

## Dossier à remplir pour le bilan et la labellisation 2020-2024 d'un **Service National d'Observation (SNO)**

Nota : Ce dossier ne doit pas excéder **40 PAGES (hors annexe)**, avec une police de caractère et un interligne raisonnables. La liste exhaustive des publications et des conférences au cours de la période (2015-2019) ainsi que les lettres de soutien sont à fournir en annexe. Pour faciliter les évaluations, il est recommandé aux porteurs de suivre la trame proposée.

**Les porteurs de projet sont invités à lire très attentivement la définition des services labellisés du domaine OA de cet appel à labellisation 2019 qui présente des nouveautés importantes.**

### DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SERVICE (5 PAGES MAXIMUM)

#### **Préambule :**

En raison de l'extension aux mesures CO<sub>2</sub> (capteurs CARIOCA installés sur des bouées du réseau PIRATA), proposée par Nathalie Lefèvre (IRD/LOCEAN) et avalisée en 2011 puis en 2015 par la CSOA, et dans un souci de simplification (et aussi afin d'éviter de remplir 2 dossiers en partie similaires), chaque rubrique est constituée de 2 composantes: la 1<sup>ère</sup> est relative à PIRATA et à son évolution, et la 2<sup>nde</sup> est relative à son extension aux mesures CO<sub>2</sub>. De ce fait, il comporte 41 pages...

#### **A1- Appartenance du service (ANO 1-> 5) : ANO 2**

**A2- Nom du service:** PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic)  
et extension CO<sub>2</sub> à PIRATA

**A3- Adresse URL du site web du service :** <http://www.brest.ird.fr/pirata/>

#### **A4- Résumé du service (1/2 page maximum) :**

##### **PIRATA :**

PIRATA (« *Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic* ») est un programme d'océanographie opérationnelle mis en place en 1997 sous l'égide du programme international CLIVAR (Climate Variability and predictability), et réalisé dans le cadre d'une coopération multinationale entre la France, le Brésil et les USA, engagés via un Memorandum of Understanding. PIRATA est dédié à l'étude des interactions océan-atmosphère dans l'Atlantique Tropical et de leur rôle dans la variabilité climatique régionale à des échelles saisonnières, interannuelles ou plus longues. Depuis 2013, PIRATA maintient un réseau de 18 bouées météo-océaniques et constitue donc le réseau d'observations de base en Atlantique Tropical (CLIVAR, OOPC, GOOS, GCOS) pour la prévision climatique et la recherche, notamment dans le cadre de programmes Européens (FP7 PREFACE, H2020 AtlantOS puis TRIATLAS). PIRATA contribue à OceanSITES et est une des composantes majeures du Tropical Atlantic Observing System (TAOS) en cours d'évaluation internationale, d'ici la conférence OceanObs19.

La France, via le SNO PIRATA, a la responsabilité de la maintenance des 6 mouillages météo-océaniques situés en Atlantique tropical Est, dont 2 équipées de capteurs CO<sub>2</sub>, et de trois mouillages courantométriques (ADCP) situés à 10°W-0°N, à 23°W-0°N, et à 0°E-0°N. Cela induit des campagnes océanographiques annuelles, pendant lesquelles de nombreuses mesures sont effectuées et des opérations réalisées, notamment pour d'autres systèmes d'observation et/ou observatoires (e.g. Argo) avec lesquels PIRATA collabore étroitement.

A l'échelle nationale, PIRATA est labellisé « observatoire national » depuis 2001. Il est actuellement labellisé « Service d'Observations Océan-Atmosphère » par la CSOA de l'INSU et est partie intégrante du SOERE « CTDO2 » (Coriolis-Temps Différé Observations Océaniques) et de CORIOLIS.

Extension CO<sub>2</sub> :

La fugacité de CO<sub>2</sub> (fCO<sub>2</sub>) est mesurée en continu dans l'océan de surface à partir des bouées instrumentées du réseau PIRATA. Les mesures sont effectuées à une fréquence horaire par spectrophotométrie avec un capteur CARIOCA. 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.

**A5- Nom du(es) responsable(s) : (nom, titre, adresse électronique) :**

PIRATA :

- BOURLÈS Bernard, Directeur de Recherche (DR1) à l'IRD, [bernard.bourles@ird.fr](mailto:bernard.bourles@ird.fr)
- LLIDO Jérôme, Ingénieur de Recherche (IR2) à l'IRD, [jerome.llido@ird.fr](mailto:jerome.llido@ird.fr)

Extension CO<sub>2</sub> :

- LEFEVRE Nathalie, CR1 à l'IRD, [nathalie.lefevre@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:nathalie.lefevre@locean-ipsl.upmc.fr)

**A6- Laboratoire(s) :**

PIRATA :

LEGOS, UMR5566 (CNES/CNRS/IRD/UPS), 18 Avenue Edouard Belin 31401 Toulouse cedex 9  
US IMAGO, IRD Délégation Régionale Ouest, Technopôle Pointe du diable CS 10070 29280  
Plouzané

Extension CO<sub>2</sub> :

LOCEAN, UMR 7159 (UPMC/CNRS/IRD/MHN), Boîte 100 - 4, place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05

**A7- OSU ou établissement/organisme de rattachement :**

PIRATA :

Observatoire Midi-Pyrénées (OMP/UPS, IRD/LEGOS)

Extension CO<sub>2</sub> :

Ecce Terra

**A8- Autres organismes associés :**

- Institut de Recherche pour le Développement (IRD, Marseille)
- Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM-Toulouse) ;
- CNRS, via INSU (et soutiens ponctuels via « Moyens mi-lourds »).
- UMS « Flotte Océanographique Française » (mise à disposition annuelle d'un Navire).

**A9- Signature du(es) responsable(s) :**

BOURLÈS Bernard :



LLIDO Jérôme :



LEFEVRE Nathalie (extension CO<sub>2</sub>):



**A10- Signature du directeur OSU gestionnaire (ou établissement/organisme de rattachement) :**

PIRATA :

TOPLIS Michaël, Directeur de l'OSU OMP



**Michaël TOPLIS**  
Directeur de l'Observatoire  
Midi-Pyrénées

Extension CO<sub>2</sub> :

SEGALEN Loïc, Directeur de l'OSU ECCE TERRA



**Loïc SEGALEN**  
Directeur de l'O.S.U. "Ecce Terra"

**A11- Autres laboratoires et OSU intervenant dans le fonctionnement du service (pour chaque laboratoire concerné ou équipe impliquée, indiquer le nom et l'adresse électronique du responsable, et donner en deux lignes maximum, la nature de l'implication dans le service, hors exploitation scientifique) :**

Au niveau national :

PIRATA :

1. Unité de Service 191 IMAGO / IRD (Bernard Bourlès, [bernard.bourles@ird.fr](mailto:bernard.bourles@ird.fr)) : Maintenance annuelle des mouillages météo-océaniques et courantométriques du réseau, logistique des campagnes, traitement de données acquises pendant les campagnes annuelles.
2. Météo-France, CNRM (Philippe Dandin, [philippe.dandin@meteo.fr](mailto:philippe.dandin@meteo.fr)): Soutien financier (convention IRD-Météo France dédiée au SNO), relations institutionnelles et internationales.
3. CORIOLIS (Sylvie Pouliquen, [sylvie.pouliquen@ifremer.fr](mailto:sylvie.pouliquen@ifremer.fr)): Collecte et transmission opérationnelle des profils CTDO2 et XBT ; fourniture de sondes XBT et profileurs Argo.
4. MERCATOR-Océan (contact : Fabrice Hernandez, [fhernandez@mercator-ocean.fr](mailto:fhernandez@mercator-ocean.fr)) : fourniture des prévisions MERCATOR sur la zone Atlantique Est pendant la durée des campagnes annuelles.
5. UMR LOCEAN et DT INSU (Meudon) (Nathalie Lefèvre, [nathalie.lefevre@ird.fr](mailto:nathalie.lefevre@ird.fr)) : extension CO<sub>2</sub> (capteurs CARIOCA) et analyses d'échantillons DIC/TA (SNAPCO-CO<sub>2</sub>).
6. UMR LEMAR, équipe acoustique (Anne Lebourge-Dhaussy, [Anne.Lebourges.Dhaussy@ird.fr](mailto:Anne.Lebourges.Dhaussy@ird.fr)): mesures acoustiques et analyses biologiques (sargasses, plancton, anatifes etc...).

Extension CO<sub>2</sub> :

7. DT Meudon, Laurence Beaumont ([beaumont@dt-insu.cnrs.fr](mailto:beaumont@dt-insu.cnrs.fr)), préparation du colorant et calibration des spectrophotomètres des capteurs CO<sub>2</sub>
8. Unité de Service 191 IMAGO / IRD (Bernard Bourlès, [bernard.bourles@ird.fr](mailto:bernard.bourles@ird.fr)) : Installation des capteurs CO<sub>2</sub> sur les bouées lors des campagnes en mer PIRATA FR.

### Au niveau international :

#### PIRATA et extension CO<sub>2</sub>:

1. NOAA/PMEL, Seattle, USA (Mike McPhaden : [Michael.J.Mcphaden@noaa.gov](mailto:Michael.J.Mcphaden@noaa.gov); Kenneth Connell : [kenneth.connell@noaa.gov](mailto:kenneth.connell@noaa.gov)); gestion du matériel des bouées météo-océaniques et des données acquises par ces bouées.
2. NOAA/AOML, Miami, USA (Gregory Foltz, [gregory.foltz@noaa.gov](mailto:gregory.foltz@noaa.gov) ; Renellys Perez, [renellys.c.perez@noaa.gov](mailto:renellys.c.perez@noaa.gov)); maintenance extension Nord-Est du réseau, collaborations techniques et scientifiques (notamment interventions éventuelles sur bouées respectives).
3. UFPE/LOFEC, Recife, Brésil (Moacyr Araujo, [moa.ufpe@gmail.com](mailto:moa.ufpe@gmail.com)), collaborations scientifiques, académiques et techniques (dont sur la thématique CO<sub>2</sub>); contribution à la maintenance partie Ouest du réseau.
4. INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista, Brésil (Paulo Nobre, [paulo.nobre@inpe.br](mailto:paulo.nobre@inpe.br)), gestion de la maintenance partie Ouest du réseau.
5. GEOMAR, Kiel, Allemagne (Peter Brandt, [pbrandt@geomar.de](mailto:pbrandt@geomar.de) ; Marcus Dengler, [mdengler@geomar.de](mailto:mdengler@geomar.de)) ; collaboration logistique (mouillage ADCP à 23°W-0°N) et scientifiques, dont dans le cadre de PREFACE, AtlantOS et TriATLAS ; capteurs O<sub>2</sub> (extension biogéochimie).
6. Dalhousie University, Canada (Frederick Whoriskey, [FWhoriskey@Dal.Ca](mailto:FWhoriskey@Dal.Ca)), capteurs OTN fixés sur les mouillages météo-océaniques (extension biologie).
7. Université de l'état d'Oregon, USA (Jim Moum, [moum@coas.oregonstate.edu](mailto:moum@coas.oregonstate.edu)), capteurs de turbulence océanique sur 2 mouillages équatoriaux maintenus par le SNO.

### **A12- Le service proposé consiste-t-il en une demande**

- **de labellisation dans la continuité d'une labellisation existante (oui/non) ? OUI**

### Evolution du SNO depuis 2015 :

#### PIRATA:

- le réseau s'est agrandi avec la maintenance d'un 3<sup>ème</sup> mouillage ADCP (à 0°N-0°E) sous responsabilité du SNO (suite à une exigence scientifique émise par le Comité Scientifique International PIRATA, les partenaires internationaux du groupe TACE/CLIVAR et du programme EU PREFACE qui a financé le mouillage).

- La 18<sup>ème</sup> bouée de l'extension Sud-Est, maintenue grâce au financement d'une 2<sup>nde</sup> bouée météo-océanique par le programme EU PREFACE en 2014, est désormais partie intégrante du réseau, et sous la responsabilité du SNO (qui en avait assuré la mise en œuvre lors de l'année de test en 2006-2007).

- Les bouées météo-océaniques de type ATLAS, utilisées depuis le début du programme, sont progressivement remplacées par des bouées de type T-FLEX, offrant plus de potentialités de mesures (nombre de capteurs et de paramètres mesurés), plus de sécurité et une transmission des données par Iridium. 11 bouées (sur 18) sont désormais des T-FLEX, dont 4 des 6 bouées sous responsabilité du SNO. D'ici 2020-2021 l'ensemble du réseau devrait être équipé en T-FLEX.

- La 18<sup>ème</sup> bouée de l'extension Sud-Est est équipée d'un système T-FLEX et, grâce au soutien du programme EU AtlantOS, est également munie d'un capteur CO<sub>2</sub>.

- Pour répondre à des priorités scientifiques, plusieurs capteurs supplémentaires ont été installés sur certaines bouées (notamment capteurs de température/salinité et de courant), grâce au financement du programme EU AtlantOS. Certains sont installés sur des bouées sous responsabilité du SNO.

- Les campagnes annuelles étant désormais effectuées sur des navires de la Flotte Nationale optimaux pour les opérations de mouillages (le N/O Thalassa depuis 2015), le SNO offre systématiquement des opportunités supplémentaires de mesures, prélèvements ou opérations, notamment pour la biologie et la biogéochimie, dans une région peu échantillonnée (Golfe de Guinée). Aussi, après avoir déployé pour la 1<sup>ère</sup> fois des profileurs de type Deep-Argo en 2018, quelques profils CTDO<sub>2</sub>/LADCP sont désormais effectués jusqu'à 4000m à proximité des profileurs présents sur zone.

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

- Le capteur à la bouée 8°N, 38°W (visitée lors des campagnes brésiliennes) est abandonné suite à de nombreux problèmes. La logistique (transport du capteur) est compliquée, la programmation des campagnes brésiliennes est chaotique avec des campagnes qui sont parfois décalées voire annulées au dernier moment. Le capteur est alors stocké plusieurs mois à la chaleur ce qui dégrade la solution de colorant qui est utilisée pour les mesures de CO<sub>2</sub>. Pour ces raisons, peu de données sont exploitables à ce site. Le matériel revient systématiquement en mauvais état. Maintenir ce capteur est coûteux en temps et en argent avec un retour de données trop faible.

- Le système CARIOCA a dû être adapté à la nouvelle configuration des systèmes T-FLEX désormais mis en œuvre sur les bouées. Celles-ci sont désormais pleines, et il a fallu raccourcir le capteur, disposé sous la bouée.

- **de labellisation d'un nouveau service (oui/non) ? NON**  
**~~Si le nouveau service consiste en une évolution du périmètre d'un ou plusieurs services labellisés précédemment, préciser lesquels :~~**

**A13- Lien avec une IR ou TGIR (oui/non) : OUI**

**Si oui, préciser la (les) IR/TGIR (inclure une lettre de soutien de la ou des IR/TGIR en annexe au dossier) :**

- future IR OHIS
- TGIR Euro-ARGO
- TGIR « Flotte Océanographique Française ».
- TGIR ICOS et IR ICOS-France (pour les mesures CO<sub>2</sub> sur les bouées du SNO PIRATA).

**A14- Le service proposé comprend-il des activités stratégiques pour le spatial (oui/non): NON**  
**Se reporter à l'annexe 'lien avec le domaine spatial et les activités du CNES'**

Note : Cependant, les mesures *in situ* acquises par les bouées PIRATA servent pour la validation de mesures effectuées par satellite (température, salinité, couleur de l'eau...) et produits (flux, vent...). Mais aucun lien direct avec la communauté « satellite » si ce n'est par des contacts scientifiques ou les publications portées à notre connaissance.

**A15- Le service proposé comprend-il des activités stratégiques pour le polaire (oui/non) :**  
NON

**A16- Le service proposé relève-t-il :**

- **d'autres domaines de l'INSU, c.-à-d. SIC, TS ou AA (oui/non) ? et le(s)quel(s) ? NON.**

- **d'autres instituts du CNRS (oui/non) ? OUI et le(s)quel(s) ? IRD, Météo-France.**

*(l'IRD et Météo-France sont engagés via une convention dédiée au financement du fonctionnement du SNO).*

**A17- Lien avec un pôle ou un centre de données (oui/non) : OUI**

**Si oui, préciser le(s)quel(s) (*inclure une preuve d'appartenance ou d'adhésion en annexe au dossier*) :**

PIRATA:

Pôle ODATIS « Données et Services pour l'Océan » (composante marine du Pôle de données et services pour le système Terre.

Et aussi les Centres de données :

OceanSITES

GDAC CORIOLIS (donc aussi le Copernicus Marine Environment Monitoring Services -CMEMS-, dont CORIOLIS est un centre de données in situ)

SISMER (Système d'Informations Scientifiques pour la Mer)

Extension CO<sub>2</sub>:

SOCAT (Surface Ocean CO<sub>2</sub> Atlas)

Ocean CARbon Data System (OCADS)

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU SERVICE (35 PAGES MAXIMUM)

### **B1. Contexte, motivations et objectifs scientifiques**

*Les processus scientifiques étudiés devront être décrits, ainsi que les progrès apportés par l'activité du SNO.*

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

#### PIRATA :

PIRATA (« *Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic* ») est un programme d'océanographie opérationnelle multinational (France, Brésil, USA) initié en 1997 afin de mieux connaître et comprendre les interactions océan-atmosphère et leurs variations dans l'Atlantique Tropical, région océanique qui influence fortement les hydro-climats, et par conséquent, les économies des régions bordant cet océan (par ex., Afrique de l'Ouest, Nordeste Brésilien, Caraïbes et USA). PIRATA est initialement motivé par des questions scientifiques fondamentales, mais également par les besoins sociétaux, les sociétés nécessitant de meilleures prévisions météorologiques et de meilleures connaissances sur les variations climatiques et leurs impacts potentiels.

Il s'agit donc de documenter et étudier les échanges océan-atmosphère, leur rôle dans la variabilité climatique régionale à des échelles saisonnières, interannuelles ou plus longues. 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). De plus, il existe de nombreuses oscillations pas encore bien identifiées à l'intérieur du bassin, perturbant 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 des flux de chaleur sur la variabilité de l'ITCZ et sur les systèmes convectifs à l'est (mousson de l'Afrique de l'Ouest), et à l'ouest du bassin (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, depuis 1997, 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.

PIRATA est maintenu depuis 1997 grâce à des collaborations étroites entre des organismes des USA (National Oceanic and Atmospheric Administration -NOAA-), du Brésil (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE-, avec la contribution de la Diretoria de Hidrografia e Navegação -DHN-) et de la France (Institut de Recherche pour le Développement -IRD- et Meteo-France), qui ont établi dès 2001 un partenariat formel via leur engagement dans un Memorandum of Understanding -MoU- afin de maintenir le réseau sur le plus long terme possible.

Pour répondre à ses objectifs, PIRATA est basé autour d'un réseau de 18 bouées mouillées en positions fixes fournissant des mesures météorologiques et océanographiques transmises en temps réel, disséminées via le « Global Telecommunication System » (GTS) et des « Global Data Servers ». Grâce à des campagnes annuelles dédiées à la maintenance des bouées, les capteurs sont étalonnés, et les mesures acquises à haute fréquence enregistrées en interne par les différents capteurs sont récupérées avant d'être validées. Ces campagnes annuelles permettent d'acquérir des mesures complémentaires de paramètres physiques, biogéochimiques et désormais biologiques, notamment le long de radiales répétées, et servent d'opportunité pour réaliser des opérations ou des déploiements pour d'autres systèmes d'observation (Argo, DBCP...). Ainsi, plusieurs types d'opérations sont menés en étroite collaboration avec d'autres programmes nationaux et internationaux. D'autres initiatives nationales en Atlantique tropical ont été menées en étroites collaborations avec PIRATA, notamment celles du GEOMAR Tropical Atlantic Program (Allemagne), permettant un développement coordonné (via notamment l'ajout de capteurs d'oxygène dissous sur les bouées) du système d'observation en Atlantique tropical.

L'historique du programme ne sera pas rappelé ici (voir rapport CSOA de 2015, disponible via le site internet du SNO sur <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/ird/pirata/miscellaneous> ; voir aussi Servain et al. 1998 ; Bourlès et al. 2008). Nous rappelons seulement ici que la composante française de l'observatoire PIRATA a le label d'Observatoire national (ORE puis SOERE puis SNO SO-OA) depuis 2001, avec une extension aux mesures des paramètres du CO<sub>2</sub> labélisée depuis 2011. PIRATA constitue une des composantes du SOERE CTDO2 (Coriolis-Temps Différé Observations Océaniques) et de CORIOLIS.

PIRATA est un programme qui, après une phase « pilote » de 4 ans puis de « consolidation » de 4 ans, est désormais mature et bien établi, qui fonctionne depuis 22 ans et, après une évaluation internationale en 2006 par CLIVAR (Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change Program) et OOPC (Ocean Observations Panel for Climate), est reconnu comme la base du système d'observation en Atlantique Tropical (« Atlantic Observation System » -TAOS-). Il sert également de base pour les enregistrements climatiques dans l'Atlantique tropical via ses observations maintenues sur le long terme des variables climatiques et océaniques essentielles (Essential Climate and Ocean Variables -ECOV-) définies par le programme international « Global Ocean Observing System » (GOOS) de la Commission Océanographique Intergouvernementale (IOC) de l'UNESCO.

PIRATA produit des mesures précieuses pour de nombreuses et diverses applications, dont des analyses de la variabilité du climat aux échelles intra-saisonniers à décadales, des études sur i) la dynamique équatoriale, ii) les budgets de température et de salinité au sein de la couche de mélange océanique, iii) les flux air-mer, iv) la validation de modèles numériques, v) l'assimilation de données dans les centres opérationnels, et vi) les prévisions météorologiques et climatiques. Les données transmises en temps réels sont systématiquement assimilées dans la plupart des centres de prévisions météorologiques et océanographiques mondiaux.

Suite aux 20 ans du programme PIRATA, qui ont donné lieu à une conférence spéciale à Fortaleza en novembre 2017 précédée d'une école d'été organisée par le COPERNICUS Marine Environment

Monitoring Service -CMEMS-, un travail de synthèse portant sur i) l'évolution du réseau depuis 2008, ii) les principaux résultats scientifiques obtenus et iii) les perspectives d'évolution dans le cadre d'un futur TAOS a été réalisé et concrétisé par un article, paru dans la revue « Earth and Space Science » (Bourlès et al., 2019). Les nombreux résultats scientifiques récents qui y sont résumés mettent en évidence l'importance de continuer à maintenir un tel réseau sur le long terme. Outre leur utilisation en routine dans les centres opérationnels (météorologiques, climatiques) et pour la validation de modèles numériques de prévisions climatiques, les longues et uniques séries temporelles fournies par PIRATA permettent désormais d'envisager des études sur la variabilité climatique aux échelles interannuelles à décadales et ainsi de contribuer aux études sur les tendances climatiques et leurs impacts, et de mieux comprendre la dynamique au sein de la couche de mélange etc. Comprendre le climat et sa variabilité ainsi qu'améliorer les prédictions sur l'évolution du climat en réponse aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre s'avèrent être des enjeux cruciaux qui nécessitent de longues séries de données que, de par son organisation et les collaborations efficaces et exemplaires entre les partenaires impliqués, PIRATA doit pouvoir continuer à fournir, notamment dans le cadre international du futur TAOS...

### 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 équipées 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 renouvelée en 2015, 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., 2018). Les observations CO<sub>2</sub> aux sites PIRATA permettent de calculer le pH et de suivre l'acidification dans cette région de l'océan. Elles contribuent au projet global GOA-ON (Global Ocean Acidification – Observing Network).

## B2. Mission d'observation

*Description exhaustive du service en termes de sites et de grandeurs géophysiques, biogéochimiques ou biologiques (dans le périmètre défini par la prospective OA) et de la durée des séries préexistantes à la demande de labellisation. Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs. Préciser si le SNO a vocation à conduire des activités d'enseignement et de formation. Privilégier une présentation concise (tableau, carte).*

### RESEAU PIRATA :

Jusqu'en 2005, PIRATA a développé et maintenu un réseau de 10 bouées de mesures météoro-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 ; Servain et al. 1998). De 2005 à 2007, le réseau PIRATA s'est développé (Bourlès et al. 2008). Cette extension s'est réalisée 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 SNO PIRATA depuis juin 2013, grâce au financement d'une seconde bouée par le programme EU PREFACE.

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

- Mesures océaniques :
  - 11 Capteurs de température à 1, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 180, 300 et 500 m ;
  - 4 Capteurs de salinité à 1, 20, 40 et 120 m ;
  - 2 Capteurs de pression à 300 et 500m.
- Mesures atmosphériques :
  - Température de l'air ;
  - Humidité relative ;
  - Vent (vitesse et direction) ;
  - Radiation ondes courtes ;
  - Pluviométrie.

Le réseau PIRATA étant une composante du programme OceanSITES (<http://www.oceansites.org/OceanSITES/>), 6 bouées, situées à 15°N-38°W, 12°N-23°W, 0°N-23°W, 19°S-34°W, 10°S-10°W, et 6°S-8°E et définies comme des sites de référence « full flux », ont été équipées en 2005-2006 (en 2017 pour la bouée à 6°S-8°E) de plusieurs capteurs supplémentaires :

- Mesures océaniques (au sein de la couche de mélange):
  - 2 Capteurs de température à 5 et 10 m ;
  - 4 Capteurs de salinité à 5, 10, 60 et 80m ;
  - 1 courantomètre à 12m ;
- Mesures atmosphériques :
  - Radiation ondes longues ;
  - Pression atmosphérique.

En 2011, grâce au financement de l'IRD et du CNRS, des capteurs supplémentaires de température et salinité ont pu également être ajoutés dans la couche de mélange sur le site 6°S-10°W et contribuer à leur ajout au site 10°W-10°W (voir ci-dessus).

Depuis 2014, toutes les bouées du réseau PIRATA sont équipées de récepteurs acoustiques en contribution au « Ocean Tracking Network » (OTN; <http://oceantrackingnetwork.org/>) qui consiste au suivi de mammifères marins préalablement bagués.

Depuis 2014 également, 2 bouées équatoriales situées à 23°W et 10°W (sous responsabilité du SNO) sont équipées de capteurs de turbulence océanique ( $\chi$  pods), dans le cadre du programme Ocean Mixing Group de l’Oregon State University program financé par l’US National Science Foundation pour une durée d’environ 10 ans (<http://mixing.coas.oregonstate.edu/>).

Depuis 2015, de nouveaux systèmes T-Flex remplacent progressivement les systèmes ATLAS classiques. Ces systèmes T-Flex permettent i) de mettre en place le long de la ligne de mouillage plus de capteurs océanographiques dont la transmission des données peut être assurée en temps réel ; ii) d’assurer une télétransmission des données plus fiable et avec une résolution temporelle plus importante (toutes les heures via Iridium au lieu de tous les jours via Argos) ; iii) de pouvoir doubler des capteurs atmosphériques afin de limiter les pertes d’acquisition éventuelles induites par des défaillances des capteurs ; iv) d’ajouter des capteurs de courant systématiquement sous la surface ; v) d’augmenter la sécurisation des capteurs pour limiter la conséquence d’actes éventuels de vandalisme ou de chocs ; vi) d’assurer une plus grande flexibilité sur le type de capteurs pouvant être ajoutés sur les mouillages (et donc d’être moins limité par la technologie des capteurs). De 2015 à 2017, 10 bouées (sur 18) ont ainsi été équipées en T-Flex. En raison de contraintes budgétaires aux USA, aucun nouveau système T-Flex n’a été implémenté en 2018. En 2019, un nouveau système T-Flex a été installé sur le site 6°S-10°W pendant la dernière campagne PIRATA-F29 du SNO. Ainsi, à ce jour 11 sur 18 bouées sont des T-Flex dont 4 sous la responsabilité du SNO PIRATA.

