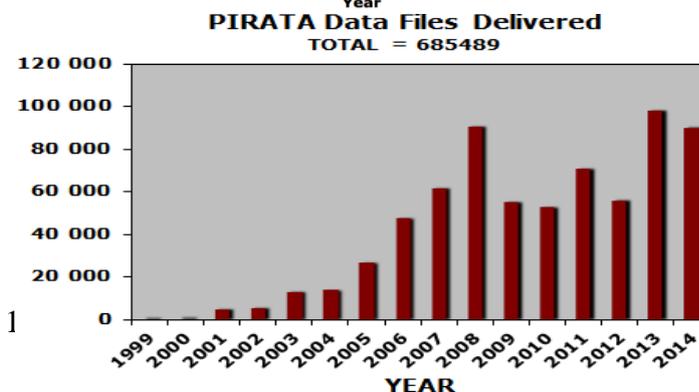
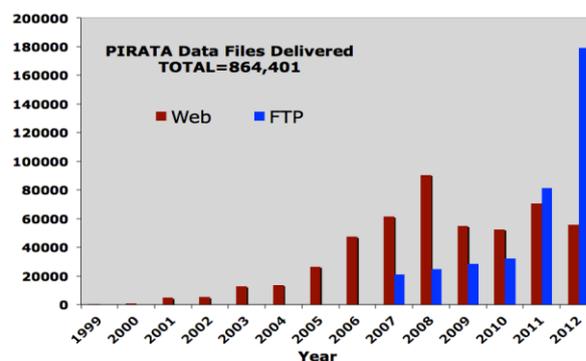


L'évolution, d'octobre 1998 à septembre 2014, du taux (pourcentage) de retour des données en temps réel et en temps différé présentée sur la figure ci-jointe montre une augmentation régulière de ces taux jusqu'en 2007, signature d'une meilleure fiabilité de l'ensemble des capteurs et de l'augmentation du nombre de bouées dans des zones de faible risque (Nord et Ouest). Les actes de vandalisme ont été notables en 2008, dans le Golfe de Guinée (0°- 0°), à 12°N-23°W (perte d'un mouillage) et à 19°S-34°W (disparition des capteurs météorologiques), d'où la nette baisse observée en 2008. En 2010, la bouée située à 0°-0° a de nouveau été vandalisée en avril mais récupérée quelques jours plus tard avec l'ensemble des capteurs. La bouée située à 8°N-38°W a également été vandalisée et récupérée quelques jours plus tard sans les capteurs de subsurface. La bouée située à 0°N-23°W a également été vandalisée en surface courant 2011 induisant la perte de toutes informations météorologiques depuis le mois de juillet. En 2012, plusieurs problèmes de capteurs ont été rencontrés sur 3 bouées situées hors du Golfe de Guinée: la bouée à 4°N-23°W n'a plus transmis de données à partir de mai, et les bouées situées à 4°N et 20°N le long de 38°W ont eu plusieurs problèmes de capteurs ; de plus les campagnes des USA et du Brésil en 2012 ont dû être retardées début 2013... tout ceci explique la légère baisse du taux de retour de données en 2012-2013, mais le taux de retour de 78-79% en 2013 reste très satisfaisant. Il faut également mentionner que la situation aux USA explique en grande partie cet état de fait, depuis l'arrêt de fonctionnement (en juin 2012) du navire de la NOAA dédié à la maintenance du réseau TAO dans le Pacifique, non remplacé. Depuis cette période, le N/O Ron Brown (habituellement utilisé dans l'Atlantique) a été mis en priorité dans le Pacifique et le délai de réalisation des campagnes PIRATA-US dans l'Atlantique est lié au temps nécessaire pour l'affrètement d'un autre navire. A noter enfin que le taux en temps différé de 2014 n'est pas définitif car ne tient pas compte des observations qui auront été transmises une fois que les données acquises sur la période auront été traitées (ce qui ne peut se faire que quelques mois après les campagnes réalisées en 2014).



En 2010, la bouée située à 0°-0° a de nouveau été vandalisée en avril mais récupérée quelques jours plus tard avec l'ensemble des capteurs. La bouée située à 8°N-38°W a également été vandalisée et récupérée quelques jours plus tard sans les capteurs de subsurface. La bouée située à 0°N-23°W a également été vandalisée en surface courant 2011 induisant la perte de toutes informations météorologiques depuis le mois de juillet. En 2012, plusieurs problèmes de capteurs ont été rencontrés sur 3 bouées situées hors du Golfe de Guinée: la bouée à 4°N-23°W n'a plus transmis de données à partir de mai, et les bouées situées à 4°N et 20°N le long de 38°W ont eu plusieurs problèmes de capteurs ; de plus les campagnes des USA et du Brésil en 2012 ont dû être retardées début 2013... tout ceci explique la légère baisse du taux de retour de données en 2012-2013, mais le taux de retour de 78-79% en 2013 reste très satisfaisant. Il faut également mentionner que la situation aux USA explique en grande partie cet état de fait, depuis l'arrêt de fonctionnement (en juin 2012) du navire de la NOAA dédié à la maintenance du réseau TAO dans le Pacifique, non remplacé. Depuis cette période, le N/O Ron Brown (habituellement utilisé dans l'Atlantique) a été mis en priorité dans le Pacifique et le délai de réalisation des campagnes PIRATA-US dans l'Atlantique est lié au temps nécessaire pour l'affrètement d'un autre navire. A noter enfin que le taux en temps différé de 2014 n'est pas définitif car ne tient pas compte des observations qui auront été transmises une fois que les données acquises sur la période auront été traitées (ce qui ne peut se faire que quelques mois après les campagnes réalisées en 2014).

La première figure ci-jointe (en haut) présente le nombre de fichiers de données PIRATA transmis via la page web du PMEL de 1999 à 2012 (barres marrons) et via le ftp du PMEL depuis 2007 (barres bleues). La seconde figure ci-jointe (en bas) présente le nombre de fichiers de données PIRATA transmis via la page web du PMEL de 1999 à 2014. Les données reçues directement au PMEL par ARGOS et celles transmises par ARGOS sur le SMT sont prises en compte. Jusqu'en mai 2005, la fréquence d'observations acquises par rapport au nombre théorique maximal de données par bouée restait faible (10 à 20%)



principalement en raison de la durée limitée des fenêtres d'émission des données vers les satellites ARGOS. Cependant, depuis mai 2005, le nombre de satellites ARGOS a augmenté et la fenêtre de transmission des bouées ATLAS a été élargie à 16h par jour, ce qui a permis le quadruplement, voire le quintuplement, de la fréquence d'observations acquises et de la transmission de données par ARGOS. Ceci a permis d'accroître également le nombre de données mises à disposition à la communauté scientifique via la page web du programme PIRATA. Le pic observé en 2008 peut s'expliquer par les nombreuses expériences numériques effectuées suite aux années d'observation du programme AMMA (2005-2007). La diminution du nombre de fichiers transmis via la page web à partir de 2009 s'explique par la possibilité de récupérer les fichiers également via ftp depuis 2007, dont le nombre augmente régulièrement. Depuis 2011, la forte augmentation de données transmises par ftp s'explique par le fait que le JAMSTEC utilise désormais également le site ftp du PMEL pour récupérer les données PIRATA, ce qui est très marqué en 2012, où l'on commence à noter une baisse sensible des données récupérées directement via le web. Par contre, on note une nette augmentation en 2013 et 2014 du nombre de fichiers transmis via la page web, suggérant une importance scientifique croissante de l'utilité du réseau PIRATA. Cette augmentation peut être liée à la mise en place du programme EU PREFACE (lancé en novembre 2013) ayant incité des expériences numériques sur le climat en Atlantique et sur le biais observé dans l'Atlantique Sud-Est dans les simulations numériques couplées.

## 2) Mouillages courantométriques :

Les deux mouillages courantométriques ADCP situés à 23°W-0°N et 10°W-0°N, à proximité de bouées ATLAS, sont également maintenus lors des campagnes dédiées à la maintenance du réseau, mais sont remplacées généralement tous les 2 ans.

- Le mouillage situé à 23°W-0°N est maintenu depuis 2006 par le GEOMAR. En effet, bien que toujours sous la responsabilité du SO PIRATA et équipé d'un ADCP appartenant à l'IRD, le remplacement de ce mouillage est assuré par le GEOMAR qui mène depuis 2006 un programme de mesures et maintient plusieurs mouillages courantométriques le long de la section 23°W, notamment dans le cadre du programme TACE/CLIVAR (voir <http://tace.geomar.de/index.html>), mené en étroite collaboration avec PIRATA. Ainsi, ce mouillage a été remplacé pendant les campagnes du GEOMAR en juin 2011 (après avoir été déployé en novembre 2009), octobre 2012 et mai 2014.

- Le mouillage ADCP situé à 10°W-0°N a été remplacé pendant les campagnes PIRATA FR20 (octobre 2010), FR22 (avril 2012) et FR24 (mai 2014). Equipé en 2010 de 2 ADCP positionnés vers 100m de profondeur (un orienté vers la surface et l'autre vers le fond), l'acquisition d'un nouvel ADCP en 2011 par le SO-PIRATA permet désormais d'obtenir, depuis 2012, des mesures à partir de 300m de profondeur avec les mêmes configurations qu'au mouillage situé à 23°W-0°N.

## 3) Mesures *in situ* pendant les campagnes :

PIRATA, comme mentionné dans le MoU, s'engage également à acquérir et à fournir à la communauté scientifique des mesures *in situ* hydrologiques (principalement température, salinité, et oxygène dissous, voire autres paramètres si possible) et courantométriques, notamment le long des principales radiales 38°W, 23°W et 10°W où sont positionnées plusieurs bouées ATLAS. Comme explicité plus loin, les mesures *in situ* de campagnes transmises en temps réel vers CORIOLIS vont directement bénéficier à tous les centres d'océanographie opérationnelle dans le monde, et plus particulièrement à Mercator Océan, tant dans sa composante assimilation que validation des prévisions opérationnelles. Lors de chaque campagne océanographique annuelle dédiée à PIRATA, il est donc également procédé à des mesures météo-océaniques :

### 1. Mesures en continu avec les appareils du navire :

- Mesures du courant (de 0 à 700m environ) avec le(s) courantomètre(s) à effet Doppler VM-ADCP des navires (ANTEA en 2010, SUROIT de 2011 à 2014, THALASSA en 2015) ;
- Mesures de la température et de la salinité de la surface de la mer avec le thermosalinographe des navires;
- Mesures météorologiques et de navigation à partir des centrales d'acquisition des navires.

### 2. Mesures en station :

- Stations hydrologiques et courantométriques « navire stoppé » avec profils CTD-O<sub>2</sub> (mesures en continu de la pression, de la température, de la conductivité -salinité- et oxygène dissous, entre la surface et 500m ou, le plus généralement, 2000m) et L-ADCP, notamment aux sites des bouées, le long de la radiale 10°W (tous les ½ degrés), et d'autres radiales éventuelles en fonction des campagnes. Pendant ces stations, des échantillons d'eau de mer sont également prélevés à différentes profondeurs (systématiquement les mêmes, essentiellement dans les 100 premiers mètres) pour l'analyse de différents paramètres : la conductivité -salinité- et l'oxygène dissous (nécessaires pour l'étalonnage des mesures de la CTD-O<sub>2</sub>), mais aussi les sels nutritifs (depuis 2003), et en certaines profondeurs et positions les paramètres du carbone (A<sub>T</sub>, DIC), le <sup>13</sup>C, l'O<sub>18</sub> (depuis 2004) et les pigments (depuis 2011). Ces derniers paramètres sont mesurés afin de répondre au mieux aux objectifs scientifiques de PIRATA (compréhension des processus air-mer, de la couche de mélange et de sub-surface, etc.) ainsi qu'à des objectifs d'autres SO ou programmes associés (programmes EU CARBOCEAN/CARBOCHANGE, ICOS-Ocean, SOERE Great Gases, l'ex-programme FlamenCO2/PROOF, programme LEFE OCEANS-C13), ce qui « valorise » également les temps de campagnes (pas de temps supplémentaire nécessaire pour ces mesures). Les données d'oxygène dissous peuvent également servir à la caractérisation des variations des zones de minimum d'oxygène en subsurface dans l'Atlantique tropical Est.

### 3. Opérations en route :

- Lancers de sondes XBT (acquisition de profils de température entre la surface et 800m) ;
- Déploiements de bouées dérivantes de surface (SVP-BS ; mesure de la température de la salinité à la surface de la mer et transmission quotidienne par satellite des mesures et de la position de la bouée permettant d'en déduire les courants de surface ; en collaboration avec le programme Global Ocean Observing System -GOOS- de la NOAA/USA) ;
- Déploiements (et ce depuis 2003) de profileurs autonomes dérivants (de type PROVOR, ARVOR ou APEX pour l'acquisition de profils thermohalins de la surface à 2000m tous les 10 jours), en contribution au programme et au SO ARGO et dans le cadre de CORIOLIS ;
- Prélèvements (également depuis 2003) d'eau de mer à la surface (tous les 2° de latitude ou de longitude environ) pour l'analyse de la salinité (notamment en contribution au SO SSS et dans le cadre de CORIOLIS, et pour la calibration des thermosalinographes), mais aussi des sels nutritifs, des pigments et des paramètres du carbone (DIC/A<sub>T</sub>), du <sup>13</sup>C et de l'O<sub>18</sub>.

Les campagnes PIRATA constituant aussi des plateformes d'opportunité pour d'autres opérations, il a également été procédé :

- en 2011, à la mise en œuvre de trois gliders (dont un de la DT-INSU), en collaboration avec le GEOMAR qui effectuait une campagne quasi-simultanée, dans le cadre d'une opération conjointe TACE/PIRATA ;
- en 2014, à des lancers de ballons sonde météorologiques et à l'acquisition d'air pour l'analyse des isotopes de l'oxygène (à l'aide d'un appareil PICARRO), ces deux opérations effectuées en contribution au programme national LEFE « PIRATA 2014 : couche limite et convection dans le Golfe de Guinée »).

#### 4) Marégraphe de São Tomé :

A São Tomé, île située dans le Golfe de Guinée (à 6°E sur l'équateur), une station marégraphique a été installée par l'ORSTOM (IRD) dès 1989 pour les besoins des programmes de recherche sur le climat (TOGA, WOCE, CLIVAR). Ce marégraphe, relié à une balise Argos pour la transmission de données en temps réel, fait partie intégrante d'un réseau global d'observation de l'Atlantique Tropical, et a été intégré au réseau international PIRATA dès son initiation en 1997. Il a été positionné par GPS pour le programme international GLOSS (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/programmes/gloss.info.html>) en décembre 2002. Entretenu régulièrement (une mission au moins tous les 2 ans), aucune opération sur le terrain n'avait été effectuée depuis 2009. Le marégraphe n'a plus fonctionné à partir d'août 2010 et la station marégraphique devait finalement être intégralement remplacée (soit tant l'émetteur Argos que le marégraphe). Un choix a été fait quant au remplacement de ce matériel par le système développé par le CNRS/INSU (inspiré du modèle Aanderaa), nécessitant un financement qui a été disponible en 2012. Le marégraphe a ainsi pu être remplacé fin octobre 2013. Ce marégraphe ne fonctionnant toujours pas bien, une autre mission de personnels INSU (financée par le SO PIRATA) a dû être effectuée en mai 2014, toujours sans succès à ce jour en raison de problèmes probables d'un système de contrôle entre la station de transmission et du marégraphe ; son positionnement précis par GPS a cependant pu être effectué.

#### 5) Station météorologique de São Tomé :

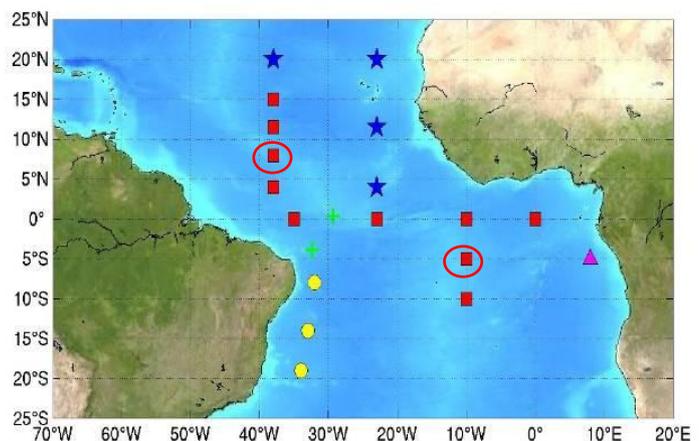
De même que pour le marégraphe, aucune opération sur le terrain n'avait été effectuée depuis 2009. La station météorologique est également tombée en panne progressivement courant 2010. Il a été décidé en 2012 d'arrêter la maintenance de cette station météorologique, faute de moyens (financiers et humains), et également d'utilisation scientifique valorisée depuis son installation en 2003 (de fait, un effet orographique, sous-évalué avant son installation, perturbait systématiquement la composante méridienne du vent mesuré -les autres paramètres étant corrects-, et les embruns endommageaient trop conséquemment les infrastructures qu'il était impossible de remplacer régulièrement à un rythme suffisant).

L'ensemble des informations relatives aux opérations menées dans le cadre du SO PIRATA et à son évolution (comptes rendus des campagnes et des meetings internationaux annuels, données, ...), ainsi que des journaux de bord rédigés en temps réel pendant les campagnes dans un but de vulgarisation, sont accessibles sur le site : <http://www.brest.ird.fr/pirata/>.

#### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

Les 2 sites équipés de capteurs CARIOCA sont situés dans les 2 principaux systèmes de courants zonaux de l'Atlantique tropical (6°S, 10°W dans le SEC, courant équatorial sud, et 8°N, 38°W dans le NECC, contre-courant équatorial nord, figure ci-dessous). Il existe une différence de teneur en CO<sub>2</sub> entre ces 2 systèmes de courants avec des eaux plus riches en CO<sub>2</sub> dans le SEC.

*Carte du réseau PIRATA indiquant les bouées équipées d'un capteur CO<sub>2</sub> (entourées en rouge).*



### *Temps réel sur bouées PIRATA*

Les données brutes suivantes sont acquises à une fréquence horaire :

- absorbances du colorant à 434 nm, 596 nm et 810 nm
- Amax (absorbance sous forme basique)
- courant de pompe
- humidité du boîtier
- concentration d'oxygène donnée par l'optode à S=0, à 1,5 m de profondeur
- températures de la sonde à oxygène, de l'air, et de la prise d'eau du capteur CO<sub>2</sub>
- pression atmosphérique
- fugacité de CO<sub>2</sub> dans l'océan (fCO<sub>2</sub>), à 1,5 m de profondeur

La transmission s'effectue en temps réel par Argos. Les différents paramètres sont récupérés et mis en ligne sur un site internet protégé (<http://www.lodyc.jussieu.fr/PirataCO2/>) afin de suivre le bon fonctionnement du capteur. Les paramètres sont visualisés graphiquement et les fichiers sont disponibles sur le site protégé. La fugacité de CO<sub>2</sub> est calculée à partir de la calibration initiale du capteur CARIOCA.

Les autres paramètres (salinité, vent, précipitation etc...) sont récupérés sur le site PIRATA. Les moyennes journalières sont disponibles en temps réel. Les paramètres à haute résolution sont disponibles après quelques mois (à années, en fonction des paramètres, et du temps mis, pour la salinité, pour étalonner les capteurs CTD dont les données sont utilisées ensuite pour calibrer ceux installés sur les bouées).

### *Temps différé sur bouées PIRATA*

Le capteur est calibré avant et après le déploiement par la DT INSU à Meudon. Les données de fCO<sub>2</sub> sont ensuite corrigées au LOCEAN après les résultats de l'étalonnage au retour du capteur.

Des échantillons d'eau de mer sont également prélevés, principalement en surface, lors des campagnes annuelles PIRATA pour l'analyse du carbone inorganique et de l'alcalinité au service national SNAPO-CO<sub>2</sub>.

---

## **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). Description des procédures de contrôle qualité. Lien avec les procédures de qualité utilisées dans les réseaux internationaux.

### RESEAU PIRATA :

Les protocoles utilisés dépendent des types de mesures et de paramètres. Nous reprenons ci-dessous les rubriques successives du chapitre précédent.

#### 1) Bouées météo-océaniques ATLAS :

Tous les détails sur les différents capteurs (atmosphériques et océaniques), les fréquences d'acquisition, la résolution et la précision des mesures, et les procédures de traitement et d'étalonnage sont explicités sur la page internet du site de la NOAA/AOML dédiée au réseau TAO ([http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj\\_over/mooring.shtml](http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml)), programme équivalent de PIRATA dans le Pacifique et mis en place dans les années 1980 (voir <http://www.pmel.noaa.gov/tao/>). Ces procédures permettent une qualité optimale des mesures au vu des contraintes spécifiques liées au terrain d'acquisition des mesures (en plein océan),

de la durée sur site des instruments, de l'énergie (batteries) et des capacités de stockage des mesures sur site. Un résumé des instruments et des traitements est fourni dans l'annexe 1 (en anglais).

Pour résumer, le protocole suit la chronologie suivante :

- Mesures et sauvegarde *in situ* de chacune des variables acquises à haute fréquence (de 1mn à 1h selon les paramètres) ;
- Intégration sur les dernières 24 heures de l'ensemble de ces variables via un système centralisateur travaillant par interrogations successives des capteurs ;
- Télétransmission satellitale (bi-quotidienne jusqu'en 2005 soit 8h par jour ; quadri-quotidienne depuis 2005, soit 16h par jour) des valeurs intégrées journalières via Argos; mise à disposition des informations sur le réseau international SMT (Système mondial de télécommunications ; ou GTS -Global Telecommunications System- en anglais) pour l'exploitation en temps réel ;
- Validation et traitement des données transmises en temps réel au PMEL/NOAA (USA) ;
- Mise à disposition gratuite de ces données quotidiennes auprès de la communauté scientifique par le PMEL via un site ftp 'anonymous' (<ftp://ftp.pmel.noaa.gov/taodata/>) ou le site internet ([http://www.pmel.noaa.gov/tao/data\\_deliv/deliv.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/data_deliv/deliv.html)) ;
- Traitement différé des données acquises à haute fréquence au PMEL/NOAA (incluant la validation et la mise à disposition via internet). Ceci se fait après le relevage des bouées ATLAS lors des campagnes océanographiques françaises, brésiliennes et étatsuniennes, et donc après le retour des instrumentations au PMEL (maintenance des composants électroniques et des capteurs) et de la récupération des mesures brutes dans les mémoires internes de ces instrumentations.

## 2) Mouillages courantométriques :

Les mesures courantométriques obtenues à partir des ADCP installés sur les mouillages ont été traitées selon des procédures détaillées dans le rapport de données « *Kartavtseff, A., Mouillage courantométrique PIRATA 10°W ; Mai 2003- Février 2004 ; Rapport interne du LODYC, n°2004-01, mai 2004* », et/ou via la procédure similaire détaillée par « *Visbeck, M., Deep velocity profiling using Lowered Acoustic Doppler Current Profilers: Bottom track and inverse solutions. J. Atm. Oc. Tech, 19, 794–807, 2002* ». Dans chaque cas, une adaptation du logiciel fourni par le constructeur RDI a dû être réalisée afin de pouvoir traiter les mesures en les rétablissant sous format binaire compatible avec le logiciel de traitement. Une correction de la déclinaison magnétique et de la vitesse du son est appliquée avant de procéder à un traitement final des mesures, qui est rendu complexe en raison des réflexions des signaux à la surface. On obtient ainsi des mesures des deux composantes horizontales de la vitesse du courant entre 26m et 320m avec une résolution verticale de 8m. Pour disposer d'une estimation de la précision des mesures, des comparaisons sont effectuées avec des mesures indépendantes de courant, obtenues à partir de l'ADCP de coque des navires ayant été utilisés lors de la mise à l'eau des mouillages et de leur récupération.

## 3) Mesures in situ pendant les campagnes :

Les mesures acquises pendant les campagnes dédiées au programme PIRATA sont de différents types, et ont toutes subi un traitement adapté lorsque nécessaire.

- Les données hydrologiques obtenues avec une sonde CTD-O2 (Seabird SBE19 ou SBE911+) ont été traitées selon les normes internationales à l'aide de la chaîne de traitement fournie par le constructeur (SEABIRD ; « SBProcessing »). Les analyses précises de la salinité et de l'oxygène effectuées à bord à partir des échantillons d'eau de mer permettent ensuite d'appliquer les procédures respectant les normes internationales WOCE (et en partie développées à l'IRD lors des programmes ETAMBOT et EQUALANT ; voir par exemple :

Chuchla, R., B. Bourlès et Y. Gouriou, *Calibration des mesures CTD-O<sub>2</sub>, Campagne EQUALANT 99, N.O. Thalassa 13 juillet – 21 août 1999, Rapport de campagne à la mer, Rapport interne LODYC n°2000-01, 2000* ; Chuchla, R., et B. Bourlès, *Calibration des mesures CTD-O<sub>2</sub>, Campagne Equalant-2000, rapport de campagne à la mer, Doc. Scient. et Techn. du Centre IRD de Bretagne, n°2001-89, 2001*).

- Les données de courant par ADCP de coque sont traitées à l'aide du logiciel CASCADE mis au point au Laboratoire de Physique des Océans à Brest (Référence : « Cascade » : un logiciel de traitement des données ADCP de Coque, version 3.0, par C.Kermabon et F.Gaillard, Rapport interne DRP/LPO 02/03, 2002).

- Les profils thermiques obtenus à partir des sondes XBT ont été traités avec le logiciel MK12/21 du constructeur SIPPICAN. Les profils ou éléments de profils douteux repérés visuellement sont éliminés. Les données disponibles et mises à disposition sont brutes et non interpolées. Depuis 2003, les profils acquis à partir de navires de la flotte nationale sont transmis en temps réels au projet CORIOLIS, et donc disponibles également via le site internet de ce programme (<http://www.ifremer.fr/coriolis/>) ou via le site du Centre de Données Océanographiques de l'IFREMER, le SISMER (Système d'Informations Scientifiques pour la Mer, à l'adresse <http://www.ifremer.fr/sismer/>).

- Les mesures de température et de salinité de la surface de la mer réalisées avec les thermosalinographes des navires sont validées et archivées par CORIOLIS. Les mesures sont acquises toutes les 10 à 15 secondes et une valeur médiane est archivée toutes les 5 minutes. En plus de la température mesurée au sein de l'appareil situé souvent à distance de la prise d'eau, des mesures de température de coque sont également disponibles avec un capteur SeaBird externe. Dans ce cas ce sont ces dernières qui sont considérées.

Toutes les données des campagnes dédiées au programme PIRATA ont été traitées au Centre IRD de Bretagne (principalement à l'US IMAGO), ont fait l'objet de rapports individuels et d'un rapport de données global et détaillé, directement accessible sur le site internet de PIRATA. La référence de ce rapport est la suivante : *Grelet J., J. Servain, J. Lorenzetti & M. Vianna, avec la participation d'A. Kartavtseff, R. Chuchla & B. Bourlès, Recueil de Données Météo-Océaniques effectuées durant les Campagnes PIRATA: Années 1997-2003, Centre IRD de Bretagne, B.P. 70, 29280 Plouzané, Septembre 2003*. Les rapports techniques des mesures acquises pendant les campagnes annuelles à la mer sont établis à l'issue de chaque campagne et également directement accessibles sur le site internet de PIRATA (<http://www.brest.ird.fr/pirata/>).

Concernant les autres paramètres « chimiques » :

- l'O<sub>2</sub> est analysé à bord pendant les campagnes (US IMAGO ; F.Baurand) selon les recommandations du manuel d'opération WOCE (*WOCE Operations Manual. Vol. 3, Part 3.1.3 : WHP Operations and methods. WHP Office Report WHPO 91-1, WOCE report N°68/91, Revision 1, November 1994*);

- les sels nutritifs et les pigments sont analysés à terre au Centre IRD de Brest (US IMAGO ; F.Baurand et S.Hillion). Les méthodes appliquées pour l'analyse des sels nutritifs sont: i) pour les nitrates, celle de Griess adaptée par Benschneider, K. & R. J. Robinson (*A new spectrometric method for determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res. 11: 87–96, 1952*); ii) pour les phosphates, celle de Murphy, J. and Riley, J.P. (*A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27, 31-36, 1962*), et iii) pour les silicates, celle de Mullin J.B. & J.P. Riley (*The spectrophotometric determination of silicatesilicon in natural waters with special reference to sea water." Anal. chim. Acta, 12, 162-170, 1955*);

- la méthode appliquée pour l'analyse des pigments (US IMAGO ; S.Hillion) est celle utilisée par le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (*Ras and Claustre, The LOV method, IV<sup>th</sup> seaWIFS HPLC Analysis Round-Robin Experiment SeaHARRE – 4, p56-59, 2004*), qui est une adaptation de la méthode décrite par *Van Heukelem and Thomas (Computer -assisted high- performance liquid chromatography method development with applications to the isolations and analysis of the phytoplankton pigment. J.Chromatogr. A., 910, 31-49, 2001)*.

L'ensemble de ces données sont centralisées à l'IRD-Brest et disponibles sur demande.

- Les données relevant d'autres laboratoires (DIC/A<sub>T</sub>, <sup>13</sup>C et de l'O<sub>18</sub>) sont analysées au LOCEAN et du ressort des Pis (N.Lefèvre, N.Metzl, C.Pierre). Les procédures d'analyses sont détaillées sur le site : <https://www.locean-ipsl.upmc.fr/SNAPO/Systemedemesure.html>. Voir ci-dessous le paragraphe dédié pour les mesures des paramètres du carbone.

#### 4) Marégraphe de São Tomé :

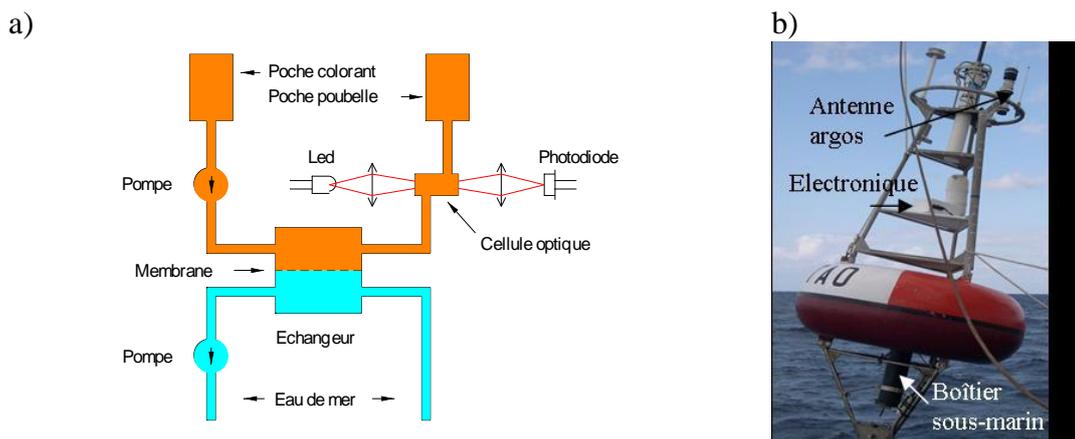
Les mesures acquises avec le marégraphe de São Tomé sont : hauteur, température et salinité de la mer, et pression atmosphérique. Les mesures sont acquises toutes les heures et transmises quotidiennement via ARGOS au LEGOS, à Toulouse, où elles sont archivées, mises à disposition de la communauté et également contrôlées. La procédure de contrôle appliquée aux mesures est celle du Service d'Observation ROSAME (SO INSU depuis 1997 ; voir <http://www.legos.obs-mip.fr/observations/rosame/>).

#### 5) Station météorologique de São Tomé :

Les mesures qui étaient acquises avec la station météorologique de marque Campbell (direction et intensité du vent, précipitation, température de l'air, humidité relative, radiation incidente, pression atmosphérique) jusqu'en décembre 2010 n'ont pas fait l'objet de traitements particuliers après leur réception au Centre IRD de Brest. Les données étaient acquises et enregistrées toutes les minutes par la centrale, puis les valeurs transmises toutes les 10 minutes par ARGOS sont i) la moyenne sur 10 minutes avant l'heure ronde pour l'humidité et la température, la direction et l'intensité du vent, la pression, ii) la moyenne sur 1 heure pour la radiation et iii) la somme sur une heure pour les précipitations.

### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

Les capteurs CARIOCA sont des spectrophotomètres mesurant à plusieurs longueurs d'onde l'absorbance d'une solution de colorant sensible au pH. Cette solution est en contact avec l'eau de mer par l'intermédiaire d'une membrane perméable au CO<sub>2</sub> (figure a) ci-dessous). Le capteur est composé d'une partie sous-marine installée dans le tripode de la bouée, d'un boîtier contenant l'électronique du système dans la partie supérieure et d'une antenne Argos pour la transmission des données horaires en temps réel (figure b) ci-dessous) qui s'effectue indépendamment de la transmission des mesures physiques de PIRATA à la demande des partenaires des USA (NOAA/PMEL) en charge de la mise en œuvre des bouées ATLAS, afin d'éviter tout problème de transmission, d'énergie, d'incompatibilité de matériels et de potentielles pertes de données.



a) Schéma de principe du capteur CARIOCA, b) mise à l'eau de la bouée PIRATA équipée du capteur CO<sub>2</sub>.

Les étalonnages des capteurs sont réalisés à la DT-INSU/CNRS qui seule possède un banc d'étalonnage (figure ci-dessous) et l'expertise pour cette calibration. Le capteur CARIOCA est étalonné par rapport à la méthode d'analyse par détection infrarouge qui est la méthode de référence pour la mesure de fCO<sub>2</sub>.

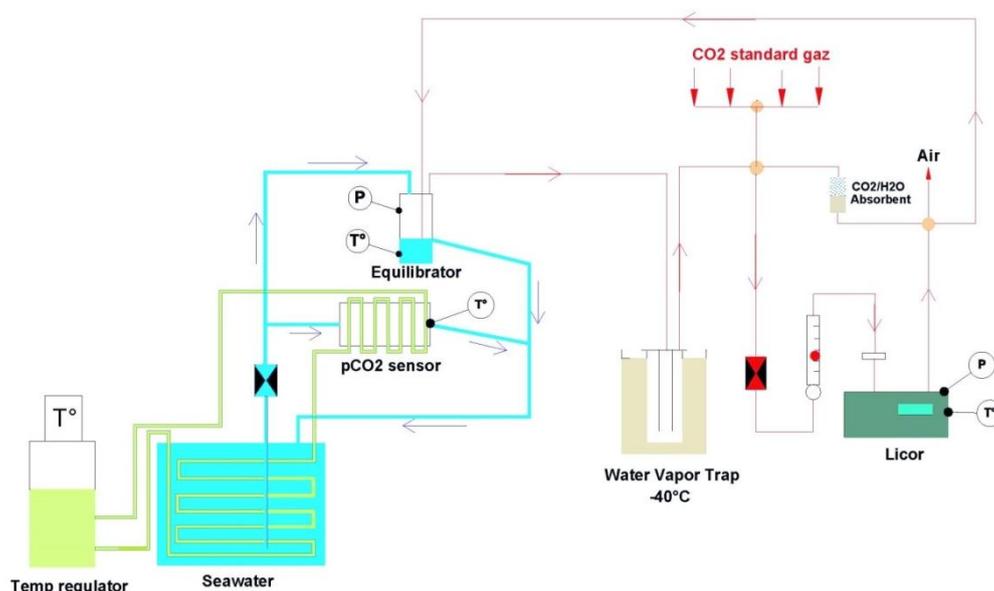


Schéma du banc d'étalonnage de la DT INSU.

Les bouées PIRATA à équiper d'un capteur CARIOCA ont été choisies afin d'obtenir des séries temporelles dans des régions différentes. La bouée à 6°S, 10°W est située dans le SEC tandis que la bouée à 8°N, 38°W se trouve dans le NECC et voit passer les eaux amazoniennes lors de la réflexion du courant Nord Brésil (NBC) en automne. Sur chaque bouée, les mesures se font à une fréquence horaire afin d'obtenir une série temporelle qui permette d'étudier aussi bien la variabilité haute fréquence que l'évolution saisonnière et à long terme de la fugacité de CO<sub>2</sub> dans l'océan de surface.

La précision sur le capteur CARIOCA est de  $\pm 3 \mu\text{atm}$  (Hood and Merlivat, 2001). Cette précision est inférieure à la précision obtenue par un système à détection infrarouge mais est acceptée par la communauté internationale en raison de l'échantillonnage qui peut être réalisé par ce type de capteur (dans notre cas : longues séries temporelles à haute fréquence en point fixe).

Le carbone inorganique et l'alcalinité sont analysés au SNAPO-CO<sub>2</sub> et permettent également de vérifier les données du capteur. Les mesures d'oxygène par Winkler sont utilisées pour calibrer l'optode.

---

### **La durée d'observation**

Justifier la nécessité des observations (observables, sites) sur des durées de 10 ans ou plus.

### **RESEAU PIRATA :**

Le réseau du programme international PIRATA a été initié en 1997. Suite aux phases « pilote » (1997-2001) et de « consolidation » (2002-2008), PIRATA est désormais dans une phase de pérennisation (le précédent MoU 1009-2014 a été prolongé jusqu'en 2019), nécessaire pour l'océanographie et la météorologie opérationnelles et les prévisions météorologiques et climatiques du court au long terme, ainsi que pour les études de processus. Ces mesures sont utilisées non seulement pour l'opérationnel mais aussi pour la validation de mesures 'satellites' et de produits (flux, vent, SST, SSS...). Lors de la phase de consolidation, le programme PIRATA a été reconnu par le Global Ocean Data Assimilation Experiment (GODAE), en soulevant son grand intérêt comme composante essentielle des programmes Global Ocean Observation System (GOOS), Global Climate Observing System (GCOS), ce dans le cadre du Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Il est en effet indispensable de pouvoir disposer de mesures météo-océaniques suivies sur périodes longues, voire pluri-décennales, nécessaires notamment pour distinguer les parts de l'évolution du système climatique liées aux variabilités naturelles de celles induites par les activités anthropiques.

Ayant prouvé qu'une collaboration tri-partite (USA, Brésil et France) pouvait être efficace pour établir et maintenir avec succès sur le long terme un tel réseau en Atlantique tropical, qui fournit depuis 17 années des mesures en temps réel et différé, PIRATA est et doit être considéré comme un réseau essentiel devant être maintenu et développé, notamment (par exemple) dans le cadre du programme EU H2020 via AtlantOS (*voir partie « évolution/création »*).

### **EXTENSION CO<sub>2</sub> :**

Ces observations font partie du réseau européen de navires marchands et de stations de l'Atlantique qui a pour vocation de suivre l'évolution des puits et sources de CO<sub>2</sub> sur le long terme. Il est nécessaire d'obtenir de longues séries temporelles afin de déterminer d'éventuels changements du comportement de l'océan face à l'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Ces stations sont actuellement les seules à assurer un suivi de fCO<sub>2</sub> à haute fréquence dans l'Atlantique tropical. Les mesures réalisées permettent aussi de calculer le pH et de suivre ainsi l'acidification de l'océan de surface.

---

---

## **L'archivage des données et leur mise à disposition**

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage, séries disponibles, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration dans des bases de données nationales et internationales éventuelles, responsable technique. Lien avec les Pôles de données existants

Spécificités IRD/Sud : Réalité de l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud.

### RESEAU PIRATA :

Une des priorités du programme PIRATA est de mettre les mesures à la disposition de la communauté scientifique le plus tôt possible après leur acquisition, ce via internet, ftp... L'archivage et leur mise à disposition dépend du type de mesures et des paramètres, et nous reprenons également ci-dessous les rubriques successives des chapitres précédents.

#### 1) Bouées météo-océaniques ATLAS :

Les mesures météo-océaniques acquises à partir des bouées ATLAS sont transmises dans un 1<sup>er</sup> temps en temps quasi réel, tous les jours via ARGOS, sous forme de moyennes quotidiennes (centrées sur 12h TU). Les données acquises à haute fréquence ne sont disponibles qu'en temps différé, une fois les capteurs récupérés (lors des campagnes annuelles) et les mesures validées (les paramètres océaniques T et S le sont à partir des mesures acquises avec les profils CTD effectués sur site lors des opérations de maintenance).

L'ensemble de ces données (temps réel et temps différé) sont archivées aux USA (NOAA/PMEL à Seattle, qui centralise et traite également l'ensemble des données des réseaux TAO dans le Pacifique et RAMA dans l'Indien), et l'accès aux jeux de données des bouées ATLAS peut se faire directement à l'adresse suivante réservée aux mesures PIRATA: [http://www.pmel.noaa.gov/tao/data\\_deliv/deliv-pir.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/data_deliv/deliv-pir.html).

Les procédures de traitement et de contrôle de qualité des mesures sont explicitées sur le site : [http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj\\_over/qc.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/qc.html).

L'ensemble de ces données sont systématiquement transmises via le GTS et transmises au Centre de Données CORIOLIS via le GDAC (Global Data Centre) international OceanSITES (voir : <http://www.coriolis.eu.org/Observing-the-Ocean/OceanSITES-PIRATA2> et <http://www.whoi.edu/virtual/oceansites/index.html>) où elles sont également accessibles.

#### 2) Mouillages courantométriques :

L'accès aux données courantométriques du mouillage situé à 23°W-0°N sont mises à disposition via internet à l'adresse <http://www.pmel.noaa.gov/tao/disdel/>, qui centralise et met à disposition l'ensemble des données des réseaux PIRATA, TAO et RAMA. Depuis 2006, les séries obtenues sont traitées en collaboration avec l'IFM-GEOMAR, et également disponibles via le site TACE : <http://tace.geomar.de/>. Les données acquises après 2012 (donc après la fin du programme TACE, achevé en 2011, alors que le mouillage n'a été remplacé qu'en 2012 et récupéré qu'en mai 2014) ne sont pas encore disponibles.

Les données du mouillage situé à 10°W-0°N, traitées au coup par coup à bord pendant les campagnes du SO PIRATA, n'ont pas encore été mises à disposition sur le site du SO PIRATA. Elles ne seront une fois les traitements finalisés et les mesures validées (*voir parties « difficultés rencontrées » et « ressources humaines »*). Cela constitue une des priorités des tâches du SO à finaliser au plus vite...

#### 3) Mesures in situ pendant les campagnes :

L'accès aux jeux de données des campagnes océanographiques françaises dédiées au programme PIRATA (profils CTD-O<sub>2</sub>, XBT, analyses S et O<sub>2</sub>, mesures « en route » acquises

par le navire, etc...) peut se faire directement via le site internet (ou accès direct via ftp) du programme PIRATA hébergé au Centre IRD de Bretagne à la page: <http://www.brest.ird.fr/pirata>.

Il faut mentionner que les données d'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) acquises à partir des profils CTD-O<sub>2</sub> ne sont plus ni traitées ni validées depuis 2012 (suite à la retraite d'un ingénieur IRD). Ce traitement doit être repris prochainement dans la mesure des capacités humaines au sein du SO PIRATA. Il faut également noter que les mesures courantométriques faites à partir des ADCP de coque des navires ou des L-ADCP nécessitent des traitements et contrôles relativement complexes (notamment ces mesures doivent être traitées en considérant d'autres paramètres mesurés à bord, tels les paramètres de navigation ou de l'attitude du navire par ex.) et peuvent demander des délais plus importants avant d'être mis à disposition de la communauté. Ainsi, les données S-ADCP n'ont pas été mises à disposition depuis plusieurs années (pour les mêmes raisons que pour les mesures O<sub>2</sub>), mais leur traitement (pour les campagnes effectuées depuis 2008) a pu être repris depuis fin 2014 et seront mises à disposition sur le site internet PIRATA d'ici mars 2015. Quant aux données L-ADCP, n'étant pas une priorité dans le cadre de PIRATA (non mentionnées dans le MOU), leur traitement ne sera réalisé qu'une fois les ressources humaines disponibles (*voir parties « difficultés rencontrées » et « ressources humaines »*).

L'archivage et la mise à disposition des diverses données « chimie » dépendent de leurs responsables. Les données « classiques » (analyses O<sub>2</sub>, S, sels nutritifs, et pigments depuis 2011) sont analysées et centralisées à l'IRD-Brest et disponibles sur demande (Responsables : B.Bourlès et F.Baurand). Les données relevant d'autres laboratoires (LOCEAN pour CO<sub>2</sub>, <sup>13</sup>C et O<sub>18</sub>) sont analysées au LOCEAN et accessibles sur demande aux responsables (N.Lefèvre, N.Metzl, et C.Pierre). Après un certain délai, elles sont également accessibles au « Service National d'Analyse des Paramètres Océaniques du CO<sub>2</sub> » (SNAPO-CO<sub>2</sub> ; <https://www.locean-ipsl.upmc.fr/SNAPO/> ) ainsi qu'au « Surface Ocean CO<sub>2</sub> Atlas » (SOCAT : <http://www.socat.info/>), ainsi que via le site <http://www.locean-ipsl.upmc.fr/CO2tropiques>.

#### 4) Marégraphe de São Tomé :

Les données du marégraphe de São Tomé sont vérifiées et archivées sur le site du Service d'Observations et d'Archives du LEGOS (<http://www.legos.obs-mip.fr/fr/soa/>). Elles sont accessibles directement sur ce site, ou directement à l'adresse du SO ROSAME : <http://www.legos.obs-mip.fr/fr/soa/>. Cela peut aussi se faire via la page internet de PIRATA, sur le site miroir <http://www.brest.ird.fr/pirata>. Ces mesures ne sont disponibles que jusqu'en août 2010, puis pour de courtes durées en 2013 et 2014.

#### 5) Station météorologique de São Tomé :

Les données de la station, disponibles jusqu'en décembre 2010 (par pour tous les paramètres), sont archivées au Centre IRD de Bretagne, ne sont pas traitées et les données brutes sont disponibles sur demande (B.Bourlès et F.Roubaud) ou directement via la page internet de PIRATA : [http://www.brest.ird.fr/pirata/sao\\_tome.php](http://www.brest.ird.fr/pirata/sao_tome.php).

### Spécificités IRD/Sud : Réalité de l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud.

Le programme PIRATA constitue un contexte très favorable pour le partenariat et les collaborations avec l'Afrique de l'Ouest, dans la mesure où le terrain des opérations du SO PIRATA se situe essentiellement dans le Golfe de Guinée. Ainsi, PIRATA a contribué à

initier ou renforcer des collaborations importantes avec plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, et notamment la Côte d'Ivoire, le Sénégal, le Bénin, le Ghana, le Cameroun, le Congo et le Nigeria. Ces collaborations se sont fortement développées dans le cadre du programme EGEE, volet océanographique d'AMMA (2003-2010), pendant lequel l'IRD/LEGOS a initié, à partir de Cotonou au Bénin, un programme scientifique régional en 2007 (PROPAAO ; 2007-2010 suivi d'ALOC-GG : 2011-2014 ; voir <http://www.nodc-benin.org/fr/propao>) et une formation régionale (Master 2 d'Océanographie Physique et Applications) en 2008, établi en co-habilitation entre une Chaire UNESCO de l'Université de Cotonou (voir [http://www.cipma.net/spip.php?page=article&id\\_article=13](http://www.cipma.net/spip.php?page=article&id_article=13)) et l'Université Paul Sabatier de Toulouse (voir : <http://spe.omp.obs-mip.fr/index.php/masters2/OPA>).

Les données PIRATA sont ainsi directement mises à disposition des partenaires, soit :

- i) via le lien mis en place sur la page internet de PROPAAO (via le NODC-Bénin : <http://www.nodc-benin.org/fr/propao/9-uncategorised/128-hauturier-propao>);
- ii) via les travaux scientifiques menés dans le cadre de PhD ou de stages de M2 (*voir paragraphe suivant*), les données PIRATA constituant un outil de base pour ces travaux ;
- iii) via demande directe des partenaires aux scientifiques IRD/LEGOS impliqués sur place et en lien avec le SO ; dans ce cas les données peuvent être transmises par courriel, par CD ou DVD, ou mise à disposition sur un site spécifique provisoire pour les échanges de fichiers (ce dans le cas où leurs connexions internet, souvent très lentes et limitées, ne leur permettent pas d'accéder directement aux données via les sites du PMEL ou de l'IRD/Brest);
- iv) via la transmission directe de données aux chercheurs et/ou étudiants d'Afrique de l'Ouest lors des colloques régionaux annuels organisés à Cotonou depuis 2008, ou lors des campagnes à ceux qui sont invités à participer aux campagnes PIRATA annuelles.

De fortes collaborations et des transmissions de données PIRATA (notamment données in situ de campagnes) sont également menées avec des partenaires du Brésil (si ce pays doit toujours être considéré comme « du Sud » !). Ces partenaires étant également directement impliqués dans PIRATA, ces aspects ne sont pas développés ici. On peut cependant souligner ici que, d'un point de vue historique, le programme PIRATA a constitué un processus de développement "vertueux" pour l'océanographie tropicale brésilienne: l'engagement dans cette collaboration internationale a ainsi permis d'amener les instituts brésiliens à offrir un niveau de services et d'expertises scientifiques à la hauteur de celles mise en place chez les partenaires français et étatsuniens.

Il faut aussi noter le développement depuis 2011 de la formation en PhD d'étudiants d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Cameroun) en partenariat avec le Brésil (Université de Recife, UFPE/LOFEC), qui accueille et encadre des étudiants africains issus du Master 2 de Cotonou travaillant sur des thématiques liées à PIRATA (ces encadrements impliquent également des partenaires du LOCEAN et du CNRM/Météo-France). *Voir également dans le chapitre suivant la rubrique « Programmes internationaux ».* Ceci dernier point concerne également l'Extension CO<sub>2</sub> ci-dessous, cette thématique et ces mesures servant également à des étudiants du Sud, en cours ou en PhD (et notamment de par la présence de Nathalie Lefèvre au Brésil depuis 2012).

## EXTENSION CO<sub>2</sub> :

Les données brutes permettent de suivre le fonctionnement du capteur en temps réel. La correction des données et la validation s'effectuent après l'étalonnage retour du capteur et avec la disponibilité des données à haute résolution de la salinité de surface. Les données traitées et validées sont ensuite envoyées et stockées dans les bases de données internationales

(CARBOOCEAN, SOCAT, CDIAC), avec un fichier metadata, selon le protocole défini au niveau international par la communauté CO<sub>2</sub>.

A 6°S, 10°W, la série temporelle a démarré en 2006 et est disponible, en accès public, jusqu'à avril 2012 car la salinité de surface à haute résolution n'est pas encore disponible après cette date. A 8°N, 38°W, la série a démarré en 2008 mais de nombreux problèmes techniques et la disponibilité tardive des données de salinités à haute résolution n'ont pas encore permis de valider le jeu de données.

Dans le cadre de l'infrastructure européenne ICOS, il est prévu de fournir des produits dérivés, comme des cartes de flux à l'échelle du bassin, à partir de toutes les données fournies par les membres d'ICOS.

---

## L'exploitation et la valorisation des données

Pour la période 2010-2014, donner :

- La liste des équipes ayant exploité les données du Service d'observation
- Les programmes (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SO.
- La production scientifique associée (articles de rang A et manuscrits de thèse portant une date de publication entre 2010 et 2014). Au sein de cette production identifier clairement les publications où le service d'observation est explicitement mentionné.

Indiquer si les données du SO sont utilisées par des modèles, et si oui lesquels et pour quel objectif. Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (enseignement, bureau d'études...)?

## RESEAU PIRATA :

- Equipes ayant exploité les données du Service d'observation :

Les données du SO étant librement accessibles à la communauté scientifique internationale (et donc nationale), les listes ci-dessous ne peuvent pas être exhaustives. Il est notamment impossible de mentionner les équipes, laboratoires ou centres qui intègrent ou prennent en compte les données PIRATA pour alimenter les climatologies et produits climatiques, ou valider les mesures ou les produits établis à partir de données « satellite ». Nous nous limiterons à lister des équipes françaises et internationales qui ont, à notre connaissance, utilisé et exploité les données PIRATA, et qui sont impliquées dans la liste de publications et de thèses fournie ci-dessous.

a) Equipes nationales (la liste des noms n'est pas exhaustive...):

- UMR LEGOS : Bernard Boulès, Fabrice Hernandez, Frédéric Marin, Yves DuPenhoat, Julien Jouanno, Thierry Delcroix, Gaël Alory... ;
- Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM-Toulouse): Guy Caniaux, Hervé Giordani, Aurore Voldoire... ;
- UMR LOCEAN : Jacques Servain, Nathalie Lefèvre, Sabine Arnault, Nicolas Metzl, Claire de Monaco, Catherine Pierre, Alban Lazar, Juliette Mignot, Serge Janicot... ;
- UMR LATMOS : Gaëlle de Coëtlogon... ;
- UMR LPO : Pierrick Penven, Fabienne Gaillard... ;
- Equipe Projet CORIOLIS ;
- Equipe Projet MERCATOR - Océan;
- IFREMER / CERSAT : Abderrahim Bentamy... ;

A noter que l'US191 IMAGO de l'IRD (Yves Gouriou, Jacques Grelet, Fabrice Roubaud, François Baurand, Sandrine Hillion, Dominique Dagonne) est directement impliquée dans l'acquisition, le traitement, la validation et parfois l'exploitation des données du SO.

b) Equipes internationales :

Il faut d'abord mentionner tous les centres opérationnels de prévisions qui assimilent les données du réseau PIRATA transmises en temps réel (*voir paragraphe ci-dessous relatif à l'utilisation des données dans les modèles*), dont notamment :

- le Centre Européen de Prévision à Moyen Terme -ECMWF- ;
- le National Center for Environmental Prediction -NCEP- ;
- l'UK Met-Office ;
- la Japan Meteorological Agency -JMA- ;

sans oublier en France :

- les services de prévision météorologique de Météo-France ;
- le projet d'océanographie opérationnelle Mercator (<http://www.mercator-ocean.fr/>), aujourd'hui structure nationale sous la forme d'une société civile.

Du point de vue de l'exploitation scientifique des données PIRATA, la plupart des équipes concernées sont également impliquées dans des programmes européens ou internationaux qui sont mentionnés dans le paragraphe suivant. Sont notées ici celles avec lesquelles des équipes françaises collaborent régulièrement :

- Au Brésil : UPFE/LOFEC, UFBA, INPE, IOUPS ;
  - Aux USA : NOAA/AOML, NOAA/PMEL, RSMAS, Univ. of Columbia;
  - En Allemagne : GEOMAR;
  - En Côte d'Ivoire : UFHB/LAPA-MF, CRO ;
  - Au Bénin : IRHOB et CIPMA (Université Abomey Calavi -UAC-);
  - En Afrique du Sud : Université de Cap-Town.
- Programmes (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SO :

Pour cette rubrique, il est également impossible d'être exhaustif, les responsables de PIRATA international en général, et du SO PIRATA en France en particulier, n'ayant pas tous les retours sur les utilisations des données du réseau et des campagnes associées qui sont en libre accès.

i) Au niveau national (France) :

- LEFE : « PIRATA 2014 : couche limite et convection dans le Golfe de Guinée » (PI : G. de Coëtlogon, LATMOS ; 2014-2015) ;

ii) Au niveau régional (Afrique de l'Ouest) :

- PROPAO: Programme Régional d'Océanographie Physique en Afrique de l'Ouest (PROPAO, FSP-RIPIECSA : 2007-2010), suivi d'ALOC-GG : Analyses Littorales, Océaniques et Climatiques au nord du Golfe de Guinée (JEAIR : 2011-2014) (PIs : B.Bourlès, IRD/LEGOS ; Z.Sohou, IRHOB/Bénin ; Y.Kouadio, LAPA-MF/Côte d'Ivoire).

iii) Au niveau Européen :

- PREFACE : «Enhancing prediction of tropical Atlantic climate and its impacts» (programme EU, FP7-ENV : 2013- 2017). PIRATA constitue une composante essentielle de ce programme EU, dédié à mieux comprendre les processus en jeu en Atlantique tropical Est,

notamment ceux responsables du fort biais chaud observé en Atlantique tropical Sud-Est dans les simulations numériques. Dans ce cadre, les observations obtenues grâce au SO PIRATA dans cette région particulière sont d'un intérêt fondamental. Le SO PIRATA est directement impliqué dans PREFACE via sa contribution dans les Working Packages WP3 « Heat and freshwater budgets, air-sea interaction » (PIs : M.Dengler/GEOMAR, & B.Bourlès/ IRD-LEGOS) et WP4 « Circulation and wave response » (PIs : P.Brandt/GEOMAR, & A.Lazar/ LOCEAN). L'UAC/CIPMA (Bénin) et le CRO (Côte d'Ivoire) sont également partenaires de ce programme (*voir également partie « évolution/création »*).