D’autres renforcements du réseau ont été implémentés progressivement, ne relevant pas directement de la région de PIRATA sous responsabilité du SNO (voir plus loin) mais du programme PIRATA dans son ensemble, dont :

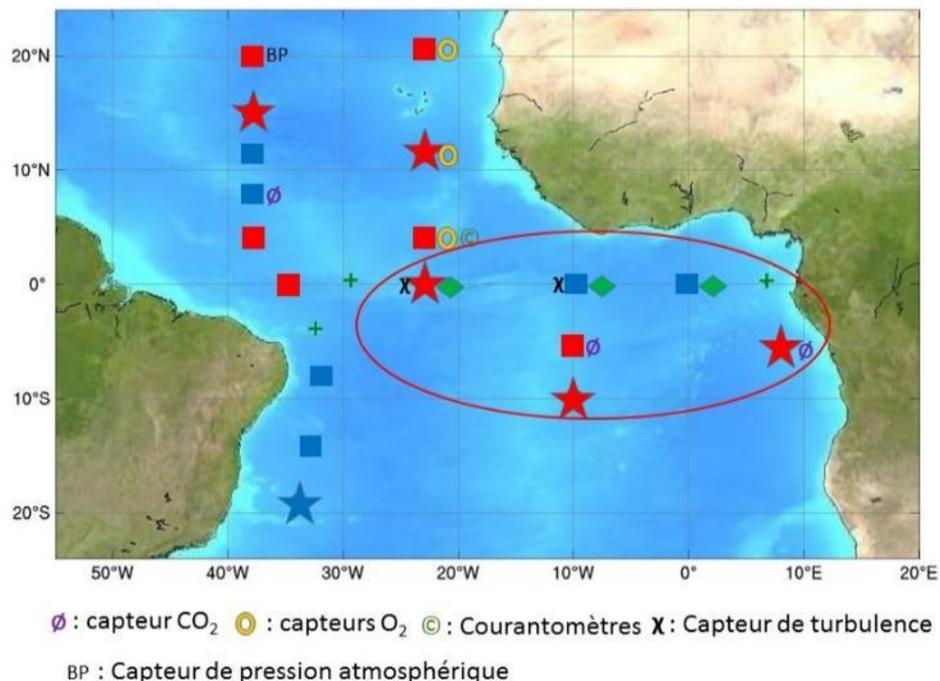
- à partir de 2008, des capteurs d’oxygène dissous ( $O_2$ ) à 4°N-23°W et 12°N-23°W, à 300m et 500m de profondeur pour suivre la zone du minimum d’oxygène (oxygen minimum zone -OMZ-), grâce au financement du « programme German Collaborative Research Center 754 (SFB 754: “Climate-Biogeochemistry Interactions in the Tropical Ocean”, 2008-2019) et du GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel.
- En 2011, la bouée située à 20°N-38°W a été équipée d’un capteur de pression barométrique, avec le financement de Météo-France.
- En 2017, grâce aux financements d’AtlantOS, des capteurs T/C et des courantomètres (à 10m) ont été ajoutés en 3 sites (0°N-10°W, 8°N-38°W et 0°N-35°W) et des capteurs  $O_2$  avec transmission en temps réel (PI : GEOMAR) sont désormais opérationnels sur les mouillages situés à 12°N et 20°N le long de 23°W (des capteurs  $O_2$  sont aussi installés à 4°N-23°W, mais sans transmission temps réel).

#### Extension $CO_2$ :

- Depuis 2006 à 6°S-10°W et 2008 à 8°N-38°W, des capteurs de  $CO_2$  ( $CO_2$  CARbon Interface Ocean Atmosphere –CARIOCA-) mesurent la fugacité de  $CO_2$  à 1m, grâce au financement initial du FP6 European project CARBOOCEAN (2005-2009).
- Depuis 2017, un capteur  $CO_2$  a été ajouté sur la bouée du site 6°S-8°E sur une bouée de type T-Flex. La modification des bouées a imposé de modifier le capteur CARIOCA car la partie sous-marine du capteur était trop longue pour être placée sous le flotteur.

Le site à 8°N-38°W a été abandonné pour les raisons décrites ci-dessus (voir paragraphe A12). Lors du projet H2020 ATLANTOS le site à 6°S-8°E a été équipé d’un capteur CARIOCA. Les 2 sites actuellement équipés de capteurs CARIOCA sont situés dans l’Atlantique tropical Est, dans le courant équatorial sud (figure 1). La bouée 6°S-8°E est située près de l’embouchure du Congo et le capteur  $CO_2$  à ce site va permettre d’étudier l’influence du Congo sur la distribution de  $fCO_2$  dans l’océan.

Ainsi, le plan général du réseau PIRATA à ce jour est le suivant :



Plan actuel du réseau PIRATA : les bouées météo-océaniques sont représentées par des rectangles, et par des étoiles pour les sites « Full Flux ». Les T-Flex sont en couleur rouge et les ATLAS en bleu. Les trois mouillages ADCP sont représentés par des losanges verts. Les symboles additionnels sont explicités dans la légende. Toutes les bouées météo-océaniques sont équipées avec des capteurs OTN. Les croix vertes représentent les îles sur lesquelles des marégraphes et des stations météorologiques sont, ou ont été, également maintenues. La zone entourée de rouge est celle maintenue par la France.

Sur la figure ci-dessus, la zone entourée en rouge est celle dont la maintenance est sous responsabilité du SNO PIRATA. Ainsi, la France, via le SNO PIRATA, a la charge opérationnelle de :

- 6 bouées météo-océaniques (2 ATLAS, 4 T-FLEX) le long de l'équateur aux longitudes 23°W, 10°W et 0°E, le long de 10°W à 10°S et 6°S et à 6°S-8°E ;
- trois mouillages courantométriques ADCP, tous situés à proximité des bouées météo-océaniques : à 23°W-0°N (depuis 2001; maintenu depuis 2006 en collaboration avec le GEOMAR), à 10°W-0°N (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 SNO PIRATA), et à 0°E-0°N (depuis 2016, installé dans le cadre de PREFACE et maintenu dans le cadre du SNO PIRATA).
- les capteurs des paramètres du CO<sub>2</sub> (CARIOCA), installés depuis 2006 sur la bouée ATLAS (modifiée en T-Flex en 2019) située à 6°S-10°W et la bouée T-Flex située à 6°S-8°E depuis 2017 (PI : Nathalie Lefèvre, IRD/LOCEAN) ; mesures labellisées en 2011 et détaillées au long de ce document.

#### CAMPAGNES ANNUELLES PIRATA :

La maintenance du réseau PIRATA nécessite des campagnes océanographiques annuelles, indispensables pour remplacer les bouées météo-océaniques et les mouillages courantométriques (une fois tous les 2 ans pour ces derniers). Les 5 campagnes annuelles (résumées dans le tableau ci-dessous) menées depuis 2015 ont permis de maintenir avec succès l'ensemble des 6 bouées météo-océaniques (ATLAS ou T-Flex) sous la responsabilité du SNO et des trois mouillages courantométriques (à noter que le mouillage ADCP à 23°W est remplacé tous les ans à tous les 2 ans en collaboration avec le GEOMAR, qui réalise des campagnes régulières sur zone). La réalisation de ces campagnes (d'une durée

de 40 à 45 jours environ par an) nécessite de suivre tous les ans les procédures usuelles pour l'obtention du temps navire, bien que les dossiers de demande peuvent être simplifiés du fait que PIRATA est labellisé SNO. De ce fait, une évaluation scientifique complète par la Commission Nationale de la Flotte Hauturières -CNFH- des dossiers de demande de campagne est réalisée seulement tous les 4 ans. La dernière évaluation, très positive, a eu lieu en 2016 pour les campagnes ultérieures à 2018, et la conclusion était : «*Au vu de la pertinence du projet et de l'importance de réaliser des mesures à long terme dans cette région clef de l'océan, la commission considère la poursuite de ce projet, dont le bilan est excellent, comme prioritaire 1. Ce classement est valable pour la réalisation d'une campagne par an pendant 4 ans (2018-2021)* ».

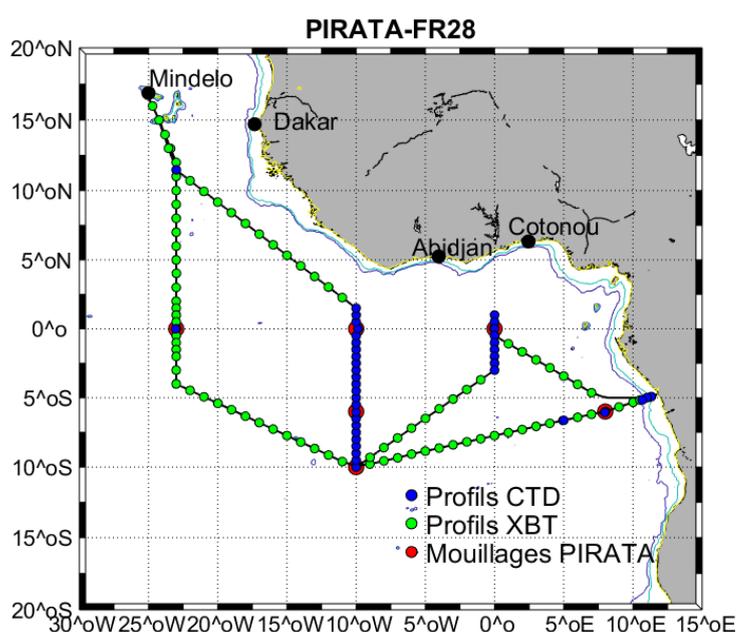
Les campagnes annuelles réalisées depuis la dernière évaluation (voir le document transmis en 2015) sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Nom de la campagne	Navire	Dates	Chefs de mission
PIRATA FR 25	THALASSA	18/03 – 16/04/2015	Bernard BOURLÈS
PIRATA FR 26	THALASSA	07/03 – 13/04/2016	Bernard BOURLÈS
PIRATA FR 27	THALASSA	27/02 – 03/04/2017	Bernard BOURLÈS
PIRATA FR 28	THALASSA	27/02 – 05/04/2018	Bernard BOURLÈS
PIRATA FR 29	THALASSA	28/02 – 05/04/2019	Bernard BOURLÈS

Ces campagnes, depuis 2015 et la mise hors service du N/O Suroit, s'effectuent avec le N/O Thalassa. Ce navire permet d'assurer l'ensemble des tâches en toute sécurité et dans les meilleures conditions possibles. Il permet également, comme décrit ci-dessous, de réaliser des opérations d'opportunité afin de valoriser au maximum le temps navire, dont les coûts sont de loin les plus importants pour la maintenance du réseau (voir chapitre dédié aux budgets).

Cependant, en raison des actions de piraterie rencontrées dans l'est du Golfe de Guinée depuis 2014, aucune escale n'est désormais possible dans un port de cette région... Du coup, les campagnes doivent se dérouler en un seul « leg » d'environ 40 jours à partir du Cap-Vert (port de Mindelo), rendant parfois difficile de trouver des « volontaires » pour embarquer et induisant de longs transits qu'il est indispensable de valider au mieux par des opérations d'opportunité!

Ci-dessous le plan, pour exemple, de la campagne PIRATA-FR28 illustrant le parcours et les profils hydrologiques et courantométriques (CTD<sub>02</sub>/LADCP) et thermiques (XBT) réalisés:



Les tâches réalisées sur le terrain par le SNO PIRATA sont décrites ci-dessous selon les types d'instruments mis en œuvre. Les mesures additionnelles d'opportunité sont également décrites. Il faut d'abord mentionner que l'organisation de ces campagnes nécessite une logistique particulière et parfois complexe, car une grande partie du matériel de ces bouées est gérée par les partenaires du PMEL à Seattle (à savoir capteurs, câbles inductifs, électroniques, largueurs acoustiques, lests...). Il faut donc, grâce à l'implication de l'US IMAGO de l'IRD/Brest et d'un transitaire (CGS à Brest), prévoir plusieurs mois à l'avance l'expédition de ce matériel, ce qui est de plus en plus compliqué (règles douanières concernant le transport des batteries Lithium, T-Flex nécessitant des lests plus lourds et parfois expédiés directement de Chine...). Le reste du matériel nécessaire pour les campagnes (câble nylon, structures superficielles des bouées, accastillage etc.) est géré directement à Brest par l'US IMAGO, ainsi que le matériel des mouillages courantométriques ADCP, des opérations hydrologiques et courantométriques (CTDO<sub>2</sub>/LADCP), des analyses physico-chimiques etc.

### 1) Bouées météo-océaniques ATLAS et T-Flex :

#### PIRATA:

Une des tâches prioritaires est le remplacement annuel des bouées météo-océaniques. Le SNO gère donc la maintenance des 6 bouées situées dans l'Atlantique est et le Golfe de Guinée. Les aspects techniques sont assurés par les ingénieurs de l'US IMAGO (préparation du matériel, contacts avec le PMEL, et travaux en mer lors des campagnes).

Le tableau ci-dessous résume les périodes de fonctionnement des 6 bouées sous la responsabilité du SNO, de janvier 2015 à avril 2019. Ce tableau montre que toutes les bouées ont parfaitement fonctionné sur la période 2015-2019, à l'exception de la bouée située à 8°E-6°S qui, pour la 1<sup>ère</sup> fois, a été vandalisée le 4 août 2018. La bouée a été décrochée de la ligne de mouillage, puis a dérivé vers le nord du Golfe de Guinée. La bouée a dû être récupérée le 15 septembre 2018 (plus aucun signal GPS reçu) par les pêcheurs devant le Nigeria, puis les capteurs météorologiques et le tube électronique (contenant l'ensemble des données) ont pu être récupérés grâce à l'intervention d'une partenaire du Nigeria (Mme Régina Folorunsho, NIOMR, Lagos) qui les a rapportés chez nos partenaires du Bénin avant de pouvoir les rapatrier en France et les regrouper avec le matériel du PMEL.

<b>Mouillage PIRATA</b>	<b>Période de fonctionnement</b>
23°W-0°N	01/2015 - 04/2019
10°W-0°N	01/2015 - 04/2019
10°W-6°S	01/2015 - 04/2019
10°W-10°S	01/2015 - 04/2019
0°W-0°N	01/2015 - 04/2019
8°E-6°S	01/2015 - 08/2018 03/2019 - 04/2019

Le suivi du fonctionnement de chacun de ces capteurs est disponible sur le Web (site PIRATA de la NOAA/PMEL) à l'adresse suivante : <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba>. 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 et aucune disparition ou destruction de bouées n'ont été constatée depuis 2008. Par contre, ils se sont déplacés apparemment à l'ouest au large du Brésil, et la disparition de la bouée à 6°S-8°E en août 2018 au large du Congo peut être inquiétante si elle se renouvelle. Mais sur l'ensemble de la série temporelle, donc depuis 1997, le taux de survie des mouillages (soit le rapport entre le nombre de bouées récupérées et celles déployées) est de 253/271, soit 93% ; si l'on ne retient que la dernière période depuis 2008 ce taux est de 96%, ce qui est un excellent rapport !

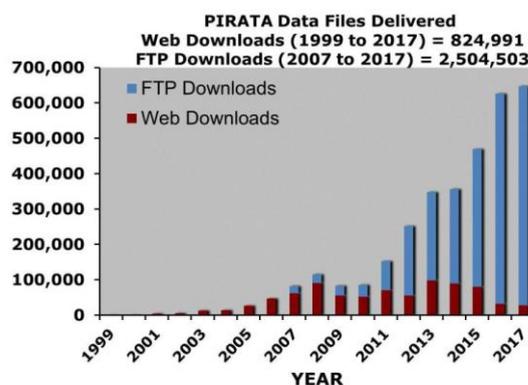
Le taux de retour des données en temps différé (soit le total des données disponibles et transmises en temps réel et des données transmises après calibration des capteurs) établi pour l'ensemble de la période de septembre 1997 à septembre 2018 -donc quasiment sur l'ensemble de la durée du programme-, est de 81% sur l'ensemble du réseau ! Ce taux est très satisfaisant au vu notamment du nombre de bouées et de capteurs installés sur les bouées ; il est équivalent, voire meilleur, de celui obtenu par le réseau TAO dans le Pacifique. Le taux de retour en temps réel des bouées PIRATA est également de l'ordre de 80%, ce qui est très satisfaisant.

Le nombre de fichiers de données des bouées PIRATA transmis via la page web du PMEL de 1999 à 2017, via le website et via ftp est montré sur la figure ci-jointe. On note depuis 2011 une très forte augmentation de données transmises par ftp, et une nette décroissance du nombre de fichiers délivrés via le web depuis 2013. Le total de fichiers transmis pendant l'année fiscale 2018 des USA (figure non disponible) est supérieur à 700.000.

Le nombre total de fichiers distribués, en octobre 2018, entre 1999 et 2018 est de 847.949 via le site web, à comparer aux 3.197.426 transmis via ftp depuis 2007...

Ces valeurs illustrent l'utilisation de plus en plus importante des données PIRATA ces dernières années, et ce notamment pour l'opérationnel.

Pour plus de détails, toutes les informations (figures, valeurs, etc) sont accessibles via les rapports annuels du Comité Scientifique (Steering Scientific Committee) disponibles sur la page internet du SNO : [http://www.brest.ird.fr/pirata/reports\\_fr.php](http://www.brest.ird.fr/pirata/reports_fr.php).



Aussi, comme mentionné précédemment, le SNO a la charge du remplacement annuel des capteurs de turbulence ( $\chi$  pods), à savoir 5 capteurs sur 2 bouées équatoriales à 23°W et 10°W, ainsi que remplacement des récepteurs OTN placés sur chaque bouée à 200m.

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

Concernant les données des capteurs CO<sub>2</sub> sur les bouées, nous distinguons les données en temps réel et en temps différé :

i) 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 années.

ii) 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> et aident à valider les mesures des capteurs CARIOCA.

## 2) Mouillages courantométriques :

Les trois mouillages ADCP équatoriaux sont situés à côté des bouées météo-océaniques du réseau PIRATA 23°W, 10°W et 0°E, et leur but est de suivre l'évolution et les variations du Sous Courant Equatorial, courant qui joue un rôle fondamental pour la dynamique des transports inter-hémisphériques de masse et de chaleur, et pour les conditions hydrologiques rencontrées dans le Golfe de Guinée. Les courantomètres ADCP, sont tous identiques, ce qui permet des mesures avec les mêmes configurations. Ils sont immergés à plus de 300m et sont remplacés généralement tous les 2 ans. Celui à 10°W-0°N a été remplacé en avril 2017 puis en mars 2019 pendant les campagnes PIRATA FR27 et FR29. Le mouillage à 0°E-0°N a été déployé pour la 1<sup>ère</sup> fois en mars 2016 pendant la campagne PIRATA FR26 et remplacé en mars 2018 pendant PIRATA F28. Enfin, le mouillage situé à 23W-0°N est maintenu depuis 2006 par le GEOMAR qui mène un programme de mesures et maintient plusieurs mouillages courantométriques le long de la section 23°W. Ce mouillage a été remplacé en novembre 2016 puis en février 2018. Il le sera de nouveau en octobre 2019. A noter que le GEOMAR ne sera peut-être plus en mesure d'effectuer cette maintenance après 2020. La maintenance de ce réseau de 3 mouillages courantométriques a fait l'objet d'une demande de financement via le « moyens mi-lourds » de l'INSU en 2018, afin d'acquérir le matériel nécessaire pour une 4<sup>ème</sup> ligne de mouillage, indispensable pour pouvoir assurer la maintenance des 3 sites en alternance.

## 3) Mesures in situ pendant les campagnes :

PIRATA, comme mentionné dans le MoU, s'engage 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, voire 0°E si possible, où sont positionnées plusieurs bouées météo-océaniques. 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.

### 3.a. Mesures en continu avec les appareils du navire :

- Mesures du courant (de 0 à 1000m environ) avec les deux courantomètres à effet Doppler VM-ADCP du navire THALASSA utilisé depuis 2015, à savoir un 150kHz (mesures de la surface à 250m environ, résolution 8m), et un 38kz (mesures de la surface à 1000m environ, résolution 24m).
- 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.
- Mesures acoustiques (depuis 2015): les 40 jours de campagne devant être valorisés au mieux et le nombre d'informations et de mesures optimisées dans la mesure du possible, le SNO PIRATA, avec la contribution de l'équipe « acoustique » de l'IRD au LEMAR, a initié dès 2015 l'acquisition des mesures acoustiques à partir des 6 capteurs du SIMRAD EK60 (EK80 depuis 2018) du N/O THALASSA, également équipé d'un capteur latéral à 120kHz. De telles mesures sont d'un grand intérêt pour les études portant sur les composantes biotique et abiotique des écosystèmes.
- mesures de la Ferrybox (depuis 2018) : le N/O THALASSA étant équipé d'une Ferrybox depuis sa refonte en 2017, le SNO récupère également les données, certaines pouvant fournir des informations sur les paramètres biogéochimiques de surface. Le SNO a contribué en 2018 à valider les mesures d'O<sub>2</sub> acquises par la Ferrybox en réalisant des échantillons et analyses d'O<sub>2</sub> de surface régulièrement tout au long de la campagne.
- en 2019 : un spectromètre neutron a été installé sur le navire, permettant tout au long de la campagne la mesure du nombre de neutrons incidents, tout en mesurant la pression, la température, l'humidité et

son positionnement GPS. L'objectif est d'analyser les variations des spectres et des flux de neutrons en fonction de la météorologie de l'espace, du positionnement et de l'état atmosphérique (nuage, convection ...). Cette opération a été menée pour l'ONERA (Toulouse).

- Extension CO<sub>2</sub> : En 2019, des mesures en continu des paramètres du CO<sub>2</sub> ont été effectuées pendant toute la campagne PIRATA FR29 (pour la 1<sup>ère</sup> fois sur zone depuis la campagne EGEE3 de 2006).

### 3.b. 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 2000m ; parfois 500m, voire 4000m depuis 2018 pour la validation des profils acquis par les Deep-Argo) 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 (bande équatoriale à 0°E, et parfois 23°W, à la longitude du Cap Vert).

Pendant ces stations, des échantillons d'eau de mer sont également prélevés à différentes profondeurs (10 bouteilles, 20 bouteilles en 2019, 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 et l'O<sub>18</sub> (de 2004 à 2016) et les pigments chlorophylliens (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 SNO ou programmes associés (programmes EU CARBOCEAN/CARBOCHANGE, ICOS-Ocean...), 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, et à valider les mesures acquises par les profileurs Argo équipés de capteurs DO (voir ci-dessous). Les mesures de sels nutritifs, acquises depuis 2004 sur cette zone sous-échantillonnée, pourront également servir de base pour les futurs profileurs bio-Argo...

### 3.c. Mesures « en route » et opérations d'opportunité:

- Lancers de sondes XBT (acquisition de profils de température entre la surface et 800-1000m) ; les XBT sont fournies par CORIOLIS et les profils systématiquement envoyés en temps réel à CORIOLIS. Environ 90 profils sont effectués chaque année, notamment pendant les transits validés -entre les sections-.

- Déploiements de bouées dérivantes de surface (SVP, SVP-B, SVP-BS ou SVP-BRST ; en fonction du type de bouées : mesure de la température, de la salinité et de la pression atmosphérique 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 Météo-France, notamment en contribution au programme AtlantOS, et la NOAA/AOML, en collaboration au GDP/DBCP). 173 bouées SVP ont été déployées pendant les campagnes du SNO, dont 67 depuis 2015...

- 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 Argo. Les profileurs sont fournis par Argo-France. Depuis 2013, certains profileurs sont programmés spécifiquement, pour pouvoir répondre à des objectifs scientifiques, avec une haute résolution verticale dans les couches supérieures, et effectuent des profils tous les jours ou 2 jours pendant 3 mois, avant de revenir à leur configuration classique (1 profil tous les 10 jours). Depuis 2015, certains profileurs ont été équipés de capteurs d'O<sub>2</sub> (Argo-DO). En 2018, 2 Deep-Argo ont été déployés (pour la 1<sup>ère</sup> fois en Atlantique tropical). Pendant toutes les campagnes, les profils CTD sont effectués jusqu'à 2000m, précisément pour fournir à Argo-France des données nécessaires à la validation des profils, et depuis 2018, le SNO PIRATA effectue également des profils CTDO<sub>2</sub> jusqu'à 4000m à proximité des Deep-Argo avant leur déploiement (et en 2019, 2 profils ont été réalisés à proximité des Deep Argo déployés en 2018, dont la trajectoire est connue -collaborations avec Argo-France et CORIOLIS-). Depuis 2002, 144 profileurs ont ainsi été déployés par le SNO PIRATA dans le Golfe de Guinée et l'Atlantique tropical Est, dont 30 depuis 2015.

- Prélèvements (également depuis 2003) d'eau de mer à la surface (tous les 1° ou 2° de latitude ou de longitude) pour l'analyse de la salinité (notamment en contribution au SNO SSS et dans le cadre de CORIOLIS pour la calibration des thermosalinographes), mais aussi des sels nutritifs, des pigments Chlorophylliens, des paramètres du carbone (DIC/AT), et du  $^{13}\text{C}$  et de l' $\text{O}^{18}$  (jusqu'en 2016). En 2019, des échantillons supplémentaires ont également été effectués pour la mesure i) du Carbone Organique Particulaire (POC), de la Matière Organique en Suspension (SOC), de la Matière Organique Dissoute Colorée (CDOM) et du pH (collaboration UFPE, Brésil), ainsi que les Matières Organiques Particulaires (POM ; isotopes Carbone et Azote ; collaboration LEMAR).

- Selon les opportunités, les campagnes permettent aussi de contribuer à d'autres projets via des prélèvements de :

- algues Sargasses : ces algues prolifèrent en Atlantique tropical depuis 2011 pour des raisons encore inexplicables. Des prélèvements sont effectués depuis 2012 et ensuite transmis au LEMAR (analyses taxonomiques) et, en 2018, au MIO (analyses génétiques). En 2017 et 2018, des espèces vivantes sur ces nappes (crabes, crevettes, ...) ont également été prélevées et transmises pour analyses.

- anatifes (pousse-pieds) : ces crustacés, qui vivent accrochées sur les bouées et capteurs, sont prélevées depuis plus de 10 ans pour l'analyse de leurs contenus stomacaux, via le rapport isotopique de C et N permettant d'obtenir des informations sur la chaîne alimentaire hauturière. Depuis 2018, certains individus seront aussi prélevés pour leur contenu en microplastique (au LEMAR).

- plancton : en 2016 et 2017, un filet à plancton (filet Bongo) a été utilisé et des profils réalisés afin de collecter du zooplancton. L'identification du plancton peut fournir des informations précieuses pour l'interprétation des mesures acoustiques réalisées en continu pendant les campagnes.

- thons : en 2019, le SNO a été sollicité par un scientifique du LEMAR pour effectuer des prélèvements de morceaux de thons (parfois pêchés à proximité des bouées) afin d'analyser leur contenu en mercure (Hg).