- ATLANTOS: “Optimizing and Enhancing the Integrated Atlantic Ocean Observing System” programme EU H2020; 2015-2018). PIRATA, via le SO PIRATA, constitue le volet 3.5 du WP3 « Enhancement of autonomous observing networks » (PI : B.Bourlès/ IRD-LEGOS ; co-Pis : N.Lefèvre, IRD-LOCEAN et P.Brandt, GEOMAR) (*voir également partie « évolution/création »*).

- MyOcean, MyOcean2 et MyOcean-FO, volet marine du programme européen GMES, qui a mis en place depuis 2008 la démonstration de l'océanographie opérationnelle organisée en réseau d'instituts Européens. Mercator Océan, CORIOLIS, l'Ifremer et le CNRS en sont des partenaires très actifs. Les données de PIRATA rentrent dans la partie gestion de données *in situ*, dans l'assimilation et la validation des systèmes opérationnels de prévision.

iv) Au niveau international :

PIRATA constitue un réseau de base pour les grands programmes de recherche internationaux dédiés à l'étude du climat en Atlantique Tropical et dans les régions environnantes, à savoir principalement :

- le programme « Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine » (AMMA ; voir <http://amma-international.org/> 2002-2010) et sa continuation AMMA2 (2011-2020) pour lequel PIRATA contribue par l'apport de mesures utiles pour les expériences et analyses menées par les équipes qui en sont parties prenantes ;

- le programme “Tropical Atlantic Climate Experiment” (TACE: voir <http://tace.ifm-geomar.de/>; 2006-2011); c'est dans le contexte des relations étroites entre PIRATA et TACE que des gliders ont été déployés en 2011 dans le Golfe de Guinée (dont un glider de l'INSU) pendant la campagne PIRATA FR21 ainsi que pendant une campagne du GEOMAR menée simultanément ;

- le programme “Variability of the American Monsoon System” (VAMOS; voir <http://www.clivar.org/organization/vamos/> ) ;

- le programme “Ocean Sustained Interdisciplinary Timeseries Environment observation System” (OceanSITES ; voir <http://www.oceansites.org/>) dont la motivation principale est d'établir un système global de stations de références sur le long terme, mesurant des variables pertinentes pour le suivi des interactions océan atmosphère et la variabilité océanique ;

- à noter également le programme franco-brésilien « Pôle d'Interaction pour une meilleure Lisibilité des études communes en Océanographie Tropicale atlantique » (PILOTE : 2013-2017), initié en 2014 en collaboration avec l'UFPE (Recife, Brésil) soutenu par le CNPq/IRD (PIs : M.Araujo, UFPE/LOFEC et B.Bourlès, IRD/LEGOS). Ce programme vise à faire ressortir les thématiques communes de différents programmes déjà en cours entre l'UFPE et des équipes françaises impliquant l'IRD, allant des grandes échelles spatio-temporelles

(programmes PIRATA et projet MUSCAT) aux échelles plus régionales (programmes AmbTropic et ITTAHTropical, projets CLIMAZ et BIOAMAZON) et locale (programme ARQ\_MODEL II), et aussi de renforcer la contribution de l'UFPE au sein du programme de formation mené en Afrique de l'Ouest à partir de Cotonou, l'UFPE accueillant et finançant en PhD déjà 3 étudiants africains issus de ce programme. De fait, une convention vient d'être signée entre l'UFPE et l'UAC (université de Cotonou, Bénin) afin de renforcer les collaborations en recherche et formation entre le Brésil et l'Afrique de l'Ouest, en étroite association avec le COMUE de Toulouse (et notamment l'UPS, qui co-dirige le Master 2 régional OPA de Cotonou).

- Production scientifique associée (articles de rang A et manuscrits de thèse portant une date de publication entre 2010 et 2014).

La liste est fournie en annexe 2.

- Lien avec la modélisation

*Indiquer si les données du S.O. sont utilisées par des modèles, et si oui pour quel objectif.*

PIRATA est un réseau en grande partie dédié à l'opérationnel, et en ce sens les données mises à disposition en temps quasi-réel via internet sont utilisées dans les modèles océaniques, atmosphériques et couplés. Quelques centres opérationnels ont déjà été mentionnés dans les listes précédentes, nous nous limitons ici à en préciser quelques-uns pour mettre en évidence l'apport du programme PIRATA.

i) dans les modèles océaniques :

- Au niveau français, les données océaniques des bouées ATLAS sont utilisées en temps quasi-réel (grâce à leur transmission par le Système Mondial de Télécommunication) dans le cadre du projet d'océanographie opérationnelle MERCATOR (voir <http://www.mercator-ocean.fr/>). Le réseau de bouées ATLAS de PIRATA fournit des moyennes journalières des mesures de températures (10 entre la surface et 500 mètres ; 13 en 2 sites) et de salinité (4 entre la surface et 120 mètres ; 8 en 2 sites). Ces observations, après leur contrôle en temps réel au centre de données CORIOLIS (<http://www.coriolis.eu.org/>), sont utilisées pour contraindre le système opérationnel de MERCATOR, et ont une influence attendue dans ces prévisions opérationnelles. Ces mesures permettent de contraindre la dynamique équatoriale, de fournir un bon contenu thermique tropical, ce qui est essentiel pour le transport de chaleur extra-tropical, et l'observation des ondes tropicales. Des analyses dédiées à l'impact de l'assimilation des données PIRATA dans le système MERCATOR en ont montré les conséquences très positives, notamment sur les champs de température et de salinité, le contenu thermique, et la structure du Sous Courant Equatorial. Les profils thermiques (CTD et XBT) acquis et transmis en temps réel au centre de données CORIOLIS pendant les campagnes annuelles PIRATA (françaises, mais aussi brésiliennes et étatsuniennes) sont également utilisés par MERCATOR.

- Au niveau international, les grands centres d'océanographie opérationnelle s'appuient aussi sur la disponibilité des données PIRATA transmises en temps réel afin de contraindre par l'assimilation de données leurs analyses et leurs prévisions dans la bande tropicale. Cette communauté opérationnelle internationale, regroupée à travers le programme GODAE OceanView (GOV, <https://www.godae-oceanview.org/>) utilise les mouillages tropicaux depuis de nombreuses années (*Dombrowsky et al., GODAE Systems in Operation, Oceanography Magazine, 22 (3), 80-95, 2009*). De même que l'apport dans l'Atlantique tropical des données PIRATA, et leur nécessité pour l'océanographie opérationnelle étaient

soulignés par cette même communauté (Clark *et al.*, *An overview of observing system relevant to GODAE, Oceanography Magazine*, 22 (3), 22-33, 2009), et rappelés en 2013 au dernier symposium GODAE OceanView (Freeland et Legler, *Pers. Comm. to F. Hernandez*, 2014).

Un autre important travail mené par les centres opérationnels ces dernières années est la production de ré-analyses océaniques (encore appelées analyses rétrospectives). Le projet de ré-analyse GLORYS, mené par MERCATOR Océan avec le soutien des laboratoires a permis la production de 1992 à nos jours de simulations océaniques cohérentes au court du temps, pour lesquels l'apport des données PIRATA dans l'Atlantique tropical est essentiel (Ferry *et al.*, 2012; Parent *et al.*, 2012). Un travail préparatoire de l'ensemble des données *in situ* est nécessaire pour ces ré-analyses. CORIOLIS a ainsi contribué à cet effort en produisant le jeu de données CORA (Cabanes *et al.*, 2013), reconnu pour sa qualité, et utilisé au niveau international. A l'instar de MERCATOR Océan, les autres centres opérationnels ont produit aussi des réanalyses. Récemment, dans le cadre de CLIVAR-GSOP (voir <http://www.clivar.org/panels-and-working-groups/gso>) et GOV, un exercice d'intercomparaison de ces réanalyses a été initié (Balmaseda *et al.*, 2014). Il montre, entre autre, l'apport des mouillages ATLAS à la bonne représentation de la dynamique tropicale. Cette exercice se produit maintenant sur la comparaison, en temps réel, des synthèses mensuelles de température de l'océan (voir [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/multiora\\_body.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/multiora_body.html)), avec un focus tout particulier sur les océans tropicaux, pour lesquels l'apport des mouillages ATLAS est analysé (Y. Xue, *Pers. Comm. to F. Hernandez*, 2014).

Dans le cadre de travaux sur l'évolution du réseau PIRATA, une analyse spécifique menée en 2011 à Mercator Océan (F.Hernandez) a permis de préciser les positions et profondeurs à privilégier pour l'ajout de capteurs TC (de température et conductivité /salinité). Cette analyse a notamment été prise en compte pour l'ajout de certains capteurs à partir de 2011 (voir également partie « évolution/création »).

A noter également que les données PIRATA (non seulement des bouées ATLAS et courantométriques, mais aussi les mesures *in situ* acquises lors des campagnes le long de sections répétées annuellement) sont largement utilisées pour la validation de simulations numériques menées dans le cadre d'études spécifiques (NEMO, ROMS, etc. *certaines de ces études sont publiées et mentionnées dans la liste fournie en Annexe 2*). Elles sont aussi beaucoup utilisées pour la validation en temps réel des analyses/prévisions des systèmes opérationnels, ou l'évaluation de la qualité des réanalyses. Au niveau international, depuis 3 ans, la communauté s'est lancée dans un exercice temps réel de validation et d'intercomparaison des différents systèmes opérationnels. Les profils de température et salinité acquis aux mouillages PIRATA, ainsi que les autres profils, sont utilisés de façon identique pour valider plusieurs modèles (Ryan *et al.*, 2014).

- dans les modèles atmosphériques :

Les données atmosphériques des bouées ATLAS sont utilisées en temps quasi-réel (grâce à leur transmission par le SMT) pour les assimiler dans les modèles de prévision atmosphériques (ex. : par les services de prévision météorologique de Météo-France, du Centre Européen de Prévision à Moyen Terme -ECMWF-, du National Center for Environmental Prediction -NCEP-, du Japan Meteorological Agency -JMA- ou encore de l'UK Met-Office). Des études d'impact faites à Météo-France (CNRM) montrent que les données recueillies sur les mouillages PIRATA présentent un fort potentiel d'amélioration des états initiaux des prévisions météorologique dans la région. Une autre étude menée à

l'ECMWF a montré l'importance des données de vent *in situ* pour l'amélioration des prévisions à 5 ou 10 jours sur l'Atlantique.

De plus, une étude spécifique de modélisation atmosphérique est en cours de réalisation, et menée dans le cadre du programme LEFE «PIRATA 2014 : couche limite et convection dans le Golfe de Guinée » : il s'agit d'utiliser les données de concentration en isotopologues de la pluie et la vapeur d'eau, recueillies lors de la campagne PIRATA FR24 de 2014 à l'aide d'un appareil de mesure de l'IPSL (Picaro), afin de valider les simulations numériques effectuées avec le modèle LMDZ (intégrant un module de traceurs isotopiques). En parallèle, 34 radio-sondages ont été lancés lors de cette campagne, afin d'échantillonner la basse couche atmosphérique, siège d'une intense circulation dans le golfe de Guinée. Cette circulation, très importante mais également très mal documentée par les observations, est en effet probablement un élément majeur du couplage océan-atmosphère, qui reste très mal représenté dans les modèles de climat en Atlantique Tropical Est.

- dans les modèles couplés :

Les données PIRATA sont également utilisées pour les prévisions saisonnières opérationnelles, via leur assimilation dans les modèles océaniques et atmosphériques qui fournissent les conditions initiales des modèles couplés océan-atmosphère. Notamment, des systèmes d'assimilation spécifiques ont été implémentés à l'ECMWF pour les prévisions saisonnières multi-modèles, utilisant les modèles couplés d'ECMWF, de l'UK Met-Office et de Météo-France. Aux USA, le NCEP utilise une analyse de l'océan Atlantique en temps réel en support à l'océanographie opérationnelle et à la prévision du climat du système couplé océan-atmosphère.

Le couplage océan-atmosphère ouvre une nouvelle ère d'amélioration des modèles de méso-échelle car il impose une approche intégrée des deux milieux, c'est à dire pris comme une seule entité. Mais pour tirer profit du couplage océan-atmosphère, il faut limiter la croissance des erreurs de prévision, particulièrement à l'équateur et aux tropiques où elle est particulièrement forte. Cette limitation passera en grande partie par l'amélioration de la physique des modèles et des schémas d'assimilation de données.

Aujourd'hui les modèles couplés sont initialisés avec leurs analyses respectives, c'est ce que l'on appelle un couplage « faible ». Ce type de couplage est certes pratique mais d'une qualité dynamique très médiocre. En effet les champs de masse et de courants/vent analysés ne répondent pas suffisamment aux équilibres fondamentaux des modèles couplés, notamment près de la surface, ce qui génère des chocs et l'émission d'ondes de gravité numériques à l'initialisation et pendant la phase de "spin-up" des simulations. Ces déséquilibres favorisent la croissance des erreurs et dégradent la qualité des prévisions.

Par opposition au couplage « faible », on travaille aujourd'hui sur le couplage « fort » qui consiste à prendre en compte les contraintes physiques du couplage dans l'initialisation des modèles. Il s'agit notamment de prendre en compte les erreurs sur les flux à l'interface, sur le vent et les nuages de couche limite dans la matrice de covariance d'erreurs, et d'estimer certains paramètres en mode couplé afin de produire des analyses et réanalyses mieux équilibrées pour les prévisions saisonnières et décennales.

Les problèmes d'assimilation de données étant cruciaux à l'équateur et aux tropiques, les données collectées par le réseau PIRATA sont essentielles à la mise au point des techniques d'assimilation dites « fortes » pour les modèles couplés.

- Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (enseignement, bureau d'études...)?

Les données du SO PIRATA étant librement accessibles à la communauté scientifique, il est impossible de savoir si ces données sont utilisées par des bureaux d'étude...

Par contre, ces données sont largement utilisées dans le cadre de l'enseignement et de la formation au Sud. Comme mentionné précédemment (*voir l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud*), la formation universitaire régionale de Master 2 dédiée à « l'océanographie physique et applications » créée au Bénin comporte une partie importante en stage de recherche, et plusieurs stages de recherche portent sur des thématiques PIRATA et utilisent les données du SO. Ainsi, depuis 2010, 11 stages de recherche de ce M2 ont utilisé ces données (liste ci-dessous). A noter que certains cours de ce M2 utilisent également ces données pour des Travaux Pratiques.

Liste des stages (durée de 5 mois ; avril-septembre) de Master 2 d' « Océanographie physique et applications » de la CIPMA/Cotonou (Bénin), période 2010-2014 :

- Akakpo, B.K., Analyse du Sous Courant Equatorial à 10°W, 2010.
- Djossou, F.M., Analysis of winds along the northern coast of the Gulf of Guinea and in south Atlantic Islands; 2010.
- Adossi, L.A., Research of the predictor index for the Gulf of Guinea equatorial and coastal upwellings; 2010.
- Apetcho Koku Eyrarn, Couplages physique-biogéochimie dans le Golfe de Guinée, 2011.
- Bonou Frédéric, Analyse des conditions hydrologiques et courantométriques au nord du Golfe de Guinée, à partir de résultats d'une simulation numérique, 2011.
- Assongba, Athanase: Recherche d'un indicateur potentiel dans l'Ouest du bassin Equatorial Atlantic pour la langue d'eau froide et l'upwelling côtier du Golfe de Guinée, 2012.
- Aboyo Essi E., Variabilité spatiale et temporelle du cycle diurne des températures de surface de la mer dans l'Océan Atlantique équatorial, 2013.
- Adanmaze, R. Edwige, Influence des ondes de Kelvin côtières sur l'upwelling au nord du Golfe de Guinée, 2013.
- Awo, Mesmin, Oscillateurs climatiques de l'Atlantique tropical, 2013.
- Imbol Koungue Rodrigue Anicet, Analyse de l'évolution des conditions océaniques le long de la radiale 1°W en été 2011, 2013.
- Guely, Agonou Cosme, Etude de l'évolution des conditions hydro-météorologiques dans le Sud-Est du Golfe de Guinée en 2013-2014 à partir de données in situ, 2014.

#### EXTENSION CO2 :

Les données sont collectées depuis 2006 dans le cadre de projets européens (FP6 CARBOOCEAN, FP7 CARBOCHANGE) qui exploitent ces données.

La liste des publications est mentionnée également dans l'annexe 2, avec la spécification CO<sub>2</sub> pour chaque année.

Les données sont également utilisées dans le cadre de thèses et de projets de coopération avec le Brésil ainsi que dans des cours sur le cycle du carbone aux doctorants brésiliens.

---

## **L'ouverture et l'insertion du Système d'observation**

Liens avec d'autres SO, insertion du SO dans le dispositif de recherche français (régional, national), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation. Distinguer ce qui existait avant 2010 de ce qui a été entrepris sur 2010-2014.

Spécificités IRD/Sud : Réalité du transfert technique et d'expertise vers les homologues des institutions Sud concernées par le service. Degré d'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

### RESEAU PIRATA :

- Liens avec d'autres SO, insertion du SO dans le dispositif de recherche français (régional, national) :

Le SO PIRATA est, depuis 2011, au même titre que les SO SSS, ARGO-France et MEMO, une des composantes du SOERE CTD-O<sub>2</sub> (*voir plus loin, chapitre « gouvernance »*).

i) Lien avec le SO ARGO :

Le SO PIRATA contribue au SO ARGO (et au programme international ARGO au sens large) via le déploiement de profileurs ARGO lors de chaque campagne annuelle. Les profileurs sont fournis par CORIOLIS. De 6 à 8 profileurs sont déployés chaque année (un total de 33 profileurs ont ainsi été déployés dans le Golfe de Guinée lors des 5 campagnes effectuées depuis 2010) et, depuis 2013, afin de répondre à des objectifs scientifiques spécifiques à PIRATA (et PREFACE), certains profileurs sont programmés pour effectuer des mesures avec une haute résolution verticale (1m) dans les 100 premiers mètres. Le SO contribue également à la procédure d'expertise et de validation des profils obtenus par les profileurs ARGO déployés sur zone pour le centre de données CORIOLIS.

ii) Lien avec le SO SSS :

Lors de chaque campagne annuelle, en plus de ceux effectués lors des profils CTD, des prélèvements de surface sont effectués, au minimum tous les 2° de latitude/longitude lors des transits, afin d'accroître le nombre d'analyses de salinité nécessaires pour corriger les mesures des thermosalinographes.

iii) Lien avec le SO CARAUS et le SNAPO-CO<sub>2</sub> :

Lors de chaque campagne annuelle, les prélèvements d'eau de mer effectués i) en surface au minimum tous les 2° de latitude/longitude lors des transits et ii) sur la verticale pour certains paramètres lors des profils CTD, sont utilisés également pour les analyses des paramètres du CO<sub>2</sub>, <sup>13</sup>C et O<sub>18</sub>. Les coûts attenants à ces analyses (transports d'échantillons, analyse en laboratoire) sont à la charge de ces services et n'ont aucune incidence sur le budget du SO PIRATA.

iv) Lien avec le SO ROSAME :

Bien que non reconnues comme partie prenante de ce SO, les données du marégraphe de São Tomé sont intégrées dans la banque de données de ce SO, qui leur applique sa procédure de contrôle de qualité (*voir paragraphes précédents*).

v) Lien avec CORIOLIS :

Le SO constituait une des composantes du projet CORIOLIS (de ses débuts jusqu'en 2013) et est une composante de la nouvelle Convention CORIOLIS 2014-2020 (de par toutes les mesures acquises grâce au SO, tant via le réseau de bouées ATLAS qu'à partir des navires -profils CTD, XBT, déploiement de profileurs ARGO etc-).

L'équipe Recherche-Développement de CORIOLIS, en lien avec les initiatives menées avec le SOERE CTD-O<sub>2</sub>, a notamment permis d'initier des analyses d'inter-comparaison des données des mouillages météo-océaniques PIRATA/TAO/RAMA à des données de profileurs ARGO, afin d'identifier d'une part des erreurs sur les salinités (pour identifier des erreurs/biais, en particulier sur les mesures de surface), et de mieux qualifier les immersions des données retransmises par ces réseaux de mouillages. Elle a également mené une étude, en 2012 et 2013, sur les informations relatives aux variables de profondeur et de position transmises en temps réel par les bouées ATLAS afin d'en vérifier le contrôle qualité « temps différé » qui leur est appliqué, avant qu'elles ne soient utilisées à CORIOLIS pour le temps différé CORA. Cette étude a notamment conduit le SO PIRATA à ajouter un capteur de pression à 100m de profondeur au site 10°W-0°N en 2013-2014, afin de vérifier l'influence potentielle des gradients verticaux de courants sur la profondeur réelle des capteurs (ce site a été choisi en raison de forts gradients verticaux de courant en présence du Sous-Courant Equatorial).

D'un point de vue « opérationnel », PIRATA contribue aux programmes CORIOLIS et MERCATOR via l'envoi par courriel en temps quasi-réel des données des profils CTD et XBT à partir du navire lors des campagnes annuelles dédiées.

A noter que CORIOLIS et PIRATA sont des composantes du projet EU H2020 AtlantOS (voir également partie « évolution/création »).

- vi) Lien avec les mesures CO<sub>2</sub> nationales, composantes des SO SSS et PIRATA : Voir sous-chapitre « EXTENSION CO<sub>2</sub> » ci-dessous.

- Insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation.

Développé dans le cadre du programme international CLIVAR et de ce fait reconnu comme composante essentielle du World Climate Research Programme (WCRP : <http://www.wcrp-climate.org/>), et avec les réseaux de bouées ATLAS TAO-TRITON dans l'océan Pacifique (70 bouées, <http://www.pmel.noaa.gov/tao/index.shtml>) et RAMA dans l'océan Indien (38 bouées prévues, 25 en place fin 2014, <http://www.pmel.noaa.gov/tao/rama/moorings.html>), PIRATA est partie intégrante du réseau mondial de la surveillance climatique dans les tropiques et contribue aux programmes internationaux Global Ocean Observing System (GOOS), Global Climate Observing System (GCOS), et Global Earth Observing System of Systems (GEOSS) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Il est intégré dans le Data Buoy Cooperation Panel (DBCP) et contribue au JCOMM-OPS.

PIRATA, et donc le SO PIRATA en France, contribue aussi directement au réseau d'observation international OceanSites (voir <http://www.oceansites.org/>).

De par le déploiement de profileurs autonomes, le SO PIRATA contribue au programme international ARGO, et via la transmission de données in situ en temps réel via CORIOLIS, notamment pour MERCATOR, le SO contribue également à GODAE.

Depuis 2014, suite à une demande officielle soumise au PIRATA SSG et après une procédure d'évaluation et acceptation en 2013 (voir chapitre « gouvernance »), les bouées ATLAS de PIRATA servent de plateformes pour :

- Le programme « Ocean Tracking Network » (OTN ; voir <http://oceantrackingnetwork.org/>) de l'université Dalhousie d'Halifax (Canada). Ce

programme a pour but le suivi à l'aide de capteurs acoustiques sur l'ensemble des océans du globe de mammifères marins préalablement marqués. Ainsi, les 18 bouées du réseau PIRATA (dont les 6 sous la responsabilité du SO PIRATA) sont depuis 2014 équipées de capteurs autonomes placés à 200m de profondeur et remplacés lors de chaque campagne. Ce programme développé récemment (2010) constitue une contribution au programme GOOS de l'OMM.

- Un programme du « Ocean Mixing Group » de l'Université de l'état d'Oregon (PI : J.Moum ; voir <http://mixing.coas.oregonstate.edu/> ) et soutenu par la National Science Foundation (NSF, USA) pour une durée de 5 ans, consistant à étudier le mélange turbulent au sein des couches de la mélange océanique. Cela repose sur le déploiement de capteurs de turbulence (Chipods). Deux Chipods ont ainsi été installés pendant la campagne PIRATA FR24 par le SO aux sites 23°-0°N et 10°-0°N à 20m de profondeur (*voir aussi « évolution »*).

Au niveau Européen, comme précisé précédemment, PIRATA est une des composantes du projet PREFACE (FP7 ENV, depuis novembre 2013), et constitue un des Working Package du nouveau projet AtlantOS (H2020/BG8, depuis décembre 2014). (*voir aussi « évolution »*).

- Spécificités IRD/Sud : Réalité du transfert technique et d'expertise vers les homologues des institutions Sud concernées par le service. Degré d'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

Aucun partenaire du Sud n'est directement impliqué dans les tâches du SO PIRATA, si ce n'est une ONG (MARAPA) aidant localement à la maintenance du marégraphe à São Tomé et dont le technicien a été formé sur place aux opérations nécessaires. Par contre, de nombreux chercheurs et étudiants d'Afrique de l'Ouest, invités à participer tous les ans aux campagnes PIRATA, auront ainsi initiés aux techniques d'acquisition et de prétraitement de mesures en mer. Il peut également être noté que le réseau côtier de thermomètres autonomes de type ONSET mis en place le long des côtes nord du Golfe de Guinée dans le cadre du programme régional PROPAAO constitue un petit observatoire régional en Afrique de l'Ouest, dont les principaux acteurs (au Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana et Nigéria) ont été formés aux techniques d'acquisition et de traitement par l'équipe du SO PIRATA et grâce en partie à leur participation aux campagnes PIRATA (et EGEE/AMMA associées).

#### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

Les observations CO<sub>2</sub> de PIRATA font partie du réseau d'observations CO<sub>2</sub> européen depuis le projet FP6 CARBOOCEAN (2005-2009) et sont actuellement maintenues dans le projet FP7 CARBOCHANGE (2011-2015).

Elles font partie du projet H2020 AtlantOS.

Elles sont intégrées dans le SOERE Great Gases depuis 2010 et font partie de la composante « océan » de ICOS France. Des discussions sont en cours pour l'intégration dans l'infrastructure européenne ICOS océan.

Une convention CNRS/DT INSU-NKE-LOCEAN-UFPE (Université fédérale du Pernambouc, Recife, Brésil) se met en place afin d'assurer un transfert d'expertise de la DT INSU vers le Brésil ce qui permettra de calibrer les capteurs CARIOCA au Brésil. Plusieurs capteurs ont été achetés à NKE par le Brésil et vont contribuer à l'extension du réseau d'observations en Atlantique tropical ouest.

---

## Le fonctionnement

Fournir un organigramme présentant l'organisation du Service sur la période 2010-2014. Pour les personnels il s'agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SO (à distinguer des personnels assurant l'exploitation scientifique).

### RESEAU PIRATA :

L'équipe du SO PIRATA est essentiellement composée de personnels de l'UMR LEGOS, de l'US IMAGO de l'IRD et du CNRM/Météo-France.

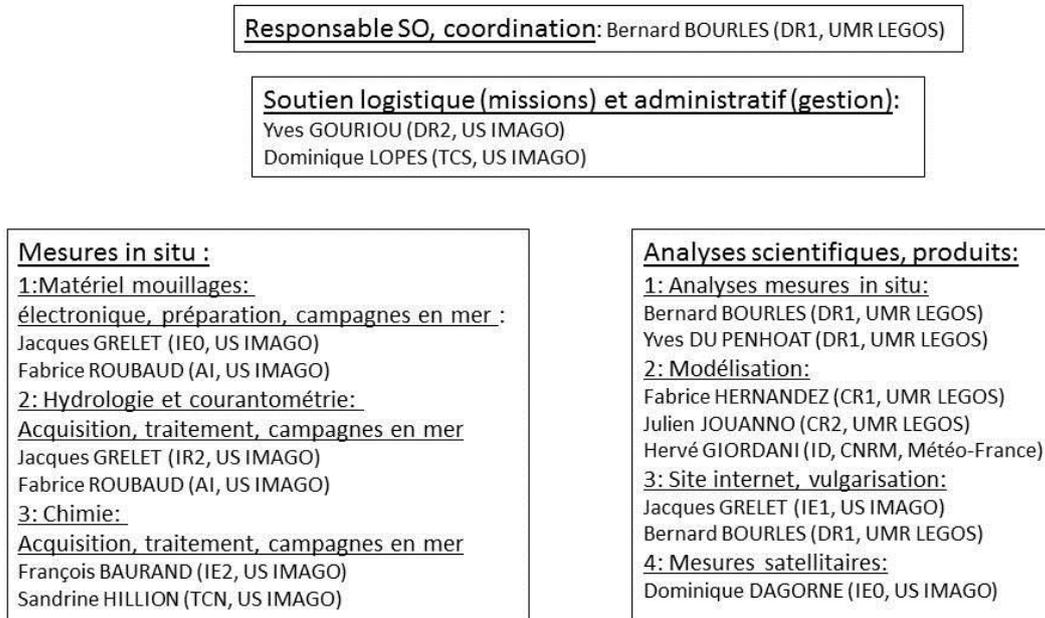
Le LEGOS a la responsabilité scientifique du réseau (B.Bourlès, DR, 40%) et contribue activement à l'animation du Comité Scientifique International PIRATA (via B.Bourlès, co-chair, et F.Hernandez, membre du PIRATA SSG -Scientific Steering Group-). Il gère le fonctionnement du SO, le budget et sa répartition, la coordination des campagnes annuelles et les contacts avec les partenaires (internationaux et nationaux) du programme PIRATA, les priorités de financement de matériel, les liens et collaborations avec les autres programmes, la rédaction et transmission des rapports scientifiques et des campagnes, etc. Y.duPenhoat, F.Hernandez et J.Jouanno contribuent essentiellement à la valorisation scientifique et opérationnelle des mesures acquises par le SO. A noter que le traitement des données hydrologiques (CTD-O<sub>2</sub>) et courantométriques (SADCP, mouillages ADCP) acquises lors des campagnes était assurée jusqu'à fin 2013 par R.Chuchla (IE. LEGOS), parti en retraite début 2014 et non remplacé. G.Herbert, post-doctorante financée par le programme EU PREFACE depuis juillet 2014, a repris l'ensemble des traitements des SADCP.

L'US IMAGO de l'IRD assure la maintenance du matériel, la logistique des campagnes annuelles et la majeure partie de leur réalisation (Y.Gouriou, J.Grelet, F.Roubaud, F.Baurand, D.Lopes, S.Hillion). J.Grelet et F.Roubaud assurent l'ensemble de la gestion et du suivi du matériel des mouillages (ATLAS, courantométriques ADCP), le remplacement de ces mouillages lors des campagnes annuelles (et le remplacement du capteur pCO<sub>2</sub> à 6°S-10°W), ainsi que l'acquisition des mesures *in situ* lors des campagnes (hydrologie/CTD-O<sub>2</sub> et courantométrie/LADCP), dont ils assurent également une partie du traitement. F.Baurand assure la majeure partie des mesures chimiques (S, O<sub>2</sub>, sels nutritifs, pigments) effectuées pendant les campagnes (analyses en mer ou ultérieurement en laboratoire) et gère l'ensemble du matériel associé, et supervise en mer les autres paramètres chimiques (échantillonnages pour les paramètres du CO<sub>2</sub>, C<sub>13</sub> et <sup>18</sup>O). Une partie des analyses effectuées en laboratoire est assurée par S.Hillion. D.Lopes contribue à l'organisation administrative des missions des embarquants lors des campagnes annuelles (billets d'avion, ordres de mission, conventions...) ainsi qu'au suivi des expéditions du matériel scientifique (principalement 1 container 40'' en provenance de la NOAA/PMEL, 1 container 40'' en provenance de l'US IMAGO de Brest, réexpédition vers les USA après la campagne etc...).

Noter que l'organisation des campagnes implique une coordination étroite entre le SO PIRATA et le la NOAA/PMEL à Seattle, qui gère tout le matériel électronique et les capteurs installés sur les bouées ATLAS. Ainsi, plusieurs mois avant les campagnes annuelles, une fois connues les dates de la campagne établies par GENAVIR, nous en informons le PMEL afin qu'il prépare l'ensemble du matériel nécessaire, et listé au préalable par le SO (resp. J.Grelet et F.Roubaud). Ce matériel doit ensuite être expédié par bateau de Seattle au port de départ de la campagne (en fonction du lieu du navire ; généralement en Afrique de l'Ouest, parfois en France), au moins 2,5 mois avant la campagne. Toutes les procédures administratives et douanières (notamment pour les matériels dangereux) sont suivies par le SO (resp. D.Lopes,

J.Grelet, B.Bourlès) en relation avec un transitaire et le PMEL. Après la campagne, tous les capteurs et l'électronique (largueurs acoustiques, centrale d'acquisition et de transmission, balises Argos etc) doivent être ré-expédiées par avion à Seattle suivant les mêmes procédures. Une telle coordination est de rigueur également pour l'expédition du matériel en provenance de l'US IMAGO et d'autres partenaires (LOCEAN, CORIOLIS, INSU etc).

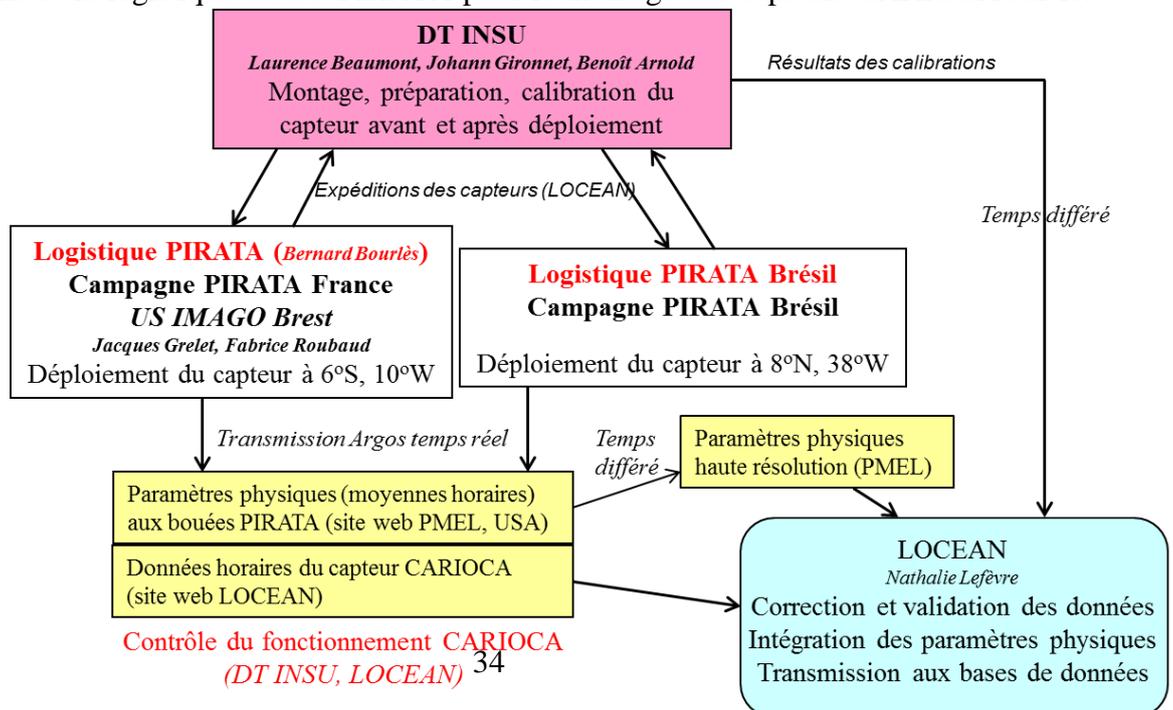
Organigramme (personnel titulaire permanent en janvier 2015) :



*Note: Ne sont mentionnés ici que les contributeurs permanents du SO.  
Ne sont pas mentionnés: post-docs, autres chercheurs, ingénieurs et/ou étudiants participant aux campagnes et/ou utilisant les données PIRATA; autres chercheurs responsables de mesures mises en œuvre grâce aux campagnes PIRATA.*

EXTENSION CO2 :

Les capteurs CARIOCA sont préparés à la DT INSU à Meudon. Les observations CO<sub>2</sub> bénéficient de la logistique du SO PIRATA pour le montage des capteurs CARIOCA sur les bouées.



---

## La gouvernance

Fournir un organigramme présentant les instances et leurs liens dans la gouvernance et le fonctionnement du SO, distinguer l'environnement interne du SO de son environnement externe (par exemple relations avec les instances d'un TGIR, d'un SOERE...). Indiquer les personnels impliqués dans ces instances.

Préciser également le fonctionnement des instances (fréquence de réunion...).

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les actions programmes de formation associés....

Spécificité IRD/sud : Liens institutionnels (accords bilatéraux, multilatéraux, approche par consortium) entre le service et les partenaires du Sud

## RESEAU PIRATA :

### Au niveau international :

PIRATA est un programme tri-national (France, USA, Brésil). Un PIRATA Resources Board (PRB) a été constitué dès 1999 pour répondre aux objectifs d'engagements (financiers, humains, moyens en navire, ...) avec des représentants de chacun des principaux instituts partenaires du Programme PIRATA, à savoir l'IRD et Météo-France pour la France, l'INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) et la DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) pour le Brésil et la NOAA pour les USA. Un Memorandum of Understanding (MoU) a été signé officiellement en août 2001 par les représentants de ces instituts qui est, après l'accord du PRB au vu du bon déroulement du programme, renouvelé et/ou prolongé régulièrement depuis. Le MoU rédigé en 2008 et signé en 2009 a été fourni en annexe du rapport transmis lors de l'évaluation du SO en 2010, et l'avenant prolongeant le MoU jusqu'en 2019 signé en juillet 2014 est fourni en Annexe 3.

En décembre 2014, le PRB était composé de :

David Legler, représentant de la NOAA/CPO (USA), Président ;

Janice Trotte-Duha, représentante du MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, pour l'INPE, Brésil) ;

Frederico Antonio Saraiva Nogueira représentant de la DHN (Brésil);

Robert Arfi, représentant de l'IRD (France)

Philippe Dandin, représentant de Météo-France (France)

La réalisation du programme est supervisée par le PIRATA Scientific Steering Group (PIRATA SSG), composé de 3 membres de chaque pays partenaire, et d'un invité allemand du GEOMAR depuis 2006. Le SSG a pour rôle la réalisation du programme et aussi l'animation scientifique. Il se réunit tous les ans, ainsi que le PRB, et fournit un rapport annuel détaillé au PRB, qui peut évaluer ainsi le bon fonctionnement du programme. Le SSG a également pour rôle d'évaluer les propositions d'évolution du réseau pouvant émaner de la communauté scientifique, qui peuvent avoir trait notamment à l'ajout de capteurs, de bouées, ou à l'utilisation des infrastructures et/ou campagnes annuelles du réseau PIRATA pour mener des opérations complémentaires. Après évaluation scientifique par le SSG, ce dernier soumet, ou non, le projet au PRB pour aval.

En décembre 2014, le SSG était composé de :

Bernard Bourlès (IRD, France; co-chair, depuis 2004);

Moacyr Araujo (UFPE, Brésil ; co-chair, depuis 2014)

Rick Lumpkin (NOAA/AOML, USA ; co-chair de 2005 à 2014)

Michael McPhaden (NOAA/PMEL, USA);

Ramalingam Saravanan (Texas A&M University, USA),

Paulo Nobre (INPE, Brésil);

Edmo Campos (IOUSP, Brésil).  
Hervé Giordani (Météo-France/CNRM, France),  
Fabrice Hernandez (IRD/LEGOS, France)  
Peter Brandt (GEOMAR, Allemagne)

Ces meetings internationaux annuels sont organisés en alternance par chaque pays partenaires, le France, le Brésil et les USA. Ces meetings sont désormais organisés en commun avec la communauté CLIVAR/TAV (Tropical Atlantic Variability), qui réunit des scientifiques impliqués depuis le début de CLIVAR dans les principaux programmes concernant le climat en Atlantique tropical, notamment AMMA, TACE...

Liste des meetings :

- 2010, mars: PIRATA 15 / TACE-TAV meeting; NOAA/AOML, Miami, USA.
- 2011, mars: PIRATA 16 / TACE-TAV meeting; UFPE, Fernando do Norhona, Brésil.
- 2012, septembre: PIRATA 17 / TACE-TAV meeting; GEOMAR, Allemagne.
- 2013, octobre: PIRATA 18 / CLIVAR-TAV meeting, NOAA, Venise, Italie
- 2014, novembre; PIRATA 19 / CLIVAR-TAV meeting, UFPE, Recife, Brésil.

A noter que :

- i) Le meeting de 2012 a été organisé au GEOMAR car associé au dernier meeting du programme TACE (2006-2011) ; l'organisation a été effectuée conjointement avec le SO PIRATA et co-financements IRD et Météo-France (financements supplémentaires exceptionnels, sans incidence sur le SO).
- ii) Le meeting de 2013 a été organisé en Italie par la NOAA/USA en association avec l'Université Ca'Foscari de Venise, sur leur demande conjointe.

Le SO PIRATA constitue la composante française du programme PIRATA, et ses activités sont donc essentiellement dictées par les engagements spécifiés dans le MoU et les décisions prises lors des meetings annuels réunissant le SSG et le PRB. Ces décisions peuvent porter sur l'échange de données, l'évolution du réseau, l'évaluation de propositions extérieures sollicitant PIRATA comme plateforme de mesures ou d'opérations, les collaborations avec d'autres programmes etc.

Au niveau national :

Le SO PIRATA est une composante du SOERE CTDO2 ('Coriolis-temps différé Observations Océaniques') qui concerne l'observation pérenne de l'océan hauturier. Le coordinateur du SO PIRATA est ainsi invité à participer aux réunions biannuelles des acteurs du SOERE. CTDO2 a contribué au SO PIRATA notamment par sa participation financière pour i) le remplacement du marégraphe de São Tomé et ii) l'achat de de capteurs T/C supplémentaires pour augmenter la résolution de capteurs T/C sur les mouillages ATLAS.

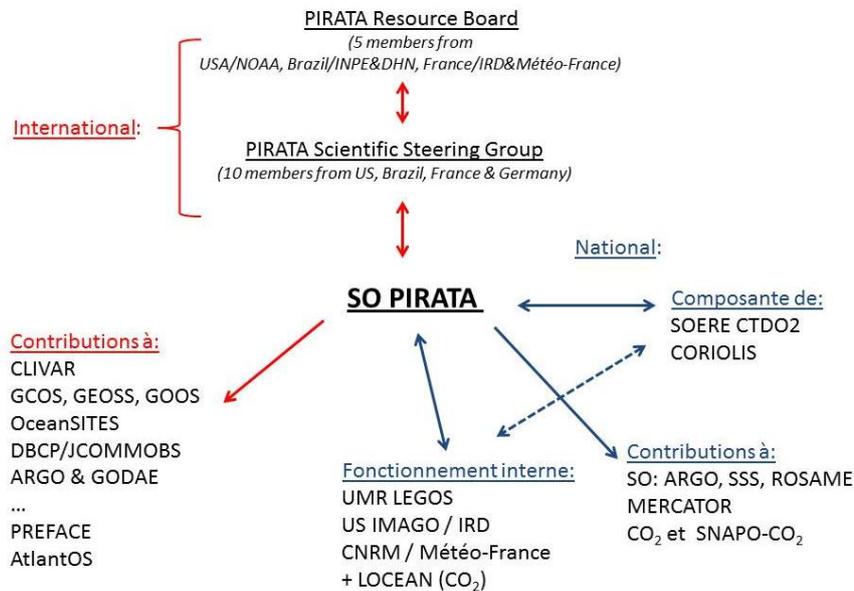
Le SO PIRATA est également une composante de CORIOLIS et notamment des nouvelles Conventions CORIOLIS. De fait, le coordinateur du SO PIRATA est membre du nouveau Comité de Pilotage CORIOLIS.

Des liens étroits existent entre CORIOLIS et CTDO2, notamment via la cellule « Recherche et Développement » de CORIOLIS, dont le responsable est également celui du CTDO2 (Gilles Reverdin). C'est grâce à ce cadre que les actions suivantes (*voir également chapitre précédent « liens avec SO »*) ont pu être initiées pour :

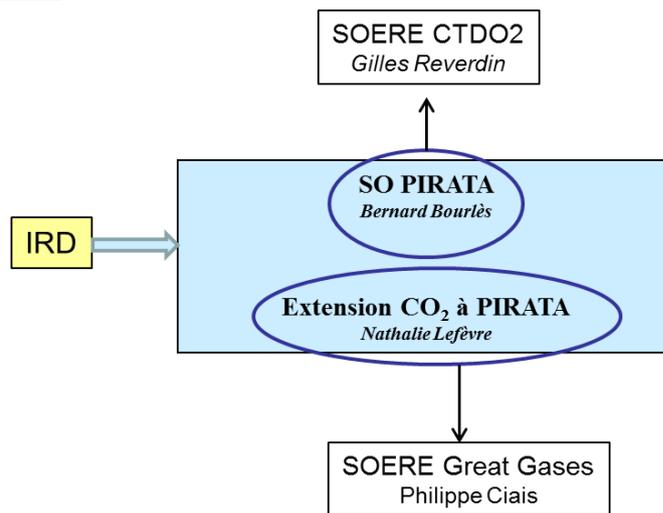
- La comparaison systématique des données T/S des profileurs Argo et des mouillages PIRATA pour identifier des erreurs/biais, en particulier sur les mesures de surface ;

- L'analyse des informations relatives aux variables de profondeur et de position transmises en temps réel par les bouées ATLAS afin d'en vérifier le contrôle qualité « temps différé » qui leur est appliqué, avant qu'elles ne soient utilisées à CORIOLIS pour le temps différé CORA.

Ci-dessous un organigramme schématisant ce qui précède :



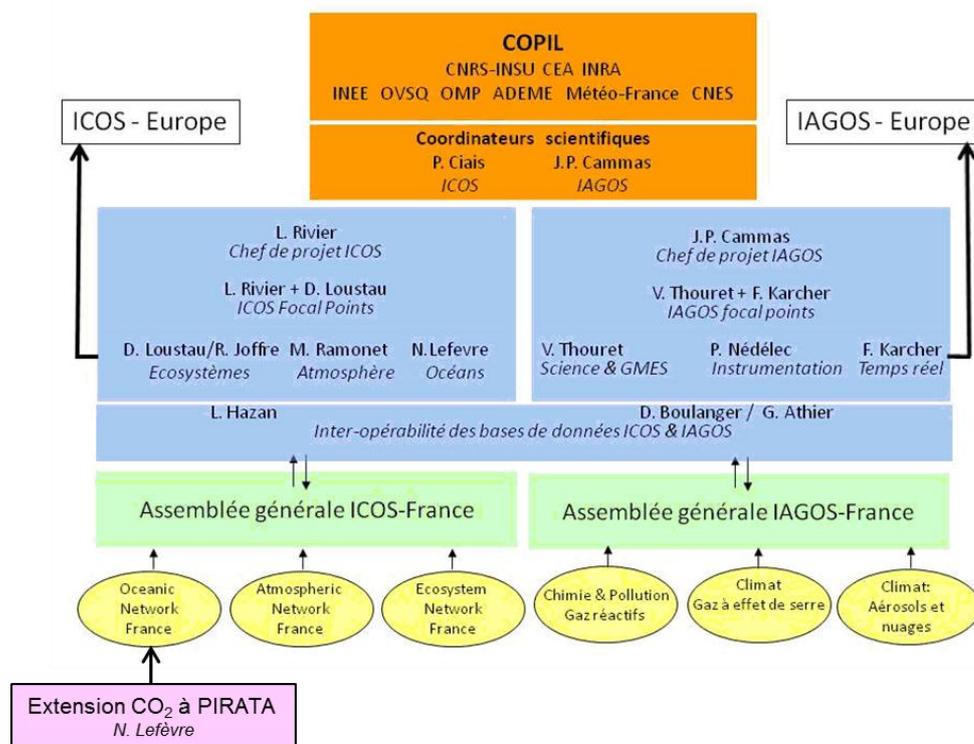
### EXTENSION CO<sub>2</sub> :



Les brésiliens assurent le déploiement du capteur CARIOCA sur la bouée 8°N, 38°W lors des campagnes PIRATA Brésil. En plus du MOU PIRATA entre la France, le Brésil et les Etats-Unis, il existe un accord de coopération entre l'IRD et l'UFPE de Recife sur les sciences marines. Depuis 2012, l'UFPE prend en charge le déploiement du capteur CO<sub>2</sub> sur la campagne PIRATA Brésil.

Les observations CO<sub>2</sub> PIRATA font partie du réseau CO<sub>2</sub> océan, d'ICOS France et du SOERE GreatGases (ICOS-IAGOS). L'assemblée générale ICOS France a lieu annuellement. L'organigramme ci-dessous montre le réseau dans l'environnement national (TGIR ICOS) et européen:

## Gouvernance et Organisation



---

### Difficultés rencontrées

Difficultés internes et externes auxquels a fait face le SO pour son fonctionnement depuis sa dernière labélisation

---

### RESEAU PIRATA :

En 2010, trois types de problèmes rencontrés pour le fonctionnement du SO PIRATA avaient été mentionnés : 1) les problèmes liés au vandalisme dans le Golfe de Guinée, 2) les problèmes liés à la disponibilité des navires et 3) les difficultés logistiques dans les ports d'Afrique de l'Ouest. Le vandalisme lié aux activités de pêche s'est considérablement réduit ces dernières années et ne pose plus de problème particulier. De même, grâce à son statut de SO et reconnu par CORIOLIS, le problème de la disponibilité des navires de la flotte océanographique nationale ne se pose plus, et les demandes de campagnes annuelles, bien que toujours effectuées, ne sont plus évaluées que tous les 4 ans. De plus, les campagnes sont réalisées avec un navire plus important que l'ANTEA depuis 2011 (le SUROIT) ce qui permet des opérations menées avec plus de sécurité et de confort, et ne nécessitant plus d'escale intermédiaire qui étaient indispensables pour du transbordement de matériel (pouvant embarquer à bord l'intégralité du matériel des bouées ATLAS). Enfin, les difficultés logistiques se posent moins depuis que les campagnes ne s'effectuent plus à partir de Cotonou (Bénin), mais pour des nouvelles raisons soulevées dans le paragraphe iii) ci-dessous... Par contre, les deux principales difficultés résultent des disponibilités humaines et financières et sont développées ici.

i) Moyens humains :

Le SO PIRATA est mené par une équipe relativement restreinte depuis ses débuts, et se réduisant progressivement suite à des départs à la retraite d'ingénieurs du LEGOS et de l'US IMAGO. Ainsi, si déjà plusieurs tâches ne pouvaient pas être assurées régulièrement (principalement la finalisation de traitements de données de campagnes, tels XBT, L-ADCP, données acquises « en route »,...), la situation s'est aggravée depuis un an suite au départ à la retraite d'un ingénieur IRD du LEGOS en mars 2014 qui participait activement aux campagnes, aux analyses à bord (S, O<sub>2</sub>) et au traitement de données (SADCP, CTD-O<sub>2</sub>). Nombre de données sont en gestation et ne peuvent plus être traitées/validées dans les temps impartis (O<sub>2</sub>, données des mouillages courantométriques, S et LADCP,...) et le SO PIRATA ne peut donc plus répondre intégralement aux engagements mentionnés dans le MoU PIRATA signé entre les organismes des USA, du Brésil et de la France engagés le programme. Si le traitement des mesures S-ADCP de toutes les campagnes effectuées depuis 2007 a pu être repris et assuré fin 2014 par un post-doc recruté par l'IRD/LEGOS dans le cadre du programme EU PREFACE, la validation des mesures O<sub>2</sub> des profils CTD-O<sub>2</sub> à partir des analyses effectuées à bord n'est plus assuré depuis 2013.

Aussi, la gestion et le remplacement des bouées météo-océaniques (dont une supplémentaire depuis 2013 suite à l'implémentation de l'extension Sud-Est) et des mouillages courantométriques lors des campagnes en mer reposent depuis plusieurs années sur la seule Unité de Service IMAGO de l'IRD, soit 2 ingénieurs/électroniciens, devant également être disponibles pour d'autres campagnes océanographiques proposées par des UMRs impliquant l'IRD... Faute de recrutements de titulaires IRD pour l'US IMAGO, des soutiens humains devraient pouvoir être également fournis par d'autres organismes (tels le CNRS/INSU ou l'IFREMER) via au moins la contribution d'un ingénieur électronicien aux campagnes à la mer, voire par la contribution d'équipes techniques d'autres UMRs (LOCEAN, LPO...). Aussi, d'autres ingénieurs devraient pouvoir être formés aux techniques des bouées ATLAS (à la NOAA/PMEL, Seattle) afin qu'ils puissent participer au SO et aux campagnes en mer.

Le recrutement d'au moins un ingénieur (US IMAGO et LEGOS) et d'un poste CNAP (pour assumer les tâches de service propres à un SO et l'animation scientifique au niveau national, qui n'est plus assurée depuis 2007 -année du départ pour 5 ans en affectation au Bénin du responsable du SO et de fin des campagnes EGEE/AMMA associées-), dédiés à PIRATA à temps plein deviennent donc de plus en plus indispensables et critiques, et ce à court terme...

ii) Moyens financiers :

La limitation de plus en plus accrue des moyens récurrents rend le fonctionnement du SO de plus en plus critique, au vu du coût croissant des transports de matériel et des missions, et de la nécessité de remplacer régulièrement le matériel scientifique et les équipements. Cela est développé en détail ci-dessous dans le paragraphe dédié (*ressources financières*), et également mentionné dans le chapitre « *évolution* ».

iii) Autres difficultés :

- Les actes de piraterie en cours depuis 2011 au nord du Golfe de Guinée font que les campagnes ne peuvent plus se faire dans une large région depuis 2012, pourtant d'un grand intérêt scientifique. En 2013, il a fallu modifier à deux reprises le plan de la campagne pour éviter les zones à risque imposées au fur-et-à-mesure des événements, et depuis 2014 toute la zone située au nord de l'équateur et à l'est de 3°E est « interdite », empêchant donc d'y échantillonner la bande équatoriale nécessaire, par exemple, pour le suivi du Sous-Courant Equatorial lors de son évolution vers l'est (voir plan de la campagne FR24 ci-dessous pour illustration). Cependant, cela n'affecte pas les tâches principales du SO PIRATA car les

bouées ATLAS et les mouillages courantométriques sont hors de toute zone à risque et loin de toute Zone Economique Exclusive...

A noter que l'épidémie d'Ebola en 2014 a également grandement impacté la programmation de la prochaine campagne 2015 !

- L'acheminement du matériel nécessaire en provenance de Seattle (USA) est, outre le fait qu'il soit de plus en plus coûteux, de plus en plus difficile à suivre en raison des délais de moins en moins respectés par les transports maritimes (principalement MSC)... Il s'avère que prévenir 3 mois à l'avance les partenaires du PMEL d'une expédition n'est plus suffisant, et qu'il faudrait envisager avec eux une expédition préalable plusieurs mois à l'avance sur Brest ! Ce problème est également rencontré en ce début d'année 2015...

### EXTENSION CO2 :

Suite à des problèmes d'étanchéité, le boîtier aérien de tous les capteurs a dû être remplacé par un nouveau boîtier étanche.

Une panne intermittente d'électronique dans le cerveau du capteur a créé de nombreux trous de données dans les séries temporelles aux 2 sites. Ce problème a été pris en compte par la DT INSU récemment (installation de watchdogs) et devrait être résolu pour les capteurs qui seront déployés en 2015.

La solution chimique a été modifiée pour le capteur à 8°N, 38°W suite à l'observation d'une dégradation de la solution. Les conditions de stockage et de transport, et les difficultés d'exportation du capteur au Brésil ont également causé la dégradation de la solution. Une panne du navire brésilien a retardé la mise à l'eau du capteur. Ces différents problèmes sont responsables du manque de bons résultats à 8°N, 38°W.

Le retard de la mise à disposition des données salinités haute résolution entraîne des retards dans le traitement et la mise à disposition des données CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>. De même, le manque de personnel pour la validation et le traitement des données ralentit la mise à disposition des données et l'exploitation scientifique.