Un bilan de l'essentiel de ces opérations a été réalisé, chiffré et porté à connaissance de la communauté internationale (principalement EU AtlantOS et comité d'évaluation du TAOS ; voir aussi Boulès et al. 2019 et le document « Report on the First Tropical Atlantic Observing System (TAOS) Review Workshop, 8 -9 February 2018, Portland US » CLIVAR Report No. 03/2018, septembre 2018) ;

### 3.d. Contribution du SNO à des actions d'enseignement et de formation:

Depuis ses débuts, les acteurs du SNO PIRATA invitent régulièrement des étudiants (ingénieurs ou PhD) ou jeunes chercheurs (notamment des pays d'Afrique de l'Ouest d'où partaient pendant des années les campagnes annuelles) à participer aux campagnes et ainsi à se former aux techniques de mesures en mer (acquisition et traitement). Environ 25 étudiants ou stagiaires de fin d'étude français ont participé à des campagnes du SNO PIRATA, et environ 50 jeunes chercheurs, ingénieurs, techniciens ou étudiants d'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Bénin, Togo, Sénégal, Ghana, Cameroun, Nigéria) ont pu se familiariser avec les techniques de mesures en mer.

Aussi, le SNO PIRATA et ses principaux acteurs de l'IRD ont joué un rôle essentiel dans l'initiation d'un Master d'Océanographie Physique et Applications en 2008 au Bénin (Université de Cotonou ; voir <https://master-soac-toulouse.obs-mip.fr/m2oa/>). Ce Master est maintenu depuis plus de 10 ans (soutien IRD, et TOTAL jusqu'en 2015), et mené en partenariat avec l'UPS (Toulouse ; avec co-diplomation), et aussi nos partenaires de l'UFPE (Recife, Brésil) qui contribuent aux enseignements. 2 campagnes (en 2009 et 2011) ont été organisées afin que tous les étudiants suivant le Master 2 de Cotonou (Bénin) participent à plusieurs jours de campagne lors de leur stage de recherche. Cela n'est malheureusement plus possible depuis 2014 en raison des actes de piraterie dans le Golfe de Guinée empêchant toute escale sur zone.

Chaque année, de nombreux stages de recherche de ce M2 portent sur des sujets en lien direct avec PIRATA (utilisation de données, thématique scientifique...) ; ainsi environ 24 stages ont porté sur des thématiques PIRATA depuis le début de ce M2. Plusieurs étudiants issus de ce M2 ont ensuite continué en PhD, sur des sujets liés à PIRATA et encadrés en France, au Brésil, en Afrique du Sud... A ce jour environ 12 PhD ont été menés dans le cadre de PIRATA. De par le nombre de publications dont ils sont désormais auteurs ou co-auteurs, ces étudiants contribuent de manière très significative à la valorisation de PIRATA.

En novembre 2017, le meeting annuel PIRATA organisé à Fortaleza (20 ans de PIRATA) a été précédé d'une école d'été, organisée en grande partie par le COPERNICUS Marine Environment Monitoring Service -CMEMS- et portant sur des thématiques PIRATA. Deux autres écoles d'été, associées à PIRATA, avaient été organisées au Bénin (dans le cadre de PREFACE, en lien avec PIRATA et les colloques annuels régionaux TACCOVAR, voir : <http://www.legos.obs-mip.fr/actualites/actu-grand-public> et <https://taccovar-2017-79.websself.net/> ).

### **B3. Ouverture et Insertion du SNO, lien avec les IR/TGIR**

*Liens avec d'autres SNO, insertion du SNO dans le dispositif de recherche français (régional, national), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation (lettres de soutien à fournir en annexe). Le rattachement à une voire plusieurs IR/TGIR de référence, existantes ou en construction, est fortement encouragé, y compris pour les nouveaux services en demande de labellisation (lettres des porteurs d'IR/TGIR existantes ou en construction à fournir en annexe au dossier). Le cas échéant, décrire en quoi le SNO est stratégique pour le spatial ou le polaire (prendre en compte également les questions posées dans l'annexe D et remplir l'annexe E).*

#### **- PIRATA :**

Au niveau national, de par ses activités détaillées dans le paragraphe précédent (B2), et notamment lors des campagnes annuelles, le SNO PIRATA réalise des opérations menées en collaboration étroite avec d'autres SNO concernant l'océan hauturier, et notamment les SNO SSS et Argo-France, composante du TGIR Argo (miroir de l'ERIC EUROARGO), ainsi qu'avec le réseau « bouées dérivantes ». Le SNO PIRATA est une des composantes du SOERE CTDO2 (qui regroupe plusieurs SNO océaniques) et de la convention (2014-2020) inter-organismes CORIOLIS (le coordinateur du SNO PIRATA est membre du Groupe de Pilotage de CORIOLIS). 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. De fait, le SNO PIRATA se positionne parfaitement dans le cadre de l'IR OHIS. Les informations (lien avec la page web) et les données du SNO PIRATA sont accessibles via le Pôle ODATIS.

Aussi, via l'utilisation annuelle d'un navire de la flotte nationale, le SNO PIRATA est lié à la TGIR « Flotte Océanographique Française ».

Enfin, le SNO PIRATA collabore à ICOS (voir ci-dessous, « extension CO<sub>2</sub> »), et un lien éventuel pourra être établi avec le projet d'IR COOL (pour le regroupement et la gestion des données CO<sub>2</sub>).

Au niveau international, comme précisé dans les paragraphes précédents (notamment A11 et A13), le SNO PIRATA est une composante du programme multinational PIRATA mené avec les USA et les Brésil, dont les organismes sont engagés dans un MoU, et en étroite collaboration avec le GEOMAR. En tant que réseau d'observation de base pour l'Atlantique tropical, il est directement impliqué dans différents programmes européens et internationaux, tels : PREFACE (FP7 : 2013-2018) ; AtlantOS (H2020 : 2015-2019) et TriATLAS (H2020 : 2019-2023). PIRATA est une composante essentielle du Tropical Atlantic Observing System (TAOS), en cours d'évaluation internationale, et le SNO PIRATA est de fait directement impliqué dans les réflexions en cours sur l'optimisation et le renforcement des réseaux d'observation en Atlantique tropical, à la veille de la conférence OceanObs19.

#### **- Extension CO<sub>2</sub> :**

L'infrastructure européenne de recherche ICOS (Integrated Carbon Observation System) regroupe les observatoires du CO<sub>2</sub> dans les différents réservoirs : océan, atmosphère et écosystèmes. Seules les stations labellisées et payant une contribution à l'ERIC ICOS font partie de cette infrastructure. Toutefois, au niveau français, un réseau ICOS France a été mis en place et regroupe les observations de CO<sub>2</sub> françaises sur le long terme dans les trois réservoirs.

Les mesures de CO<sub>2</sub> sur les bouées PIRATA sont liées aux observations de CO<sub>2</sub> sur les navires marchands (SNO SSS-extension CO<sub>2</sub>) dans l'Atlantique tropical.

Voir lettres de soutien jointes en annexe.

Concernant les liens avec le « spatial », et comme indiqué dans la rubrique A14, le SNO PIRATA fournit des mesures *in situ* qui servent pour la validation des mesures effectuées par satellite (température, salinité, couleur de l'eau...) et produits (flux, vent...). Mais aucun lien direct avec la communauté « satellite » si ce n'est par des contacts scientifiques ou les publications portées à notre connaissance.

Le SNO PIRATA n'est en rien stratégique pour le « polaire ».

#### **B4. 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 ou les IR/TGIR de référence.*

##### 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 et T-Flex:

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, pour les bouées ATLAS et T-Flex (mise en œuvre depuis 2015) sont explicités sur la page internet du site de la NOAA/PMEL dédiée aux réseaux TAO dans le Pacifique, RAMA dans l'Indien et PIRATA dans l'Atlantique (<https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/moorings>). 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. Ces traitements n'étant pas sous responsabilité du SNO, il nous a semblé peu utile de fournir tous les détails dans ce dossier (ils ont été fournis dans l'annexe 1 du dossier de 2015, disponible sur <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/ird/pirata/miscellaneous>).

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 heures de l'ensemble de ces variables via un système centralisateur travaillant par interrogations successives des capteurs ;
- Télétransmission satellitale (toutes les 6h) des valeurs intégrées (moyennes journalières via Argos pour les ATLAS; moyennes horaires via Iridium pour les T-Flex) et mise à disposition des informations sur le réseau international SMT (Système mondial de télécommunications ; ou GTS - Global Telecommunications System- ) pour leur exploitation en temps réel ;
- Validation et traitement des données transmises en temps réel au PMEL/NOAA (Seattle, 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 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 (ADCP) :

Grâce au travail d'un CDD recruté dans le cadre du programme EU AtlantOS en 2017, et au recrutement à l'IRD au sein de l'US IMAGO d'un ingénieur également en 2017, le traitement des mouillages courantométriques a été intégralement repris, en collaboration avec le GEOMAR (qui transmet les données du mouillage à 0°N-23°W) afin d'uniformiser les traitements appliqués à ces données, et finalisé. Le traitement des données de 2011 à 2017 à 0°N-10°W et de 2016 à 2018 à 0°N-0°E a été finalisé, via une procédure rédigée au sein de l'US IMAGO (qui sera prochainement rendue accessible via le DOI). Cette procédure, rédigée sous Matlab, suit les recommandations du PMEL (Plimpton, P.E., Freitag, H.P., and McPhaden, M.J., 2004). Processing of subsurface ADCP data in the Equatorial Pacific). L'ensemble des données qualifiées de ces mouillages est désormais affecté d'un DOI, attribué via les services de SEANOE (référence : Bourlès B., Habasque J., Rousselot P., Grelet J., Roubaud F., Bachelier C., Gouriou Y., 2018 : French PIRATA cruises: Mooring ADCP data. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/51557>).

## 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.

### 3.a: Données hydrologiques obtenues avec une sonde CTD-O<sub>2</sub> (Seabird SBE911+) :

Le traitement des données CTD-O<sub>2</sub> a intégralement été repris à l'US IMAGO, afin de la mettre à jour et, en étroite collaboration avec l'équipe du LOPS, d'uniformiser tant que possible les procédures utilisées entre les laboratoires. Ainsi, la procédure de traitement CADHYAC développée au LOPS (Kermabon et al., 2015) a été adaptée et remise à jour avec le LOPS. Toutes les données des dernières campagnes depuis 2013 ont ainsi été re-traitées par l'US IMAGO avec cette version.

L'ensemble des données CTD-O<sub>2</sub> qualifiées est désormais affecté d'un DOI, attribué via les services de SEANOE (Bourlès B., Rousselot P., Grelet J., Roubaud F., Bachelier C., Chuchla R., Gouriou Y., 2018 : French PIRATA cruises: CTD-O<sub>2</sub> data. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/51534> ) et un rapport détaillé est rédigé pour chaque campagne.

### 3.b : Données S-ADCP :

Les données de courant mesurées par les ADCP de coque (depuis 2015 sur le N/O THALASSA: un 150kHz et un 38kHz) sont traitées à l'aide du logiciel CASCADE (Chaîne Automatisée de Suivi des Courantomètres Acoustiques Doppler Embarqués) 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). Ce traitement a été repris et adapté par un CDD engagé pendant les programmes EU PREFACE (en 2015-2016) puis par l'US IMAGO ; cette procédure est désormais systématiquement appliquée et a permis de retraiter une grande partie des campagnes antérieures à 2015. La procédure a été appliquée sur les fichiers de type \*.STA ("Short Term Average", données moyennées sur 2 minutes), et les détails de la méthodologie sont explicités dans l'article : « Herbert G., Kermabon C., Grelet J., Bourlès B., 2015 : French PIRATA cruises S-ADCP data processing. Mercator Ocean - Quaterly Newsletter, (52), 22-26. Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00272/38320/> ». L'ensemble des données S-ADCP qualifiées est désormais affecté d'un DOI (Herbert G., Bourlès B., Grelet J., 2016 : French PIRATA cruises: S-ADCP data. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/44635>).

### 3.c : Données L-ADCP :

Les données des profils L-ADCP n'avaient pas pu être traitées depuis 2007, faute de personnel et de temps. Seules les données brutes étaient mises à disposition via le site internet du SNO. Il avait été mentionné dans le précédent rapport de 2015 que ces données L-ADCP, n'étant pas une priorité dans le cadre de PIRATA (non mentionnées dans le MOU), ne seraient traitées qu'une fois les ressources humaines disponibles. En 2018, un ingénieur (recruté en 2017) a entrepris de finaliser une procédure de traitement de ces données, en adaptant un logiciel existant (Visbeck, M. : Deep Velocity Profiling Using Lowered Acoustic Doppler Current Profilers: Bottom-trackand Inverse Solutions.J.A.O.T., Volume 19, 794-807, 2001 ; Thurnherr, A.M. : How to process LADCP data with the LDEO Software (Versions IX.7 –IX.10), 2014), et ce en étroite

collaboration avec un chercheur du LEGOS qui avait procédé au traitement avant 2007 et rédigé une note interne sur l'acquisition de ces données (Marin, F. : Acquisition et traitement des données L-ADCP. LEGOS, Document interne, 2017). Cette procédure a été finalisée en décembre 2018 et appliquée en janvier 2019 dans un 1<sup>er</sup> temps aux mesures acquises pendant la campagne PIRATA FR28 de 2018 (voir : Rousselot, P. : Rapport de Calibration des données LADCP de la campagne PIRATA-FR28, DOI: 10.17600/18000404, décembre 2018. Ce rapport et ces données sont accessibles via la page web du DNO PIRATA, ou directement sur : [ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/ird/pirata/pirata-data/ladcp/calibration\\_reports/PIRATA-FR28/](ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/ird/pirata/pirata-data/ladcp/calibration_reports/PIRATA-FR28/). Cette méthode sera appliquée aux autres campagnes dès que possible, et un DOI leur sera également attribué courant 2019.

### 3.d : Données des analyses chimiques à partir des échantillons :

Des échantillons d'eau de mer sont prélevés, lors des profils CTDO<sub>2</sub> à différentes profondeurs, ou en surface pendant les transits (tous les 1° à 2° de latitude/longitude).

- La salinité et l'Oxygène dissous (O<sub>2</sub>), sont analysés à bord pendant les campagnes (par des agents de l'US IMAGO : F.Baurand, S.Hillion et D. Lopes) 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 Chlorophylliens 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 silicate silicon in natural waters with special reference to sea water." Anal. chim. Acta, 12, 162-170, 1955). La méthode appliquée pour l'analyse des pigments est celle utilisée par le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (Ras and Claustre, The LOV method, IV th 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).

Le travail de regroupement au sein d'un fichier unique de l'ensemble des données « chimie » (salinité, oxygène, sels nutritifs et pigments Chl) pour chaque campagne a été finalisé en 2017 et 2018. Ces données sont désormais disponibles sous un format standard sur le site PIRATA-FR (Excel pour les mesures de surface effectuées « en route », et ODV pour les mesures faites à partir des échantillons « bouteilles » lors des profils CTD).

L'ensemble des données chimiques qualifiées est désormais affecté d'un DOI (Bourlès B., Baurand F., Hillion S., Rousselot P., Grelet J., Bachelier C., Roubaud F., Gouriou Y., Chuchla R., 2018 : French PIRATA cruises: CHEMICAL ANALYSIS data. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/58141>).

### 3.e : Données des profils XBT :

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/>).

### 3.f : Données « navire » :

Les mesures de température et de salinité de la surface de la mer réalisées avec le thermosalinographe (et avec la FerryBox depuis 2018) du THALASSA 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.

A noter que les mesures de salinité de surface, acquises pendant les transits ou lors des profils, sont aussi mises à disposition du SNO SSS et de CORIOLIS pour la validation des mesures de salinité des thermosalinographes de navires de recherche français.

Aussi, il est important de mentionner ici que l'US IMAGO, principal contributeur du SNO PIRATA pour tous les aspects techniques et logistiques, et ses différents laboratoires (physique et chimique) a mis en place un Système de Management de la Qualité (conformément à la politique de l'IRD) et est certifiée ISO 9001 depuis 2008 (ISO 9001 : 2015 depuis 2017). L'ensemble des mesures acquises et analysées par IMAGO est conforme aux exigences de qualité internationale (voir <http://www.imago.ird.fr/> et : <http://www.imago.ird.fr/presentation-de-l-unite/demarche-qualite> ).

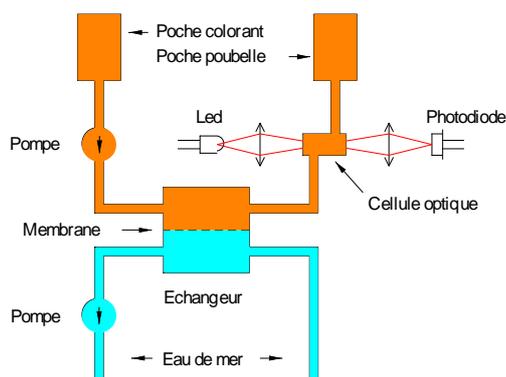
A noter que les données de plancton, collecté pendant deux campagnes PIRATA en 2016 et 2017, ont également été affectées d'un DOI (Habasque J., Nowaczyk A., 2018 : Zooplankton samples from Eastern tropical Atlantic. <https://doi.org/10.17882/58349>).

Concernant les autres paramètres « chimiques » ou « biologiques » réalisés lors des campagnes PIRATA pour des programmes externes ou des demandes ponctuelles (Sargasses, Anatifes, POM,  $^{13}\text{C}$ ,  $\text{O}^{18}$ , etc.), ces données ne sont pas du ressort du SNO et ne sont pas détaillées ici. La plupart sont analysées au sein de différents laboratoires (LEMAR, MIO, LOCEAN...). C'est également le cas des mesures acoustiques acquises en continu depuis 2015 avec le N/O THALASSA, qui sont acquises, traitées et validées ensuite par l'équipe acoustique du LEMAR.

#### - Extension $\text{CO}_2$ :

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  $\text{CO}_2$  (Figure 2a). 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 2b) 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)



b)

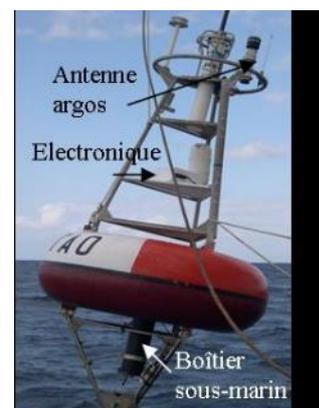


Figure 2. a) Schéma de principe du capteur CARIOCA, b) mise à l'eau de la bouée PIRATA équipée du capteur  $\text{CO}_2$ .

Les étalonnages des capteurs sont réalisés à la DT-INSU/CNRS qui seule possède un banc d'étalonnage (Figure 3) 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  $f\text{CO}_2$ .

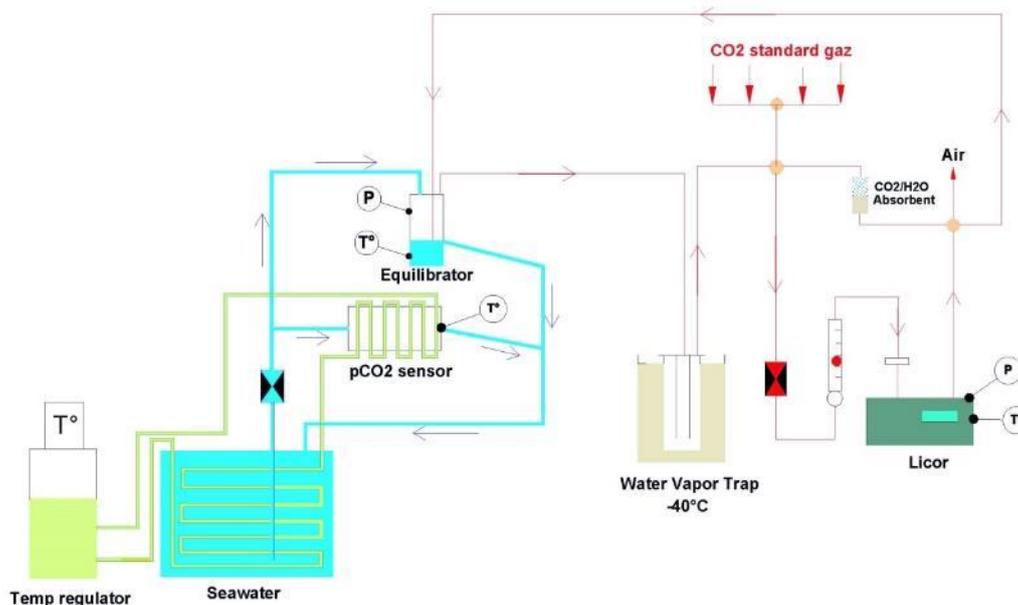


Figure 2. Schéma du banc d'étalonnage de la DT INSU.

Les bouées PIRATA à équiper d'un capteur CARIOCA ont été choisies afin d'obtenir des séries temporelles dans l'Atlantique Tropical Est. Les bouées sont situées dans le SEC et celle à 6°S, 8°E est près de l'embouchure du Congo. 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  $\text{CO}_2$  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).

## B5. Archivage des données et leur mise à disposition

*Données brutes ou élaborées, structure, support, validation, archivage, séries disponibles, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, traçabilité, intégration dans des bases de données nationales et internationales éventuelles, responsable technique.*

*Détailler le lien avec les Pôles de données de l'IR Système Terre et autres Pôles de données existants (inclure une preuve d'appartenance ou d'adhésion en annexe au dossier).*

### PIRATA :

Une des priorités du SNO PIRATA, et aussi pour répondre aux objectifs et engagement du programme PIRATA international en tant qu'observatoire, 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.

Cependant, il est important de noter que désormais toute la série des campagnes PIRATA-FR annuelle (depuis 1997) est accessible via un DOI unique (Bourlès B. 1997 : PIRATA, <https://doi.org/10.18142/14>) permettant d'accéder facilement à toutes les informations et aux données relatives au SNO et de chaque campagne, ainsi qu'à une liste de publications. Comme explicité dans le paragraphe précédent, chaque type

de mesures est affecté d'un DOI est directement accessible via ce DOI. Les données, ainsi que les DOI, sont aussi accessibles via le site internet du SNO PIRATA : <http://www.brest.ird.fr/pirata>.

Enfin, l'accès aux informations sur le SNO et aux données peut se faire via le Pôle de Données ODATIS.

#### 1) Bouées météo-océaniques ATLAS et T-Flex (pas du ressort du SNO):

Les mesures météo-océaniques acquises à partir des bouées ATLAS et T-Flex sont transmises dans un 1er temps en temps quasi réel, tous les jours via ARGOS ou Iridium. 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 leur accès 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) .

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

#### 2) Données acquises par le SNO :

##### - 2.a : Données des mouillages courantométriques :

L'ensemble des données des mouillages ADCP est désormais disponible via le DOI : <https://doi.org/10.17882/51557>. L'accès aux données du mouillage ADCP situé à 23°W-0°N sont également mises à disposition via internet à l'adresse <http://www.pmel.noaa.gov/tao/disdell/>. Depuis 2006, les séries obtenues sont traitées en collaboration avec le GEOMAR, et également disponibles via le site TACE : <http://tace.geomar.de/>.

##### - 2.b : Données hydrologiques obtenues avec une sonde CTD-O<sub>2</sub> (Seabird SBE911+) :

Ces données CTD-O<sub>2</sub> sont accessibles via le DOI <https://doi.org/10.17882/51534>, avec un rapport détaillé pour chaque campagne

##### - 2.c : Données S-ADCP :

Ces données sont accessibles via le DOI <https://doi.org/10.17882/44635>.

##### - 2.d : Données « chimiques » :

Ces données sont accessibles via le DOI <https://doi.org/10.17882/58141>.

##### - 2.e : Données LADCP :

Comme précisé dans le paragraphe précédent, ces données sont mises à disposition via le site internet du SNO ou directement via : <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/ird/pirata/pirata-data/ladcp/> . Actuellement, seules les données de la campagne PIRATA FR28 ont subi un traitement finalisé, les autres le seront courant 2019.

##### - 2.f : Données des profils XBT :

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/>).

##### - 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 la base de données internationale SOCAT, avec un fichier metadata, selon le protocole défini au niveau international par la communauté CO<sub>2</sub>.

## **B6. Diffusion et rayonnement scientifique**

*Fournir la liste des équipes ayant exploité les données du SNO, et des projets (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SNO (lettres de soutien à fournir en annexe).*

*Fournir en annexe la production scientifique des **acteurs** et des **utilisateurs** des données du SNO (articles de rang A, conférences, thèses). Au sein de cette production, identifier clairement les publications où le service d'observation est explicitement mentionné dans les remerciements. Fournir des éléments concernant l'accès aux données par des groupes utilisateurs (nombre de connexions, produits et volumes de données téléchargées, pays d'origine des connexions, etc.).*

*Concernant les rapports et publications, décrire la politique de remerciements pour l'utilisation des données et la politique de justification du statut de co-auteurs pour les responsables du SNO impliqués.*

*Indiquer si les données du SNO sont utilisées par des modèles, et si oui lesquels et pour quel objectif ?*

### **- PIRATA :**

Les données du SNO 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 utilisent les données pour des analyses scientifiques, intègrent ou prennent en compte les données PIRATA pour alimenter les climatologies et produits climatiques, pour valider des modèles numériques ou les mesures, ou les produits, établis à partir de données «satellite». En effet, l'accès aux données via les pages internet du SNO PIRATA et de PIRATA au PMEL (pour les bouées) mentionne explicitement de remercier PIRATA ou de contacter les responsables du programme (ou du SNO); il semble que cela ne suffise pas, car les contacts sont rares ! Cette mention ne conditionne pas l'accès aux données, qui reste strictement libre, et il est impossible de vérifier toutes les publications utilisant des données PIRATA ou mentionnant PIRATA dans les remerciements...

Le nombre de connexions pour la récupération des données des bouées météo-océaniques a été fourni dans le paragraphe B2 (près de 4 millions de fichiers de données transmis ou récupérés). En ce qui concerne les données du SNO, il est impossible de disposer d'un tel chiffre. La seule information qui peut nous être fournie est via SEANOE, qui comptabilise les connexions aux données qui y sont publiées sous forme de DOI, mais il est impossible de savoir l'utilisation qui en est faite...

Cependant, les 20 ans du programme PIRATA et l'évaluation internationale du TAOS ont amené les partenaires internationaux du SNO PIRATA (dont les principaux sont mentionnés ci-dessous) à réaliser un exercice de bilan et de synthèse sur les collaborations et résultats scientifiques, concrétisés par les rapports mentionnés dans la Review CLIVAR (*Report on the First Tropical Atlantic Observing System (TAOS) Review Workshop, 8-9 February 2018, Portland US* » CLIVAR Report No. 03/2018, septembre 2018) et surtout dans l'article qui vient de paraître dans Earth and Space Science (Bourlès et al., *PIRATA: A Sustained Observing System for Tropical Atlantic Climate Research and Forecasting, Earth and Space Sciences, doi:10.1029/2018EA000428, 2019*).

Ainsi, au niveau national, les données du SNO sont (notamment) utilisées par :

- D'autres SNO (ex. Argo : le SNO PIRATA contribue au déploiement de profileurs dans l'Atlantique tropical Est et les données des profils CTDO<sub>2</sub> sont utilisées pour la validation des données ; SSS qui utilise l'ensemble des données de salinité de surface,...).

- Les acteurs de la composante « Recherche et Développement » de CORIOLIS, qui utilisent les données PIRATA pour (par ex.) : i) la mise à jour des produits ISAS (analyse objective des données *in situ* en temps différé ; voir Kolodziejczyk N, Prigent-Mazella A., Gaillard F., 2017 : *ISAS-15 temperature and salinity gridded fields*. SEANOE. <http://doi.org/10.17882/52367>); ii) la comparaison des mesures de courant obtenus par différents types de capteurs (S-ADCP, mouillage ADCP, courantomètres des mouillages météo-océaniques, dérives de SVP et Argo...) afin d'estimer la complémentarité de la mesure fournie par les capteurs et d'estimer ensuite l'apport de ces mesures sur l'étude des courants de surface et de fond dans l'Atlantique tropical (voir

Habasque J. et Herbert G., 2018 : Inter-comparaison des mesures de courant dans l'Atlantique Tropical. Rapport Coriolis. <https://doi.org/10.13155/55134>;

- D'un point de vue « opérationnel », PIRATA contribue à CORIOLIS et MERCATOR via l'envoi systématique, par courriel et en temps quasi-réel, des données des profils CTD et XBT à partir du navire lors des campagnes annuelles dédiées, et via la transmission des données des bouées météo-océaniques. Les systèmes opérationnels de MERCATOR-Océan sont basés sur les modèles NEMO/PISCES et les données PIRATA (profils T et S) sont assimilées sur une base journalière. Ces modèles sont forcés par les flux atmosphériques de l'ECMWF qui lui aussi utilise les mesures PIRATA (météorologiques et température de surface). Les équipes de MERCATOR-Océan réalisent des expériences « Observing System Experiment » -OSE- pour évaluer l'impact des systèmes d'observations dans les prévisions opérationnelles. Ces expériences ont montré que, en supprimant toutes ou certaines des composantes des observations (Argo, mouillages, CTD/XBT, niveau de la mer... ) partout ou uniquement dans certaines régions du bassin, les mesures fournies par les mouillages PIRATA sont très importantes pour la validation et la calibration des systèmes opérationnels (précision et tendances) sur de longues périodes ainsi que pour les réanalyses (E.Rémy et al., *comm. pers.* 2017).

- Des équipes scientifiques des UMRs LEGOS, LOCEAN et LOPS utilisent les données PIRATA pour plusieurs types d'études portant sur i) le mélange turbulent au sein de la couche de mélange (Planton et al 2018) ; ii) les bilans de sel dans la couche de mélange (Kolodziejczyk et al. 2015 ; Da-Allada et al. 2017) ; iii) la circulation dans le Golfe de Guinée (Herbert et al., 2016) ; iv) le rôle des ondes équatoriales dans l'Atlantique équatorial et sur l'upwelling d'Angola-Benguela (Imbol Koungue et al., 2017 ; Rouault et al., 2018)...

- A Météo-France, l'utilisation du système opérationnel ECMWF a permis d'évaluer si la contribution des données de pression atmosphérique de surface des réseaux d'observation en Atlantique tropical étaient significatives pour les prévisions climatiques globales. L'impact estimé de ces données a clairement montré que ces données -dont celles fournies par les bouées PIRATA équipées en T-Flex- sont nécessaires et ont un impact très significatif sur les prévisions (voir Poli et al., 2018 : *Note on the impact of meteorological data from PIRATA moorings on global weather forecasts*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1164620> ).

- A Mines ParisTech, Les données de radiation solaire obtenues par les bouées ont permis d'évaluer la qualité de produits des ondes courtes incidentes réalisés à partir de mesures satellite (Trolliet et al., 2018).

- Les données acoustiques acquises depuis 2015 avec le N/O THALASSA sont utilisées dans le cadre de la modélisation de la dynamique des écosystèmes "Spatial Ecosystem And POpulation DYnamic Model" (SEAPODYM-MTL ; <http://www.seapodym.eu/about-seapodym/>). Un exercice « Observing System Simulation Experiments -OSSE- mené afin d'analyser la distribution de la masse de plancton dans l'Atlantique tropical Est et de vérifier le bénéfice de l'utilisation de réseaux d'observation dans les procédures d'assimilation suggère que le réseau PIRATA est un des meilleurs pour optimiser les résultats du modèle (P.Lehodey et al., *comm. pers.*, 2017).

Au niveau international, PIRATA a été 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 et RAMA dans l'océan Indien, 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.

Comme indiqué dans le paragraphe A11, PIRATA collabore depuis ses débuts avec des équipes travaillant sur l'Atlantique tropical, et principalement : i) la NOAA (PMEL et AOML) aux USA, ii) le GEOMAR en Allemagne, iii) l'UFPE au Brésil. Ces collaborations s'effectuent tant au niveau technique et logistique pour PIRATA mais aussi scientifique. Tous ces laboratoires utilisent les données PIRATA dans le cadre d'études menées dans le cadre de plusieurs programmes internationaux ou européens dont les programmes EU PREFACE et AtlanOS. L'essentiel des résultats scientifiques obtenus dans le cadre de ces collaborations est résumé dans l'article Boulès et al., 2019, mentionné précédemment. PIRATA est directement impliqué dans l'évaluation en cours du TAOS, et un article dédié, résumant également un grand nombre de résultats et

présentant des perspectives pour le TAOS, est actuellement soumis (2<sup>nd</sup>e version révisée envoyée fin février 2019) à *Frontiers in Marine Science* par G. Foltz et al. : « The Tropical Atlantic Observing System ».

PIRATA est désormais aussi impliqué dans le programme H2020 TriATLAS (« South and Tropical Atlantic climate-based marine ecosystem prediction for sustainable management », BG-08-2018-2019: All Atlantic Ocean Research Alliance Flagship).

PIRATA contribue également aux réflexions en cours sur le « BluePrint » pour la stratégie à long terme et participe aux discussions sur les propositions H2020 « BlueGrowth ». PIRATA est mentionné à plusieurs reprises comme étant un réseau essentiel et exemplaire dans l'article récent : Barbier, M., A. Reitz, K. Pabortsava, A.-C. Wölfl, T. Hahn, and F. Whoriskey, Ethical recommendations for ocean observation, *Adv. Geosci.*, 45, 343–361, <https://doi.org/10.5194/adgeo-45-343-2018>, 2018.

La liste de publications de rang A fournie en annexe ne concerne que les acteurs ou utilisateurs nationaux (39 depuis 2015, plus de 150 depuis 1997), mais au niveau international le nombre de publications utilisant les données PIRATA et recensées (donc valeur non exhaustive) est largement supérieur (80 depuis 2015, plus de 300 depuis 1997).

#### - Extension CO<sub>2</sub> :

L'équipe de M. Araujo (UFPE, Recife) a bénéficié des données CO<sub>2</sub> collectées aux bouées PIRATA ainsi que d'un transfert d'expertise à la fois technique et scientifique. Les données CO<sub>2</sub> du capteur CARIOCA ont été utilisées dans le cadre de la coopération avec le Brésil. La thèse de L. Bruto (UFPE, Recife) s'est focalisée sur les données de la bouée à 8°N, 38°W (Bruto, 2017). L. Bruto a également embarqué sur les campagnes PIRATA brésiliennes et s'est formé aux mesures de CO<sub>2</sub>.

L'UFPE a acheté 3 bouées équipées d'un capteur CARIOCA afin de suivre le CO<sub>2</sub> aux sites de Fernando de Noronha, Atol das Rocas et à l'archipel St Pierre St Paul.

Les partenaires brésiliens sont aussi impliqués dans l'exploitation et la publication des données CO<sub>2</sub> des bouées de l'Atlantique tropical Est (e.g. article Lefèvre et al., 2016).

Les données obtenues sur les bouées PIRATA sont disponibles dans la base internationale SOCAT ([www.socat.info](http://www.socat.info)) actualisée chaque année, il n'y a pas de suivi de l'utilisation des données de cette base. SOCAT sert, entre autres, aux estimations annuelles du carbone planétaire (Le Quéré et al.).

La politique concernant les données disponibles dans SOCAT est indiquée sur le site [www.socat.info](http://www.socat.info).

## **B7. Fonctionnement et ressources humaines (hors exploitation scientifique)**

*Fournir un organigramme présentant un état des lieux de l'organisation du service et de **ses ressources instrumentales et humaines**. L'organigramme doit s'accompagner d'un engagement de l'unité hôte (OSU, UMR, UMS) à l'inscrire dans ses priorités d'attribution de moyens en cas de labellisation (lettres d'engagement à fournir en annexe).*

*Pour les personnels il s'agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SNO (à distinguer des personnels assurant l'exploitation scientifique). Les ressources humaines seront comptabilisées en personnes-mois (pm) 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 :*

#### - PIRATA :

En janvier 2019, l'équipe (titulaires permanents seulement) directement impliquée dans la réalisation de la mission du SNO comptait 4.1 pm répartis entre le LEGOS (1) et l'US IMAGO (3.1). Le tableau ci-dessous montre la liste complète des personnes impliquées depuis l'automne 2019, c'est-à-dire suite à la nomination du coordinateur à la direction de l'US IMAGO de l'IRD (et donc plus rattaché au LEGOS) et au recrutement d'un ingénieur de recherche par l'IRD au LEGOS, Jérôme Llido, qui prendra progressivement en charge sa coordination. A noter que le fonctionnement repose essentiellement sur l'US IMAGO de l'IRD !

Les scientifiques, utilisant les données ou impliqués dans des collaborations nationales et/ou internationales, ne sont pas mentionnés dans ce tableau (dont Fabrice Hernandez, IRD/LEGOS et Hervé Giordani Météo-France/CNRM, membres du Comité Scientifique International).

A noter le départ à la retraite de trois agents qui utilisaient ces données et contribuaient indirectement à PIRATA, et mentionnés dans le dossier de 2015 : Yves Gouriou (DR2, US IMAGO), Yves duPenhoat (DR1, LEGOS), Dominique Dagonne (IE0, US IMAGO). A noter aussi que le SNO n'a plus de CDD, qui avaient pu être financés par les programmes EU PREFACE et AtlantOS.

<b>NOM Prénom</b>	<b>Employeur, affiliation, statut</b>	<b>Rôle dans le SNO</b>	<b>pm</b>
BOURLÈS Bernard	IRD, US IMAGO, DR1	Coordinateur du SNO. Chairman du comité scientifique international de PIRATA.	0,5
LLIDO Jérôme	IRD, LEGOS, IR2	Co-coordonateur du SNO (*). Données, analyses, et participation aux campagnes (acquisition).	1
LOPES Dominique	IRD, US IMAGO, TCS	Gestion et administration : logistique des campagnes (transport matériel, relation transitaire, et missions), soutien et suivi budgétaire. Participation aux campagnes (analyses chimie).	0,4
ROUBAUD Fabrice	IRD, US IMAGO, AI	Electronique. Suivi et préparation du matériel des mouillages (météo-océaniques et courantométries). Participation aux campagnes et mise en œuvre des mouillages pendant les campagnes (dont capteur CO <sub>2</sub> ).	0,6
GRELET Jacques	IRD, US IMAGO, IR2	Informatique et électronique. Acquisition et traitement des données (hydrologie, courantométrie), suivi des logiciels de traitement. Suivi et préparation du matériel hydrologie et courantométrie. Participation aux campagnes et logistique.	0,4
ROUSSELOT Pierre	IRD, US IMAGO, IE2	Informatique et électronique. Acquisition et traitement des données (hydrologie, courantométrie). Suivi des logiciels de traitement, validation des données, rapports, DOI et diffusion. Participation aux campagnes courantométries). Participation aux campagnes et mise en œuvre des mouillages pendant les campagnes (dont capteur CO <sub>2</sub> ).	0,5
HILLION Sandrine	IRD, US IMAGO, TCS	Mesures chimiques. Préparation matériel, participation aux campagnes en mer, acquisition et analyses à bord (salinité, O <sub>2</sub> ) et à terre (pigments Chl).	0,4
BAURAND François	IRD, US IMAGO, IE2	Responsable analyses chimiques. Préparation matériel, analyses à terre (sels nutritifs).	0,3

(\*) Recruté en septembre 2018 spécifiquement pour le SNO PIRATA ; futur coordinateur.

L'organigramme de fonctionnement du SNO est le suivant :



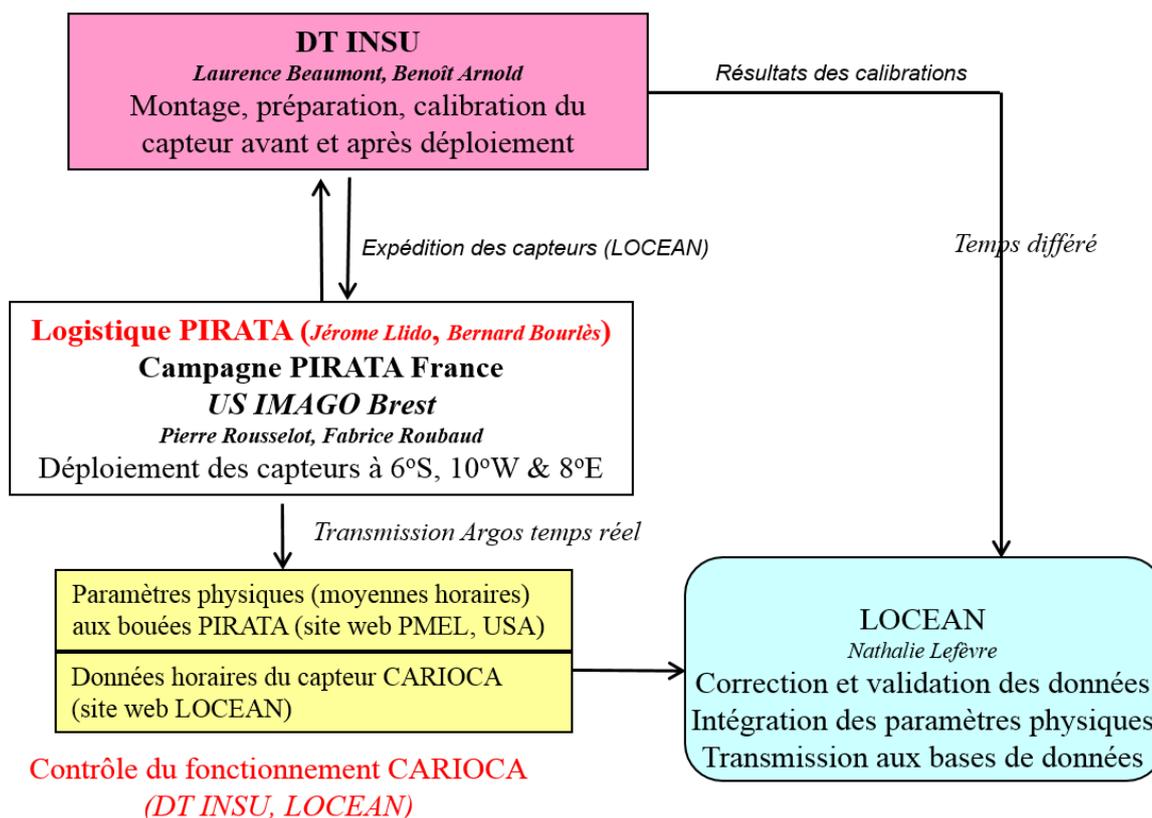
**Notes:**

- i) Ne sont mentionnés ici que les contributeurs permanents du SNO. Ne sont pas mentionnés: post-docs, autres chercheurs, ingénieurs et/ou étudiants participant ponctuellement aux campagnes et/ou utilisant les données PIRATA; autres chercheurs responsables de mesures mises en œuvre grâce aux campagnes PIRATA.
- ii) Jérôme Llido a été recruté par l'IRD au LEGOS en septembre 2018 spécifiquement pour le SNO PIRATA.

Concernant le matériel, outre les bouées météo-océaniques en majeure partie gérées par la NOAA/PMEL, tous les outils utilisés en mer (matériel pour profils hydrologiques/courantométriques, pour les analyses chimiques, pour les mouillages ADCP) appartient et est sous la responsabilité de l'US IMAGO, à Brest. La liste du matériel de l'US IMAGO ne sera pas détaillée ici (la liste est longue...) mais est disponible via la page internet de l'US : <http://www.imago.ird.fr/>, et notamment aux pages <http://www.imago.ird.fr/instrumentation> (dans le fichier à télécharger via la rubrique: « formulaire de demande de travaux ou d'emprunt de matériel ») pour le matériel de physique, et <http://www.imago.ird.fr/moyens-analytiques/brest/les-appareillages> pour les moyens d'analyses chimiques. A noter qu'une partie du matériel nécessaire pour les mouillages ADCP a été acquis grâce au financement de l'INSU via les AO « Moyen mi-lourds », et de l'IRD (voir paragraphe B9).

- Extension CO<sub>2</sub> :

NOM Prénom	Employeur, affiliation, statut	Rôle dans le SNO	pm
LEFEVRE Nathalie	IRD, LOCEAN, CRCN	Logistique (achat du matériel, gestion du transport des capteurs). Traitement, validation et mise à disposition des données	0,5
BEAUMONT Laurence	CNRS, DT INSU, AI	Etalonnages et maintenance des capteurs	0,4
ARNOLD Benoît	CNRS, DT INSU, Tech.	Tests, intégration des capteurs	0,2
ROUSSELOT Pierre	IRD, US IMAGO, IE2	Installation des capteurs sur les bouées lors des campagnes PIRATA FR	
ROUBAUD Fabrice	IRD, US IMAGO, AI	Installation des capteurs sur les bouées lors des campagnes PIRATA FR	



## B8. Gouvernance

Fournir un organigramme présentant les instances et leurs liens dans la gouvernance et le fonctionnement du SNO, distinguer l'environnement interne du SNO de son environnement externe (par exemple relations avec les instances d'une IR/TGIR, d'un SOERE...). Indiquer les personnels impliqués dans ces instances. Préciser également le fonctionnement des instances (fréquence de réunion...).

### - PIRATA :

#### 1) Au niveau national :

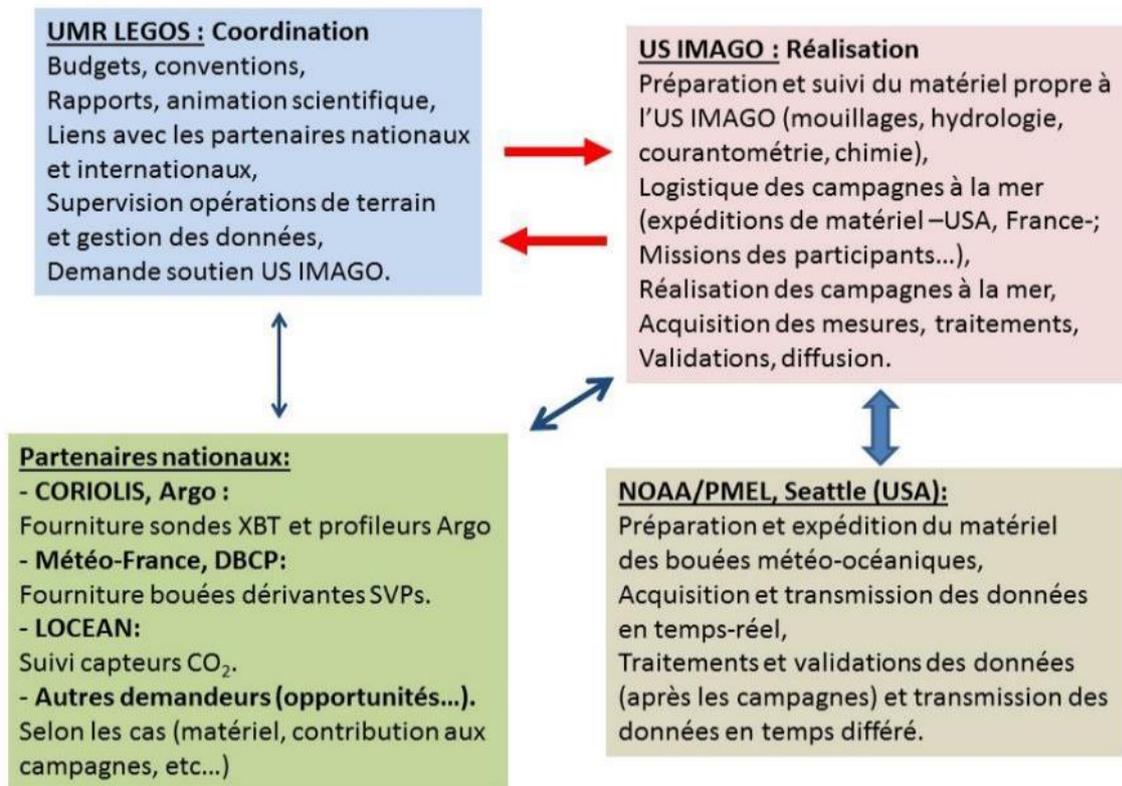
Comme explicité dans les paragraphes précédents, Le SNO PIRATA est une composante du SOERE CTDO2 (« Coriolis-temps différé Observations Océaniques ») qui concerne l'observation pérenne de l'océan hauturier. Le coordinateur du SNO PIRATA participe aux réunions biennuelles des acteurs du SOERE.

Le SNO PIRATA est également une composante de CORIOLIS et son coordinateur est membre du 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) et les différents intervenants des autres SNOs avec lesquels PIRATA collabore.

L'organigramme ci-dessous résume les échanges entre les intervenants pour la réalisation des travaux du SNO PIRATA, et principalement l'organisation des campagnes en mer dédiées à la maintenance du réseau et à l'acquisition des mesures *in situ*, ce qui constitue la plus importante charge de travail pour le SNO et l'US IMAGO. Les partenaires nationaux incluent les instances de l'IR Argo, du SOERE CTDO2, de CORIOLIS etc... Leurs responsables et interlocuteurs sont mentionnés dans le paragraphe A11, et les principaux personnels impliqués sont :

- CORIOLIS, composante « moyens à la mer » : Nathanaële Lebreton (profileurs Argo et sondes XBT) ; Loïc Petit de la Villéon (« mesures navire ») ; Gilles Reverdin (bouées dérivantes CNRS, divers) ;

- Météo-France / Brest, « bouées dérivantes »: Paul Poli et Gilbert Emvizat.
- LOCEAN, capteur CO<sub>2</sub> : Nathalie Lefevre.



## 2) 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 SNO en 2010, et l'avenant prolongeant le MoU (fourni en annexe du document fourni pour l'évaluation en 2015) sera de nouveau étendu pour 2 années, afin de connaître les résultats des réflexions et décisions qui seront issues de l'évaluation du TAOS et de la conférence OceanObs19 avant de réactualiser intégralement le texte du MoU, et signé de nouveau d'ici juillet 2019.

A ce jour, le PRB est 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) ; Alexandre Ganachaud, représentant de l'IRD (France) et Philippe Dandin, représentant de Météo-France (France).

La réalisation du programme est supervisée par le PIRATA Scientific Steering Group (PIRATA SSG), composé de 3 ou 4 membres de chaque pays partenaire, et d'un invité allemand du GEOMAR depuis 2006. Le SSG a pour objectif la réalisation du programme et son 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. De fait, le SSG a été étendu en 2017 avec l'intégration de nouveaux experts en mesures biogéochimiques.

A ce jour, le SSG est composé de : Bernard Boulès (IRD, France; chair ou co-chair, depuis 2004); Moacyr Araujo (UFPE, Brésil ; co-chair, depuis 2014) ; Gregory Foltz (NOAA/AOML, USA) ; Michael McPhaden (NOAA/PMEL, USA); Paulo Nobre (INPE, Brésil); Hervé Giordani (Météo-France/CNRM, France) ; Fabrice Hernandez (IRD/LEGOS, France) ; Peter Brandt (GEOMAR, Allemagne) ; Leticia Cotrim (UERJ, Brazil) ; Christina Patricola (LBNL, USA) ; Regina Rodrigues (UFSC, Brazil) et Adrienne Sutton (NOAA/PMEL, USA).

Le SNO 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. Les réunions annuelles des SSG et PRB sont associés à des meetings internationaux organisés en alternance par chaque pays partenaires, le France, le Brésil et les USA. Ces meetings sont généralement organisés en commun avec la communauté impliquée dans les études en Atlantique tropical, et notamment avec le programme EU PREFACE. Les derniers meetings ont été :

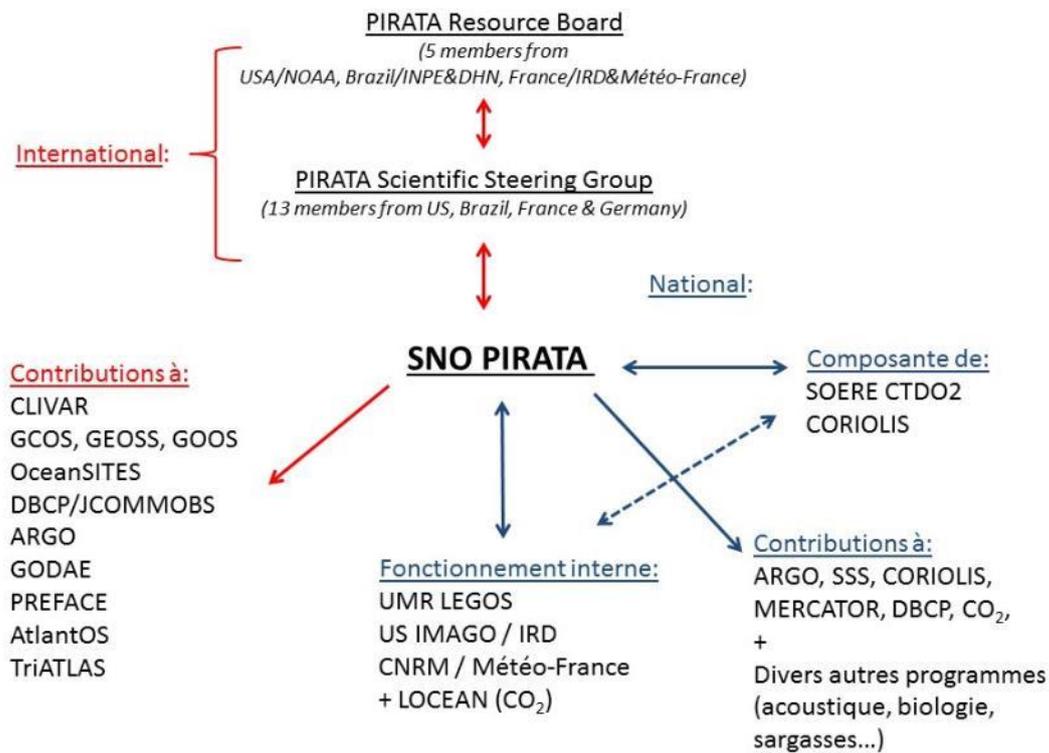
Liste des meetings :

- 2015, août: PIRATA 20 / PREFACE meeting; Université de Cap-Town, Afrique du Sud.
- 2016, novembre: PIRATA 21 / PREFACE meeting; Université Paris 6 (UPMC), France.
- 2017, novembre: PIRATA 22 / PREFACE ; Fortaleza, Brésil \*.
- 2018, octobre: PIRATA 23 / 2<sup>nd</sup> TAOS review committee meeting, Marseille, France.

*\* : ce meeting a été l'opportunité de célébrer les 20 ans du programme avec plusieurs manifestations dédiées et une école d'été (voir chapitre B2, paragraphe 3.d).*

A noter que la prochaine réunion des SSG et PRB pourrait être organisée lors de la conférence OceanObs19, mais il sera certainement restreint au vu de l'ampleur de cette conférence et de la difficulté de réunir tous les membres des comités SSG et PRB à Hawaï (notamment pour des raisons de coûts...).