---

### **Les ressources humaines (hors exploitation scientifique).**

Les ressources humaines seront comptabilisées en ETP (homme mois) sur la base du temps réel effectué (i.e. un maître de conférences travaillant effectivement 1 mois à plein temps sur le service sera compté 1 ETP). Les organismes d'appartenance et les corps des personnels seront précisés à l'aide d'un tableau du type suivant

### RESEAU PIRATA :

En janvier 2015, l'équipe (titulaires permanents seulement) comptait environ 2.9 ETP répartis entre le LEGOS (0.9), L'US IMAGO (1.9) et le CNRM (0,1). Le tableau ci-dessous montre la liste complète des personnes impliquées sur la période 2010-2014 (ordre alphabétique).

nom	corps	organisme	ETP	Fonction dans le SO
BAURAND François	IE2 IRD	US 191 IMAGO	40	Resp. mesures et analyses S, O2, sels nutritifs, pigments
BOURLÈS Bernard <sup>1</sup>	DR1 IRD	UMR 065 LEGOS	50	Responsable SO, gestion, coordination. SSG.
CHUCHLA Rémy <sup>2</sup>	IE0 IRD	UMR 065 LEGOS	40	Resp. traitement CTDO2 et ADCP
DAGORNE Dominique	IE0 IRD	US 191 IMAGO	5	Production produits satellitaires et analyses.

DIVERRES Denis	IE2 IRD	US 191 IMAGO	5 (marégraphe)	Entretien marégraphe de São Tomé
DU PENHOAT Yves	DR1 IRD	UMR 065 LEGOS	10	Campagnes occasionnelles. Analyses et communication.
GIORDANI Hervé	IRD Météo France	CNRM GAME	10	Membre SSG. Théorie et correspondant Météo-France.
GOURIOU Yves	DR2 IRD	US 191 IMAGO	10	Resp. US IMAGO. Campagnes occasionnelles.
GRELET Jacques	IR2 IRD	US 191 IMAGO	50	Resp. Mouillages (Atlas/Adcp) et acquisition CTD/LADCP. Campagnes.
HERBERT Gaëlle <sup>3</sup>	Post Doc IRD	UMR 065 LEGOS	50	Traitement ADCP.
HERNANDEZ Fabrice	CR1 IRD	UMR 065 LEGOS	10	Membre SSG. MERCATOR. Aspects opérationnels.
HILLION Sandrine	AJT IRD	US 191 IMAGO	15	Analyses S, O <sub>2</sub> , sels nutritifs, pigments.
JOUANNO Julien <sup>4</sup>	CR2 IRD	UMR 065 LEGOS	20	Campagnes occasionnelles. Analyses et modélisation.
LOPES Dominique	TCS IRD	US 191 IMAGO	15	Soutien administratif et logistique.
ROUBAUD Fabrice	AI IRD	US 191 IMAGO	50	Resp. Mouillages (Atlas/Adcp). Campagnes. Suivi matériel.

<sup>1</sup> : Coordinateur du SO. Co-chair du PIRATA SSG.

<sup>2</sup> : En retraite depuis mars 2014.

<sup>3</sup> : post doc financé depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2014 par PREFACE (programme EU FP7-ENV), avec forte contribution pour PIRATA (traitement de données SADCP), composante de PREFACE.

<sup>4</sup> : CR2 IRD/LEGOS recruté en décembre 2013.

### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

L'extension CO<sub>2</sub> concerne 1,4 ETP comme explicité dans le tableau suivant :

nom	corps	organisme	ETP	Fonction dans le SO
Johann GIRONNET	IR	DT INSU	0.5	Optique et mécanique du capteur CARIOCA
Laurence BEAUMONT	AI	DT INSU	0.4	Etalonnages et maintenance des capteurs
Benoît ARNOLD	Technicien	DT INSU	0.2	Tests, intégration des capteurs
Nathalie LEFEVRE	CR1	IRD LOCEAN	0.5	Logistique (achat du matériel, gestion du transport des capteurs). Traitement, validation et mise à disposition des données

### **Ressources Financières**

Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources récurrentes sur les 5 dernières années et occasionnelles

### RESEAU PIRATA :

Le SO PIRATA est principalement financé par l'IRD et Météo France, avec également un soutien de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP) et ponctuellement de l'INSU.

L'IRD et Météo-France sont associés via une convention renouvelée tous les 4 ans (la convention 2008-2012 a été renouvelée pour la période 2012-2016).

A noter que les coûts des temps de campagne (coûts « navire ») et les salaires ne sont pas pris en considération ici, et il ne s'agit donc que de budgets de fonctionnement nécessaires principalement pour : l'organisation et la réalisation des campagnes à la mer, les transports de matériel et leur remise à niveau, la coordination, les missions sur le terrain (*e.g.* São Tomé) et liées aux réunions Pirata nationales et internationales, etc. Il est cependant important de noter un coût d'environ 1M€/an pour le temps navire (N/O Le Suroit), à raison d'environ 60 jours de fonctionnement (temps de campagnes + transits aux ports d'escale).

Le tableau ci-dessous illustre les baisses des ressources récurrentes via celles i) du soutien de Météo-France depuis 2012, passé de 40k€/an à 30k€/an, et ii) du soutien de l'OMP, ayant décliné de 5k€ à 4,2k€ entre 2010 et 2012.

En 2013, l'IRD avait octroyé un soutien de 49k€ au SO dans la globalité, dont 4k€ ont été reversés à l'extension CO<sub>2</sub> (voir sous-chapitre dédié ci-dessous).

Ressources récurrentes sur 2010-2014*			Ressources occasionnelles		
<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
IRD	45000	Soutien annuel de 2010 à 2014	INSU	20000	Soutien 2010 pour achat de matériel de mouillage ADCP
Météo-France	40000	Soutien annuel en 2010 et 2011	INSU	15000	Soutien 2011 pour achat capteurs T/C
Météo-France	30000	Soutien annuel de 2012 à 2014	INSU	5000	Soutien 2012 via CTDO2
OMP/UPS	5000	Soutien 2010	LEGOS	8000	Soutien 2012 pour achat marégraphe
OMP/UPS	4500	Soutien 2011	INSU	20000	Soutien 2013 via CTDO2 ; matériel mouillage
OMP/UPS	4200	Soutien annuel de 2012 à 2014	INSU	5000	Soutien 2014 via CTDO2
<b>TOTAL</b>	<b>417100</b>		<b>TOTAL</b>	<b>73000</b>	

Utilisation des ressources financières :

Comme précisé ci-dessus, les budgets sont principalement utilisés pour : l'organisation et la réalisation des campagnes à la mer, les transports de matériel et leur remise à niveau, la coordination, les missions sur le terrain (*e.g.* São Tomé) et liées aux réunions Pirata nationales et internationales,...

Il n'est pas possible de fournir un détail rubrique par rubrique pour chaque année, du fait que les dépenses induites par les campagnes annuelles, qui constituent les priorités du SO pour la maintenance du réseau (conformément aux engagements pris dans le MoU), peuvent varier fortement d'une année à l'autre, selon les ports d'escale et l'endroit initial du navire utilisé ayant un impact sur les expéditions de matériels (de Seattle/USA et de Brest/France) et sur les missions des participants (par exemple, la participation de scientifiques ivoiriens si la campagne a lieu d'Abidjan permet aussi de réserver des fonds pour d'autres types de dépenses...). Ainsi, les budgets récurrents sont réservés en priorité i) pour les campagnes annuelles (expéditions du matériel et coût des missions des participants) et ii) pour la remise en état du matériel nécessaire pour la réalisation des campagnes (accastillage, batteries, calibration de capteurs par ex.). Les budgets occasionnels ne sont utilisés que pour l'achat de matériel scientifique (jouvence), conformément aux arguments fournis pour leur obtention. Le tableau ci-dessous illustre les dépenses (arrondies) effectuées pour l'année 2013, année « faste » mais qui a permis un fonctionnement « optimal » du SO, avec notamment la possibilité d'acquisition de matériel pour un mouillage ADCP grâce aux ressources occasionnelles obtenues via le SOERE CTDO2.

dépenses récurrentes sur 2010-2014			dépenses occasionnelles		
<i>Nature**</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>Nature</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
Transports du matériel pour la campagne annuelle	25 k€	<i>Ce montant peut varier de 25k€ (2013) à 35k€ (2014) en fonction des années...</i>	Achat flottabilité, largueur acoustique, (mouillage ADCP)	20 k€	
Missions pour la campagne annuelle	21 k€	<i>Variable de 18k€ à 27k€ selon les années</i>			
Petits équipements (dont expédition et étalonnage capteurs)	10 k€				
Fonctionnement (dont missions pour meeting annuel PIRATA)	10 k€				
Contribution achat gros équipement et conteneur stockage	6 k€				
Mission São Tomé (dont expédition matériel marégraphe)	7,2 k€				
<b>TOTAL</b>	<b>79.2 k€</b>		<b>TOTAL</b>	<b>20 k€</b>	

\*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

\*\* A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...)

A noter ici également que l'implication de PIRATA (donc du SO) dans le programme EU PREFACE aura d'ores et déjà permis :

- de disposer de 200k€ début 2014 qui ont permis l'acquisition d'une bouée ATLAS (pour l'extension Sud-Est) et d'un ADCP (pour le mouillage à 0-0) ;
- de financer 4 années pleines de CDD (2 post docs de 2 ans à l'IRD/LEGOS pour mener des études scientifiques dans le cadre du projet) ;

### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

Les projets européens CARBOOCEAN (2005-2009) et CARBOCHANGE (2011-2015) ont contribué aux crédits récurrents qui ont permis de maintenir les observations depuis 2006 jusqu'à présent. LEFE CYBER a également contribué à soutenir les observations avant la labellisation sur la période 2010-2012.

L'IRD a soutenu spécifiquement les observations CO<sub>2</sub> aux sites PIRATA et sur les navires marchands à partir de 2010 via des crédits incitatifs au LOCEAN (2010, 2011, 2012). A partir de 2013, la demande pour les observations CO<sub>2</sub> se fait dans les demandes annuelles des observatoires PIRATA et SSS du LEGOS. Suite aux restrictions budgétaires, à partir de 2014, les extensions CO<sub>2</sub> n'ont plus reçu de crédits (le SO PIRATA a cependant pris en charge en 2014 les frais d'expédition de la bouée CARIOCA entre Meudon et La Seyne, pour 330€).

Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources récurrentes sur les 5 dernières années et occasionnelles

Ressources récurrentes sur 2010-2014*			Ressources occasionnelles		
<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>CARBOCHANGE FP7</i>	<i>80 k€ (total projet : fonctionnement &amp; missions)</i>	<i>2011-2015</i>	<i>LEFE CYBER</i>	<i>16 k€ (Total projet)</i>	<i>Navires+bouées 2010-2012</i>
<i>IRD LOCEAN Incitatifs</i>	<i>12 k€</i>	<i>Navires+bouées, 2010</i>			
<i>IRD LOCEAN Incitatifs</i>	<i>15 k€</i>	<i>Navires+bouées, 2011</i>			
<i>IRD LOCEAN Incitatifs</i>	<i>8 k€</i>	<i>Navires+bouées, 2012</i>			
<i>IRD LEGOS</i>	<i>4 k€</i>	<i>CO2 PIRATA 2013</i>			
<i>IRD LEGOS</i>	<i>330 €</i>	<i>PIRATA, transport Carioca 2014</i>			
<i>TOTAL</i>	<i>119,3 k€</i>		<i>TOTAL</i>	<i>16 k€</i>	

Le Brésil fournit la logistique pour la bouée à 8°N, 38°W (réception et stockage du matériel, transport du matériel au navire brésilien, équipage et personnel pour montage du capteur sur la bouée à bord du navire et déploiement en mer, récupération de l'ancien capteur pour réexpédition en France). Certains coûts de transport au Brésil ont également été pris en charge par l'INPE responsable de l'organisation des missions PIRATA jusqu'en 2011.

Les dépenses récurrentes concernent le transport des capteurs, le changement des piles lithium et la remise en état des capteurs à leur retour à la DT INSU. L'expédition du capteur à Brest au lieu de Cotonou pour les campagnes PIRATA France a permis de bien réduire les frais de transport depuis 2012.

Les dépenses occasionnelles sont dues à un problème de fuite qui a obligé à changer tous les boîtiers aériens des capteurs. Du petit matériel a également dû être remplacé à la suite de vandalisme.

Utilisation des ressources financières :

dépenses récurrentes sur 2010-2014			dépenses occasionnelles		
<i>Nature**</i>	<i>Montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>Nature</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>Fonctionnement</i>	<i>13 k€</i>	<i>Changement piles lithium, colorant, connecteurs...</i>	<i>Fonctionnement</i>	<i>2 k€</i>	<i>Pièces pour nouveaux boîtiers aériens</i>
<i>Petits équipements</i>	<i>2 k€</i>	<i>Composants électroniques</i>	<i>Petits équipements</i>	<i>17 k€</i>	<i>nouveaux boîtiers aériens, matériel endommagé</i>
<i>Missions</i>	<i>21 k€</i>	<i>Transport du matériel</i>			
<i>TOTAL</i>	<i>36 k€</i>		<i>TOTAL</i>	<i>19 k€</i>	

\*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

\*\* A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...)

# EVOLUTION/CREATION

**Cette partie du document doit contenir toutes les évolutions du SO proposées. Cela concerne donc tous les critères du bilan, si aucune évolution n'est proposée, mentionner clairement « identique bilan ».**

**Cette partie du document est également dédiée aux nouvelles propositions de labélisation**

## **Préambule :**

Comme pour le chapitre « BILAN », en raison de l'extension aux mesures CO<sub>2</sub> (capteurs CARIOCA aux sites 6°S-10°W et 8°N-38°W) avalisée en 2011 par la CSOA, et les potentialités d'évolution pouvant être distinctes pour cet aspect du SO, chaque rubrique est constituée de 2 composantes : la 1<sup>ère</sup> est relative au réseau PIRATA, rédigée par le responsable du SO (Bernard Bourlès), et la 2<sup>nde</sup> relative aux mesures CO<sub>2</sub>, rédigée par Nathalie Lefèvre.

---

## **Evolution du contexte scientifique et des objectifs justifiant des modifications en termes de paramètres et de sites d'observation.**

### **Ou, pour un nouveau service, le contexte, les motivations et les objectifs scientifiques**

---

Pas d'évolution par rapport à la période 2010-2014

Evolution des paramètres observés et/ou des sites d'observation

Justification : Evolutions (paramètres et sites) en reprenant les critères mentionnés dans le bilan

pour un nouveau service, description de la mission du service (Description exhaustive du service en termes de sites et paramètres. Privilégier une présentation concise (tableau, carte). Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs)

## **RESEAU PIRATA :**

i) Modifications effectuées sur le réseau depuis 2010 :

Le réseau PIRATA a sensiblement évolué depuis 2010. Si le contexte et les objectifs scientifiques restent les mêmes, PIRATA (et en conformité avec les engagements pris dans le MoU et aux précédentes évaluations nationales concernant le SO) a étendu le réseau via des capteurs supplémentaires et une bouée supplémentaire, l'extension Sud-Est à 6°S-8°E.

En 2011, pour répondre aux objectifs scientifiques prioritaires recommandés par les comités scientifiques internationaux PIRATA, TACE et AMMA-2), 6 capteurs supplémentaires de conductivité (salinité) ont pu être ajoutés (acquis grâce à un financement INSU en 2010) le long du câble des bouées ATLAS situées à 10°S/10°W et 6°S/10°W, afin de disposer de mesures de salinité/température avec une meilleure résolution verticale entre la surface et 100m de profondeur ; ainsi en ces deux bouées des capteurs sont déployés aux profondeurs suivantes : 0, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120m.

En 2012, un nouvel ADCP immergé à 300m, donc identique à celui de 23°W, a été déployé sur le mouillage courantométrique à 10°W-0°N.

En 2013, l'extension Sud-Est, suite au financement rendu possible d'une 2<sup>nde</sup> bouée ATLAS par le programme EU PREFACE (une 1<sup>ère</sup> bouée avait été financée en 2005 par le « Benguela Current Large Marine Ecosystem (BCLME) programme » et déployée avec succès 2007 par l'ORE PIRATA pour une phase de test d'un an en 2006-2007), a été

déployée à 6°S-8°E. Cette nouvelle bouée comporte l'ensemble des capteurs nécessaires pour le programme OceanSITES (dont un mesurant le courant horizontal à 12m de profondeur).

ii) Opérations d'opportunité supplémentaires récurrentes :

Un dispositif tel qu'un réseau de bouées fixes en Atlantique tropical permet d'assurer des mesures également pour d'autres projets ou programmes, en installant d'autres capteurs sur les lignes de mouillage (ce, dans la mesure où ces capteurs sont indépendants, autonomes, et ne perturbent pas le fonctionnement « normal » des bouées ATLAS, après étude et accord des dossiers par le PIRATA SSG).

Ainsi, en 2014 les bouées situées à 23°W-0°N et 10°W-0°N ont été équipées chacune d'un capteur de turbulence (Chipods) dans le cadre d'un projet annexe proposé par Jim Moum (Université d'Oregon, USA). Ce type de capteur mesure à haute fréquence la température et les gradients verticaux de température et fournit des informations précieuses sur les processus turbulents. A partir de 2015, et ce pendant une durée de 5 ans (remplacement chaque année) grâce à un soutien de la NSF (USA), 5 capteurs de ce type seront installés à différentes profondeurs (entre 0 et 100m) sur ces 2 bouées.

En 2014 également, des capteurs « Ocean Tracking network » (OTN) ont été installés (à 200m) sur toutes les bouées du réseau PIRATA (dont les 6 sous la responsabilité du SO) pour le suivi de mammifères marins préalablement bagués, pour répondre à la requête de Frederick Woriskey (Université d'Halifax, Canada). Ces capteurs devraient aussi être maintenus (et donc remplacés annuellement) dans les années à venir.

En 2014, le SO PIRATA a été contacté afin d'étudier la possibilité d'ajouter sur les bouées ATLAS des capteurs de carbone-suie (« black carbon ») afin d'étudier leur impact sur l'écosystème marin et sur le climat (Proposition émanant de B.Guinot, LA-OMP et de X. Mari, MIO), permettant ainsi une continuation sur l'océan des observations déjà menées sur le continent Africain dans le cadre du réseau IDAF. Ce projet suit son cours, et devrait être soumis prochainement au PIRATA SSG, déjà informé, pour validation. Si ce projet est soutenu et réalisable techniquement, il pourrait commencer à être mis en œuvre à partir de 2016-2017.

Il est à noter que ces opérations supplémentaires sont effectuées à titre gracieux, après accord au sein du PIRATA SSG et du responsable du SO, et rendues possibles grâce à la compétence et la bonne volonté des ingénieurs de l'US IMAGO. Aussi, elles ne prennent quasiment pas de temps supplémentaire pendant les opérations menées lors du remplacement des bouées, s'agissant d'ajouter des capteurs le long du câble.

iii) Opération supplémentaire prévue dans le cadre du programme EU PREFACE :

En plus de la maintenance de la bouée de l'extension Sud-Est à 60S-8°E, désormais composante intégrante du réseau PIRATA, il a été émis dès la fin du programme associé TACE (en 2012) au sein de la communauté scientifique PIRATA et lors de l'élaboration du programme EU PREFACE le souhait de remettre en œuvre des mesures de courant ADCP à la position 0°E-0°N. L'engagement a donc été pris de re-déployer et maintenir un tel mouillage dans le cadre de PREFACE dans lequel le SO, via le LEGOS, est partie prenante. Ce mouillage aurait dû être déployé en 2014 (c'était un des « Milestone » -MS10-, de PREFACE) mais cela n'a pas pu être réalisé faute i) de la disponibilité du matériel adéquat

-ADCP identique à ceux installés aux mouillages 23°W/0°N et 10°W/0°N- et ii) de moyens humains et financiers pour mettre en place un dispositif utilisant 2 anciens ADCP immergés moins profondément (utilisés en parallèle, un vers le haut, un vers le bas).

Les fonds disponibles via PREFACE vont permettre son déploiement pendant la campagne PIRATA de 2015, et ce mouillage devrait être maintenu sur la durée du programme PREFACE... Cependant, au terme de ce programme -fin 2017-, et en fonction des possibilités (humaines et financières), ce mouillage pourrait être maintenu, ce qui répondrait non seulement aux objectifs scientifiques de PIRATA et programmes associés, mais également du projet EU H2020 AtlantOS qui vise sur la maintenance de mesures sur le plus long terme...

A noter que, outre 200k€ pour l'achat de la bouée ATLAS de l'extension Sud-Est et d'un ADCP pour le mouillage 0°E-0°N, et du financement de 4 années de CDD post-docs, PREFACE permettra de financer également des missions pour contribuer aux meetings dédiés, associés à PIRATA.

*(Le budget global attribué à l'IRD/LEGOS via PREFACE est d'environ 773.896€ (coût éligible), avec un pré-financement européen de 645.375€, sur une durée 4 ans) ;*

iv) Opérations prévues dans le cadre du programme EU AtlantOS :

Fin 2013, PIRATA a été « naturellement » impliqué dans l'élaboration du projet européen (H2020) AtlantOS qui vise à renforcer, étendre et pérenniser tant que faire se peut les observations océanographiques en Atlantique. Dans ce cadre, et sous le label « PIRATA » qui constitue la Task 5 du Working Package 3 d'AtlantOS, 3 propositions ont été faites et retenues :

- Ajout de capteurs « classique » sur les bouées ATLAS du réseau PIRATA ; cet aspect est sous la responsabilité du SO PIRATA via l'IRD/LEGOS ;
- Ajout d'un capteur CARIOCA (paramètre CO<sub>2</sub>) sur un mouillage ; cet aspect est sous la responsabilité de l'extension CO<sub>2</sub> du SO PIRATA, via l'IRD/LOCEAN.
- Ajout de capteurs d'Oxygène dissous sur certains mouillages ATLAS du réseau ; cet aspect est sous la responsabilité du GEOMAR en Allemagne, et sera mis en œuvre sur quelques bouées le long de 23°W (PIRATA NEE sous responsabilité US) ;

Le budget EU AtlantOS permettra de disposer d'environ 100k€ pour l'acquisition de capteurs « classiques » supplémentaires et de financer 2 années pleines de CDD d'Ingénieur d'Etude (traitement de données et optimisation des délais de transmission de données qualifiées en temps différé). Le choix des capteurs et leur positionnement (site et sur la verticale) sera défini courant 2015 en concertation avec les partenaires au sein du PIRATA SSG ;

*(Le budget global attribué via AtlantOS à l'IRD/LEGOS pour le réseau PIRATA « classique » devrait être d'environ 475.000€ (coût total), sur une durée 4 ans ; le budget pour l'extension CO<sub>2</sub> attribué, sous couvert de la composante PIRATA, à l'IRD/LOCEAN devrait être d'environ 203.000€ (coût total)) ;*

v) Evolution des bouées ATLAS du réseau PIRATA :

Le PMEL de la NOAA a développé ces dernières années un nouveau système de bouées pour remplacer les ATLAS, le système T-Flex. Ce système a déjà été testé avec succès dans les océans Indien (dans le cadre de RAMA) et Atlantique (dans le cadre de PIRATA US) et les T-Flex devraient donc être utilisées et mise en place dès 2016 pour à terme remplacer tout le parc de bouées ATLAS. Ce système de bouées permettra notamment :

- de mettre en place le long de la ligne de mouillages plus de capteurs océanographiques dont la transmission des données pourra être assurée en temps réel ;
- d'assurer une télétransmission des données plus fiable et avec une résolution temporelle plus importante (toutes les heures via Iridium) ;
- de doubler des capteurs atmosphériques afin de limiter les pertes d'acquisition éventuelles induites par des défaillances des capteurs ;
- d'ajouter des capteurs de courant systématiquement en sub-surface (Aquadopp) ;
- d'augmenter la sécurisation des capteurs pour limiter la conséquence d'actes éventuels de vandalisme ou de chocs ;
- d'assurer une plus grande flexibilité sur le type de capteurs pouvant être ajoutés sur les mouillages (et donc d'être beaucoup moins limité par la technologie des capteurs) ;
- d'assurer une plus grande autonomie des mouillages (actuellement de 12 mois, elle pourrait être étendue à 18 mois) ;
- d'être également déployé aux plus hautes latitudes (donc pouvant résister à des conditions de surface -vent, houle- plus rigoureuses qu'aux latitudes équatoriales) ;

Cette évolution, qui va induire la formation des ingénieurs-électroniciens de l'US IMAGO lors d'un séjour à la NOAA/PMEL (Seattle, USA) en 2015 ou 2016, permettra notamment la mise en place de capteurs supplémentaires par le SO PIRATA, tel que cela est prévu dans le cadre d'AtlantOS...

#### vi) Le cas du marégraphe de São Tomé :

Le maintien dans le réseau PIRATA et sa prise en charge par le SO du marégraphe de São Tomé peut être remis en question... En effet, ce marégraphe ayant été remplacé en 2013 par un système neuf complet élaboré par la DT-INSU, qui est donc de même type que ceux utilisés dans le cadre du SO ROSAME et de SONEL, et son fonctionnement devant être désormais assuré par l'INSU (il ne fonctionne toujours pas, malgré une intervention supplémentaire depuis son installation), il semblerait logique et cohérent que ce marégraphe soit désormais pris en charge dans le cadre de ces SO, ou de la future structure nationale qui regrouperait l'ensemble des marégraphes maintenus par la communauté scientifique française...

#### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

L'évolution proposée concerne l'extension des observations et le fonctionnement de l'extension CO<sub>2</sub> à PIRATA. Dans le cadre du projet européen H2020 AtlantOS, il est prévu d'équiper la bouée PIRATA à 6°S, 8°E d'un capteur CARIOCA et d'une optode. Cette bouée se trouve dans le SEC et est voisine de la panache du Congo. Ce nouveau site va donc permettre de mieux connaître la variabilité du CO<sub>2</sub> dans le SEC et de déterminer l'impact du Congo sur la distribution de fCO<sub>2</sub> dans l'océan de surface.

---

#### **Les protocoles de mesure**

Description rigoureuse des protocoles des nouvelles mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques (y compris les stratégies d'échantillonnage dans l'espace et le temps). Description des procédures de contrôle qualité. Lien avec les protocoles utilisés dans les réseaux internationaux.

IDENTIQUE BILAN

---

## **La durée d'observation**

Justifier la nécessité des nouvelles observations (observables, sites) sur des durées de 10 ans ou plus.

IDENTIQUE BILAN

---

## **L'archivage des données et leur mise à disposition**

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage, séries disponibles, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration internationale éventuelle, responsable technique. Lien avec les Centres de données nationaux et Internationaux. Quelles actions sont envisagées pour favoriser l'utilisation des données par des utilisateurs extérieurs.

Spécificités IRD/Sud Réalité de l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud.

IDENTIQUE BILAN

---

## **L'ouverture et l'insertion du Système d'observation**

Liens avec d'autres SO, insertion du SO dans le dispositif de recherche français (régional, national), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation.

Actions mises en œuvre pour ouvrir le SO à des équipes extérieures.

Spécificités IRD/Sud : Réalité du transfert technique et d'expertise vers les homologues des institutions Sud concernées par le service. Degré d'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

### RESEAU PIRATA :

Des discussions et échanges sont entamées depuis 2014 entre le Brésil et l'EU, en relation avec les USA et le Canada (et en lien avec le programme H2020 AtlantOS qui va démarrer début 2015), pour le développement des observations en Atlantique Sud et de collaborations scientifiques dédiées à ce bassin particulier, sous-échantillonné. Dans ce cadre, le SO PIRATA a un rôle important à jouer pour évaluer les potentialités de collaborations, extensions, ajout de capteurs etc, et notamment de par ses liens historiques avec les partenaires Brésiliens (et notamment de l'UFPE/Recife), des USA (NOAA, PMEL et AOML) mais aussi d'Afrique du Sud (Université Cape-Town) et d'Afrique de l'Ouest, fortement impliqués dans PREFACE. Les relations ainsi établies au Sud par l'IRD et le rôle important de l'IRD dans la formation universitaire (initiée régionalement au Bénin, mais aussi au Sénégal, à Recife) et via les LMI (Laboratoires Mixtes Internationaux) constitueront donc un contexte favorable pour ces discussions.