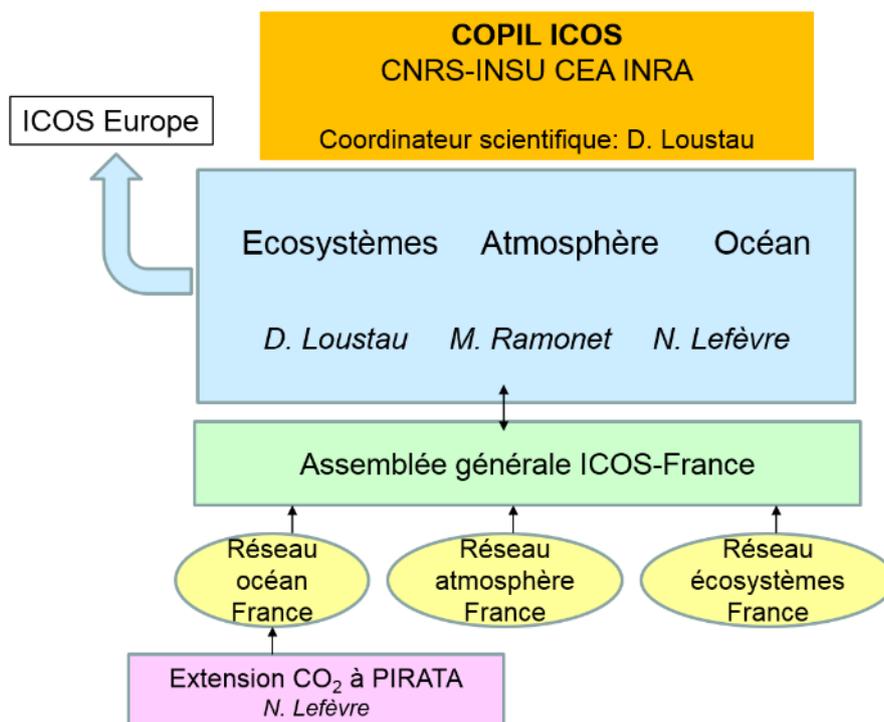
Le schéma ci-dessous résume l'organisation internationale et nationale de PIRATA:



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

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.

Les observations CO<sub>2</sub> PIRATA font partie de la composante océanique d'ICOS France. L'assemblée générale ICOS France a lieu annuellement. L'organigramme ci-dessous montre le réseau dans l'environnement national (TGIR ICOS) et européen:



## B9. Budget

Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources récurrentes sur les 4 dernières années et occasionnelles. Indiquer également le budget prévisionnel pour la période 2020-2024.

### - PIRATA :

Les ressources récurrentes pour le fonctionnement du SNO PIRATA peuvent varier d'une année à l'autre. En effet, les montants attribués par l'IRD pour le fonctionnement (le plus important) et par l'OMP peuvent fluctuer ; ceux attribués par Météo-France sont fixes sur toute la durée des conventions établies avec l'IRD, établies pour des périodes de 5 ans. La moyenne annuelle des ressources sur la période 2015-2019 est indiquée dans le tableau ci-dessous dans la colonne « commentaire ».

Ressources récurrentes sur 2015-2019			Ressources occasionnelles sur 2015-2019		
Origine <sup>1</sup>	Montant (k€)	Commentaire	Origine	Montant (k€)	Commentaire
IRD	45k€	Soutien annuel 2015-2016	INSU	26k€	Soutien 2016 jouvence
IRD	52k€	Soutien annuel 2017-2018	H2020 AtlantOS	100k€	Achat 4 capteurs T/C et 6 courantomètres 2016
IRD	50k€	Soutien annuel 2019	IRD	25k€	Supplément 2017 jouvence
Météo-France	30k€	Soutien annuel 2015-2019	IRD	30k€	Supplément 2017 stockage
OMP	4,2k€	Soutien 2015	UMS « Flotte »	7k€	Soutien pour campagne 2018
OMP	3,5k€	Soutien annuel 2016 et 2017	IRD (via LEGOS)	40k€	Soutien 2018 en investissement
OMP	3k€	Soutien annuel 2018 et 2019	INSU	56k€	Soutien 2018 « mi-lourd »
			IRD	34k€	Soutien 2018 « mi-lourd »
			UMS « Flotte »	6k€	Soutien pour campagne 2019
TOTAL	411,2k€	Soit 82k€ en moyenne / an	TOTAL	364k€	

<sup>1</sup>exemples : CNRS-INSU, CNRS IR-TGIR, CNRS-Autres, CNES, CPER, Interne OSU, Interne UMR, CPER, Région autre que CPER, ANR autre que PIA, Projet européen FEDER, Projet européen hors FEDER, ou Autre (préciser)

Concernant les ressources occasionnelles :

- En 2016, l'INSU a attribué 26k€ au SNO suite à l'Appel d'Offre « Jouvence », ce qui a permis l'achat de câble et de bouées de flottabilité pour les mouillages ADCP ;
- En 2016, des capteurs T/C et des courantomètres Aquadopp ont été acquis sur fonds du programme EU H2020 AtlantOS, 100k€ dédiés à l'achat de matériel pour renforcer la résolution verticale sur certaines bouées PIRATA, mais pas seulement sur celles sous responsabilité du SNO.
- En 2017, l'IRD a attribué 25k€ supplémentaires pour l'acquisition de 2 largeurs acoustiques (installés en parallèle sur chaque mouillage ADCP).
- En 2017, et suite aux travaux induits par le déménagement de la direction de l'Ifremer sur le campus du Technopole de Plouzané, le lieu de stockage du matériel lourd des bouées PIRATA (bouées, tourets de câbles, tripodes, accastillages,...) a été supprimé. Afin de pouvoir construire une nouvelle plateforme

susceptible d'accueillir au moins 2 conteneurs 40'' de stockage et du matériel en extérieur (environ 200m<sup>2</sup>), l'IRD a accordé 30k€ pour ces travaux. Ces derniers doivent être achevés en avril 2019...

- En 2018, le SNO a bénéficié de 90k€ suite à l'Appel d'Offre « Moyens mi-lourds », financé conjointement par l'INSU et l'IRD, à raison de 56k€ par l'INSU et 34k€ par l'IRD. Ces fonds auront servi au financement du matériel nécessaire pour un 4<sup>ème</sup> mouillage ADCP, car il faut au moins le matériel complet d'un mouillage supplémentaire pour assurer la maintenance de 3 mouillages, le GEOMAR n'étant pas assuré de pouvoir maintenir ses interventions sur site (avec d'autres appareils) au-delà de 2019-2020.

Ne sont pas mentionnés ici les apports financiers de fonctionnement obtenus grâce aux programmes EU PREFACE et AtlantOS, qui auront essentiellement permis l'embauche de 3,5pm en CDD. Ces fonds EU n'étaient pas uniquement dédiés à PIRATA (mais aussi à d'autres équipes IRD sur d'autres aspects scientifiques). Du budget PREFACE a également été utilisé pour des missions de scientifiques (congrès ou meetings), pour compléter le financement de transports de matériel pour la campagne en 2016 (14,7k€) et l'achat de consommable (4,6k€ en 2015 et 2016). Le budget disponible via AtlantOS a essentiellement servi à se rendre aux réunions et conférences associées à ce programme (dont les General Assembly annuelles).

Ne sont également pas mentionnés ici les financements exceptionnels apportés par l'IRD et Météo-France en soutien à l'organisation des meetings annuels. Ainsi, pour ces derniers :

- en 2015 l'IRD a soutenu à raison de 6,5k€ et Météo-France de 2k€ ;
- en 2016 l'IRD a soutenu à raison de 6,5k€;
- en 2017 l'IRD a soutenu à raison de 7k€ et le CMEMS a financé une grande partie de l'école d'été (missions des intervenants) organisée pour les 20 ans de PIRATA ;
- en 2018 l'IRD a soutenu à raison de 8,5k€ et Météo-France de 2k€.

La contribution de l'IRD à l'organisation de ces meetings est principalement pour soutenir la participation de jeunes chercheurs ou étudiants du Sud.

Il est important de noter le soutien, depuis 2018, de l'UMS flotte pour compléter le financement des campagnes ; cet apport supplémentaire est indispensable au vu de l'augmentation continue des coûts de transport du matériel, des surcoûts liés aux nouvelles règles des transports de matériel dit « dangereux » (piles Lithium contenues dans certains capteurs par ex.) et des missions (vols avion) etc. Si la dotation des tutelles est maintenu tel quel et ne peut être augmenté, ce soutien de l'UMS Flotte aux campagnes est indispensable, doit être maintenu, même pour les campagnes relevant des SNOs...

Concernant le tableau suivant relatif aux dépenses : à noter qu'un exercice a été réalisé en 2017 par tous les partenaires pour répondre à une enquête d'AtlantOS sur les coûts des services d'observation en Atlantique. Cet exercice a été l'objet d'un Deliverable AtlantOS : Reilly K., et al., 2018: "Atlantic Ocean Observing Networks: Cost and feasibility study". Deliverable D.1.4 AtlantOS, DOI: 10.3289/AtlantOS\_D1.4, 2018, disponible sur : <https://www.atlantos-h2020.eu/project-information/work-packages/deliverables/>. Les valeurs de dépenses récurrentes présentées dans le tableau ci-dessous sont donc estimées à partir d'une moyenne de plusieurs années et sont celles reportées dans ce Deliverable.

Dépenses récurrentes sur 2015-2019			Dépenses occasionnelles sur 2015-2019		
Nature <sup>2</sup>	Montant (k€)	Commentaire	Nature	Montant (k€)	Commentaire
Logistique (Transport du matériel et missions pour les campagnes / an)	55k€	Variable mais coûts augmentant tous les ans...	INSU	26k€	Soutien 2016 jouvence
Equipement (Matériel nécessaire pour la maintenance annuelle des mouillages et	30k€	Hors investissement, les gros instruments ne pouvant être	H2020 AtlantOS	100k€	Achat 4 capteurs T/C et 6

étalonnage de capteurs hydro.		acquis que via des ressources occasionnelles.			courantomètres 2016
Fonctionnement	15k€	Missions, meetings, frais analyses.	IRD	25k€	Supplément 2017 jouvence
			IRD	30k€	Supplément 2017 stockage
			IRD (via LEGOS)	40k€	Soutien 2018 en investissement
			INSU	56k€	Soutien 2018 « mi-lourd »
			IRD	34k€	Soutien 2018 « mi-lourd »
TOTAL	100k€	Moyenne / an	TOTAL	351k€	

<sup>2</sup>CDD-stagiaires, équipement, fonctionnement, ou missions

Remarques:

i) Le montant total des dépenses récurrentes excède ici celui des ressources. De fait, cela a été possible car les montants ont été estimés en tenant compte des apports supplémentaires apportés par PREFACE et AtlantOS, surtout pour les années 2015 et 2016 prises en compte pour le Deliverable. Cependant, cela illustre le fait que les montants nécessaires pour un fonctionnement optimal (sans investissement) du SNO est de 100k€/an (valeur mentionnée dans le tableau suivant). Les apports complémentaires obtenus grâce à l'IRD et aux AO « jouvence » et « Moyens mi-lourds » de l'INSU ces trois dernières années ont permis au SNO de disposer du matériels nécessaires pour maintenir désormais l'ensemble de la partie du réseau sous sa responsabilité pendant plusieurs années (sauf panne ou perte de matériel !). Aussi, les apports des programmes EU ont permis provisoirement de pallier la baisse de la dotation de Météo-France, passée de 40k€/an à 30k€/an en 2012. De même que le soutien depuis 2018 de l'UMS « flotte » a contribué à pallier l'augmentation des coûts induits par la logistique (transports du matériel et missions -vols avion)-...

ii) Le temps navire, de loin le plus élevé pour maintenir un réseau en plein océan, n'est pas pris en compte ici... Pour la France, le coût minimum est d'environ 20k€/jour, à raison de 60 jours de mobilisation du N/O Thalassa (40 jours de mer, 2x10 jours de transit A/R Brest-Mindelo), soit 1,2M€ ! Mais il faut prendre en considération que ce temps navire est de plus en plus optimisé et valorisé par le SNO et sert (et est indispensable) aussi pour Argo, le DBCP etc...

<b>Demande de soutien sur 2020-2024 (y compris soutien CNES)</b>		
<b>Nature<sup>2</sup></b>	<b>Montant (k€)</b>	<b>Commentaire</b>
Logistique/missions campagne	55k€	
Jouvence / petit matériel	30k€	
Fonctionnement/missions pour congrès & meetings annuels	15k€	
TOTAL	100k€	

Extension CO<sub>2</sub> :

Ressources récurrentes sur 2015-2019			Ressources occasionnelles sur 2015-2019		
Origine <sup>1</sup>	Montant (k€)	Commentaire	Origine	Montant (k€)	Commentaire
IRD	18	Fonctionnement observatoire	H2020 Atlantos	70	2 capteurs pour bouée 6°S,8°E, fonctionnement
SOERE GreatGases	10	Fonctionnement ICOS France océan	CSOA mi-lourds	92	Adaptation des capteurs aux bouées T-Flex
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>		<b>TOTAL</b>	<b>162</b>	

<sup>1</sup>exemples : CNRS-INSU, CNRS IR-TGIR, CNRS-Autres, CNES, CPER, Interne OSU, Interne UMR, CPER, Région autre que CPER, ANR autre que PIA, Projet européen FEDER, Projet européen hors FEDER, ou Autre (préciser)

Dépenses récurrentes sur 2015-2019			Dépenses occasionnelles sur 2015-2019		
Nature <sup>2</sup>	Montant (k€)	Commentaire	Nature	Montant (k€)	Commentaire
Fonctionnement	28	Maintenance des capteurs, transport	Equipement	59	Achat de 2 capteurs CARIOCA
			Equipement	92	Adaptation de 4 CARIOCA aux T-Flex
			Fonctionnement	11	Frais d'analyses mesures complémentaires
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>		<b>TOTAL</b>	<b>162</b>	

<sup>2</sup>CDD-stagiaires, équipement, fonctionnement, ou missions

Demande de soutien sur 2020-2024 (y compris soutien CNES)		
Nature <sup>2</sup>	Montant (k€)	Commentaire
Fonctionnement	30	Maintenance des 4 capteurs CARIOCA aux sites 6°S, 10°W et 6°S, 8°E, transport
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	

## **B10. Communication, formation, diffusion des connaissances et impact sociétal**

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les programmes de formation et d'enseignements associés, ainsi que la diffusion de la connaissance.

Relations éventuelles avec la « société civile » : la nature des liens devra être clairement explicitée, et les objectifs du partenariat bien identifiés. Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (bureau d'études, contrats de partenariat ou prestations basées sur les données du SNO...) ?

### **i) Communication :**

Toutes les informations relatives au SNO PIRATA sont rendues accessibles à tous et disponibles via la page internet du SNO, <http://www.brest.ird.fr/pirata>. Ainsi, sont accessibles : toutes les informations sur les campagnes annuelles (et rapports), les informations sur les meetings annuels (et rapports), un accès aux données (et DOI), des documents techniques ou de vulgarisation, un accès à la bibliographie mise à jour régulièrement etc.

Lors de chaque campagne, un résumé est transmis à l'IRD et au LEGOS afin qu'il soit mis dans la rubrique « actualités » de leurs sites internet. De même, un résumé des principales opérations réalisées lors des campagnes a été transmis aux programmes EU PREFACE et AtlantOS et diffusé sur leur site internet. Voir par exemple, la note d'actualité sur la page internet d'AtlantOS relative à la campagne PIRATA FR28 : <https://www.atlantos-h2020.eu/2018/04/19/an-example-of-vessel-time-optimization-and-collaborations-during-the-pirata-cruises/>.

### **ii) Formation :**

Les aspects de formation ont été mentionnés dans le [paragraphe 3.d du chapitre B2](#).

En résumé: PIRATA contribue fortement aux actions de renforcement de capacités, notamment au Sud et en Afrique de l'Ouest, via principalement ses interventions dans le cadre du Master 2 dédié à l'océanographie de Cotonou (Bénin). De nombreux stages de recherche sont proposés aux étudiants de la sous-région, sur des thématiques PIRATA, ainsi que des thèses (en France, mais aussi en collaboration avec les partenaires du Brésil, du Bénin, du Cameroun, de Côte d'Ivoire, du Sénégal, d'Allemagne, et d'Afrique du Sud). Des étudiants du Brésil ont également réalisé leurs PhD en France (notamment au CNRM/Météo-France) dans le cadre de PIRATA. De nombreuses études menées par d'anciens étudiants du M2 de Cotonou ayant continué en PhD ont donné lieu à des articles, qui constituent désormais une large proportion des articles de rang A publiés. Les campagnes sont aussi des opportunités pour faire participer de jeunes chercheurs et étudiants et les initier aux mesures en mer.

Des écoles d'été ont été organisées. Deux ont été organisées au Bénin (dans le cadre de PREFACE, en lien avec PIRATA et les colloques annuels régionaux TACCOVAR, voir : <http://www.legos.obs-mip.fr/actualites/actu-grand-public> et <https://taccovar-2017-79.webself.net/>). Le meeting annuel PIRATA de 2017 (les 20 ans de PIRATA) a été l'opportunité d'organiser, grâce au concours du CMEMS, une école d'été qui a remporté un grand succès avec la participation de 38 jeunes chercheurs et étudiants, brésiliens mais aussi africains (voir : <http://marine.copernicus.eu/pirata-summer-school-2017/>).

### **iii) Diffusion des connaissances et impact sociétal**

La diffusion des connaissances s'effectue principalement via la diffusion sur internet mais aussi sous forme de conférences « grand public ».

A l'occasion de la COP21 fin 2015, l'IRD a réalisé un site <http://climat-sous-surveillance.ird.fr/> dédié à la vulgarisation des observations utilisées par les scientifiques pour étudier le climat, dans lequel une rubrique a été rédigée, accompagnée d'une animation, relative aux bouées PIRATA (rubrique : « Paroles d'appareils - Betty, la bouée Pirata »).

A l'occasion des 75 ans de l'IRD en février 2019, un site internet complet a été généré (IRD « Le Mag ») avec une rubrique dédiée aux mesures en mer, dont celles de PIRATA, rédigée avec le SNO : voir rubrique « Observer, de l'espace aux abysses » du dossier « océans-des-labos-geants », sur : <https://lemag.ird.fr/fr/>.

Le coordinateur du SNO est régulièrement amené à faire des conférences (invité) sur le climat, l'océan et les mesures en mer, dont PIRATA. Par exemple en juin 2015 (invité par l'Institut Français d'Algérie) à Alger, Oran et Tlemcen ; en juin 2015 également (invité par l'association 'Alternatiba' en Bretagne) ; en janvier 2016 à Marseille, invité par l'IRD à la Salle de l'Alcazar, conférence intitulée « Pirata, un observatoire

océanographique sous les tropiques » ; en avril 2016n invité par le 11ème édition du Salon du Livre Maritime du Conquet ; en août 2017 invité par l'association Glad-Enez, à Île de Batz.

A noter enfin la conférence intitulée « Les observations in situ en Atlantique tropical et le programme PIRATA. Statut et perspectives », invité par l'Académie de Marine (Paris) en 6 novembre 2018, qui lui avait remis le prix « Navigation et sciences associées de l'océan, André Giret » en octobre 2018.

Concernant les impacts sociétaux, il est très difficile d'avoir un retour sur l'apport concret de PIRATA sur ces aspects précis. Cependant, il est désormais montré que les données PIRATA contribuent à l'amélioration des prévisions météorologiques et climatiques via leur utilisation dans les Centres Opérationnels et les études de processus permettant l'amélioration de schémas numériques. L'implantation désormais possible de capteurs biogéochimiques et la récolte d'échantillons biologiques pendant les campagnes répondent aussi à des objectifs environnementaux (désoxygénation, acidification, écosystèmes marins, ressources marines, pollution etc.). Les données PIRATA ont ainsi été utilisées pour l'étude des impacts du changement climatique sur les massifs coralliens au Brésil afin d'anticiper des évènements de blanchiment de coraux et de mortalité. De même, ces données sont utilisées dans le cadre du développement d'un système d'alerte pour la prévision d'épidémie de dengue dans le Nordeste brésilien, établi en partie à partir de mesures d'anomalies de température océanique et météorologiques.

## **B11. Difficultés rencontrées**

Difficultés internes et externes auxquelles a fait face le SNO pour son fonctionnement.

### **- PIRATA :**

#### **1) Difficultés d'ordre logistique :**

Le SNO apprécie grandement l'attribution du N/O THALASSA pour la réalisation des campagnes annuelles depuis 2015. Ce navire permet de mener l'ensemble des opérations avec sécurité et confort, les enrouleurs de pêches facilitent le travail lors des opérations de mouillage, et tout le matériel (pour 6 bouées météo-océaniques et un mouillage ADCP, or appareils de mesures hydrologiques et chimiques) peut être embarqué directement à Brest. Son autonomie permet également de réaliser les campagnes sans escale.

Par contre, il faut mentionner deux difficultés :

- L'impact des activités de piraterie en œuvre au nord-est et à l'est du Golfe de Guinée, ce depuis 2011 mais surtout depuis 2014, empêchant toute navigation dans cette zone sous-échantillonnée, pourtant d'un grand intérêt scientifique, et toute escale dans les ports de cette région. Cela n'affecte cependant pas outre mesure les tâches principales du SNO PIRATA, car les bouées météo-océaniques et les mouillages courantométriques sont hors de toute zone à risque et loin de toute Zone Economique Exclusive. Le fait de ne pas pouvoir faire d'escale impose également de réaliser la campagne en un seul « leg » de 40 jours, à partir du Cap-Vert (Mindelo). En 2016, une escale et fin de campagne prévues à Abidjan ont dû être abandonnées quelques semaines seulement avant la campagne. En 2019, une fin de campagne prévue à Pointe Noire a également dû être abandonnée (ce qui aurait permis de réduire la durée de campagne à 30 jours), des actes de piraterie ayant été constatés au large du Congo fin octobre 2018. Cela réduit conséquemment la possibilité d'embarquer de jeunes chercheurs ou étudiants pour une si longue durée, et rend de plus en plus difficile de trouver des « volontaires » pour embarquer (en dehors du « noyau dur » de l'US IMAGO de l'IRD). En 2015 et 2016, nous n'étions que 10 à bord pour réaliser tous les travaux (au lieu de 12 au minimum pour pouvoir les réaliser dans les conditions optimales) ! Le SNO envisage dès 2019 de lancer des « annonces » aux UMRs concernées au moins 6 mois avant les campagnes pour trouver suffisamment à l'avance les effectifs nécessaires...

- Comme déjà signalé en 2015, l'acheminement du matériel nécessaire en provenance de Seattle (USA), outre le fait qu'il soit de plus en plus coûteux, est de plus en plus complexe à organiser en raison des délais de moins en moins respectés par les transports maritimes (principalement MSC), des contraintes de plus en plus contraignantes sur les conditions de transport de batteries de type Lithium, et en 2018-2019 du « shutdown » aux USA (qui a failli remettre en cause la campagne !) ... Malgré le fait de prévenir 4 à 5 mois à l'avance les partenaires du PMEL des dates de la campagne, le SNO envisage de voir avec eux la possibilité d'organiser une expédition préalable plusieurs mois à l'avance sur Brest (ce qui n'est pas évident pour le PMEL, et ce qui induirait aussi des coûts de stockage du matériel à Brest) !

## 2) Difficultés en ressources humaines :

Les tâches sous la responsabilité du SNO PIRATA sont menées par une équipe relativement restreinte depuis ses débuts, et se réduisant progressivement suite à des départs à la retraite (non remplacés) d'ingénieurs ou chercheurs du LEGOS et de l'US IMAGO. Le recrutement, de 2015 à 2017, de 2 CDD grâce aux programmes EU PREFACE et AtlantOS pendant 2,5 ans, et celui d'un ingénieur informaticien/électronicien par l'IRD au sein de l'US IMAGO, a permis de résoudre un grand nombre de problèmes. Notamment, les tâches de traitement de données ont pu être intégralement reprises et menées à bien (voir DOIs etc., chapitres B4 et B5). Aussi, du fait qu'aucun poste CNAP n'a été recruté pour le SNO PIRATA (sans doute le plus ancien SNO en océanographie et un des rares sans poste CNAP !), le recrutement par l'IRD au LEGOS d'un IR dédié au SNO PIRATA (Jérôme Llido) en septembre 2018 va permettre « du sang neuf » et de reprendre certaines activités (par ex. analyses de données et animation scientifique). Cependant, l'ensemble des tâches du SNO liées aux campagnes en mer repose sur la seule Unité de Service IMAGO de l'IRD, dont les agents doivent aussi pouvoir être disponibles pour d'autres campagnes océanographiques proposées par des UMRs impliquant l'IRD... Malgré le recrutement de 2 ingénieurs au sein de l'US IMAGO en 2016 et 2017, dont un est en affectation à Nouméa, les effectifs de l'US IMAGO ne cessent de baisser. Deux ingénieurs « clé » (1 en physique, l'autre en chimie) partiront à la retraite d'ici 2 ou 3 ans (celui en chimie ne pouvant plus embarquer depuis 3 ans). Faute de recrutements de titulaires IRD pour l'US IMAGO, il est à craindre que certaines tâches ne pourront plus être réalisées (notamment en chimie, analyse des sels nutritifs par exemple) et qu'un « savoir-faire » va rapidement disparaître (et pas seulement pour le SNO...). Ce constat est aussi vrai pour l'ensemble des laboratoires qui souffrent d'un manque de remplacement des effectifs IT ! A l'heure où le besoin de mesures in situ (EOVs et biogéochimiques) se fait de plus en plus évident pour répondre aux Objectifs du Développement Durable, il y a clairement un fort décalage entre les objectifs et les possibilités d'y répondre ! De fait, des soutiens humains devraient pouvoir être également fournis par d'autres organismes (tels le CNRS/INSU ou l'IFREMER) via par la contribution d'équipes techniques d'autres UMRs. Aussi, d'autres ingénieurs devraient pouvoir être formés aux techniques des bouées météo-océaniques (à la NOAA/PMEL, Seattle) afin qu'ils puissent participer au SNO et aux campagnes en mer.

## 3) Ressources financières :

Grâce au soutien INSU (AO « Jouvence » et « Moyen mi-lourds ») et IRD (« investissement » et « Moyen mi-lourd »), ainsi qu'à l'apport financier des programmes EU PREFACE et AtlantOS, le SNO a bénéficié depuis 2015 d'une période favorable pour reconstituer l'ensemble du matériel indispensable pour maintenir les bouées et mouillages sous sa responsabilité et pour répondre à certains objectifs de renforcement du réseau (augmentation du nombre de capteurs sur les T-Flex). Par contre, comme explicité dans le chapitre B9, les montants nécessaires pour un fonctionnement optimal (sans investissement) du SNO est de 100k€/an afin de pouvoir répondre à l'augmentation régulière des coûts de fonctionnement (transports, missions, petite jouvence). Les soutiens récurrents doivent donc pouvoir être augmentés...

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

Suite à des problèmes d'électronique et de changement des bouées en T-Flex, il a fallu modifier tous les capteurs CARIOCA. Cette opération a été réalisée par NKE et est maintenant terminée.

Les conditions de stockage et de transport, les décalages ou annulation de campagnes, les difficultés d'exportation du capteur au Brésil et le peu de données valides a conduit à abandonner le capteur installé 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>. Avec les bouées T-Flex la salinité haute résolution est transmise en temps réel et accessible sur le site de PMEL ce qui permet de traiter les données CO<sub>2</sub> plus rapidement.

Le manque de personnel pour la validation et le traitement des données ralentit la mise à disposition des données et l'exploitation scientifique.

**Annexe A: Production scientifique des acteurs du SNO** (publications de rang A, conférences, thèses)  
[Production pour laquelle le premier auteur appartient au service]

*Précision préalable: cette liste ne peut pas être 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>. Aussi, les acteurs du SNO sont peu nombreux, et actifs dans plusieurs autres tâches (dont encadrements d'étudiants...); leurs noms apparaissent s'avantage dans la liste fournie en Annexe 2. Ainsi, la liste fournie dans cette annexe A ne reflète pas l'ensemble des implications des acteurs du SNO dans les activités scientifiques associées au SNO.*

**Publications de rang A : 4**

- Bourlès, B., M. Araujo, M. J. McPhaden, P. Brandt, G. R. Foltz, R. Lumpkin, H. Giordani, F. Hernandez, N. Lefèvre, P. Nobre, E. Campos, R. Saravanan, J. Trotte-Duhà, M. Dengler, J. Hahn, R. Hummels, J. F. Lübbecke, M. Rouault, L. Cotrim, A. Sutton, M. Jochum, and R. C. Perez. PIRATA: A Sustained Observing System for Tropical Atlantic Climate Research and Forecasting, Earth and Space Sciences, doi:10.1029/2018EA000428, 2019.
- Herbert G., and B. Bourlès, Impact of intraseasonal wind bursts on sea surface temperature variability in the far Eastern tropical Atlantic Ocean during boreal spring 2005 and 2006: focus on the mid-May 2005 event, Ocean Sciences, 14, 849–869, <https://doi.org/10.5194/os-14-849-2018>, 2018.
- Herbert, G., B. Bourlès, P. Penven, J. Grelet, New Insight on the upper layer circulation north of Gulf of Guinea, J. Geophys. Res. Oceans, 121, doi:10.1002/2016JC011959, 2016.
- Lefèvre N., D. Veleda, M. Araujo, G. Caniaux, Variability and trends of carbon parameters at a time-series in the Eastern Tropical Atlantic. Tellus B, 68, 30305, doi: 10.3402/tellusb.v68.30305, 2016.

**Note:** à cette liste sont ajoutés ci-dessous des Deliverables de programmes EU (PREFACE & AtlantOS).

- Bourlès, B., 2016: PREFACE EU FP7 603521 Deliverable 3.2 "Enhancing prediction of tropical Atlantic climate and its impacts: Report air-sea interactions".
- Bourlès, B., P. Brandt, & N. Lefèvre, 2017. AtlantOS EU H2020 633211 Deliverable 3.3 "Enhancement of autonomous observing networks: PIRATA network improvement report", DOI: 10.3289/AtlantOS\_D3.3.
- Bourlès, B., P. Brandt, N. Lefèvre and J. Hahn, 2018: AtlantOS EU H2020 633211 Deliverable 3.9 "PIRATA data system upgrade report : Technical report mostly related to biogeochemical sensors (O2 and CO2 sensors) data, their real-time transmission and O2 and CO2 data control quality and their integration to existing systems, in relation with the WP7", doi:10.3289/AtlantOS\_D3.9.
- Bourlès, B., P. Brandt and M. Dengler, 2018: PREFACE EU FP7 603521 Deliverable 4.4 "Suggestion for a sustainable long term monitoring system".
- Bourlès, B., and M. Dengler, 2018: "Heat and freshwater budgets, air-sea interactions", Periodic Report n°3 pour le programme EU PREFACE (FP7, Grant Agreement N°: 603521), 9pp..
- Bourlès, B., M. Araujo, P. Brandt, M. McPhaden, N. Lefevre, G. Foltz and L. Cotrim da Cunha, 2018: "Organization & sustainability of PIRATA network Report", Deliverable D.3.19 pour le programme EU AtlantOS (H2020, Grant Agreement N°: 633211), 7pp, DOI 10.3289/atlantOS\_d3.19.
- Poli, P., B. Bourlès, S. Bond, S. Hafner, S. Klink, and E. Petermann, 2018: "Drifter network improvement report", Deliverable D.3.20 pour le programme EU AtlantOS (H2020, Grant Agreement N°: 633211), 7pp, DOI 10.3289/atlantOS\_d3.20.
- Reilly K., C. Cusack, V. Fernandez, E. Buch, M. Ott, M. Araujo, B. Bourlès et al., 2018: "Atlantic Ocean Observing Networks: Cost and feasibility study". Deliverable D.1.4 pour le programme EU AtlantOS (H2020, Grant Agreement N°: 633211), DOI: 10.3289/AtlantOS\_D1.4, 84pp.
- Rousselot, P., G. Reverdin, P. Blouch, & P. Poli (2017). AtlantOS EU H2020 633211 Deliverable 3.5 "Enhancement of autonomous observing networks: Study of the potential for existing bathythermic string drifters", DOI: 10.3289/AtlantOS\_D3.5.

## **Conférences : 44**

2015 : 11

- Bourlès, B., M. Araujo, P. Brandt, E. Campos, H. Giordani, F. Hernandez, R. Lumpkin, M. PcPhaden, P. Nobre and R. Saravanan, an overview and highlights of PIRATA, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Bourlès, B.: PIRATA French national report and status to PIRATA SSG, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Bourlès, B.: Etat des lieux relatif aux programmes PIRATA, PREFACE et AtlantOS, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 5-9 octobre 2015.
- Giordani, H., G. Caniaux, and A. Voldoire, Why is there a front north of the Atlantic Cold Tongue?, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Habasque, J., B. Bourlès, E. Machu, and P. Brehmer, Multifrequency acoustics measurements during the PIRATA FR25 cruise in the Eastern tropical Atlantic Ocean, poster présenté à la conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Habasque, J., B. Bourlès, E. Machu, and P. Brehmer, Multifrequency acoustics measurements during the PIRATA FR25 cruise in the Eastern tropical Atlantic Ocean, International conference ICWA; the AWA project : ecosystem approach to the management of fisheries and the marine environment in West African waters, Dakar, Sénégal, 17-19 novembre 2015.
- Herbert G., B. Bernard, J. Grelet, G. Cambon, and P. Penven, New insight on the upper layer circulation in the Gulf of Guinea. conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Herbert G., B. Bourlès, G. Cambon, and P. Penven, New insight on the upper layer circulation in the Gulf of Guinea, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 5-9 octobre 2015.
- Herbert, G., B. Bourlès, G. Cambon, J. Grelet & P. Penven, new insight of the upper layer circulation in the north of the Gulf of Guinea, Journées GMMC Mercator-Coriolis, Météo-France (Toulouse, France), 15-17 juin 2015.
- Servain, J., G. Caniaux, A. Hounso-Gbo, Y. Kouadio, M.J. McPhaden, et M. Araujo : Origin of the recent tropical Atlantic SST warming : the role of ocean dynamics, "Our Common Future under Climate Change conference" UNESCO Paris, juillet 2015.
- Servain, J., A. Geraldo Ferreira, D. Gomes, G. Caniaux and L. V. Jacinto, Recent climatic trends in the tropical Atlantic: Further analyses from the Servain's data base, poster présenté à la conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.

2016 : 11

- Bourlès, B.: PIRATA enhancements with Preface & AtlantOS, PIRATA French national report and status to PIRATA SSG, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Habasque, J., B. Bourlès, É. Machu, P. Brehmer and A. Bertrand, First insights on the impact of hydrology and currents on the horizontal and vertical distributions of fish and macrozooplankton in the Eastern tropical Atlantic Ocean, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Habasque, J., B. Bourlès, E. Machu, and P. Brehmer, Multifrequency acoustics measurements during the PIRATA FR25 cruise in the Eastern tropical Atlantic Ocean, In : Brehmer P. et al. (ed. & collab.), International conference ICWA 2015 : extended book of abstract : the AWA project : ecosystem approach to the management of fisheries and the marine environment in West African waters. Dakar : SRFC/CSRP ; IRD, 2016, p. 73. International Conference AWA (ICWA), 2, Dakar (SEN), 2015/11/17-19. ISBN 978-9553602-0-2, 2016.
- Herbert, G., B. Bourlès, P. Penven, J. Grelet, The upper layer circulation in the Gulf of Guinea revisited from in situ data and a high resolution numerical model. Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 3-7 octobre 2016.
- Herbert, G., B. Bourlès, P. Penven, G. Cambon and J. Grelet; The upper layer circulation in the Gulf of Guinea revisited from in situ data and a high resolution numerical model, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016
- Herbert G., B. Bourlès, J. Grelet, and P. Penven, New insight on the upper layer circulation in the Gulf of Guinea, Séminaire scientifique du Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS), Toulouse, 28 juin 2016. - Lefèvre N., D. Veleda, M. Araujo, G. Caniaux. Quantifying the air-sea

CO2 flux at a time-series in the Eastern Tropical Atlantic. EGU General Assembly, Vienne, Autriche, 17-22 Avril 2016.

- Lefèvre N., D. Veleda, M. Araujo, G. Caniaux. Quantifying the air-sea CO2 flux at a time-series station in the Eastern Tropical Atlantic. 2nd ICOS science conference on greenhouse gases and biogeochemical cycles, Helsinki, 27-29 Sep 2016.
- Lefèvre N., J. Boutin, Y. Bozec, C. Goyet, C. LoMomaco, N. Metzl, G. Reverdin, F. Touratier. ICOS France Ocean: long term observations of the carbon system in key regions of the ocean. 2nd ICOS science conference on greenhouse gases and biogeochemical cycles, Helsinki, 27-29 Sep 2016.
- Lefèvre N., D. Diverrès, L. Beaumont. The CO2 network in the tropical Atlantic : a contribution to the Integrated Carbon Observation System (ICOS). PREFACE-PIRATA-CLIVAR Tropical Atlantic Variability conference, Paris, 28 Nov-1 Déc 2016.
- Lefèvre N., D. Veleda, M. Araujo, G. Caniaux. Quantifying the air-sea CO2 flux at a time-series in the Eastern Tropical Atlantic. EGU General Assembly, Vienne, Autriche, 17-22 Avril 2016.

2017 : 11

- Bourlès, B.: PIRATA WP3.5 AtlantOS statement & report, meeting 3rd GA AtlantOS, Las Palmas, Spain, 20-24 novembre 2017.
- Bourlès, B., & coll., The Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic and perspectives; High-Level Ministerial and Scientific Event "A New Era of Blue Enlightenment", Session "Connecting to better observe the Atlantic Ocean : AtlantOS PREFACE", Lisbonne, Portugal, 13-14 juillet 2017.
- Bourlès, B., & coll., Enhancing PREDiction of Tropical Atlantic ClimatE & its impact; High-Level Ministerial and Scientific Event "A New Era of Blue Enlightenment", Session "Presentation of the South-South Framework for Scientific and Technical Cooperation in the South and Tropical Atlantic and the Southern Ocean", Lisbonne, Portugal, 13-14 juillet 2017.
- Bourlès, B., Status of the PIRATA, PREFACE and AtlantOS programs; Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 25-29 septembre 2017.
- Bourlès, B.: PIRATA network status: enhancements with Preface & AtlantOS & PIRATA French national report to PIRATA SSG/PRB, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Bourlès, B., Y. Gouriou, G. Herbert, J. Habasque, F. Marin, N. Lefèvre, F. Roubaud, C. Bachelier, J. Grelet, P. Rousselot, S. Hillion, F. Baurand, D. Lopes, PIRATA et le Service national d'Observation PIRATA en France : évolution des observations en Atlantique Tropical Est et perspectives; Journées Scientifiques LEFE/GMMC, Brest, France, 20-22 juin 2017.
- Djakouré S., M. Araujo, B. Bourlès, A. Hounsou-Gbo & C. Noriega, On the potential causes of the Sargassum bloom events in the tropical Atlantic Ocean, Journées Scientifiques LEFE/GMMC, Brest, France, 20-22 juin 2017.
- Giordani, H., P. Peyrillé, A. Vasconcelos, and J. Jouanno, Water and Energy Budgets in the Tropical Atlantic during June 2010, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Herbert G., and B. Bourlès, Impact of intraseasonal wind bursts on SST variability in the far eastern Tropical Atlantic. Focus on the mid-May 2005 event. Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 25-29 septembre 2017.
- Herbert G., and Bourlès, B.: Impact of intraseasonal wind bursts on SST variability in the far eastern Tropical Atlantic. Focus on the mid-May 2005 event, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Hernandez, F., M. Araujo, B. Bourlès, P. Brandt, E. Campos, H. Giordani, R. Lumpkin, M. J. McPhaden, P. Nobre, and R. Saravanan, The PIRATA Observing System in the Tropical Atlantic: Enhancements and perspectives, European Geosciences Union General Assembly: Vienne, Autriche, 23-27 Avril, Geophys. Res.

2018 : 9

- Araujo, M., B. Bourlès & R. Peres, Societal impact and importance of observing the Tropical Atlantic (In Session 1: Requirements for the Tropical Atlantic Observing System), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Araujo, M., B. Bourlès, R. Peres, Tropical Atlantic moorings network (In Session 2: Tropical Atlantic Observing System Networks; Current Status and plans to 2030), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.

- Peres, R., B. Boulès, M. Araujo, Tropical Atlantic Shipboard and Vessel based observations (In Session 2: Tropical Atlantic Observing System Networks; Current Status and plans to 2030), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Boulès, B.: PIRATA network status: enhancements with Preface & AtlantOS & PIRATA French national report to PIRATA SSG/PRB, conférence PIRATA-23/TAOS, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Boulès, B., (invité). Conférence intitulée « Les observations in situ en Atlantique tropicale et le programme PIRATA. Statut et perspectives », Académie de Marine, Paris, 6 novembre 2018.
- Dandin, P. and B. Boulès, IRD & Météo-France in the Tropical Atlantic ocean, 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Giordani, H., P. Peyrillé and A. Vasconcelos, What Processes control the Wind in the Boundary-Layer of the ITCZ, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop,, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Habasque, J., A. Bertrand, A. Lebourges-Dhaussy, and B. Boulès, Environmental forcing of marine organisms as revealed by underwater acoustics in the eastern tropical-equatorial Atlantic, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop,, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Poli, P., Tropical Atlantic data buoys in the global observing system: Impact on global weather forecasts, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.

2019 : 2

- Herbert, G., S. Cravatte, J. Habasque, G. Reverdin, and B. Boulès, Near-surface current shear from in situ measurements in the Tropical Atlantic and Pacific Oceans. Poster, ESA World Ocean Circulation User Consultation Meeting, Frascati, Italy, 21-22 Février 2019.
- Hernandez, F., M. Araujo, B. Boulès, P. Brandt, L. Cotrim da Cunha, G. Foltz, H. Giordani, N. Lefevre, J. Llido, M. Mc Phaden, P. Nobre, C. Patricola, R. Rodrigues, and A. Sutton, The PIRATA array in the tropical Atlantic: Enhancements and perspectives in support of operational oceanography, OceanPredict '19, GODAE symposium, Halifax, Canada, Mai 2019.

#### **Thèses (encadrées ou co-encadrées par acteurs du SNO): 8**

- Bonou, F., Variabilité des paramètres de contrôle du flux de CO<sub>2</sub> à l'Ouest de l'Atlantique tropicale, UFPE-IRD/LOCEAN, Thèse de l'Université Fédérale du Pernambuco, Recife (bourse FACEPE, Brésil), soutenue le 26 février 2016.
- Bruto L., Fluxo de CO<sub>2</sub> na Interface Oceano-Atmosfera na borda oeste do oceano Atlântico Tropical, thèse Univ. Federal de Pernambuco, 2017.
- Djakouré S. : Analyse numérique de la circulation océanique de la région Nord du Golfe de Guinée. IRD/LEGOS-IRD/LPO-CIPMA. Thèse de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin (bourse IRD), soutenue le 13 février 2015.
- Houdegnonto Odilon Joël: Barrier Layer & short scales thermohaline variability in the Gulf of Guinea; LOPS, Brest & CIPMA, Cotonou (bourse MOPGA/IRD), en cours depuis septembre 2018.
- Hounsou-Gbo G. A., Relations climatiques entre l'est et l'ouest du bassin sud-équatorial Atlantique et impacts potentiels sur le climat du Nordeste Brésilien, UFPE-IRD/LEGOS. Thèse de l'université Fédérale du Pernambuco, Recife (bourse FACEPE, Brésil), soutenue le 5 avril 2015.
- Nubi Olubunmi, O.: Meridional Distribution of Nutrients in the Eastern Equatorial Atlantic, IRD/LEGOS-CIPMA, 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 tropicale dans le modèle de Climat CNRM-CM5, MF/CNRM, Thèse de l'Université P. Sabatier, Toulouse III, soutenue le 10 novembre 2015.
- Tchamabi, C.C., 2017. Modelagem matematica da circulação, da dispersão de nutrientes e plâncton, e da troca oceano-atmosfera de CO<sub>2</sub> no Atlântico tropical. PPGO/DOCEAN. Thèse de l'Université Fédérale du Pernambuco, Recife (bourse FACEPE, Brésil), Soutenue en mars 2017.

**Annexe B: Production scientifique des utilisateurs du SNO** (publications de rang A, conférences, thèses)  
[Production pour laquelle le premier auteur appartient à une équipe extérieure au service]

*Précision préalable: cette liste ne peut pas être 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>.*

**Publications de rang A : 38**

- Awo, F. M., G. Alory, C.Y. Da-Allada, T. Delcroix, J. Jouanno, E. Kestenare, & E. Baloitcha (2018). Sea surface salinity signature of the tropical Atlantic interannual climatic modes. *J. Geophys. Res. Oceans*, 123, 7420–7437, doi:10.1029/2018JC013837.
- Benetti, M., H. C. Steen-Larsen, G. Reverdin, Á. E. Sveinbjörnsdóttir, G. Aloisi, M. B. Berkelhammer, & al. (2017a). Stable isotopes in the atmospheric marine boundary layer water vapour over the Atlantic Ocean, 2012–2015, *Nature Sci. Data*, 4, article 160128, doi:10.1038/sdata.2016.128.
- Benetti, M., G. Reverdin, G. Aloisi, & Á. Sveinbjörnsdóttir (2017b). Stable isotopes in surface waters of the Atlantic Ocean: Indicators of ocean-atmosphere water fluxes and oceanic mixing processes. *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 4723–4742, doi:10.1002/2017JC012712.
- Boilley, A., and L. Wald (2015). Comparison between meteorological re-analyses from ERA-Interim and MERRA and measurements of daily solar irradiation at surface, *Renewable Energy*, Elsevier, 75, 135–143, doi: 10.1016/j.renene.2014.09.042.
- Bonou F. K., C.D. Noriega, N. Lefèvre, M. Araujo, Distribution of CO<sub>2</sub> parameters in the Western Tropical Atlantic Ocean. *Dyn. Atmosph. and Oceans*, v. 73, p. 47–60, doi :10.1016/j.dynatmoce.2015.12.001, 2016.
- Boutin, J., Y. Chao, W. Asher, T. Delcroix, R. Drucker, K. Drushka, N. Kolodziejczyk, T. Lee, N. Reul, G. Reverdin, J. Schanze, A. Soloviev, L. Yu, J. Anderson, L. Brucker, E. Dinnat, A. Santos-Garcia, W. Jones, C. Maes, T. Meissner, W. Tang, N. Vinogradova, and B. Ward: Satellite and In Situ Salinity : Understanding Near-Surface Stratification and Sub-footprint Variability. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, doi: 10.1175/BAMS-D-15-00032.1, 2016.
- Bruto, L., A. Moacyr, C. Noriega, D. Veleza, and N. Lefevre: Variability of CO<sub>2</sub> fugacity at the western edge of the tropical Atlantic Ocean from the 8°N to 38°W PIRATA buoy. *Dyn. Atmos. Oceans*, 78, 12017, <http://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2017.01.003>, 2017.
- Camara, I., N. Kolodziejczyk, J. Mignot, A. Lazar, and A. T. Gaye: On the seasonal variations of salinity of the tropical Atlantic mixed layer, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 4441–4462, doi 10.1002/2015JC010865, 2015.
- Cintra, M. M., C. A.D. Lentini, J. Servain, M. Araujo, and E. Marone: Physical processes that drive the seasonal evolution of the Southwestern Tropical Atlantic Warm Pool. *Dyn. Atmos. and Oceans*, 72, 1–11, 2015.
- Da-Allada, J. Jouanno, F. Gaillard, N. Kolodziejczyk, C. Maes, N. Reul, and B. Bourlès, Role of the Equatorial undercurrent salinity maximum in the seasonal variability of sea surface salinity in the Equatorial Atlantic Cold tongue, *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, doi 10.1002/2016JC012342, 2017.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès and V. Koné, Respective roles of the Guinea Current and local winds on the coastal upwelling in the northern Gulf of Guinea, *Journal of Physical Oceanography*, 47, 6, 1367–1387, doi: 10.1175/JPO-D-16-0126.1, 2017.
- Dossa A.N., C.Y. Da-Allada, G. Herbert, and B. Bourlès, Seasonal cycle of salinity barrier layer revealed in the North East of Gulf of Guinea, in presse in *African Journal of Marine Science*, 2019.
- Evangelista, H., A. Sifeddine, T. Corrège, J. Servain, E. P. Dassié, R. Logato, R. C. Cordeiro, C.-C. Shen, F. Le Cornec, J. Nogueira, B. Segal, A. Castagna, and B. Turcq, 2018: Climatic constraints on growth rate and geochemistry (Sr/Ca and U/Ca) of the coral *Siderastrea stellata* in the Southwest Equatorial Atlantic (Rocas Atoll, Brazil). *Geochem., Geophys., Geosys.*, 19, 772–786, <https://doi.org/10.1002/2017GC007365>.
- Gaillard, F., D. Diverres, S. Jacquin, Y. Gouriou, J. Grelet, M. Le Menn, et al. (2015). Sea surface temperature and salinity from French research vessels, 2001–2013. *Sci. Data*, 2:150054, doi: 10.1038/sdata.2015.54.

- Hernandez O., J. Jouanno, V. Echevin, and O. Aumont (2017). Impacts of chlorophyll concentrations on the Tropical Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res. Oceans*, doi:10.1002/2016JC012330
- Hounsou-Gbo, A., M. Araujo, B. Bourlès, D. Veleda, and J. Servain, Tropical Atlantic contributions to strong rainfall variability along the Northeast Brazilian coast, *Adv. Meteor.*, 2015, doi 10.1155/2015/902084, 2015.
- Hounsou-Gbo, A., J. Servain, M. Araujo, E.S. Martins, B. Bourlès, and G. Caniaux, Oceanic indices for forecasting seasonal rainfall over Northern Northeast of Brazil, *American Journal of Climate Change (AJCC)*, 5, 261-274, doi 10.4236/ajcc.2016.52022., 2016.
- Imbol Koungue, R. A., S. Illig, & M. Rouault (2017). Role of interannual Kelvin wave propagations in the equatorial Atlantic on the Angola Benguela Current system. *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 4685–4703, doi:10.1002/2016JC012463.
- Jouanno, J., O. Hernandez, E. Sanchez-Gomez, & B. Deremble (2017). Equatorial Atlantic interannual variability and its relation to dynamic and thermodynamic processes, *Earth Syst. Dyn.*, 8, 1061–1069, doi:10.5194/esd-8-1061-2017.
- Kolodziejczyk, N., G. Reverdin, and A. Lazar: Interannual Variability of the Mixed Layer Winter Convection and Spice Injection in the Eastern Subtropical North Atlantic, *J. Phys. Oceanogr.*, 45, 504–525, doi 10.1175/JPO-D-14-0042.1, 2015.
- Kounta, L., Capet, X., Jouanno, J., Kolodziejczyk, N., Sow, B., and Gaye, A. T.: A model perspective on the dynamics of the shadow zone of the eastern tropical North Atlantic. Part 1: the poleward slope currents along West Africa, *Ocean Sci. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/os-2018-16>, 2018.
- Le Quéré, C., R. Moriarty, R.M. Andrew, J.G. Canadell, S. Sitch, J.I. Korsbakken, et al.: Global Carbon Budget 2015. *Earth System Science Data*, 7, 349-396, doi:10.5194/essd-7-349-2015, 2015.
- Le Quéré, C., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., et al.: Global Carbon Budget 2016, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 605-649, doi:doi:10.5194/essd-8-605-2016, 2016.
- Le Quéré, C., R. M. Andrew, P. Friedlingstein, S. Sitch, J. Pongratz, A. C. Manning, et al.: Global Carbon Budget 2017, *Earth Syst. Sci. Data*, 10(1), 405–448, doi:10.5194/essd-10-405-2018, 2018.
- Meynadier, R., G. de Coëtlogon, S. Bastin, L. Eymard & S. Janicot (2015). Sensitivity testing of WRF parameterizations on air–sea interaction and its impact on water cycle in the Gulf of Guinea, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 141, 1804–1820, doi:10.1002/qj.2483.
- Meynadier R., G. de Coëtlogon, S. Bastin, L. Eymard & S. Janicot (2016). Seasonal influence of the sea surface temperature on the low atmospheric circulation and precipitation in the eastern equatorial Atlantic, *Clim. Dyn.*, 47, 1127–1142, doi:10.1007/s00382-015-2892-7.
- Nogueira Neto, A. V., H. Giordani, G. Caniaux, and M. Araujo, 2018: Seasonal and interannual mixed layer heat budget variability in the western tropical Atlantic from Argo floats (2007-2012), *J. Geophys. Res.*, 123, 5298-5322, <http://dx.doi.org/10.1029/2017JC013436>.
- Nubi, O.A., B. Bourlès, C.A. Edokpayi, and N. Hounkonnou, The influence of the equatorial upwelling on nutrient distribution and phytoplankton biomass in the Gulf of Guinea as inferred from in situ measurements, *J. Oceanogr. Mar. Sci. (JOMS)*, 7(1), 1-11, doi 10.5897/JOMS2016.0124, 2016.
- Planton, Y., A. Voltaire, H. Giordani, & G. Caniaux. Main processes of the Atlantic cold tongue interannual variability, *Clim. Dyn.*, 50, 1495-1512, doi: 10.1007/s00382-017-3701-2, 2018.
- Poli, P. (2018). Note on the impact of meteorological data from PIRATA moorings on global weather forecasts, doi:10.5281/zenodo.1164620.
- Rodríguez-Fonseca, B., E. Mohino, C. R. Mechoso, C. Caminade, M. Biasutti, M. Gaetani, J. Garcia-Serrano, E. K. Vizy, K. Cook, Y. Xue, I. Polo, T. Losada, L. Druryan, B. Fontaine, J. Bader, F. J. Doblas-Reyes, L. Goddard, S. Janicot, A. Arribas, W. Lau, A. Colman, M. Vellinga, D. P. Rowell, F. Kucharski, and A. Voltaire: Variability and Predictability of West African Droughts: A Review on the Role of Sea Surface Temperature Anomalies. *J. Climate*, 28, 4034–4060, doi 10.1175/JCLI-D-14-00130.1, 2015.
- Rouault, M., S. Illig, J. F. Lübbecke, and R. A. Imbol Koungue: Origin, development and demise of the 2010-2011 Benguela Niño. *J. Mar. Sys.*, 188, 39-48, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.07.007>, 2018.
- Tchamabi, C.C., M. Araujo, M. Silva, B. Bourlès, and O. Travassos. Ichthyoplankton transport in the Brazilian 1 tropical islands, Fernando de Noronha archipelago and Rocas Atoll: Is there any connectivity patterns?, *Indian Journal of Marine Sciences*, 2018, 47(4), 812-818.

- Tchilibou M., T. Delcroix, G. Alory, S. Arnault, and G. Reverdin. Variations of the Tropical Atlantic and Pacific SSS minimum zones and their relations to the ITCZ and SPCZ rain bands (1979-2009). *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 5090-5100, doi:10.1002/2015JC010836, 2015.
- Trolliet, M., J. Walawender, B. Bourlès, A. Boilley, J. Trentmann, P. Blanc, M. Lefèvre, and L. Wald, Downwelling surface solar irradiance in the tropical Atlantic Ocean: a comparison of re-analyses and satellite-derived data sets to PIRATA measurements, *Ocean Sciences*, 14, 1021-1056, <https://doi.org/10.5194/os-14-1021-2018>, 2018.
- Trolliet, M., and L. Wald, 2018: Monthly solar radiation in the tropical Atlantic Ocean: Can its spatial variations be captured by the current configuration of the PIRATA moorings? *Advances in Science and Research*, 15, 127-136, <https://doi.org/10.5194/asr-15-127-2018>.
- Von Schuckmann, K., P.-Y. Le Traon, E. Alvarez-Fanjul, L. Axell, M. Balmaseda, L. et al. (2016). The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report, *J. Operation. Oceanogr.*, 9 (sup2), s235-s320, 10.1080/1755876X.2016.1273446.