### EXTENSION CO2 :

Identique bilan.

La rédaction de la convention CNRS/DT INSU-NKE-LOCEAN-UFPE se poursuit afin de monter un banc d'étalonnage de capteurs CARIOCA à l'UFPE, Recife, Brésil.

---

## Le fonctionnement

### Si évolution ou création

Fournir un organigramme présentant l'organisation du Service sur la période 2010-2014. Pour les personnels il s'agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SO (à distinguer des personnels assurant l'exploitation scientifique).

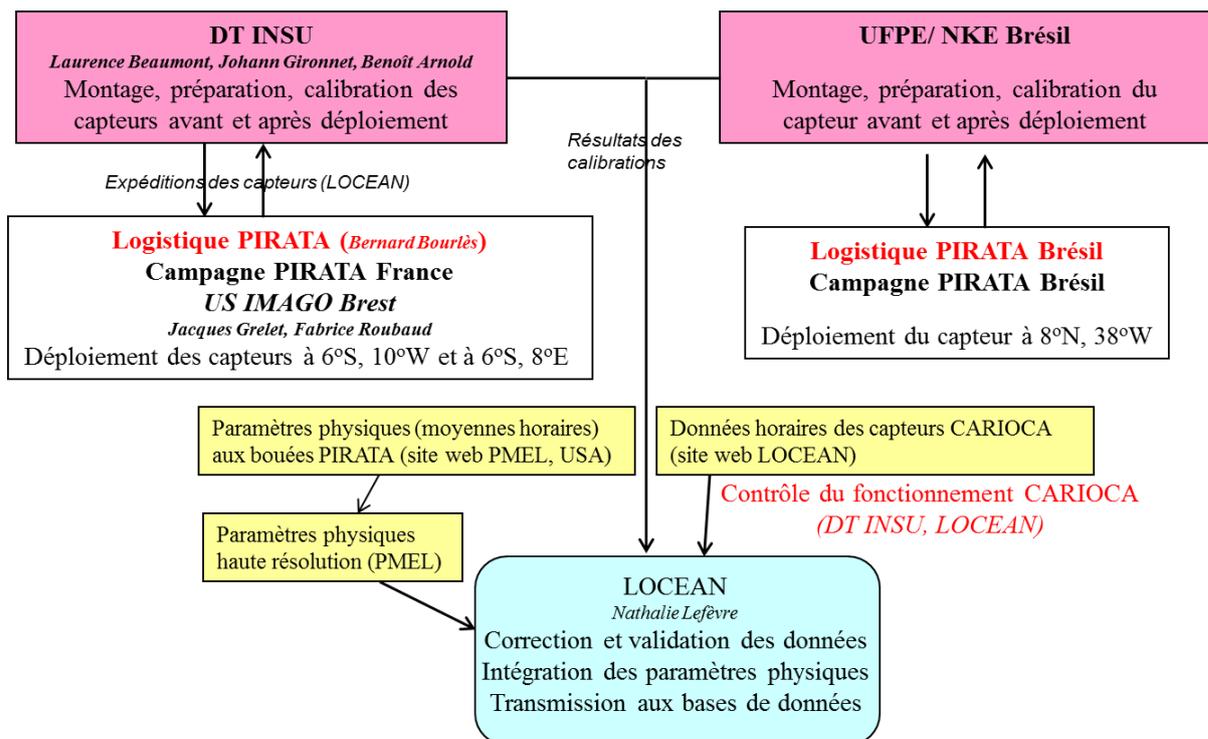
### RESEAU PIRATA :

IDENTIQUE BILAN

### EXTENSION CO2 :

Un nouveau fonctionnement est à l'étude en ce qui concerne le capteur qui dépend de la campagne PIRATA Brésil. Actuellement le capteur est préparé à la DT INSU Meudon, est expédié au Brésil, est déployé lors de la campagne PIRATA brésilienne. L'ancien capteur sur la bouée 8°N, 38°W est réexpédié à la DT INSU, calibré, remis en état puis repart au Brésil pour la prochaine campagne. Ce fonctionnement est coûteux en frais de transport et les processus d'exportation sont compliqués avec des délais importants. D'autre part, les retards imprévus des campagnes brésiliennes entraînent des délais importants entre l'expédition du capteur et sa mise à l'eau ce qui nuit au bon fonctionnement du capteur et explique le peu de bonnes données récupérées.

La convention en cours de rédaction permettra de transférer l'expertise de la DT INSU au Brésil et de monter un banc d'étalonnage à l'UFPE de Recife. Les capteurs destinés à la bouée 8°N, 38°W au Brésil pourraient ainsi rester au Brésil et être préparés peu de temps avant le déploiement sur la campagne PIRATA Brésil.



---

## La gouvernance

### Si évolution ou création

Fournir un organigramme présentant les instances et leurs liens dans la gouvernance et le fonctionnement du SO, distinguer l'environnement interne du SO de son environnement externe (par exemple relations avec les instances d'un TGIR, d'un SOERE....). Indiquer les personnels impliqués dans ces instances.

Préciser également le fonctionnement des instances (fréquence de réunion...).

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les actions programmes de formation associés.....Les évolutions par rapport à l'organigramme présenté dans le bilan devront être clairement identifiées.

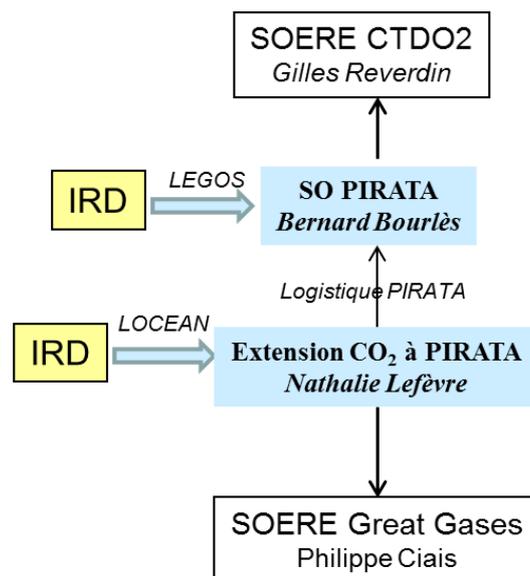
### RESEAU PIRATA :

IDENTIQUE BILAN

### EXTENSION CO<sub>2</sub> :

L'évolution proposée consiste à disposer des ressources récurrentes IRD via le LOCEAN pour les extensions CO<sub>2</sub> au lieu du LEGOS et de reconnaître les extensions CO<sub>2</sub> comme des observatoires élémentaires au LOCEAN.

Les relations avec ICOS et le SOERE Great Gases ne changent pas.



### **Moyens nécessaires pour mettre en œuvre ces évolutions (redistribution des ressources existantes, nouvelles ressources (obtenues ou demandées).**

#### **Les ressources humaines (hors exploitation scientifique).**

Les ressources humaines seront comptabilisées en ETP (homme mois, cf. bilan pour définition) sur la base du temps réel effectué. Les organismes d'appartenance et les corps des personnels seront précisés à l'aide d'un tableau du type suivant. Si de nouvelles ressources humaines sont nécessaire par rapport au tableau bilan, indiquer leur origine et si elles sont obtenue ou demandée.

### RESEAU PIRATA :

Si les ressources humaines restent inchangées (côté titulaires), la maintenance du fonctionnement du SO risque fortement de ne plus pouvoir être assurée correctement, et ce à court terme...

L'appui ponctuel et provisoire de contrats CDD (Preface puis AtlantOS) ne pourra pas pallier à cette pénurie de ressources humaines, surtout que la formation d'ingénieurs/électroniciens aux techniques de mouillages (ATLAS) prend des années avant que ces derniers puissent acquérir une complète autonomie...

Il est donc répété ici ce qui est déjà écrit dans la partie « Bilan », à savoir que le recrutement d'au moins un ingénieur (US IMAGO et LEGOS) et d'un poste CNAP (pour assumer les tâches de service propres à un SO et l'animation scientifique au niveau national, souhaité et demandé depuis plusieurs années), dédiés à PIRATA à temps plein deviennent donc de plus en plus indispensables et critiques, et ce à court terme...

nom	corps	organisme	ETP (homme-an)	Fonction dans le SO	Ressource existante ou demandée

Budget prévisionnel : Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources attendues comme récurrentes sur les 5 prochaines années et de celles occasionnelles

Pour les ressources, et comme cela a été mentionné à plusieurs reprises dans différents rapports annuels (INSU, CORIOLIS etc), un budget récurrent d'environ 100k€/an est nécessaire pour un fonctionnement adapté, permettant d'assurer les missions, les transports de matériels, le fonctionnement de base, et une partie du remplacement ou mise à jour du matériel scientifique.

Donc, à la veille du renouvellement d'ici 2016 de la convention associant l'IRD et Météo-France relative à PIRATA, le maintien des soutiens récurrents de l'IRD et de Météo-France est indispensable, et ce avec au moins le même niveau de financement (45k€ et 30k€/an respectivement), qui est le minimum pour assurer son simple fonctionnement (sans jouvence), sinon il faudra trouver impérativement d'autres ressources.

Ressources récurrentes prévues pour 2015-2019*			Ressources occasionnelles		
<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<b>TOTAL</b>			<b>TOTAL</b>		

Utilisation des ressources financières :

dépenses récurrentes prévues pour 2015-2019			dépenses occasionnelles		
<i>Nature**</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>Nature</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<b>TOTAL</b>			<b>TOTAL</b>		

\*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

\*\* A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...) distinguer ce qui est fonctionnement de la jouvence de l'équipement

### EXTENSION CO2 :

Le financement d'un post-doctorant est prévu dans le projet AtlantOS (18 mois) pour contribuer au travail sur les observatoires CO<sub>2</sub> navires et bouées.

Budget prévisionnel : Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources attendues comme récurrentes sur les 5 prochaines années et de celles occasionnelles

Ressources récurrentes prévues pour 2015-2019*			Ressources occasionnelles		
<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>AtlantOS H2020</i>	<i>~20 k€</i>	<i>Fonctionnement et missions CO2 PIRATA</i>	<i>SOERE Great Gases</i>	<i>?</i>	
<i>IRD ?</i>	<i>?</i>				
<i>TOTAL</i>			<i>TOTAL</i>		

Le nouveau fonctionnement proposé devrait permettre d'économiser sur le transport du capteur au Brésil mais la date de la mise en place d'un banc d'étalonnage au Brésil n'est pas connue. Le mode de fonctionnement actuel sera conservé en attendant.

Utilisation des ressources financières :

dépenses récurrentes prévues pour 2015-2019			dépenses occasionnelles		
<i>Nature**</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>Nature</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>Fonctionnement</i>	<i>13 k€</i>	<i>Changement piles lithium, colorant, connecteurs...</i>			
<i>Petits équipements</i>	<i>2 k€</i>	<i>Composants électroniques</i>			
<i>Missions</i>	<i>15 k€</i>	<i>Transport du matériel</i>			
<i>TOTAL</i>	<i>30 k€</i>		<i>TOTAL</i>		

\*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

\*\* A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...) distinguer ce qui est fonctionnement de la jouvence de l'équipement

## ANNEXE 1 : DETAIL DES CAPTEURS SUR LES BOUEES ATLAS

### ATLAS Mooring Sensors

Measurement	Sensor type	Manufacturer: Model #	Resolution	Range	Accuracy
Wind speed	Propeller	R. M. Young: 05103	0.2 m s <sup>-1</sup>	1-20 m s <sup>-1</sup>  (0.4 - 36 m s <sup>-1</sup> )	±0.3 m s <sup>-1</sup> or 3%
Wind direction	Vane	R. M. Young: 05103	1.4°	0-355°	5° - 7.8°
	Fluxgate compass	E.G.and G. or KVH: 63764 or LP101-5	1.4°	0-359°	
Air temperature	Pt-100 RTD (Resistance Temperature Detector)	Rotronic Instrument Corp.: MP-100	0.04°C	14-32°C  (0-40°C)	±0.2°C
Relative humidity	Capacitance		0.4 %RH realtime  0.02 %RH delay mode	55-95 %RH  (0-100 %RH)	±2.7 %RH
Downwelling shortwave radiation (Current Meter Moorings)	Pyranometer	Eppley Laboratory: PSP	1.3 W m <sup>-2</sup>	700 W m <sup>-2</sup>  (0-1600 W m <sup>-2</sup> )	±2%
Sea surface temperature	Thermistor	PMEL: Standard ATLAS SST sensor using YSI (Yellow Springs Instruments) thermistor 46006	0.001°C	14-32°C	±0.03°C
Sea surface temperature	Thermistor	PMEL: Current meter mooring SST sensor using YSI thermistor 46006	0.001°C	14-32°C	±0.01°C
Subsurface temperature	Thermistor	PMEL: Standard ATLAS sensor using YSI thermistor 46006	0.001°C	6-32°C  (2-35°C)	±0.09°C
Subsurface temperature	Thermistor	PMEL: Mini Temperature Recorder (MTR) using YSI thermistor 46006	0.001°C	6-29°C  (-2-34°C)	±0.01°C
Subsurface temperature	Thermistor	EG&G VACM	0.001°C	1-31°C	±0.05°C
Subsurface temperature	Thermistor	EG&G VMCM	0.006°C	1-31°C	±0.05°C
Subsurface temperature	Thermistor	Sea Data TR-2, TDR-2	0.01°C	1-31°C  (-5-35°C)	±0.05°C

<b>Sea surface and subsurface temperature</b>	Thermistor	Sea Bird Electronics: SBE16, SBE37	0.001°C	1-31°C (-5-35°C)	±0.003°C
<b>Salinity</b>	Internal field conductivity cell	Sea Bird Electronics: SBE16 (Seacat)	0.0001 S m <sup>-1</sup>	3-6 S m <sup>-1</sup> (0-6 S m <sup>-1</sup> )	±0.02 psu
<b>Water pressure</b>	Transducer	Paine: 211-30-660-01	0.03 psi	400-800 psi (0-1000 psi)	±0.25% full scale (1000psi)
<b>Ocean current (single point)</b>	Savonius rotor and vane	EG&G VACM	0.005 cm s <sup>-1</sup>  2.8°	(2-300 cm s <sup>-1</sup> )	±3-7 cm s <sup>-1</sup> ,  ±5.6°
<b>Ocean current (single point)</b>	Orthogonal Propellers	EG&G VMCM	0.01 cm s <sup>-1</sup>  1.4°	(0.9 - 340 cm s <sup>-1</sup> )	±3-7 cm s <sup>-1</sup> ,  ±2.5°
<b>Ocean current (profile)</b>	Acoustic Doppler Current Profiler	RD Instruments: Narrow band, 150 kHz	0.1 cm s <sup>-1</sup>  0.006	(0-256 cm s <sup>-1</sup> )	±5 cm s <sup>-1</sup> ,  ±2.5°

### Measurements Sampling

Measurement	Sample rate	Sample period	Sample time	Data recorded in memory	Transmitted data
<b>Wind velocity components, air temperature, relative humidity</b>	2-hz	2 min	2359-0001, 0009-0011,...	10 min	Daily mean and 2-min mean from top of most recent hour
<b>Rain rate [1]</b>	1-hz	1 min	0000-0001, 0001-0002,...	1 min	Daily mean, standard deviation, and percent time raining
<b>Shortwave radiation</b>	1-hz	2 min	2359-0001, 0001-0003,...	2 min	Daily mean and standard deviation
<b>Longwave radiation (thermopile, case and dome temperatures)</b>	1- hz	2 min	2359-0001, 0001-0003,...	2 min	Daily mean
<b>Barometric Pressure</b>	2-hz	2 min	2359-0001, 0059-0101,...	Hourly	Daily mean and most recent 2-min average
<b>Sea surface and subsurface temperature and conductivity [2]</b>	1 per 10 min	instantaneous	0000, 0010,...	10 min	Daily mean
<b>Current velocity</b>	1-hz	2-3 min	2359-0001, 0009-0011,...	10-min	Daily mean

## QUALITY CONTROL:

### Real-time ATLAS data

Real-time ATLAS data quality control is routinely performed on a daily, weekly, and monthly basis.

### Daily quality control

The first step of daily quality analysis involves automatic flagging of data that fall outside of broad error specifications. Next, remaining data are checked against a narrower range of error specifications, and those that fall outside this range generate an error alert message. However, questionable data are not automatically removed. Rather, for each error alert, the suspect data are checked for validity by experienced data analysts.

In addition to the error checking program, daily comparisons are made between TAO data that are processed at PMEL and TAO data that are transmitted via the GTS. Any discrepancies between the data sets are immediately investigated and corrected.

Data quality control procedures are summarized in the table below:

Measurement	Preliminary gross automated error checking	Daily parameters that will generate error alerts	Additional daily checks
Wind direction		Compass or vane zero; compass or vane constant; direction varies more than 90° from previous day.	Visual inspection of 5-day running mean wind vectors vs climatology
Wind velocity		Speed changes more than 5 m s <sup>-1</sup> from previous day	
Relative humidity (RH)	RH set to missing if > 99.9%	Daily RH outside 65-99%; hourly RH outside 50-100% within past two weeks; changes >20% from previous day	
Air temperature (AT)	AT set to missing if > 33.0° or < -9.0°.	Daily AT changes > 5°C from previous day; daily AT - SST > 1.4°C; daily AT outside 6-32°C; hourly AT outside 15-33°C within past two weeks	
Sea surface temperature (SST)	SST set to missing if > 33.0° or < -9.0°.	SST changes > 5°C from previous day; SST - T at 20m or 25m > 0.2°; hourly SST outside 20-30°C within past two weeks	Visual inspection 5-day running mean plot of SST vs wind vectors
Subsurface temperature (T)	T set to missing if > 99.99° or < -9.0°.	T changes > 5°C from previous day; vertical gradient between adjacent sensors checked. T conforms to the climatological values for the current quarter (+/- 3 s.d. of 90-day mean)	Visual inspection of T profiles
Rainfall	Rate > 10mm hr <sup>-1</sup>	Sensor output full scale; daily rainfall rate outside -0.1-10mm hr; daily rain rate > 1.0 mm hr for < 5% time raining; daily rain rate < 0.1mm hr for > 25% time raining	

<b>Shortwave radiation (SWR)</b>	Set to missing if $> 1400 \text{ W m}^{-2}$ . If any SWR value (mean, standard deviation, maximum) reads 0, all are set to missing for that day.	Sensor output zero or full scale; daily radiation outside $50\text{-}325 \text{ W m}^{-2}$ ; max radiation exceeds $1350 \text{ W m}^{-2}$	Visual inspection and comparison with time series plots from neighboring sites.
<b>Longwave radiation (LWR)</b>		Daily radiation outside $350\text{-}500 \text{ W m}^{-2}$ ; daily radiation changes $> 50 \text{ W m}^{-1}$ from previous day; case thermistor and dome thermistor vary by more than $1^\circ\text{C}$	
<b>Barometric pressure</b>		BP changes $> 5 \text{ mb}$ from previous day; daily BP outside $990\text{-}1018 \text{ mb}$ ; hourly barometric pressure outside $990\text{-}1018$ in past two weeks	Visual inspection and comparison with time series plots from neighboring sites.
<b>Salinity</b>	Computed only for conductivity in range $30.0\text{-}70.0 \text{ mS cm}^{-1}$ and $T > 0.0^\circ$	Salinity changes by $> 0.5 \text{ psu}$ ; salinity outside $31.0\text{-}36.5 \text{ psu}$ ; density inversions computed from daily averaged salinities and temperatures $> 0.05 \text{ kg m}^{-3}$ ; salinity conforms to the climatological values for the current quarter ( $\pm 3 \text{ s.d. of } 90\text{-day mean}$ )	
<b>Current Direction</b>	if daily average is based on $<50\%$ of daily samples, the output is set to undersampled flag (no data reported)	direction varies more than $90^\circ$ from previous day; no change in direction;	
<b>Current Velocity</b>	if daily average is based on $<50\%$ of daily samples, the output is set to undersampled flag (no data reported)	speed change greater than $50 \text{ cm/s}$ from previous day; no change in speed from previous day;	
<b>Position</b>	Data from moorings which have drifted more than 1 degree of latitude or 5 degrees of longitude are excluded from data base.	Buoy position changes from deployment position by $> 6\text{nm}$	

## Weekly real-time quality control

Every week, the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) compiles statistics of TAO data transmitted via the GTS and compares these statistics to numerical weather prediction Medium Range Forecast (MRF) model output. Weekly mean and RMS differences of daily averaged TAO and NCEP 10 m winds are computed. Daily averaged NCEP winds in these computations are based on four 6-hourly forecasts at 00z, 06z, 12z, and 18z. Weekly mean and standard deviations for TAO air temperatures and sea surface temperatures are also computed. Based on these statistics, NCEP reports the number of suspect observations for wind, air, and sea surface temperature according to the criteria listed in the table below.

Weekly means of most variables are also compiled at PMEL and compared to COADS climatology. Conditions which generate error alerts are listed below. Anomalies are investigated by trained personnel and flagged only if there is a high probability that the data are bad.

Measurement	PMEL checks	NCEP checks
<b>Wind direction</b>	Direction differs from climatology by $> 30^\circ$	
<b>Wind vector components (U/V)</b>		Mean and standard deviation of MRF output and TAO winds; RMS difference of MRF and TAO winds
<b>Wind speed</b>	Weekly average vs climatology	
<b>Relative humidity (RH)</b>	Weekly average $< 40\%$	
<b>Air temperature (AT)</b>		Mean and standard deviation TAO AT; AT $< 15.0$ or $> 35.0$
<b>Sea surface temperature (SST)</b>	Weekly average different from climatology by $> 2^\circ\text{C}$	Mean and standard deviation TAO SST; SST $< 15.0$ or $> 35.0$
<b>Subsurface temperature (T)</b>	$20^\circ\text{C}$ isotherm differs from climatology by $> 25\text{m}$	
<b>Rainfall</b>	Mean daily rainfall rate and standard deviation; number points since deployment where % time raining is $> 30\%$ ; number points where rain rate $> 4\text{mm hr}^{-1}$	
<b>Shortwave radiation</b>	Mean daily radiation and standard deviation; number points since deployment where maximum daily radiation $> 1350\text{ W m}^{-2}$ ; number points where average daily radiation $> 650\text{ W m}^{-2}$ ; number of points average radiation $< 50\text{ W m}^{-2}$	
<b>Barometric pressure</b>		
<b>Salinity</b>		
<b>Position</b>		

## Monthly real-time quality control

Daily averaged data are plotted by site for the most recent 12 months, and continuity between deployments is checked. Plots of daily mean data are also compared to COADS climatology.

## Delayed mode ATLAS data

### General

Raw data recovered from the internal memory are first processed using computer programs that apply pre-deployment calibrations and generate time series in engineering units. These programs also search for missing data and perform gross error checks for data that fall outside physically realistic ranges. A computer log of potential data problems is automatically generated as a result of these procedures.

Next, time series plots, spectral plots, and histograms are generated for all data. Plots of differences between adjacent subsurface temperature measurements are also generated. Statistics, including the mean, median, standard deviation, variance, minimum and maximum are calculated for each time series.

Individual time series and statistical summaries are examined by trained analysts. Data that have passed gross error checks but which are unusual relative to neighboring data in the time series, and/or which are statistical outliers, are examined on a case-by-case basis. Mooring deployment and recovery logs are searched for corroborating information such as problems with battery failures, vandalism, damaged sensors, or incorrect clocks. Consistency with other variables is also checked. Data points that are ultimately judged to be erroneous are then flagged.

For some variables, additional postprocessing after recovery is required to ensure maximum quality. These variable-specific procedures are described below.

### **Rain Rate**

Rainfall data are collected using a RM Young rain gauge, and recorded internally at a 1-min sample rate. The RM Young rain gauge consists of a 500 ml catchment cylinder which, when full, empties automatically via a siphon tube. Data from a 3-min period centered near siphon events are ignored. Occasional random spikes, which typically occur during periods of rapid rain accumulation, or immediately preceding or following siphon events, are eliminated manually.

Rain rates computed from first differences of 1-min accumulations are often noisy because of the sensitivity of rate calculations to noise in accumulations over short time scales. To reduce this noise, 1-min accumulations are filtered with a 16-point Hanning filter, and rates are computed at 10-min intervals. Residual noise in the filtered time series may include occasional spurious negative rain rates, but these rarely exceed a few  $\text{mm hr}^{-1}$ . Serra et al (2001) [1] estimate the overall accuracy of 10-min data to be  $0.3 \text{ mm hr}^{-1}$  on average.

### **Subsurface Pressure (and other measurements)**

The majority of ATLAS moorings are taut-line moorings. Therefore, vertical excursions of the mooring line are small in most situations, and subsurface instruments do not deviate far from their nominal measurement depths. Vertical excursions of the mooring line are detected by pressure sensors typically placed at depths of 300 m and 500 m where the largest line variations typically occur (McCarty et al (1997) [2]). Large, short-duration, upward spikes in subsurface pressure data are occasionally observed. These spikes usually indicate either purposeful or accidental interaction between fishermen and the moorings. Each spike, and its effects on the subsurface data, is individually evaluated. Data from all subsurface sensors are flagged when pressure excursions exceed the range expected for normal variability.

### **Salinity**

Salinity values are calculated from measured conductivity and temperature data using the method of Fofonoff and Millard (1983) [3]. Surface salinity records are plotted and examined for periods of spiky data caused by response time differences between conductivity and temperature sensors. The identified spiky periods are flagged. Conductivity values from all depths are adjusted for sensor calibration drift by linearly interpolating over time between values calculated from the pre-deployment calibration coefficients and those derived from the post-deployment calibration coefficients.

A thirteen point Hanning filter is applied to the high-resolution (ten minute interval) conductivity and temperature data. A filtered value is calculated at any point for which seven of the thirteen input points are available. The missing points are handled by dropping their

weights from the calculation, rather than by adjusting the length of the filter. Salinity values are recalculated from the filtered data and subsampled to hourly intervals.

The drift-corrected salinities are checked for continuity across deployments. In addition, for those deployments which had multiple depths instrumented with conductivity sensors, the records are compared to one another and checked for unusual density inversions indicating uncorrected drift of one or more instruments. If uncorrected drift is found, an attempt is made to identify the sensor at fault and adjust its data based on differences with data from adjacent depths during unstratified conditions. The procedures used to identify and adjust problematic data are similar to those described in Freitag et al (1999) [4] and used to correct Seacat salinity data.

Delayed mode daily salinity and density values are calculated by taking the mean of the available hourly values for the day. If there are fewer than 12 hourly values available, a daily mean value is not computed.

[1] Serra, Y.L., P.A'Hearn, H.P. Freitag, and M.J. McPhaden, 2001: *ATLAS self-siphoning rain gauge error estimates*. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, in press.

[2] McCarty, M.E., L.J. Mangum, and M.J. McPhaden, 1997: *Temperature errors in TAO data induced by mooring motion*. NOAA Tech. Memo. ERL PMEL-108, Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA, 68 pp.

[3] Fofonoff, P., and R. C. Millard Jr., *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*, *Tech. Pap. Mar. Sci.*, 44, 53 pp., Unesco, Paris, 1983.

[4] Freitag, H.P., M.E. McCarty, C. Nosse, R. Lukas, M.J. McPhaden, and M.F. Cronin, 1999: *COARE Seacat data: Calibrations and quality control procedures*. NOAA Tech. Memo. ERL PMEL-115, 89 pp.

### **Subsurface moored Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) data**

Velocity profiles are obtained from upward looking Acoustic Doppler Current Profilers (ADCPs) deployed on subsurface moorings at nominal depths of 250 m to 300 m below the sea surface. The narrowband RD Instruments ADCPs have a 20 degree transducer orientation and are set to collect data with 8.68 m nominal bin and pulse lengths. The instruments collect data at a 3 second sample rate and form averages over 15 minutes beginning at the top of the hour.

Velocity data are processed and quality controlled at PMEL after the mooring is recovered and the data retrieved from the instrument's memory. The adcp velocity measurements assume a constant sound speed of  $1536 \text{ m s}^{-1}$  at the transducer. In situ hourly temperature and average salinity measurements are used to adjust the velocities for sound speed variations. The nominal ADCP bin widths, which assume a constant sound speed with depth of  $1475.1 \text{ m.s}^{-1}$ , are adjusted using historical hydrographic sound speed profiles.