### **Conférences : 82**

2015 : 17

- Bonou, F., M. Araujo, N. Lefèvre, C. Noriega: Variability of total alkalinity and total inorganic carbon in the western tropical Atlantic Ocean. 3rd International Symposium Effects of Climate Change on the World's Oceans, Santos City, Brazil, mars 2015.
- Bonou F.K., M. Araujo, N. Lefèvre. Western tropical Atlantic pCO<sub>2</sub> maps derived from regression models. In: Tropical Atlantic Climate and Coastal Variability - TACCOVAR 2015, Cotonou, Benin. Abstracts TACCOVAR 2015. Cotonou, Benin: CIPMA-UAC, 2015.
- Delcroix, T., M. Tchilibou, G. Alory, G. Reverdin and S. Arnault, Variability of the Tropical Atlantic and Pacific SSS Minimum Zones and Their Relations to the ITCZ and SPCZ (1979-2013), EGU General Assembly, Vienna, Austria, 13-17 April 2015.
- Dengler, M., P. Brandt, M. McPhaden, B. Bourlès, R. Hummels, S. Thomsen, T. Fischer and G. Krahnmann, Diurnal variability in the Atlantic cold tongue at 10°W; poster présenté à la conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès, J. Jackson-Veitch, and V. Kone, Inertial terms effects on the ocean dynamics in the tropical Atlantic, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Djakouré, S., P. Penven, B. Bourlès, J. Jackson-Veitch, and V. Kone, Inertial terms effects on the ocean dynamics in the tropical Atlantic, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 5-9 octobre 2015.
- Hounsou-Gbo, G.A., J. Servain, G. Caniaux, M. Araujo, B. Bourlès, and D. Veleda, Long-term variations of SST and heat content in the Atlantic Ocean, poster présenté à l'EGU General Assembly, Vienne-Autriche, 12-17 avril, 2015.
- Hounsou-Gbo, G. A., J. Servain, M. Araújo, E.S. Martins, B. Bourlès, and G. Caniaux ; Oceanic Indices to Forecast the Seasonal Rainfall over the Northern Northeast of Brazil, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Hounsou-Gbo, G.A., J. Servain, M. Araujo, E.S. Martin, B. Bourlès, and G. Caniaux, Oceanic Indices to Forecast the Seasonal Rainfall over the Northern Northeast of Brazil, poster présenté au Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 5-9 octobre 2015.
- Imbol Kougue, R.A., M. Rouault, and J. Jouanno, Warm and cold events in the southeast Atlantic Ocean. conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Jouanno J., and X. Capet, Mixing in the tropical Atlantic: the contribution of tides, intra-seasonal winds and equatorial dynamics. conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Koné, V., C; Lett, P. Penven, B. Bourlès, and S. Djakouré, An individual-based model study of *Sardinella aurita* early life history in the northern Gulf of Guinea, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Planton, Y., A. Voltaire, H. Giordani and G. Caniaux Oceanic processes associated to the interannual variability of the Atlantic Cold Tongue. conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.

- Tchamabi, C.C., M. Araujo, M.Silva, and B. Boulès, Investigating wake effects around two Brazilian islands in tropical Atlantic: Fernando de Noronha and Atoldas Rocas, poster présenté au Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 5-9 octobre 2015.
- Tchilibou, M., T. Delcroix, G. Alory, S. Arnault, and G. Reverdin, Variations of the Tropical Atlantic and Pacific SSS minimum zones and their relations to the ITCZ and SPCZ rain bands (1979-2009), poster présenté à la conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Toualy, E., F. Marin, A. Aman, and B. Boulès, Interannual variability of the boreal Summer upwelling along the northern coast of Gulf of Guinea, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.
- Yandjmain, J., G. Alory, G. H. Hounou, and Y. duPenhoat, Evaluation of oceanic models in the Gulf of Guinea, poster présenté à la conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Cape-Town, South Africa, 24-28 août 2015.

2016 : 19

- Alory, G., B. Boulès, and E. Baloitcha, 3rd year of the PREFACE program, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 3-7 octobre 2016.
- Araujo M., F. Bonou, C. Noriega, N. Lefèvre. Distribution of CO2 parameters in the Western Tropical Atlantic Ocean. EGU General Assembly, Vienne, Autriche, 17-22 Avril 2016.
- Awo, M., G. Alory, T. Delcroix and E. Baloitcha, Interannual tropical Atlantic variability modes: classification and Sea Surface Salinity signature, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Bonou, F., C. Noriega, N. Lefèvre, M. Araujo: Variability of CO2 parameters in western tropical Atlantic, Académie des Sciences, ISBA-Cotonou, 1er juin 2016.
- Bonou, F., C. Noriega, N. Lefèvre, M. Araujo: Variability of CO2 parameters in western tropical Atlantic, Journées de la Renaissance Scientifique de l'Afrique, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, ISBA-Cotonou, 28 juin 2016.
- Claustre, H., A. Boetius, M. Barbier, P. Testor, S. Pouliquen, R. Lampitt, T. Kanzow, B. Boulès, P. Blouch, P. Afonso, G. Obolensky, F. Whoriskey, F. Janssen, I. Salter, V. Turpin, L. Cristini, P. Poli, Enhancement of autonomous ocean observation networks in the Atlantic Ocean, poster présenté au GCOS Science Conference, Amsterdam, Pays-Bas, 2-4 mars 2016.
- Da-Allada, C., J. Jouanno, F. Gaillard, N. Kolodziejczyk, C. Maes, N. Reul, B. Boulès, Augmentation de la salinité de surface dans la langue d'eau froide équatoriale Atlantique, Journées de la Renaissance Scientifique de l'Afrique, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, ISBA-Cotonou, 28 juin 2016.
- Da-Allada, C., J. Jouanno, F. Gaillard, N. Kolodziejczyk, C. Maes, N. Reul, and B. Boulès, Importance of the Equatorial Undercurrent on the Sea Surface Salinity in the Eastern Equatorial Atlantic in boreal spring, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 3-7 octobre 2016.
- Da-Allada, C., J. Jouanno, F. Gaillard, N. Kolodziejczyk, C. Maes, N. Reul, B. Boulès, Role of the Equatorial undercurrent salinity maximum in the seasonal variability of sea surface salinity in the Equatorial Atlantic Cold Tongue, Poster, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Djakouré, S., M. Araujo, B. Boulès, A. Hounsou-Gbo, and C. Noriega, Changes in the ecosystem structures of the Algae Sargassum in the Tropical Atlantic Ocean, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 3-7 octobre 2016.
- Djakouré, S., M. Araujo, B. Boulès, A. Hounsou-Bgo, C. Noriega, Changes in the ecosystem structure of the algae Sargassum in the tropical Atlantic Ocean, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016
- Ferreira, A., J. Servain, J. J. Carrasco, E. S. Olivas and L.V. Jacinto, A new dipole index for the tropical Atlantic from the PIRATA data set, Poster, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Fontenele, D.P., J. Servain, E. Pinheiro and F. C. Vasconcelos Jr, Ocean data evolution along PIRATA sections from 1993 to 2016 using Mercator Project database, Poster, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.

- Guelly, C., B. Bourlès, Y. DuPenhoat, Etude de l'évolution des conditions hydro-météorologiques dans le sud-est du Golfe de Guinée à partir de données in situ, Journées de la Renaissance Scientifique de l'Afrique, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, ISBA-Cotonou, 28 juin 2016.
- Hernandez O. and J. Jouanno. Influence of the oceanic chlorophyll on the upper Tropical Atlantic Ocean. Journées GMMC Mercator-Coriolis, Toulon, Juin 2016.
- Hounsou-Gbo, G. A., J. Servain, M. Araujo, B. Bourlès, D. Veleda, Tropical Atlantic indices for forecasting seasonal rainfall along the coastal part of Brazilian northeast, Journées de la Renaissance Scientifique de l'Afrique, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, ISBA-Cotonou, 28 juin 2016.
- Imbol Koungue, R. A., S. Illig and M. Rouault, Role of Interannual Kelvin wave propagations in the equatorial Atlantic on the Angola-Benguela current system, conférence PIRATA/PREFACE/Clivar-TAV, Paris, France, 28 novembre - 2 décembre 2016.
- Meynadier R., G. de Coetlogon, and J. Jouanno. The regional coupled system WRF-NEMO (OCATA) over the Tropical Atlantic: impact of the regional coupled processes on the surface heat and water budget. EGU General Assembly, Vienne, Autriche, 17-22 Avril 2016.
- Nubi O. A., Bourlès, B., C.A. Edokpayi, and N. Hounkonnou, On the influence of equatorial upwelling on apparent oxygen utilization within the Gulf of Guinea equatorial band as inferred from in situ measurements, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 3-7 octobre 2016.

2017 : 24

- Awo, M., Alory, G., Da-Allada, C., Jouanno, J., Delcroix, T., & Baloitcha, E.. Sea Surface Salinity signature of tropical Atlantic interannual modes. General Assembly Conference, April 2017.
- Awo et al. Sea Surface Salinity signature of the interannual climatic modes in the Tropical Atlantic. Journées GMMC Mercator-Coriolis, Brest, 20-22 juin 2017.
- Alory, G., T. Delcroix, C. Da-Allada, J. Jouanno, and E. Baloitcha, Sea Surface Salinity signature of the interannual climatic modes in the Tropical Atlantic, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Bakker D.C.E. et al. Invited keynote: quantification of the ocean carbon sink using surface ocean observations. 10th International Carbon Dioxide Conference, Interlaken, Suisse, 21-25 Aug 2017.
- Bonou, F., A. Chaigneau, C. Da-Allada, G. Alory, Y. Morel, Z. Sohoun, M. Araujo, Eddy impacts on physical and carbon parameters in the tropical Atlantic Ocean, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Bruto, L., M. Araujo, C. Noriega, D., Veleda, N. Lefèvre, Variability of CO<sub>2</sub> fugacity at the western edge of the tropical Atlantic Ocean from the 8°N to 38°W PIRATA buoy, Poster, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Cintra, M.M., C. Lentini, J. Servain, M. Silva, M. Araújo and E. Marone, Extreme Interannual Evolution of the Tropical Atlantic Warm Pools: 2010-2012, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Da-Allada, C., F. Gaillard, J. Jouanno, N. Kolodziejczyk, C. Maes, B. Bourlès, and G. Alory, Boreal spring sea surface salinity as a potential predictor of Atlantic cold tongue events, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 25-29 septembre 2017.
- Da Allada et al. Importance of the Equatorial Undercurrent on the Sea Surface Salinity in the Eastern Equatorial Atlantic in boreal spring. Journées GMMC Mercator-Coriolis, Brest, 20-22 juin 2017.
- Djakouré S., M. Araujo, B. Bourlès, A. Hounsou-Gbo & C. Noriega, On the potential causes of the Sargassum bloom events in the tropical Atlantic Ocean, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 25-29 septembre 2017.
- Djakouré S., M. Araujo, B. Bourlès, A. Hounsou-Gbo & C. Noriega, On the potential causes of the Sargassum bloom events in the tropical Atlantic Ocean, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Dossa, N.A., Da-Allada, C., G. Herbert, and B. Bourlès, Seasonal Cycle of the salinity barrier layer revealed in the north-eastern Gulf of Guinea, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 25-29 septembre 2017.
- Hounsou-Gbo, G. A., J. Servain, M. Araujo, G. Caniaux, B. Bourlès and D. Fontenele, Tropical South Atlantic variability and impacts on rainy seasons over the Brazilian northeast, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.

- Imbol Koungue, R. A., S. Illig and M. Rouault, Role of Interannual Kelvin wave propagations in the equatorial Atlantic on the Angola-Benguela current system, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Jouanno, J. et al. Equatorial Atlantic interannual variability and its relation to dynamic and thermodynamic processes. Journées GMMC Mercator-Coriolis, Brest, 06/2017.
- Kom, O., G. Alory, C. Da Allada and J. Jouanno, Mixed layer heat/salt budget and EUCT dynamics in the tropical Atlantic from a joint model-observations approach, Poster, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Nogueira Neto, A.V., G. Caniaux, H. Giordani and M. Araújo, Turbulent entrainment rate estimate at the mixed-layer base from Argo floats in the western tropical Atlantic, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Nogueira Neto, A.V., H. Giordani and P. Peyrille, Precipitation distribution over the Tropical Atlantic during June 2010, Poster, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Papapostolou, A., W. E. Johns, J. Jouanno, P. Brandt and R. Lumpkin, Seasonal Upwelling in the Eastern Tropical Atlantic, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Perez, R., M. Araujo, B. Bourlès, P. Brandt, K. Drushka, G. Foltz, W. Kessler, R. Lumpkin, M. McPhaden, Y. Serra, J. Sprintall,..., Health of the global observing system: tropical oceans; US CLIVAR Summit, August 8-10, 2017.
- Poli, P., G. Reverdin, B. Bourlès, T. Carval, and A. David, Enhancements to surface drifters enabled by AtlantOS, European Geosciences Union General Assembly: Vienne, Autriche, 23-27 Avril, <https://doi.org/10.5281/zenodo.885027>, 2017. AbstractsVol. 19, EGU2017-16788, 2017.
- Rouault, M., and Bourlès, B.: The extension of PIRATA in the tropical South East Atlantic, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Tyaquicã, P., D. Veleza, N. Lefèvre, M. Araujo, C. Noriega, G. Caniaux, J. Servain, and T. Silva, Amazon Plume Salinity Response to Ocean Teleconnections, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.
- Voltaire, A., T. Demissie, A.-L., Deppenmeier, E. Exarchou, C. Frauen et al., SST bias development in the Tropical Atlantic in coupled ocean-atmosphere PREFACE coordinated experiments, conférence PIRATA 22/PREFACE, Fortaleza, Brazil, 5-10 novembre 2017.

2018 : 17

- Araujo, M., B. Bourlès & coll., Societal impact and importance of observing the Tropical Atlantic (In Session 1: Requirements for the Tropical Atlantic Observing System), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Araujo, M., B. Bourlès, R. Peres & coll., Tropical Atlantic moorings network (In Session 2: Tropical Atlantic Observing System Networks; Current Status and plans to 2030), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Araujo, M. B. Bourlès, E. Campos, L. Cotrim, G. Foltz, H. Giordani, F. Hernandez, N. Lefèvre, M. McPhaden, P. Nobre, C. Patricola, A. Sutton, P. Brandt : Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic: PIRATA; Sciences cooperation, policies interface and SDGs in South Atlantic Ocean, Conference From COP21 towards the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) at UNESCO, Paris, France, 10 septembre 2018.
- Araujo, M. and B. Bourlès, The PIRATA 22 / PREFACE meeting; 10th anniversary of PIRATA 16th Session of Atlantic Region Panel Meeting, Portland, USA, 10 February 2018.
- Awo, M., G. Alory, C. Y. Da-Allada, T. Delcroix, J. Jouanno, E. Baloitcha. Sea Surface Salinity signature of the tropical Atlantic interannual climatic modes. Preface Meeting, Lanzarote, April 2018.
- Balsameda, M. and P. Dandin, Tropical Atlantic ocean & weather forecast, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Capet, X., L. Kounta, E. Machu and J. Jouanno, On Nearshore hypoxia and oxygen ventilation in the Eastern tropical North Atlantic, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop,, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Cravatte, S., G. Reverdin, J. Habasque, G. Herbert, B. Bourlès, C. Maes, and E. Martinez, Needs in near-surface currents observations in the Equatorial and Tropical Oceans, SKIM international workshop, Brest, France, 10-12 octobre 2018.

- Da-Allada, C., J. Jouanno, N. Kolodziejczyk, C. Maes, B. Bourlès, G. Alory and F. Gaillard. Boreal spring equatorial Sea Surface Salinity as a potential predictor of Atlantic Cold Tongue events. Preface Meeting, Lanzarote, April 2018.
- Houndegnonto, O.J., N. Kolodziejczyk, C.Y. Da Allada, B. Bourlès, C. Maes and N. Reul, Characterization of Niger and Congo River plumes in the Gulf of Guinea, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Houndegnonto, O.J., N. Kolodziejczyk, C. Y. Da-Allada, B. Bourlès and C. Maes, Characterization of Niger and Congo River plumes in the Gulf of Guinea, 2018 Ocean Salinity Science Conference, Paris, France, 6-9 November 2018.
- Jouanno, J., O. Hernandez and E. Sanchez-Gomez. Equatorial Atlantic interannual variability and its relation to dynamic and thermodynamic processes. Preface Meeting, Lanzarote, April 2018.
- Moum, J., E. Shroyer, J. D. Nash, S. J. Warner, J. Becherer, P. Brandt, and B. Bourlès, Distinctions in Turbulence Between Atlantic and Pacific Equatorial Cold Tongues: Inferences from Several Years of Moored Mixing Measurements, 2018 Ocean Sciences Meeting, Portland, USA, 11-16 February 2018.
- Papapostolou, A., W. E Johns, J. Jouanno and P. Brandt. Seasonal changes in strength and vertical structure of the Atlantic Equatorial Undercurrent (EUC). Ocean Science Meeting Portland, USA, 11-16 February 2018.
- Peres, R., B. Bourlès, Araujo, M. & coll., Tropical Atlantic Shipboard and Vessel based observations (In Session 2: Tropical Atlantic Observing System Networks; Current Status and plans to 2030), 1st Tropical Atlantic Observing System workshop, Portland, USA, 9-10 February 2018.
- Radenac, M.H., J. Jouanno, C. C. Tchamabi, M. Awo, B. Bourlès, S. Arnault, and O. Aumont, Seasonal cycle of nitrate in the euphotic layer of the Atlantic Cold Tongue, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop,, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.
- Rouault, M., and B. Bourlès, New results from the extension of PIRATA in the tropical South-East Atlantic experiment, conférence PIRATA-23 / 2nd Tropical Atlantic Observing System workshop,, Marseille, France, 22 – 26 octobre 2018.

2019 : 3

- Watson, A., M. Barbier, J. Thorn, T. Tanhua, H. Claustre, S. Pouliquen, B. Bourlès, T. Kanzow, R. Lampitt, U. Schauer, G. Obolensky, P. Lherminier and K. Drinkwater, Improvement of observing networks towards biogeochemical measurement in the Atlantic Ocean, Final AtlantOS General Assembly & 1st international AtlantOS symposium, UNESCO, Paris, 25-28 mars 2019.
- Lherminier, P., T. Tanhua, S. Pouliquen, C. Devey, A.-C. Wöfl, T. Kanzow, U. Schauer, B. Bourlès, P. Testor, P. Poli, M. Barbier and K. Drinkwater, Improvement of observing networks towards physical measurements in the Atlantic Ocean, Final AtlantOS General Assembly & 1st international AtlantOS symposium, UNESCO, Paris, 25-28 mars 2019.
- Houndegnonto, O. J., N. Kolodziejczyk, C. Maes, B. Bourlès, C. Y. Da-Allada, and N. Reul, Seasonal variability of Niger and Congo Rivers plumes in the Gulf of Guinea, EGU General Assembly, Vienne-Autriche, 4-12 Avril 2019.

### **Thèses (encadrées ou co-encadrées par des utilisateurs du SNO): 6**

- Awo, M., Modes interannuels de la variabilité climatique de l'Atlantique Tropical, dynamiques oscillatoires et signatures en salinité de surface de la mer; LEGOS, Toulouse & CIPMA/UAC, Cotonou, soutenue le 10 octobre 2018.
- Dossa, A. N., circulation off the North-East of Brazil, Thèse de l'université Fédérale du Pernambuco, Recife (bourse FACEPE, Brésil), depuis 2016.
- Gevaudan, M., Influence de la salinité sur la dynamique couplée océan-atmosphère de l'océan Atlantique tropical Ouest, Thèse de l'Université P. Sabatier, Toulouse III, menée au LEGOS depuis janvier 2019.
- Imbol Koungue R. A., 2018. Etude de l'évolution des conditions hydrologiques et climatiques en Atlantique Sud-Est, UCT. Thèse de l'Université de CapeTown, Afrique du Sud, soutenue en juillet 2018.
- Trolliet, M.: Comparison of several databases of downward solar radiation data at ocean surface with PIRATA measurements. Thèse de Mines Paris Tech., 2017.
- Vasconcellos Nogueira Neto, A., « Diagnostique et quantification de la contribution océanique aux événements extrêmes de précipitations sur la région côtière du Nordeste brésilien », MF/CNRM (bourse CNPq), Thèse de doctorat de l'Université P. Sabatier, Toulouse III, soutenue le 6 mars 2019.

## **Annexe C: lettres de soutien et d'engagement**

Sont fournies dans les pages suivantes les lettres de soutien de :

- Martin VISBECK: PI AtlantOS, membre WCRP.
- Gilles REVERDIN & Sylvie POULIQUEN: SOERE CTDO2, CORIOLIS et future IR OHIS.
- Philippe DANDIN, Météo-France, Direction de la Recherche.
- Eric PETERMANN, EUMETNET.
- Noel KEENLYSIDE, PI PREFACE et TriATLAS, membre du CLIVAR Atlantic Panel.
- David LEGLER, NOAA, Ocean Observing and Monitoring Division.
- Guillaume MAZE, Coordinateur national du TGIR Argo-France.
- Pierre-Yves LE TRAON, Comité Directeur CORIOLIS.
- Pierre-Yves LE TRAON, MERCATOR Ocean International.
- Nicolas KOLODZIEJCZYK, Coordinateur du SNO Argo-France.
- Loïc SEGALEN, Directeur de l'OSU Ecce Terra.
- Moacyr ARAUJO, Co-chairman PIRATA SSG, ex CLIVAR-Atlantic Panel.
- Frédéric MENARD, IRD, Directeur du Département OCEANS.
- Gilbert MAUDUIRE, Directeur du Pôle Océan – Odatis.
- Michael TOPLIS et Alexandre GANACHAUD, (resp.) Directeurs de l'OSU OMP et du LEGOS.

"Commission Spécialisée Océan Atmosphère"  
CSOA at INSU

**Prof. Martin Visbeck**  
**Leiter Physikalische**  
**Ozeanographie**

Tel +49 431 600-4100

Fax +49 431 600-4102

mvisbeck@geomar.de

13. March 2019

**Subject: Letter of support for the PIRATA Program**

To whom it may concern,

My name is Prof. Dr. Martin Visbeck and I write you this letter in my capacity as the principal investigator of the EU H2020 AtlantOS project which strategically supports the implementation of the IOC-UNESCO GOOS (Global Ocean Observing System) program and the Blue Planet Initiative of GEO; as a member of the Joint Scientific Committee of the World Climate Research Programme (WCRP) and as the former chair of the WCRP CLIVAR core project. Over the past 20 years I am following and engaging actively in the sustained observing efforts in the Atlantic Ocean. PIRATA is one of the flagship programs. And a shining example of effective international cooperation and the timely generation and distribution of weather and climate data.

Since about 20 years PIRATA, a French, US and Brazilian partnership program, provides near realtime data (from buoys, ADCP moorings and yearly science and service cruises). The data are of crucial importance for climate monitoring, seasonal climate predictions, scientific study of ocean and climate processes and are assimilated in operational ocean models and essential for seasonal climate forecasting. Thus, they provide valuable information for society and make indispensable contributions to other international science programs. The science cruises support the deployment and calibration of the Argo profiling float program and resupply surface drifters in critical ocean locations. The real time data are used by a number of operational programs including the European CMES (Copernicus Marine Environmental Services) effort and many others internationally coordinated by the Ocean Predict program.

Over the years the PIRATA program has matured and extended its capabilities and is well known as a major component of the sustained Ocean Observation

**GEOMAR**  
Helmholtz-Zentrum für  
Ozeanforschung Kiel

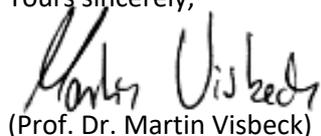
Düsternbrooker Weg 20  
24105 Kiel | GermanyTel +49 431 600-0  
Fax +49 431 600-2805  
www.geomar.deDeutsche Bank AG Kiel  
BLZ 210 700 24  
Kto. 144 800 000SWIFT/BIC DEUTDEDB210  
IBAN DE 69210700240144800000Steuernummer 1929401912  
VAT DE281295378

System in the tropical Atlantic. In recent years there is an increasing recognition of the value of international cooperation in Marine Sciences and several political declarations have been made. First the EU-US-Canada Galway statement calls for more collaboration and joint investigation of the Atlantic. An PIRATA is seen as one of the successful role models. Second a similar agreement, the Belem statement, was signed between the EU-Brazil-SouthAfrica with a similar scope for the South Atlantic region. PIRATA is seen as a great example to build such activities on. Finally, the recent G7 meeting of the science ministers called for more sustained ocean observing globally. At the EU level several active framework programs were build around PIRATA. I coordinate the Horizon2020 AtlantOS project where we look at all the existing observing networks and fund activities for more collaboration between nations and disciplines, more innovation and new sensing technology and more timely and standardized data delivery. In all aspects PIRATA has done very well and the recent increase of variables for example to include dissolved oxygen. AtlantOS is now entering into an international program phase called the All-Atlantic Ocean Observing System and that will be formally launched in March 2019 in Paris at the UNESCO headquarters. Amongst a few other activities the long term engagement of the French PIRATA component, and its successes to build capacity in African are highly recognized. The AtlantOS initiative with all its elements will be presented and discussed at the OceanObs19 conference in Hawaii later this year.

France plays a key role for PIRATA, as one of the three main countries involved and fully supporting this program (together with Brazil & USA) and thus the leading contribution for Europe, through its network contributions are solicited for example from GEOMAR Germany. French participation and support continuity is absolutely essential, and a continued and possibly strengthened support by French national organizations with logistical and equipment support as well as scientific and technical personal is critical. It seems to me that a sufficient number (two at the minimum) of scientific position dedicated to the French PIRATA program is absolutely necessary for continued success.

In summary, the success of the PIRATA project depends on the strong support of national resources. An France has a unique opportunity to contribute in a very visible and rewarding way.

Yours sincerely,



(Prof. Dr. Martin Visbeck)



Paris, le 21 mars 2019

Sujet : Intégration du SNO PIRATA dans Coriolis, le SOERE CTDO2 et l'IR OHIS en préparation  
(à joindre au dossier de renouvellement soumis par le SNO PIRATA pour évaluation par la CSOA)

le SNO PIRATA est actuellement intégré dans la structure Coriolis par des conventions inter-organismes et fait partie du SOERE CTDO2. Il contribue aussi fortement à la préparation d'un futur IR OHIS et au renouvellement de Coriolis, qui devraient être évalués et actés en 2020, sous réserve, bien entendu, du renouvellement du SNO PIRATA après évaluation par la CSOA. Au titre des conventions régissant le fonctionnement de Coriolis, le représentant du SNO PIRATA fait actuellement partie du comité de pilotage de Coriolis, et les données et produits issus du SNO font partie des centres de données Coriolis et SISMER et à ce titre de l'IR Pôle de données et services pour le système Terre (composante marine ODATIS). Par le biais de Coriolis, ces données sont aussi vues au niveau international par Copernicus Marine Services (Coriolis est un centre de données in situ de CMEMS), ainsi que par les partenaires internationaux de PIRATA-France aux USA (NOAA) et au Brésil.

Les actions scientifiques, de coordination inter-réseaux, de réalisation de produits à valeur ajoutée scientifique et en données, font aussi partie prenante du SOERE CTDO2, qui a été prolongé, en attendant la phase d'évaluation d'un IR OHIS en 2020.