The actual depth of the ADCP transducer head is variable in time, as the mooring reacts to variations in ocean currents beneath the instrument. Therefore, velocity profiles need to be adjusted for head depth. The transducer head depth is computed using two independent methods. In the first, the hourly target strength for each beam and each depth bin is computed from the echo intensities. The sea surface appears as a maximum target strength for most (>80%) hourly profiles. A polynomial is fit to the target strengths of the three bins closest to the surface. The position of the maximum target strength with respect to the adcp transducer is then used as the depth of the instrument for each hourly profile. The second method of estimating the head depth is from pressure time series recorded by duplicate pressure sensors mounted near the adcp transducer. Estimates of head depth from the maximum target strength and the pressure sensors are typically within +/- 2m, less than half of the adcp bin width. The computed transducer head depth and the bin widths (nominal bin widths which have been

adjusted for sound velocity) are used to compute the bin depths for the hourly adcp velocity data.

Near surface velocity measurements may be in error due to strong reflections from the surface that overcome the sidelobe suppression of the transducer. Hourly data are flagged as bad if the bin depth (the center of the velocity bin) is closer to the surface than

$$D \cdot (1 - \cos(\theta)) + \text{bin width}$$

where  $D$  is the transducer depth,  $\theta$  is the angle of the transducer beam relative to vertical, and the bin width has been adjusted for sound velocity. Velocities from the remaining depth bins are then interpolated to standard depths at 5 meter intervals. Velocity time series at the shallowest five standard depths are plotted to visually verify that no contamination from surface reflections appears in the data.

The ADCP velocities are also compared with coincident point velocity measurements when available on nearby surface moorings. ADCP and point velocity measurements generally agree to within  $5 \text{ cm s}^{-1}$ , and no velocity adjustments to the ADCPs have yet been made based on these comparisons. ADCP directions are also checked against available point velocity measurements. Average direction differences greater than 5 degrees are evaluated and adjustments made to the ADCP time series if necessary.

ADCP data are carefully reviewed when no velocity data from other nearby instruments are available for comparison. For equatorial sites, contour plots of zonal and meridional velocities are checked to ensure that no obvious aliasing of zonal flow appears in the meridional velocities, which could indicate the existence of compass error. Direction comparisons are also made with the preceding and following ADCP deployments at the same location. A depth range with minimal direction variance is selected. The average direction for these depths is computed for four time periods, the first and last two weeks of the deployment, the last two weeks of the preceding deployment and the first two weeks of the following deployment. The average direction difference is calculated for both consecutive two week pairs and used to adjust the deployment directions if necessary.

### Quality indices and sensor drift

Instrumentation recovered in working condition is returned to PMEL for post-deployment calibration before being reused on future deployments. After post-deployment calibrations are made, the resultant coefficients are compared to the pre-deployment coefficients. A set of output values are computed by application of the calibration equation using pre-deployment coefficients to a set of input values. Input values are chosen so that the output values would range over normal environmental conditions. A second set of output values are generated by application of the calibration equation using post-deployment coefficients to the same set of input values. Sensor drift is calculated by subtracting the first set of output values from the second set of output values. The sensors are then assigned quality indices based on drift using the following criteria:

**1 - Highest Quality.** Pre/post-deployment calibrations agree to within sensor specifications. In most cases, only pre-deployment calibrations have been applied.

**2 - Default Quality.** Pre-deployment calibrations only or post-deployment calibrations only applied. Default value for sensors presently deployed and for sensors which were not recovered or not calibratable when recovered, or for which pre-deployment calibrations have been determined to be invalid.

**3 - Adjusted Data.** Pre/post calibrations differ, or original data do not agree with other data sources (e.g., other in situ data or climatology), or original data are noisy. Data have been adjusted in an attempt to reduce the error.

**4 - Lower Quality.** Pre/post calibrations differ, or data do not agree with other data sources (e.g., other in situ data or climatology), or data are noisy. Data could not be confidently adjusted to correct for error.

When a recovered sensor meets the criteria for nominal drift, the quality index is changed from the default value of "2" to "1" for highest quality data.. When it does not meet the criteria for sensor drift, the index becomes "4". If an adjustment based on post-deployment calibrations or other information is later made, the index may then be set to "3" or "1". When damage or loss of an instrument due to vandalism, harsh environmental conditions, electronics failures, or loss of a mooring prevents post-deployment calibration, a default quality of "2" is assigned to the data.

**Nominal drift criteria:**

<b>Measurement</b>	<b>Drift criteria</b>
Air temperature	0.4°C
Relative humidity	4%
Wind velocity	0.6m s <sup>-1</sup> or 6%
Temperature	0.02°C
Salinity	0.04 PSU
Rainfall	0.6mm hr <sup>-1</sup>
Shortwave radiation	2 %

## **ANNEXE 2 : LISTE DE PUBLICATIONS (depuis 2010)**

### **Références des publications ayant utilisé les données du SO :**

*Précision: cette liste est non exhaustive... En effet, les données PIRATA étant en libre accès pour toute la communauté scientifique, les scientifiques utilisant les données ne transmettent pas systématiquement leurs publications au comité scientifique de PIRATA. Les publications mentionnées dans ce tableau concernent seulement celles à notre connaissance et auxquelles des chercheurs de la communauté française ont contribué. Une liste bibliographique PIRATA plus complète peut être récupérée sur le site : <http://www.aoml.noaa.gov/phod/pne/publications.php>*

### **Revues de rang A : 40**

- Brandt, P., G. Caniaux, B. Bourlès, A. Lazar, M. Dengler, A. Funk, V. Hormann, H. Giordani, and F. Marin : Equatorial upper-ocean dynamics and their interaction with the West African monsoon. *Atmos. Sci. Let.*, 12, 24-30, doi:10.1002/asl.287, 2011.
- Cabanes, C., A. Grouazel, K. von Schuckmann, M. Hamon, V. Turpin, C. Coatanoan, S. Guinehut, C. Boone, N. Ferry, G. Reverdin, S. Pouliquen, and P.-Y. Le Traon, The CORA dataset: validation and diagnostics of ocean temperature and salinity in situ measurement. *Ocean Sci. Discuss.*, 9, 1273-1312, 2012.
- Da-Allada, C. Y., G. Alory, Y. du Penhoat, E. Kestenare, F. Durand, and N. Hounkonnou, Seasonal mixed-layer salinity balance in the tropical Atlantic Ocean: Mean state and seasonal cycle, *J. Geophys. Res.* 118, 332–345, doi:10.1029/2012JC008357, 2013.
- Da-Allada, C. Y., G. Alory, Y. du Penhoat, J. Jouanno, N. Hounkonnou, and E. Kestenare, Causes for the recent increase for sea surface salinity in the northeast Gulf of Guinea, doi 10.2989/1814232X.2014.927398, *Afr. J. of Mar. Scien*, 2014.
- Da-Allada, C. Y., Y. du Penhoat, J. Jouanno, G. Alory, and N. Hounkonnou, Modeled mixed-layer salinity balance in the Gulf of Guinea: Seasonal and interannual variability, in press in *Ocean Dyn.*, 64, 12, 1783-1802, 2014.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès, J. Veitch, and V. Koné, Coastally trapped eddies in the north of the Gulf of Guinea, *J. Geophys. Res.*, 119, doi 10.1002/2014JC010243, 2014.
- Drevillon, M., E. Greiner, D. Paradis, C. Payan, J.-M. Lellouche, G. Reffray, E. Durand, S. Law-Chune, S. Cailleau, A strategy for producing refined currents in the Equatorial Atlantic in the context of the search of the AF447 wreckage, *Ocean Dynamics*, 63:63–82, DOI 10.1007/s10236-012-0580-2, 2013.
- Giordani, H., and G. Caniaux : Diagnosing vertical motion at the equatorial Atlantic, *Ocean Dynamics*; 61:1995–2018, DOI 10.1007/s10236-011-0467-7, 2011.
- Giordani, H., G. Caniaux, and A. Voldoire : Intraseasonal mixed layer heat budget in the Equatorial Atlantic during the cold tongue development in 2006. *J. Geophys. Res.*, 118, 650-671, doi:10.1029/2012JC008280, 2013
- Giordani, H., and G. Caniaux: Frontogenesis in the equatorial front formation in 2006. *Climate Dynamics*, Volume 43, [Issue 11](#) (*Special issue: Tropical Atlantic Variability and Climate*), 10.1007/s00382-014-2293-3, 3147-3162, 2014
- Hernandez, O., J. Boutin, N. Kolodziejczyk, G. Reverdin, N. Martin, F. Gaillard, N. Reul and J.L. Vergely, SMOS salinity in the subtropical north Atlantic salinity maximum: Part I: Comparison with Aquarius and *in situ* salinity, *J. Geophys. Res.*, DOI 10.1002/2013JC009610, 2014.
- Hounsou-Gbo, A., M. Araujo, B. Bourlès, D. Veleza, and J. Servain, Tropical Atlantic contributions to strong rainfall variability along the Northeast Brazilian coast, *Advances in Meteorology*, Volume 2014, ID 902084, 2014.
- Hummels, R., M. Dengler, and B. Bourlès, Seasonal and regional variability of upper ocean diapycnal heat flux in the Atlantic Cold Tongue, *Progress in Oceanography*, 111, p. 52-74. ISSN 0079-6611, 2013.
- Johns, W.E., P. Brandt, B. Bourlès, A. Tantet, A. Papapostolou and A. Houk, Zonal Structure and Seasonal Variability of the Atlantic Equatorial Undercurrent, *Climate Dynamics*, (Published online: 23 avril 2014), Volume 43, [Issue 11](#) (*Special issue: Tropical Atlantic Variability and Climate*), 3047–3069, doi 10.1007/s00382-014-2136-2, 2014.

- Jouanno, J., F. Marin, Y. Du Penhoat, J. Sheinbaum and J.-M. Molines, Seasonal heat balance in the upper 100 m of the equatorial Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 116, C09003, doi:10.1029/2010JC006912, 2011a.
- Jouanno, J., F. Marin, Y. Du Penhoat, J.-M. Molines, and J. Sheinbaum: Seasonal modes of surface cooling in the Gulf of Guinea. *J. Phys. Oceanogr.*, 41, 1408-1416, 2011b.
- Jouanno, J., F. Marin, Y. du Penhoat and J.-M. Molines: Intraseasonal modulation of the surface cooling in the Gulf of Guinea. *J. Phys. Oceanogr.*, 43, 382-401, doi: 10.1175/JPO-D-12-053, 2013.
- Kolodziejczyk, N., F. Marin, B. Bourlès, Y. Gouriou, and H. Berger, Seasonal variability of the Equatorial Undercurrent termination and associated salinity maximum in the Gulf of Guinea, *Climate Dynamics*, (Published online: 28 March 2014), Volume 43, [Issue 11](#) (*Special issue : Tropical Atlantic Variability and Climate*), 3025–3046, doi 10.1007/s00382-014-2107-7, 2014.
- Leduc\_Leballeur, M., L. Eymard, and G. de Coëtlogon, Observation of the marine atmospheric boundary layer in the Gulf of Guinea, during the 2006 boreal spring, *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137:992-1003, doi:10.1002/qj.808, 2011.
- Lellouche, J.-M., O. Le Galloudec, M. Drévillon, C. Régnier, E. Greiner, G. Garric, N. Ferry, C. Desportes, C.-E. Testut, C. Bricaud, R. Bourdallé-Badie, B. Tranchant, M. Benkiran, Y. Drillet, A. Daudin, and C. De Nicola, Evaluation of real time and future global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan. *Ocean Sci. Discuss.*, 9, 1123-1185, 2012
- Nubi, O.A., B. Bourlès, C.A. Edokpayi, and N. Hounkonnou, Inter-annual variability on the influence of equatorial upwelling on biological productivity along 10°W in the Eastern Equatorial Atlantic (EEA), *Journal of Biod. and Env. Sc.*, 4(1), 72-80, ISSN:2220-6663, 2014.
- Perez, R.C., V. Hormann, R. Lumpkin, P. Brandt, W.E. Johns, F. Hernandez, C. Schmid, and B. Bourlès, Mean meridional currents in the central and eastern equatorial Atlantic, *Climate Dynamics*, (Published online: 31 October 2013), Volume 43, [Issue 11](#) (*Special issue : Tropical Atlantic Variability and Climate*), 2943-2962, doi 10.1007/s00382-013-1968-5, 2014.
- Pinker, R. T., A. Bentamy, K. B. Katsaros, Y. Ma, and C. Li: Estimates of net heat fluxes over the Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 410–42, 2014.
- Praveen Kumar, B., J. Vialard, M. Lengaigne, V.S.N. Murty, M.J. McPhaden, M.F. Cronin, F. Pinsard and K. Gopala Reddy: TropFlux wind stresses over the tropical oceans: evaluation and comparison with other products. *Clim. Dynamics*, 40, 2049-2071, <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-012-1455-4>, 2013.
- Prigent, C., F. Aires, F. Bernardo, J.-C. Orlhac, J.-M. Goutoule, H. Roquet, and C. Donlon: Analysis of the potential and limitations of microwave radiometry for the retrieval of sea surface temperature: Definition of MICROWAT, a new mission concept. *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 3074–3086, <http://dx.doi.org/10.1002/jgrc.20222>, 2013.
- Rhein, M., M. Dengler, J. Sueltenfuss, R. Hummels, S. Huettl-Kabus, and B. Bourlès, Upwelling in the Equatorial Atlantic inferred from helium isotope disequilibrium, *J. Geophys. Res.*, 115, C8, C08021, doi:10.1029/2009JC005772, 2010.
- Roehrig, R., D. Bouniol, F. Guichard, F. Hourdin, and J.-L. Redelsperger: The Present and Future of the West African Monsoon: A Process-Oriented Assessment of CMIP5 Simulations along the AMMA Transect. *J. Climate*, 26, 6471–6505, <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00505.1>, 2013.
- Ryan, A.G., C. Regnier, P. Divakaran, T. Spindler, A. Mehra, F. Hernandez, G.C. Smith, Y.Y. Liu, and F. Davidson, GODAE OceanView Class 4 forecast verification framework: Global ocean inter-comparison, *Journal of Operational Oceanography*, 2014.
- Scott, R.B., C. N. Ferry, M. Drévillon; N. Barron; N.C. Jourdain; J.-M. Lellouche, E.J. Metzger, M.-H. Rio, O. M. Smedstad: Estimates of surface drifter trajectories in the Equatorial Atlantic: a multi-model ensemble approach, *Ocean dynamics*, 62:1091-1109, doi 10.1007/s10236-012-0548-2, 2012.
- Servain, J., G. Caniaux, Y. K.Kouadio, M.J. McPhaden and M. Araujo, Recent climatic trends in the tropical Atlantic, *Climate Dynamics*, (Published online: 31 October 2013), Volume 43, [Issue 11](#) (*Special issue: Tropical Atlantic Variability and Climate*), 3071-3089, doi 10.1007/s00382-014-2168-7, 2014.
- Terray, L., L. Corre, S. Cravatte, T. Delcroix, G. Reverdin, and A. Ribes. Near-surface salinity as Nature's rain gauge to detect human influence on the tropical water cycle. *J. Climate*, 25, 958-977, doi:10.1175/JCLI-D-10-05025.1, 2012.

- Wade, M., G. Caniaux, Y. duPenhoat, M. Dengler, H. Giordani & R? Hummels: A one-dimensional modeling study of the diurnal cycle in the equatorial Atlantic at the PIRATA buoys during the EGEE-3 campaign, *Ocean Dynamics*; DOI 10.1007/s10236-010-0337-8, 2010.
- Wade, M., G. Caniaux, and Y. DuPenhoat : Variability of the mixed layer heat budget in the Eastern Equatorial Atlantic during 2005-2007 as inferred from Argo floats. *J. Geophys. Res.*, 116, C08006, doi:10.1029/2010JC006683, 2011.

#### Extension CO2 :

- Koffi, U., N.Lefevre, G.Kouadio and J. Boutin, Surface CO2 parameters and air-sea CO2 flux distribution in the eastern equatorial Atlantic Ocean, *J. Mar. Syst.*, 82, 135-144, doi:10.1016/j.jmarsys.2010.04.010, 2010.
- Lefevre N. and Merlivat L., Carbon and oxygen net community production in the eastern tropical Atlantic estimated from a moored buoy. *Global Biogeochem. Cycles*, 26, GB1009, doi:10.1029/2010GB004018, 2012
- Lefèvre, N., Caniaux, G., Janicot, S. and A. K. Gueye, Increased CO<sub>2</sub> outgassing in February-May 2010 in the tropical Atlantic following the 2009 Pacific El Niño, *Journal of Geophys. Res.*, 118, 10.1029/2012JC008404, 2013.
- Lefevre, N., D.F. Urbano, F. Gallois, and D. Diverres, Impact of physical processes on the seasonal distribution of the fugacity of CO<sub>2</sub> in the western tropical Atlantic, *J. Geophys. Res.*, published online DOI 10.1002/2013JC009248, 2014
- Parard, G., Lefèvre, N., and Boutin, J. 2010. Sea water fugacity of CO<sub>2</sub> at the PIRATA mooring at 6oS, 10oW. *Tellus B*, 62(5), 636-648.
- Parard, G., J. Boutin, Y. Cuypers, P. Bouruet-Aubertot, G. Caniaux. On the physical and biogeochemical processes driving the high frequency variability of CO<sub>2</sub> fugacity at 6°S, 10°W: potential role of the internal waves. *J. Geophys. Res.*, doi: 10.1002/2014JC009965, 2014.
- Schuster, U., McKinley, G.A., Bates, N., Chevallier, F., Doney, S.C., Fay, A.R., González-Dávila, M., Gruber, N., Jones, S., Krijnen, J., Landschützer, P., Lefèvre, N., Manizza, M., Mathis, J., Metzl, N., Olsen, A., Rios, A.F., Rödenbeck, C.R., Santana-Casiano, J.M., Takahashi, T., Wanninkhof, R., Watson, A.J. et al., An assessment of the Atlantic and Arctic sea-air CO<sub>2</sub> fluxes, 1990–2009, *Biogeosciences*, 10, 607-627, 2013.

#### **Autres revues, résumés de colloques : 19**

- Ali, K.E., K.Y. Kouadio, G.P. Zahiri, A. Aman, A.P. Assamoi, and B. Bourlès, Influence of the Gulf of Guinea coastal and equatorial upwellings on the precipitations along its northern coasts during the boreal summer period, *Asian Journal of Applied Sciences*, 21836-AJAPS-KR, 2010.
- Balmaseda, M.A., F. Hernandez, A. Storto, M.D. Palmer, L. Shi, G.C. Smith, T. Toyoda, M. Valdivieso da Costa, O.J. Alves, B. Barnier, T.P. Boyer, Y.-S. Chang, G.A. Chepurin, N. Ferry, G. Forget, Y. Fujii, S. Good, S. Guinehut, K. Haines, Y. Ishikawa, S. Keeley, A. Köhl, T. Lee, M.J. Martin, S. Masina, S. Masuda, B. Meyssignac, K.S. Mogensen, L. Parent, A.K. Peterson, Y.H. Yin, G. Vernieres, X. Wang, J. Waters, R. Wedd, O. Wang, Y. Xue, M. Chevallier, J.-F. Lemieux, F. Dupont, T. Kuragano, M. Kamachi, T. Awaji, K. Wilmer-Becker, and F. Gaillard, The Ocean Reanalysis Intercomparison Project (ORA-IP), *CLIVAR Exchanges*, 19 (1), 3-7, 2014.
- Bourlès, B., Réseau PIRATA : Extension Sud-Est, *Revue Sciences au Sud de l'IRD*, n°73, janvier-mars 2014.
- Bourlès, B., C. Akuetevi, F. Bonou, F. Hernandez, G. Alory, R. Chuchla, et J. Grelet, La circulation océanique au nord du Golfe de Guinée revisitée, *Proceeding of the Colloquium in Physical Oceanography and Applications, Cotonou, Republica of Benin, 7 November 2012, ed. M.H.Houkonnou & Y.dPenhoat, ISBN 978-99919-1899-0, June 2014.*
- Brandt, P., M. Araujo, B. Bourlès, P. Chang, M. Dengler, W.E. Johns, A. Lazar, C.F. Lumpkin, M.J. McPhaden, P. Nobre, L. Terray, Tropical Atlantic Climate Experiment (TACE), *CLIVAR Exchanges*, 18 (61; 1), p. 26-31. ISSN 1026-0471, 2013.
- Cabanes, C., C. de Boyer Montégut, C. Coatanoan, N. Ferry, C. Pertuisot, K. Von Schuckmann, L. Petit de la Villeon, T. Carval, S. Pouliquen and P.-Y. Le Traon, CORA (CORIOLIS Ocean Database for re-Analyses), a new comprehensive and qualified ocean in-situ dataset from 1900 to

- 2008 and its use in GLORYS, *Mercator Ocean - CORIOLIS Quarterly Newsletter - Special Issue#37 – April 2010*, pp15-19, 2010.
- Caniaux, G., H. Giordani, J.L. Redelsperger, M. Wade, B. Bourlès, D. Bourras, G. de Coëtlogon, Y. du Penhoat, S. Janicot, E. Key, N. Kolodziejczyk, L. Eymard, J. Jouanno, A. Lazar, M. Leduc-Leballeur, N. Lefèvre, F. Marin, H. Nguyen, et G. Parard : Les avancées d'AMMA sur les interactions océan-atmosphère. *La Météorologie, numéro spécial AMMA, 17-24*, octobre 2012.
- Drévuillon, M., C. Régnier, C. Desportes, E. Greiner, S. Guinehut : QuO Va Dis? The Mercator Ocean quarterly validation bulletin: recent developments and prospect. *Mercator Ocean Quarterly Newsletter, #41 – April 2011 – 49-52*, 2011.
- Drévuillon, M., E. Greiner, D. Paradis, C. Payan, J-M. Lellouche, G. Reffray, E. Durand, S. Law-Chune, S. Cailleau, Meteo-France and Mercator Ocean contribution to the search of the AF447 wreckage. *Mercator Quarterly Newsletter#44, jan 2012*, pp3-10, 2012.
- Ferry, N., L. Parent, G. Garric, C. Bricaud, C.-E. Testut, O. Le Galloudec, J.-M. Lellouche, M. Drévuillon, E. Greiner, B. Barnier, J.-M. Molines, N.C. Jourdain, S. Guinehut, C. Cabanes, and L. Zawadzki, GLORYS2V1 Global Ocean Reanalysis of the Altimetric Era (1993-2009) at Meso Scale, *Mercator Ocean Quarterly Newsletter, 44*, 28-39, 2012.
- Hernandez, F., Performance of Ocean forecasting systems - intercomparison project. *Book chapter 23 for Operational Oceanography in the 21st Century based on the International GODAE Summer School 11-22 January 2010 University of Western Australia Perth*, 2011.
- Law Chune, S., Y. Drillet, P. De Mey and P. Daniel, Drift forecast with Mercator Ocean velocity fields and addition of external wind/wave contribution. *Mercator Quarterly Newsletter#44, jan 2012*, pp22-27, 2012.
- Dombrowsky, E., Overview global operational oceanography systems, *Book chapter 16 for Operational Oceanography in the 21st Century based on the International GODAE Summer School 11-22 January 2010 University of Western Australia Perth*, 2011.
- Parent, L., N. Ferry, G. Garric, C. Bricaud, O. Legalloudec, C.-E. Testut, M. Drévuillon, C. Desportes, Y. Drillet, B. Barnier, R. Dussin, N.C. Jourdain, J.-M. Molines, E. Greiner, S. Guinehut, and C. de Boyer Montégut, Global Eddy-Permitting Ocean Reanalyses and Simulations of the Period 1992 to Present, in *"20 Years of Progress in Radar Altimetry" Symposium, Venice, Italy, ESA*, 2012.
- Remy, E., Large scale ocean variability estimated from a 3D-Var Reanalysis: sensitivity experiments, *Mercator Ocean Quarterly Newsletter#36 – January 2010*, pp 8-14, 2010
- Servain, J., G. Caniaux, Y. Kouadio, M.J. McPhaden, et M. Araujo : Récente tendance climatique dans l'Atlantique tropical : rôle de la dynamique océanique ? Actes du XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC) 2014, 2-5 juillet 2014, pp87-91, 2014.

#### Extension CO2 :

- Bakker, D. C. E., B. Pfeil, K. Smith, S. Hankin, A. Olsen, S. R. Alin, C. Cosca, S. Harasawa, A. Kozyr, Y. Nojiri, K. M. O'Brien, U. Schuster, M. Telszewski, B. Tilbrook, C. Wada, J. Akl, L. Barbero, N. Bates, J. Boutin, W.-J. Cai, R. D. Castle, F. P. Chavez, L. Chen, M. Chierici, K. Currie, H. J. W. de Baar, W. Evans, R. A. Feely, A. Fransson, Z. Gao, B. Hales, N. Hardman-Mountford, M. Hoppema, W.-J. Huang, C. W. Hunt, B. Huss, T. Ichikawa, T. Johannessen, E. M. Jones, S. D. Jones, S. Jutterström, V. Kitidis, A. Körtzinger, P. Landschutzer, S. K. Lauvset, N. Lefèvre, A. B. Manke, J. T. Mathis, L. Merlivat, N. Metzl, A. Murata, T. Newberger, T. Ono, G.-H. Park, K. Paterson, D. Pierrot, A. F. Ríos, C. L. Sabine, S. Saito, J. Salisbury, V. V. S. S. Sarma, R. Schlitzer, R. Sieger, I. Skjelvan, T. Steinhoff, K. Sullivan, H. Sun, A. J. Sutton, T. Suzuki, C. Sweeney, T. Takahashi, J. Tjiputra, N. Tsurushima, S. M. A. C. van Heuven, D. Vandemark, P. Vlahos, D. W. R. Wallace, R. Wanninkhof, and A. J. Watson (2014), An update to the Surface Ocean CO2 Atlas (SOCAT version 2), *Earth Syst. Sci. Data*, 6, 69-90.
- Le Quéré C, Peters GP, Andres RJ, Andrew RM, Boden TA, Ciais P, Friedlingstein P, R. A. Houghton, G. Marland, R. Moriarty, S. Sitch, P. Tans, A. Arneeth, A. Arvanitis, D. C. E. Bakker, L. Bopp, J. G. Canadell, L. P. Chini, S. C. Doney, A. Harper, I. Harris, J. I. House, A. K. Jain, S. D. Jones, E. Kato, R. F. Keeling, K. Klein Goldewijk, A. Körtzinger, C. Koven, N. Lefèvre, F. Maignan, A. Omar, T. Ono, G.-H. Park, B. Pfeil, B. Poulter, M. R. Raupach, P. Regnier, C. Rödenbeck, S. Saito, J. Schwinger, J. Segsneider, B. D. Stocker, T. Takahashi, B. Tilbrook, S. van Heuven, N. Viovy, R. Wanninkhof, A. Wiltshire, and S. Zaehle. *Global carbon budget 2013. Earth System Science Data*, 6, 235–263, 2014.

- Pfeil, B., A. Olsen, D. C. E. Bakker, S. Hankin, H. Koyuk, A. Kozyr, J. Malczyk, A. Manke, N. Metzl, C. L. Sabine, J. Akl, S. R. Alin, R. G. J. Bellerby, A. Borges, J. Boutin, P. J. Brown, W.-J. Cai, F. P. Chavez, A. Chen, C. Cosca, A. J. Fassbender, R. A. Feely, M. González-Dávila, C. Goyet, N. Hardman-Mountford, C. Heinze, M. Hood, M. Hoppema, C. W. Hunt, D. Hydes, M. Ishii, T. Johannessen, S. D. Jones, R. M. Key, A. Körtzinger, P. Landschützer, S. K. Lauvset, N. Lefèvre, A. Lenton, A. Lourantou, L. Merlivat, T. Midorikawa, L. Mintrop, C. Miyazaki, A. Murata, A. Nakadate, Y. Nakano, S. Nakaoka, Y. Nojiri, A. M. Omar, X. A. Padin, G.-H. Park, K. Paterson, F. F. Perez, D. Pierrot, A. Poisson, A. F. Ríos, J. M. Santana-Casiano, J. Salisbury, V. V. S. S. Sarma, R. Schlitzer, B. Schneider, U. Schuster, R. Sieger, I. Skjelvan, T. Steinhoff, T. Suzuki, T. Takahashi, K. Tedesco, M. Telszewski, H. Thomas, B. Tilbrook, J. Tjiputra, D. Vandemark, T. Veness, R. Wanninkhof, A. J. Watson, R. Weiss, C. S. Wong, and H. Yoshikawa-Inoue, A uniform, quality controlled Surface Ocean CO<sub>2</sub> Atlas (SOCAT), *Earth System Science Data*, 5, 125-143, doi:10.5194/essd-5-125-2013, 2013.
- Sabine, C., S. Hankin, H. Koyuk, D. C. E. Bakker, B. Pfeil, A. Olsen, N. Metzl, A. Kozyr, A. Fassbender, A. Manke, J. Malczyk, J. Akl, S. R. Alin, R. G. J. Bellerby, A. Borges, J. Boutin, P. J. Brown, W.-J. Cai, F. P. Chavez, A. Chen, C. Cosca, R. A. Feely, M. González-Dávila, C. Goyet, N. Hardman-Mountford, C. Heinze, M. Hoppema, C. W. W. Hunt, D. Hydes, M. Ishii, T. Johannessen, R. M. Key, A. Körtzinger, P. Landschützer, S. K. Lauvset, N. Lefèvre, A. Lenton, A. Lourantou, L. Merlivat, T. Midorikawa, L. Mintrop, C. Miyazaki, A. Murata, A. Nakadate, Y. Nakano, S. Nakaoka, Y. Nojiri, A. M. Omar, X. A. Padin, G.-H. Park, K. Paterson, F. F. Perez, D. Pierrot, A. Poisson, A. F. Ríos, J. Salisbury, J. M. Santana-Casiano, V. V. S. S. Sarma, R. Schlitzer, B. Schneider, U. Schuster, R. Sieger, I. Skjelvan, T. Steinhoff, T. Suzuki, T. Takahashi, K. Tedesco, M. Telszewski, H. Thomas, B. Tilbrook, D. Vandemark, T. Veness, A. J. Watson, R. Weiss, C. S. Wong, and H. Yoshikawa-Inoue, Surface Ocean CO<sub>2</sub> Atlas (SOCAT) gridded data products, *Earth System Science Data*, 5, 145-153, doi:10.5194/essd-5-145-2013, 2013.

### **Thèses ayant utilisé (ou utilisant) les données du SO : 13**

- Da Allada, C., Rôle de la salinité océanique de surface sur la dynamique du Golfe de Guinée – apport des données satellitales, Thèse de l'Université Paul Sabatier et de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), soutenue le 2 novembre 2013.
- Djakouré Sandrine : Modélisation de la circulation océanique de la région Nord du Golfe de Guinée. Thèse CIPMA/UAC-Bénin menée avec une bourse IRD à CapeTown, Cotonou puis Brest, soutenue le 13 février 2015.
- Hounsou-Gbo Gbèkpo Aubains, Relations climatiques entre l'est et l'ouest du bassin sud-équatorial Atlantique et impacts potentiels sur le climat du Nordeste Brésilien. Thèse menée à l'université de Recife (bourse FACEPE, Brésil ; co-direction France-Brésil), depuis avril 2011.
- Law-Chune, S., CNRM/Mercator/UPS/Région Midi-Pyrénées, « Apport de l'océanographie opérationnelle à l'amélioration de la prévision de la dérive océanique », soutenue le 15 février 2012.
- Olubunmi, Nubi O.: « Meridional Distribution of Nutrients in the Eastern Equatorial Atlantic », Thèse de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), soutenue le 13 février 2015.
- Planton, Y., « variabilité interannuelle de la langue d'eau froide dans l'Atlantique tropical dans le modèle de Climat CNRM-CM5 », Thèse de doctorat de l'Université P. Sabatier, Toulouse III, depuis fin 2012.
- Racape, V., Etude de la distribution du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  dans l'océan et évaluation de la composante anthropique du CO<sub>2</sub>, thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, soutenue le 6 décembre 2013.
- Toualy Elysée: « variabilité temporelle de l'upwelling côtier au nord du Golfe de Guinée », (LAPA/Université Cocody, Côte d'Ivoire), soutenue en janvier 2013.
- Wade M., LEGOS/CRNM, Toulouse, « Caractérisation des couches limites atmosphériques et océaniques pendant l'expérience EGEE/AMMA », Université Paul Sabatier, Toulouse III, novembre 2010.

### **Extension CO2 :**

- Bonou, F., « Variabilité des paramètres de contrôle du flux de CO<sub>2</sub> à l'Ouest de l'Atlantique tropical », Université Fédérale du PERNANBUCO, Récife, depuis avril 2012 (co-direction France-Brésil).

- Bruto, L. Balanço de Carbono e Fluxo de CO<sub>2</sub> na Interface Oceano-Atmosfera em um Sistema Recifal Oceânico. Université Fédérale du Pernambuco, Recife, depuis 2012 (co-direction France-Brésil).
- Koffi, K.U., Distribution des paramètres du carbone et du flux de CO<sub>2</sub> à l'interface air mer dans l'Est de l'Atlantique tropical, Thèse des Universités de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire) et Paris VI, soutenue en septembre 2011.
- Parard, G.: LOCEAN, Paris, Etude de la variabilité de la fugacité du CO<sub>2</sub> dans l'Atlantique tropical: de l'échelle diurne a saisonnière. Université Paris VI, soutenue en décembre 2011.

### **communications orales et posters lors de réunions internationales : 80**

#### **2010 : 12**

- Bourlès, B., with inputs by A. Vogel : On research and capacity building related to physical oceanography and climate in West Africa, *Meeting "Tropical Atlantic Variability; TACE/AMMA-Ocean/PIRATA"*, de Miami (USA), 2-5 mars 2010.
- Bourlès, B. : Status of PIRATA in France, 2009 works and perspectives, *Meeting PIRATA 15 de Miami (USA)*, 5 mars 2010.
- Bourlès, B. : Les réseaux d'observations en Atlantique tropical : Etat des lieux et perspectives ; *Workshop « Environnement et modélisation », ESP/UCAD, Sénégal, 20-26 mai 2010.*
- Bourlès, B. : International programs in the Gulf of Guinea : oceanography and climate. *Colloque international "Résultats et Perspectives de recherches océanographiques en Afrique dédiés à l'Atlantique tropical et au Golfe de Guinée"*, Cotonou, Bénin, 25-29 octobre 2010.
- Dengler, M., M., J. Schafstall, J. Toole, D. Banyte, B. Bourlès, R. Hummels, On the parameterization of mixing processes at the equator *Meeting "Tropical Atlantic Variability; TACE/AMMA-Ocean/PIRATA"*, Miami, 2-5 mars 2010.
- Jouanno, J., Du Penhoat, Y. & Marin, F., The equatorial cold tongue in November-December in the Tropical Atlantic: mechanisms and variability. *"Tropical Atlantic Variability; TACE/AMMA-Ocean/PIRATA"*, Miami, 2-5 mars, 2010.
- Jouanno, J., Y.DuPenhoat, F. Marin, J. Sheinbaum et J.M. Molines, Seasonal heat balance in the upper 100 m of the Equatorial Atlantic Ocean, *Colloque international "Résultats et Perspectives de recherches océanographiques en Afrique dédiés à l'Atlantique tropical et au Golfe de Guinée"*, Cotonou, Bénin, 25-29 octobre 2010.
- Kolodziejczyk, N., Y.Gouriou, F.Marin and B.Bourlès: Equatorial undercurrent termination in the Gulf of Guinea, *Meeting "Tropical Atlantic Variability; TACE/AMMA-Ocean/PIRATA"*, de Miami( USA), 2-5 mars 2010.
- Rhein, M., M. Dengler, J. Sueltenfuss, R. Hummels, S. Huettl-Kabus, and B. Bourlès, Upwelling and associated heat flux in the Equatorial Atlantic inferred from helium isotope disequilibrium, *Meeting "Tropical Atlantic Variability; TACE/AMMA-Ocean/PIRATA"*, de Miami (USA), 2-5 mars 2010.
- Rhein, M., M. Dengler, J. Sueltenfuss, R. Hummels, S. Huettl-Kabus, and B. Bourlès, Upwelling and associated heat flux in the Equatorial Atlantic inferred from helium isotope disequilibrium, *EUG General Assembly, SOLAS session OS3*, 2010.
- Wade, M., G. Caniaux, and Y. DuPenhoat, 2010 : Oceanic mixed layer heat budget in the Eastern Equatorial Atlantic from ARGO floats. *European Meteorological Society (EMS) Annual Meeting, Zürich, Zwitterland, 13-17 September 2010.*
- Wade, M., Y. DuPenhoat et G.Caniaux, Oceanic mixed layer heat budget in the Eastern Equatorial Atlantic from ARGO floats, *Colloque international "Résultats et Perspectives de recherches océanographiques en Afrique dédiés à l'Atlantique tropical et au Golfe de Guinée"*, Cotonou, Bénin, 25-29 octobre 2010.

#### **2011 : 18**

- Araujo, M., N. Lefèvre, M. Silva, C. Noriega, and N. Bouchonneau, Seasonal variability of Tropical Atlantic air-sea CO<sub>2</sub> exchange with a high resolution ocean modeling system, *Meeting PIRATA 1/ Tace / Clivar Atlantic 6 de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Bourlès, B. : PIRATA French national report and status, *Meeting PIRATA 1/ Tace / Clivar Atlantic 6 de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.

- Bourlès, B., Some works carried out in West Africa (linked to PIRATA): PROPAO, JEA1 ALOC-GG and Regional Master 2 in Physical Oceanography and Applications in Cotonou (Benin), *Meeting PIRATA 16 de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Bourlès, B., R. Lumpkin, P. Nobre, M.J. McPhaden, F. Hernandez, H. Giordani, D. Urbano, M. Araujo, R. Saravanan, P. Brandt, and M. Rouault: The PIRATA Observing System in the Tropical Atlantic: Accomplishments and Perspectives; *poster présenté au WCRP Open Science Conference: "Climate Research in Service to Society"*; Denver/Colorado, USA, 24-28 octobre 2011.
- Burl, N., C. Reason, P. Penven and G. Philander, Similarities between the Tropical Atlantic Seasonal Cycle and ENSO: an Energetics Perspective, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Diakhate, M., A. Lazar, G. de Coetlogon, and A.T. Gaye, Local interactions between Sea Surface Temperature and Winds in the Tropical Atlantic at intraseasonal timescales, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Giordani, H., The Atlantic Cold Tongue and the African Monsoon: are they coupled? *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Giordani, H., and G. Caniaux, 2011: A diagnostic of the vertical velocity for the equatorial Atlantic. European Meteorological Society Annual Meeting, Berlin (Germany), 12-16 September, 2011.
- Hernandez, F., Using Mercator simulations to address additional salinity sensor impact (on existing moorings) for operational oceanography, *Meeting PIRATA 16/ Tace/Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Jouanno, J., F. Marin, Y. du Penhoat, J. Sheinbaum, and J.-M. Molines, Intraseasonal modulation of the surface cooling in the Gulf of Guinea. *Poster présenté à l'AGU Fall Meeting*, San Francisco, USA, 2011.
- Jouanno, J., F. Marin, Y. Du Penhoat, J. Sheinbaum, and J.M. Molines: Seasonal modes of surface cooling in the Gulf of Guinea. *Présentation orale au Meeting PIRATA 16 / Tace / Clivar Atlantic, Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- McPhaden, M.J., K. Ando, B. Bourlès, H.P. Freitag, R. Lumpkin, Y. Masumoto, V. S. N. Murty, M. Ravichandran, J. Vialard, D. Vousden, and W. Yu: Global Tropical Moored Buoy Array; *poster présenté au WCRP Open Science Conference: "Climate Research in Service to Society"*; Denver/Colorado, USA, 24-28 octobre 2011.
- Redelsperger, J.L., B. Bourlès, P. Brandt, G. Caniaux, G. de Coëtlogon, H. Giordani, M. Leduc-Leballeur, F. Marin, Y. DuPenhoat, C. Thorncroft, A. Voldoire and M. Wade, 2011: Ocean-Atmosphere interactions in the Gulf of Guinea: AMMA Phase 1 perspective. *CLIVAR Atlantic Workshop, Miami (Florida), U.S.A.*, 23-25 March 2011.
- Silva, M.A., M. Araujo, D. Veeda, and Jacques Servain, Salinity-induced mixed and barrier layers in the southwestern tropical Atlantic Ocean, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Servain, J., Relationships between large-scale ocean-atmosphere conditions over the tropical Atlantic and heavy rainfall episodes in the Eastern Northeast Brazil, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Wade, M., G. Caniaux, and Y. du Penhoat, Oceanic mixed layer heat budget in the Eastern Equatorial Atlantic from ARGO floats and PIRATA moorings, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.
- Wade, M., G. Caniaux, and Y. DuPenhoat, 2011 : Oceanic mixed layer heat budget in the eastern equatorial Atlantic using ARGO floats and PIRATA buoys. *European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Vienna, Austria*, 3-8 April 2011.
- Extension CO2 :
- Lefèvre, N., L. Merlivat, D. Urbano, F. Gallois, and D. Diverrès : CO2 and O2 variability from PIRATA moorings and cruises, *Meeting PIRATA 16/ Tace / Clivar Atlantic de Fernando de Noronha, Brésil*, mars 2011.

- Bourlès, B., C. Akuetevi, F. Bonou, F. Hernandez, G. Alory, R. Chuchla, and J. Grelet, New insights on the upper circulation in the north of the Gulf of Guinea, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 17 meeting*, Kiel, Germany, 10-14 septembre 2012.
- Bourlès, B., C. Akuetevi, F. Bonou, F. Hernandez, G. Alory, R. Chuchla, and J. Grelet, The upper layer circulation in the north of the Gulf of Guinea revisited, *Colloque régional « Analyses Littorales, Océaniques et Climatiques au Nord du Golfe de Guinée »*, Cotonou, Bénin, novembre 2012.
- Bourlès, B. (invité): Observations in the Tropical Atlantic Ocean: goals, status and perspectives, *conférence « Tropical Ocean: Challenges of the 21st Century »*; UFPE, Recife/Brasil, 11 Décembre, 2012.
- Caniaux, G., H. Giordani, J.-L. Redelsperger, and M. Wade: Role of vertical velocities in the cooling of the Atlantic cold tongue. *European Geosciences Union (EGU) General Assembly*, Vienna, 23-27 April 2012.
- Caniaux, G., H. Giordani, J.-L. Redelsperger, and M. Wade: Role of vertical velocities in the cooling of the Atlantic cold tongue. *Tropical Atlantic Variability Meeting / PIRATA-17 Meeting*, Kiel (Germany), 10-14 September 2012.
- Da Allada, C., G. Alory, Y. du Penhoat, E. Kestenare, F. Durand and N. Hounkonnou, Seasonal mixed-layer salinity balance in the tropical Atlantic Ocean, *4ème conférence internationale AMMA*, Toulouse, 2-6 juillet 2012
- Giordani, H., G. Caniaux, and J.-L. Redelsperger : Mixed layer heat budget in the equatorial Atlantic during the cold tongue development in 2006. *Fourth AMMA International Conference 2012*, Toulouse, 2-6 July 2012.
- Giordani, H., G. Caniaux, and A. Voltaire, 2012: Intraseasonal mixed layer heat budget in the Equatorial Atlantic during the cold tongue development in 2006. *Tropical Atlantic Variability Meeting / PIRATA-17 Meeting*, Kiel (Germany), 10-14 September 2012.
- Hormann, V., R. Perez, R. Lumpkin, P. Brandt, W. Johns, F. Hernandez, C. Schmid, and B. Bourlès, of the Atlantic cold tongue and meridional flow within the tropical cells, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 17 meeting*, Kiel, Germany, 10-14 septembre 2012.
- Hounsou-gbo, G.A., M. Araujo, B. Bourlès, and D. Veleda, Tropical Atlantic dynamics and the impacts on the rainfall variability in the eastern northeast Brazil, *Symposium international "Climate Change, Impacts and Vulnerabilities in Brazil"* Natal (Brésil), 27 mai-1er juin 2012.
- Hummels, R., M. Dengler, and B. Bourlès, About the contribution of the diapycnal heat flux to the heat budget of the mixed layer, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 17 meeting*, Kiel, Germany, 10-14 septembre 2012.
- Johns, B., P. Brandt, A. Funk and B. Bourlès, Zonal Variations of the Atlantic Equatorial Undercurrent during 2007-2011, *Ocean Sciences Meeting*, Salt Lake City, USA, 20-24 février 2012.
- Johns, B., P. Brandt, B. Bourlès, A. Tantet, and T. Papapostolou, Zonal structure and seasonal variability of the Equatorial Undercurrent during TACE, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 17 meeting*, Kiel, Germany, 10-14 septembre 2012.
- Servain, J., Y. Kouadio, and G. Caniaux, 2012: Recent climatic trends in the tropical Atlantic. *Tropical Atlantic Variability Meeting / PIRATA-17 Meeting*, Kiel (Germany), 10-14 September 2012.
- Wade, M., G. Caniaux, and Y. duPenhoat, 2012 : Oceanic mixed layer heat budget in the eastern equatorial Atlantic from ARGO floats. *Fourth AMMA International Conference 2012*, Toulouse, 2-6 July 2012.
- Extension CO2 :
- Lefèvre, N., G. Caniaux, and S. Janicot, 2012: air-sea CO2 flux anomalies in the tropical Atlantic in Spring 2010. *Tropical Atlantic Variability Meeting / PIRATA-17 Meeting*, Kiel (Germany), 10-14 September 2012.

## 2013 : 12

- Da Allada Y. C., G. Alory, Y. DuPenhoat, J. Jouanno, and N. Hounkonnou, Causes for the recent increase in sea surface salinity in the northeastern Gulf of Guinea, (poster) *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting*, Venise, Italie, 22-25 octobre 2013.

- Bourlès, B.: PIRATA French national report and status, *ISSG Meeting PIRATA 18, Venise, Italie*, 25 octobre 2013.
- Caniaux, G., H. Giordani, and J.L. Redelsperger, 2013: Why is the Atlantic cold tongue south of the Equator? *Tropical Atlantic Variability and PIRATA 18 Meeting, Venice (Italy)*, 22-25 October 2013.
- Giordani, H., G. Caniaux, and A. Voltaire, Which mechanisms control the Atlantic Cold Tongue formation, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Kolodziejczyk, N., F. Marin, B. Bourlès, Y. Gouriou, and H. Berger, Seasonal variability of the equatorial undercurrent termination and associated salinity maximum in the Gulf of Guinea, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Kolodziejczyk, N., F. Marin, B. Bourlès, Y. Gouriou, and H. Berger, Seasonal variability of the equatorial undercurrent termination and associated salinity maximum in the Gulf of Guinea, *Colloque régional JEA IALOC-GG, Cotonou, Bénin*, novembre 2013
- Papapostolou, A., W.E. Johns, P. Brandt and B. Bourlès. Seasonal Dynamics and Mass Balance of the Equatorial Undercurrent, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Perez, R.C., R. Lumpkin, V. Hormann, P. Brandt, W.E. Johns, F. Hernandez, C. Schmid, and B. Bourlès, Observed mean meridional currents at 23°W and 10°W, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Planton, Y., H. Giordani, A. Voltaire, G. Caniaux, Interannual variability of the Atlantic Cold Tongue (poster) *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Servain, J., G. Caniaux, Y.K. Kouadio, M.J. McPhaden, and M. Araujo: Recent climatic trends in the tropical Atlantic: a role for ocean dynamics? *Tropical Atlantic Variability and PIRATA 18 Meeting, Venice (Italy)*, 22-25 October 2013.
- Veleda, D., C. Noriega, M. Araujo, F. Hernandez and R. Montagne, The influence mapping of the Amazon River discharge in the tropical Atlantic (poster), *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Extension CO<sub>2</sub> :
- Araujo, M., N. Lefèvre, C. Noriega, R. Araujo. The INCT AmbTropic: a new CO<sub>2</sub> observing network in the Western Tropical Atlantic (poster), Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) 2<sup>nd</sup> international workshop, *St Andrews, Ecosse*, 24-26 July 2013.
- Araujo M., N. Lefèvre, C. Noriega, L. Bruto and R. Araujo. The INCT-AmbTropic: a new CO<sub>2</sub> observing network in the Southwestern Tropical Atlantic. *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 octobre 2013.
- Lefèvre N. Highlights on PIRATA time-series (WP5). *CARBOCHANGE annual meeting, Norwich (UK)*, 24-26 April 2013.
- Lefèvre, N., and M. Araujo, Tropical specific issues (Invitée), Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) 2<sup>nd</sup> international workshop, *St Andrews, Ecosse*, 24-26 July 2013.
- Lefèvre, N., D. Urbano, F. Gallois and D. Diverrière. Impact of physical processes on the seasonal distribution of the fugacity of CO<sub>2</sub> in the western tropical Atlantic, *Tropical Atlantic Variability / Pirata 18 meeting, Venise, Italie*, 22-25 October 2013.

## 2014 : 22

- Araujo, M., Bourlès, B., E. Campos, H. Giordani, F. Hernandez, R. Lumpkin, M. J. McPhaden, P. Nobre, R. Saravanan, Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic - PIRATA, *BILAT-US2.0 Workshop: Atlantic Ocean research, Rome (Italie)*, 6 octobre 2014.
- Bourlès, B.: Observations hauturières et analyses dans le Golfe de Guinée : état des lieux relatif aux programmes PIRATA et PREFACE, *Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin*, 13-17 octobre 2014.
- Bourlès, B.: PIRATA French national report and status, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014
- Bourlès, B., and R. Meynadier, An overview of the EU PREFACE project and related in situ operations, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.

- Bourlès, B., An overall presentation of PIRATA to OceanSITES, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.
- de Coëtlogon, G., R. Meynadier, C. Flamant, B. Bourlès and H. Giordani, Low-level atmospheric circulation (LLAC) in the eastern Tropical Atlantic : gathering in-situ observations, *2014 General Assembly of PREFACE, Casablanca, Maroc*, 28-31 octobre 2014
- Dengler, M. and B. Bourlès, Status of the PREFACE WP3 “Heat and freshwater budgets, air-sea interaction“, *2014 General Assembly of PREFACE, Casablanca, Maroc*, 28-31 octobre 2014.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès, J. Veitch and V. Koné, Coastal eddies in the north of the Gulf of Guinea, *European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Vienne-Autriche*, 27 avril–2 mai 2014.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès, J. Veitch and V. Koné, Numerical analysis of the oceanic circulation in the northern Gulf of Guinea, *Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin*, 13-17 octobre 2014.
- Djakouré, S., B. Bourlès, P. Penven, J. Veitch and V. Koné, Numerical analysis of the oceanic circulation in the northern Gulf of Guinea, *2014 General Assembly of PREFACE, Casablanca, Maroc*, 28-31 octobre 2014.
- Djakouré, S., B. Bourlès, P. Penven, J. Veitch and V. Koné, Numerical analysis of the oceanic circulation in the northern Gulf of Guinea, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014
- Giordani, H., and G. Caniaux : Sources of frontogenesis in the Equatorial Atlantic front. *European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Vienna (Austria)*, 27 Avril-2 Mai, 2014.
- Giordani, H., and G. Caniaux : Lagrangian Sources of Frontogenesis in the Equatorial Atlantic Front, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.
- Hernandez, F., B. Meyssignac, D. Yehadji, and the ORA-IP GSOP Group, Tropical Atlantic Sea Level variability from ocean reanalysis over the past two Decades, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.
- Hounsou-gbo, G.A., M. Araujo, B. Bourlès, J. Servain and D. Velede, Tropical Atlantic contributions to rainfall variability along the Northeast Brazilian coast, *Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin*, 13-17 octobre 2014.
- Hounsou-gbo, G.A., M. Araujo, B. Bourlès, J. Servain and D. Velede, Tropical Atlantic contributions to rainfall variability along the Northeast Brazilian coast, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.
- Koné V., P. Penven, B. Bourlès, S. Djakouré and Y. du Penhoat, ROMS model sensibility to different atmospheric forcings in the Gulf of Guinea, *2014 General Assembly of PREFACE, Casablanca, Maroc*, 28-31 octobre 2014
- McPhaden, M.J., K. Ando, B. Bourlès, and S. McArthur: Research and operational achievements of TAO/TRITON; TPOS-2020, Scripps Inst. Of Oceanogr., 27 janvier 2014.
- Papapostolou, A., W. Johns, P. Brandt, and J. Jouanno, Atlantic Equatorial Undercurrent transport and its relation to seasonal Upwelling, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014
- Servain, J., G. Caniaux, Y. Kouadio, M.J. McPhaden, et M. Araujo: Récente tendance climatique dans l’Atlantique tropical : rôle de la dynamique océanique ? *XXVIIe Colloque de l’Association Internationale de Climatologie (AIC) 2014, Dijon (France)*, 2-5 juillet 2014.
- Toualy, E., F. Marin, A. Aman and B. Bourlès, Interannual Variability of the Boreal Summer Upwelling along the Northern Coast of the Gulf of Guinea, *Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin*, 13-17 octobre 2014.
- Extension CO<sub>2</sub> :
- Lefèvre N. Sustained CO<sub>2</sub> observations in the Atlantic ocean from 50°N to 25°S. *First International ICOS science conference on greenhouse gases and biogeochemical cycles, Brussels*. 23-26 Sep 2014.
- Lefèvre, N., D. Velede, G. Caniaux, and M. Araujo, Observed variability and trends of CO<sub>2</sub> parameters at the PIRATA mooring at 6°S, 10°W, *Meeting PIRATA 19 / TAV / OceanSITES / Brazil-EU Dialogues, Porto de Galinhas, Brésil*, 3-8 novembre 2014.

## ANNEXE 3 : Avenant du Memorandum Of Understanding PIRATA

### ANNEX IV

#### AMENDMENT TO RENEW THE MEMORANDUM OF UNDERSTANDING BETWEEN THE

#### INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - AND INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT AND MÉTÉO-FRANCE AND NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION

The Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) of Brazil, the Institut de Recherche pour le Développement (IRD) and Météo-France of France, and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States of America, hereinafter referred to as the "Parties",

**Recognizing** the fruitful collaboration that the Parties have conducted pursuant to the Memorandum of Understanding between the Parties for *Implementation and Maintenance of the Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic - PIRATA*, signed into force on 28 July 2009 (hereinafter referred to as "the MOU"),

**Considering** that the MOU expires by its terms on 28 July 2014,

**Have agreed** as follows:

#### Article I

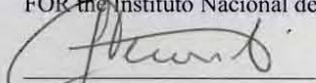
- (1) The MOU shall be extended for an additional five-year period, effective from 28 July 2014.
- (2) The Parties intend to:
  - a. Continue the collaborative work already in progress under this MOU
  - b. Explore activities to further cooperation under the MOU in the following broad themes:
    - i. scientifically sound extension projects from other institutions and countries,
    - ii. cooperation with international implementation panels for an integrated Global Ocean Observing System,
    - iii. capacity development to support the scientific goals of PIRATA.

**Article II**

This Amendment shall enter into force on the date of signature by all parties.

**IN WITNESS WHEREOF**, the undersigned have signed this Amendment.

FOR the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

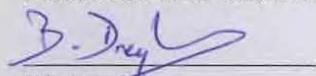
  
(Signature)

26/JUN/2014  
(Date)

L.F. PERONDI  
(Printed Name)

DIRECTOR  
(Title)

FOR the Institut de Recherche pour le Développement

  
(Signature)

28/07/2014  
(Date)

Bernard DREYFUS  
(Printed Name)

Directeur général de l'énergie et la Science  
(Title)

FOR Météo-France of France

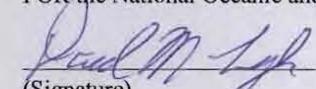
  
(Signature)

23/07/2014  
(Date)

Alain COUVRAN  
(Printed Name)

Directeur Général Adjoint  
(Title)

FOR the National Oceanic and Atmospheric Administration

  
(Signature)

6/7/14  
(Date)

David M Legler  
(Printed Name)

Chief Climate OBS Division  
(Title)