Nous avons pris acte des projets d'évolution du SNO PIRATA, qui devraient permettre une très bonne visibilité avec une intégration transverse pluri-disciplinaire et dont nous recommandons vivement l'acceptation.

Bien cordialement

Gilles Reverdin

Sylvie Pouliquen.



## Météo-France Direction de la Recherche

42 avenue Gaspard Coriolis  
31057 Toulouse cedex 01, France

Monsieur Cyrille Flamant

Président de la CSOA

[Cyrille.Flamant@latmos.ipsl.fr](mailto:Cyrille.Flamant@latmos.ipsl.fr)

Madame Boutheina Ben Hassen

Chargée de programmes Océan-Atmosphère

[Bouthaina.BenHassen@cns-dir.fr](mailto:Bouthaina.BenHassen@cns-dir.fr)

Commission Spécialisée Océan Atmosphère

Institut National des Sciences de l'Univers

Centre National de la Recherche Scientifique

3, rue Michel-Ange

75016 Paris

Toulouse, le 22 mars 2019

Objet : soutien de Météo-France à PIRATA

Madame, Monsieur, chers collègues,

Chaque jour, Météo-France délivre à une grande diversité d'utilisateurs (grand public, acteurs industriels, forces armées, collectivités territoriales...) des informations qui les aident à prendre des décisions en matière de sécurité (canicule, feux de forêt, pic de pollution atmosphérique, épisodes avalanches, éruptions volcaniques...) ou d'optimisation d'activités météo ou climato-sensibles (agriculture, transport, tourisme, énergie...). Météo-France sert ainsi les départements situés aux Antilles, en Guyane, où les questions de sécurité des personnes et des biens, notamment liées au risque cyclonique, sont vitales ; où, également, les enjeux associés aux activités économiques liées au tourisme, à l'agriculture ou à l'espace (centre spatial de Kourou), sont tout aussi déterminants. Météo-France assure également la satisfaction des besoins de Défense, avec notamment un soutien aux activités de la Marine nationale et aux Armées engagées en Afrique. L'Atlantique tropical dicte très directement les conditions météorologiques de ces territoires, et au-delà, via la Méditerranée, de nos contrées d'Europe occidentale.

Ancré dans la recherche et acteur opérationnel, Météo-France est chargé de surveiller l'atmosphère, l'océan superficiel et le manteau neigeux, et d'en prévoir les évolutions. Il contribue, au plan international, à la mémoire et à la prévision du changement climatique. Il s'attache plus largement à la compréhension du système terrestre à différentes échelles spatio-temporelles, en prenant en compte l'ensemble des compartiments – océan, cryosphère, biosphère atmosphère... – et y incluant les activités humaines. Il met pour cela en œuvre des moyens sophistiqués, s'appuyant sur de nombreuses disciplines scientifiques, exploitant les dernières technologies d'observation, de traitement de l'information et de service : espace, télédétection, drones, sciences participatives, modélisation numérique du système Terre, calcul haute



performance, sciences des données, science de la représentation... pour contribuer sans faille, 24h/24, 365j/an, à la sécurité des personnes et des biens, à la Défense, à l'économie, à l'éducation et à l'environnement.

Observer l'océan Atlantique, tant pour des questions de compréhension du fonctionnement du système et de ses évolutions climatiques que de satisfaction des besoins opérationnels de prévision météo-océanique, sert donc les missions premières de Météo-France. C'est à ce titre que l'Etablissement contribue à différentes initiatives coordonnées au niveau international. Le Service National d'Observation PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic*), qui est également un observatoire international en collaboration avec le service météorologique et océanique des USA et des instituts du Brésil depuis 1997, entre dans cette logique. Météo-France soutient donc PIRATA et est engagé avec l'IRD, la NOAA et l'INDP depuis 2000 au travers d'un *Memorandum of Understanding* (MoU), régulièrement renouvelé et en cours jusqu'en juin 2019. Lors du dernier PIRATA *Resource Board*, ces partenaires ont décidé de prolonger ce MoU.

Au-delà d'un soutien financier, Météo-France contribue à PIRATA en œuvrant pour renforcer l'intégration des différents programmes d'observation océanique et météorologique, et promeut l'observatoire dans les instances et auprès des organismes auxquels il est lié : CEPMMT (Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme), Eumetsat, Eumetnet, ou OMM (Organisation Météorologique Mondiale). Météo-France, notamment par ses équipes de la Direction des Systèmes d'Observation (Centre de Météorologie Marine, Brest) et de la Direction de la Recherche (Centre national de recherches météorologiques, Toulouse – dont une participation active au *Scientific Steering Committee*), contribue à PIRATA. Actuellement, Météo-France est également membre du groupe de revue *Tropical Atlantic Observing System* de CLIVAR, qui a souligné l'importance du dispositif d'observation lié à PIRATA pour des besoins tant liés au court qu'au long termes.

C'est donc sans réserve que Météo-France soutient PIRATA et encourage les organismes français à accorder à ce dispositif d'observation leur soutien, non seulement en valorisant les observations, en obtenant des résultats scientifiques ou en réalisant des applications, mais également en accordant des moyens, indispensables au-delà du seul label de Service National d'Observation.

Le Directeur adjoint de la Recherche

Philippe Dandin



Monday, 25 March 2019

Commission Spécialisée Océan Atmosphère (CSOA)  
Institut National des Sciences de l'Univers (INSU)  
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)  
Campus Gérard Mégie  
3 rue Michel-Ange  
75016 Paris, France

**'Letter of support' for the continuation of the PIRATA network**

I am hereby writing to confirm that continued operations of the PIRATA network are of high importance to EUMETNET, the Grouping of 31 Meteorological and Hydrological Services in Europe.

The main reasons are the direct data provision from PIRATA to EUMETNET Members, and the complementarity with E-SURFMAR, the surface marine observations programme of EUMETNET.

The Members of EUMETNET are all producers but also keen users of meteorological data, including over remote areas where they don't actually operate. Consequently, the 24/7 data delivery of observations from the PIRATA buoys to the meteorological and oceanographic communities has led our community to rely increasingly on these observations for data assimilation, validation, and to support numerical model development. For example, with regards to data assimilation, the E-SURFMAR programme manager has shown that the surface pressure data collected by PIRATA buoys are of high value to European citizens, through a large impact on numerical weather prediction (Poli, 2018, doi:10.5281/zenodo.1164619). In addition, the surface and subsurface observations are increasingly used by EUMETNET Members, with several of them at the forefront on research and operations towards fully coupled ocean-atmosphere models. The results are improved forecasts and better lead-times for warnings.

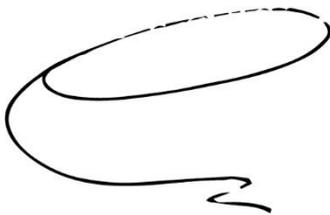
While EUMETNET does operate E-SURFMAR, its own surface marine observations programme with committed funding for the timeframe 2019-2023, it was designed to rely on complementarity with the PIRATA network. For example, the PIRATA network of moored buoys located in the Tropical Atlantic Ocean complement the drifting buoys that are funded in that region by E-SURFMAR.

This letter is an occasion to thank PIRATA network operators for their assistance in deploying such drifting buoys during the PIRATA maintenance cruises and to praise the ships used on these cruises as they are also active in reporting the weather as Voluntary Observing Ships. Similar to the moored and drifting buoy data, the ship data feed climatological databases, too, with onward value for climate monitoring and the development of climate services.

In short, without the PIRATA network, the data coverage for several geophysical variables in the Tropical Atlantic would really suffer. The synergetic value of such an observation programme in relationship to other observation programmes such as EUMETNET's E-SURFMAR cannot be overstated.

I am hence extremely supportive of the funding renewal application of PIRATA.

Très cordialement,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop followed by a smaller loop and a short tail.

**Eric Petermann**  
Executive Director

[eric.petermann@eumetnet.eu](mailto:eric.petermann@eumetnet.eu)



UNIVERSITY OF BERGEN  
GEOPHYSICAL INSTITUTE



Commission Spécialisée Océan Atmosphère (CSOA)  
INSU (France)

**Prof. Noel Keenlyside**

Geophysical Institute  
University of Bergen  
Allégaten 70  
N-5007 Bergen  
Norway  
Tel: +47 555 82032  
noel.keenlyside@gfi.uib.no  
[www.uib.no/persons/Noel.Keenlyside](http://www.uib.no/persons/Noel.Keenlyside)

28. mars 2019

**Support letter for the French "National Observing System" PIRATA**

Dear Commission Spécialisée Océan Atmosphère,

On behalf of the PREFACE and TRIATLAS EU projects, and as a member of the CLIVAR Atlantic Region Panel, I strongly petition you to maintain Prediction and Research Moored Array in the Atlantic (PIRATA) with the "National Observing System" (SNO) status/label in France.

France has been one of the three main contributors to this key element of the global observing system. The more than 20 years of PIRATA data has provided invaluable insights into tropical Atlantic climate. The data are the main backbone supporting the development of climate services in the tropical Atlantic and surrounding continents. Not only have they been critical to understanding the mechanisms for climate variability, but they are essential to understand the climatic impacts on marine ecosystems, the initiation of accurate climate predictions, and to understand the impact of global warming on the region. Thus, PIRATA data have been at the core of research activities in two major EU projects: the EU FP7 project PREFACE (Predicting Tropical Atlantic Climate and its Impacts, 2013-2018) that involved 28 partners from Europe and Africa; and the EU H2020 project TRIATLAS (South and Tropical Atlantic - climate-based marine ecosystem prediction for sustainable management, 2019-2023) with 34 partners from Europe, Africa, and Brazil. Both projects involved PIRATA member institutions (IRD, Meteo-France). PREFACE built on the knowledge gained from the PIRATA long-term observations to contribute to realize skillful predictions of tropical Atlantic climate – especially of the societally relevant interannual variations in the Atlantic cold tongue and meridional SST gradients that effect continental rainfall and marine ecosystems. TRIATLAS aims to extend this research to enable climate-based ecosystem predictions that will aid sustainable management of the marine ecosystem. The continued long-term support of PIRATA is critical to the full realization of climate prediction and its socio-economic benefits in the tropical Atlantic.

Beyond maintaining the array and providing vast amounts of data to the scientific community and operational centres, it is very important to sustain strong scientific leadership



UNIVERSITY OF BERGEN  
GEOPHYSICAL INSTITUTE



in the operation of PIRATA. France has provided long-term scientific vision for the PIRATA program. I strongly petition that CSOA continues to support PIRATA and maintain France's leadership in observing the tropical Atlantic.

Sincerely,

*NS Keenlyside*

Noel Keenlyside

Project Coordinator

TRIATLAS – South and Tropical Atlantic - climate-based marine ecosystem prediction for sustainable management

PREFACE – Enhancing prediction of Tropical Atlantic climate and its impacts

[www.preface-project.eu](http://www.preface-project.eu)

Member of the Climate and Ocean – Variability, Predictability, and Change (CLIVAR) Atlantic Region Panel of the World Climate Research Programme (WCRP)



**UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE**  
National Oceanic and Atmospheric Administration  
Office of Oceanic and Atmospheric Research  
Climate Program Office  
Ocean Observing and Monitoring Division  
1315 East-West Highway  
Silver Spring, MD 20910-3282

March 30, 2019

CSOA: Commission Spécialisée Océan Atmosphère  
Institut National des Sciences de l'Univers  
Centre National de la Recherche Scientifique  
3, rue Michel-Ange  
75016 Paris

Dear Mr Flamant,

PIRATA recently celebrated the 20th anniversary of the first PIRATA mooring. For more than 20 years, the PIRATA data set has provided invaluable, climate quality time series that are distributed in real time for a variety of ocean, weather, and climate services. Moreover, to date these data were used in more than 260 peer reviewed articles. Finally, the regular ship surveys associated with mooring maintenance provide platforms for numerous innovative and interdisciplinary research projects (that also derive benefit from PIRATA environmental observations).

The contribution of France is major and determinant. A keystone for success is the shared contribution from Brazil, France and the US, in particular for ship time and manpower. The French actions are also remarkable in terms of capacity building that relate to Tropical Atlantic oceanography and climate, with summer schools and the Ocean Atmosphere joint master in Cotonou initiated by IRD that involves University of Toulouse and INPE in Brazil. PIRATA stands as a major flagship for tri-lateral co-operation, and PIRATA French partners stands at the forefront of this effort. We recognize the key role played by IRD and Météo-France which are key actors for PIRATA.

The PIRATA Scientific Steering Group (SSG) and PIRATA Resources Board (PRB) are now working on the future orientations of the PIRATA network with 1) an update and refinement of the objectives in regard to societal needs, including SDG and climate services; 2) an improvement of the network within the context of new data requirements, new instrumentation, and new technologies; and 3) a review of the PIRATA benefits including satellite data calibration and numerical weather prediction. These actions are taking place in the context of the AtlantOS that was the focus of last week's 1<sup>st</sup> International AtlantOS Symposium and discussion of the follow-on AtlantOS Programme.

Finally, I note that NOAA has designated PIRATA as one of its "Observing System of Record", details found here (<https://nosc.noaa.gov/OSC/OSN/index.php>). I strongly invite the CSOA to maintain PIRATA with a designation of a "National Observing System" (SNO)



status in order to similarly recognize the importance of PIRATA towards national and international needs and continue this important activity.

Sincerely,



David M Legler, Director  
Ocean Observing and Monitoring Division  
Chair, PIRATA Resource Board





**Comité de pilotage**

www.argo-france.fr

Guillaume Maze, coordinateur national  
gmaze@ifremer.fr / 02.98.22.43.39

Bernard Bourlès  
IRD, Brest  
SNO PIRATA

Brest, 3 avril 2019

Madame, Monsieur,

En tant que coordinateur national d'Argo-France (TGIR), je vous écris au nom de notre communauté pour exprimer notre plus fort soutien au réseau PIRATA et au renouvellement de sa labellisation SNO de et par l'INSU.

Depuis 2003, le SNO PIRATA a été la principale source de maintien du réseau Argo dans la bande équatoriale de l'océan Atlantique. Argo est un réseau global de plus de 3000 profileurs autonomes dérivants dont environ 25% doivent être renouveler chaque année. C'est un effort constant qui nécessite des moyens en mer importants. Les campagnes annuelles PIRATA ont permis de déployer 144 profileurs autonomes dérivants, constituant un moyen essentiel de maintien du réseau Argo dans cette région.

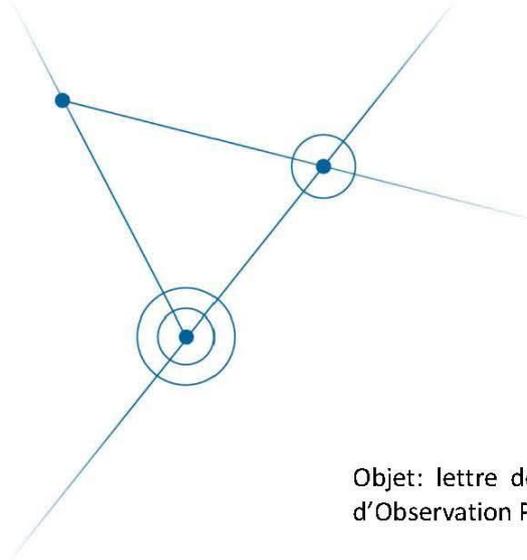
Les profileurs autonomes dérivants déployés par PIRATA sont fournis par Argo-France et peuvent être de modèles différents. Certains profileurs sont programmés spécifiquement pour les besoins scientifiques de PIRATA avant de revenir à une configuration standard Argo au bout de quelques mois.

Les variables mesurées systématiquement sont la pression, température, et salinité et les variables occasionnelles, l'oxygène. Le SNO PIRATA participent à l'amélioration de la base de données Argo en validant ces mesures et en effectuant des profils CTD de références lors des déploiements, une composante essentielle du contrôle qualité Argo.

Depuis 2019, PIRATA participe également au déploiement de nouveaux types de profileurs (Deep-Arvor) permettant d'échantillonner l'océan jusqu'à 4000m, au lieu des 2000m classiques. Cette nouvelle contribution du SNO PIRATA au réseau Argo est importante car elle soutient l'évolution de notre réseau vers son nouveau design: global, pleine profondeur et interdisciplinaire.

Je reste à votre disposition pour de plus amples renseignements.  
Cordialement

Guillaume Maze

A geometric diagram consisting of three blue dots connected by thin blue lines. One dot is at the top left, another at the top right, and the third at the bottom center. The bottom-center dot is surrounded by two concentric circles. The lines extend slightly beyond the dots.

Objet: lettre de recommandation pour le renouvellement du Service National d'Observation PIRATA.

Ramonville st Agne, le 15 Mars 2019,

Le réseau PIRATA est une des composantes principales des contributions françaises au système global d'observation des océans (GOOS). Les activités PIRATA sont coordonnées et mutualisées avec les autres réseaux (moyens à la mer, centres de données, R&D) au sein de la structure inter-organismes Coriolis 2014-2020. Le réseau fournit des données essentielles pour la recherche sur l'océan et le climat et contribue aussi directement à l'océanographie opérationnelle (Mercator Ocean, Copernicus Marine Service). Le SNO PIRATA joue un rôle majeur et structurant pour accompagner la valorisation de ces données et contribuer à leur intégration avec les données des systèmes d'observation complémentaires et les modèles.

Je recommande donc vivement la continuation du SNO PIRATA.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "P. Y. Le Traon".

Pierre-Yves Le Traon  
Secrétaire Exécutif du Comité Directeur Coriolis 2014-2020

**Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer**  
Etablissement public à caractère industriel et commercial

**Centre Bretagne**  
1625 route de Sainte-Anne  
CS 10070  
29280 Plouzané  
France

**Siège Social**  
1625 route de Sainte-Anne  
CS 10070  
29280 Plouzané  
France  
R.C.S. Brest B 330 715 368  
APE 7219Z  
SIRET 330 715 368 00032  
TVA FR 46 330 715 368  
+33 (0)2 98 22 40 40

[www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)



A l'attention de Bernard Bourles  
Centre IRD de Bretagne,  
Technopole Pointe du Diable,  
B.P.70, 29280 Plouzané

Ramonville St-Agne, le 11 Avril 2019,

Objet : lettre de soutien au Service National d'Observation PIRATA.

La société civile Mercator-Ocean, délégataire de la commission européenne pour coordonner le Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS), opère en temps réel et en temps différé des systèmes d'analyse et de prévision océanique aux échelles globale et régionale. Ces systèmes sont basés sur des modèles numériques et intègrent des observations *in situ* et satellites en vue de prévoir au mieux l'état de l'océan et représenter sa variabilité passé (réanalyses). Les observations sont un des éléments clés pour obtenir des analyses et prévisions fiables, via leur assimilation, ainsi que pour en évaluer la qualité.

Le réseau PIRATA est le principal système d'observation en Atlantique tropical. Il fournit des données essentielles pour la calibration et la validation des systèmes d'océanographie opérationnelle mis en œuvre par Mercator Ocean. Les données PIRATA sont parallèlement assimilées dans les modèles et impactent directement la qualité des analyses et prévisions océanique de Mercator Ocean dans l'Atlantique tropical. Les activités d'expertise et de qualification et de traitement temps différé du SNO PIRATA sont d'une importance majeure pour préparer des jeux de données cohérents et qualifiés. Les interfaces entre le SNO PIRATA et le centre de données Coriolis (qui est aussi l'in-situ Thematic Assembly Center de CMEMS) sont également importantes pour la valorisation de ces données pour Mercator Ocean et le Copernicus Marine Service.

Mercator Ocean soutient donc fortement le développement du SNO PIRATA.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'PYL'.

Pierre-Yves Le Traon  
Directeur Scientifique  
Mercator Ocean International

**MERCATOR OCEAN**  
INTERNATIONAL

Parc Technologique du Canal - 8-10 rue Hermès - 31520 Ramonville-Saint-Agne, FRANCE

Tél : +33 5 61 39 38 02 - Fax : +33 5 61 39 38 99

Société civile de droit français au capital de 2 000 000 € - 522 911 577 RCS Toulouse - SIRET 522 911 577 00016

[marine.copernicus.eu](http://marine.copernicus.eu)  
[mercator-ocean.eu](http://mercator-ocean.eu)



Plouzané, April 19, 2019

Nicolas Kolodziejczyk  
University of Brest  
Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale  
SNO Argo-France  
OSU IUEM  
Rue Dumont d'Urville  
29200 Plouzané  
tél: Tel : + 33 2 90 91 55 30  
[nicolas.kolodziejczyk@univ-brest.fr](mailto:nicolas.kolodziejczyk@univ-brest.fr)

**Objet : lettre de soutien au SNO PIRATA**

A l'attention du coordinateur du SNO PIRATA

Je, soussigné Nicolas Kolodziejczyk, coordinateur du SNO Argo-France, confirme le fort niveau d'interaction du SNO Argo-France avec le SNO PIRATA pendant les années 2012-2018.

Cette collaboration a principalement portée sur le déploiement du réseau Argo dans la zone Atlantique Tropical Est. Le SNO PIRATA a souvent fourni la logistique (*i.e.* bateau) pour les déploiements dans le Golfe de Guinée, zone difficilement échantillonnée par Argo (en raison du peu de campagnes et des courants dans la zone), un certain nombre des données nécessaires pour la calibration des capteurs du flotteurs, ainsi que l'indispensable expertise scientifique pour valider ces mêmes calibrations. Les données des mouillages PIRATA sont par ailleurs utilisées dans les réanalyses ISAS, produit à forte valeur ajoutée du SNO Argo-France.

Nous confirmons ainsi l'intérêt de poursuivre ces interactions dans le cadre de la prochaine labellisation.

Cordialement

	<p>Nicolas Kolodziejczyk Coordinateur du SNO Argo France</p> 
---	--



Loïc Segalen  
Directeur de l'OSU Ecce Terra

Paris le 23 avril 2019

**OBJET : soutien à la demande de labellisation du SNO PIRATA**

L'objectif de la plateforme est de mesurer et étudier l'évolution du gaz carbonique dans la couche de surface de la mer ainsi que le flux de CO<sub>2</sub> à l'interface air-mer aux échelles de temps longues (saisonnière à pluri-décennale). Les données récoltées intéressent plusieurs laboratoires de l'OSU Ecce Terra travaillant sur les interactions océan-atmosphère dans la compréhension des variabilités climatiques aussi bien pour les périodes passées que futures. Les mesures de fugacité de CO<sub>2</sub> (fCO<sub>2</sub>) sont réalisées avec des capteurs CARIOCA installés sur les bouées instrumentées du réseau PIRATA. La contribution de l'OSU via le LOCEAN réside plus particulièrement dans le suivi de plusieurs bouées et capteurs, et tout particulièrement celle installée depuis mars 2017 au large du Congo et équipé d'un capteur CARIOCA dans le cadre du projet H2020 ATLANTOS. Dans ce contexte l'OSU Ecce Terra soutient fortement le renouvellement du SNO PIRATA, réseau de mesures indispensables pour l'observation et la compréhension de la composante océanique dans le modèle système Terre, thématique qui est au centre de l'intérêt des équipes du LOCEAN et de l'OSU. De plus dans le cadre de ses actions d'animation scientifique, l'OSU Ecce-Terra pourra apporter un soutien financier ponctuel via ses appels d'offres à l'organisation de colloque, d'actions de diffusion ou de soutien à de l'équipement au travers sa commission des services.



Loïc SEGALEN  
Directeur de l'O.S.U. "Ecce Terra"



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



Recife, 01 abril de 2019.

Ofício nº 009/2019

**To:**

Commission Spécialisée Océan Atmosphère (CSOA)

The project Prediction and Research moored Array in the Tropical Atlantic – PIRATA is recognized today as an essential part of the Global Ocean Observing System and Global Climate Observing System. After a “pilot phase” from 1997 to 2001, during which the backbone array was fully implemented, institutions in the three supporting countries (Brazil, France and USA) decided to extend the array maintenance for a 5-year “consolidation phase” to allow for a meaningful demonstration that the data would contribute significantly to both scientific research and operational applications. In 2006, PIRATA underwent a first formal review and has been endorsed by the International Climate Variability and Predictability (CLIVAR) Program sponsored by the World Climate Research Programme (WCRP) and the Ocean Observations Panel for Climate (OOPC) sponsored by the WCRP and the Intergovernmental Oceanographic Commission. PIRATA is now at “sustained phase”, in which extensions are added to the PIRATA backbone and new technologies are explored to enhance the array’s measurement capability. During these last 20 years PIRATA has strongly contributed to improve the description of the intraseasonal to interannual variability in the atmospheric and oceanic boundary layers in the tropical Atlantic, providing a set of data useful for developing and improving the predictive models of the ocean-atmosphere coupled system. National commitments from Brazil, France and USA are essential ingredients not only to explain PIRATA success, but also to ensure project continuity. French participation has been headed by Dr. Bernard Bourlès since 2003 (SSG chair since 2004). However, the new challenges associated to planned enhancement of PIRATA network/sensors were formally evidenced through the elaboration of the second PIRATA review during 2018-2019. To conclude, as co-Chair of the PIRATA SSG from 2014, but also as ex-member of the CLIVAR-Atlantic Panel that clearly endorses PIRATA and recognizes its benefits for scientific and societal needs, I strongly recommend and support the continuity of PIRATA as an important element of the French “Service National d’Observation (SNO)”.

**Moacyr Cunha de Araújo Filho**

Co-chair SSG-PIRATA

DOCEAN/UFPE

Fone: +55.81.21267112

 [moa.ufpe@gmail.com](mailto:moa.ufpe@gmail.com)

---

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco  
CEERMA - Centro de Estudos e Ensaio em Risco e Modelagem Ambiental  
Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária  
CEP: 50740-550, Recife - PE, Brasil  
Telefone: (81) 2126-7112

---

Marseille, le 19 avril 2019

44 boulevard de Dunkerque - CS 90009  
13572 Marseille cedex 02 - FRANCE  
+33 (0) 4 91 99 95 51  
Fax +33 (0) 4 91 99 92 19  
[president-directeurgeneral@ird.fr](mailto:president-directeurgeneral@ird.fr)

N/Réf. : OCEANS-2019-02

**Objet : Soutien au renouvellement du label Service National d'Observation (SNO) de PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) et extension CO<sub>2</sub> à PIRATA**

PIRATA est un service d'observation essentiel pour la communauté scientifique internationale dans le domaine de l'océanographie opérationnelle. Réalisé dans le cadre d'une coopération multinationale entre la France, le Brésil et les USA, il fédère une large communauté de chercheurs des UMRs de l'IRD et de ses partenaires au Nord comme au Sud.

Le réseau d'observation PIRATA ausculte l'Atlantique tropical depuis plus de deux décennies. Ses 18 bouées fournissent des données irremplaçables pour alimenter les modèles de prévision météorologique et pour étudier l'océan et le climat. Il contribue aussi à comprendre l'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan.

Ancrées au fond de l'océan, les bouées PIRATA sont bardées de capteurs. Elles mesurent et télétransmettent en temps réel de nombreux paramètres marins et atmosphériques, comme la température et la salinité de l'eau à différentes profondeurs, la force et la direction des vents, les précipitations, l'ensoleillement ou la pression atmosphérique. Les données transmises sont directement exploitées pour alimenter les modèles météorologiques et océaniques. Depuis 1997, les organismes de recherche des USA, du Brésil et de France, impliqués dans PIRATA, veillent respectivement à la maintenance de 4, 8 et 6 bouées, mouillées entre les côtes américaines et africaines. Ces opérations ont lieu annuellement, au cours de campagnes océanographiques menées par chacun des pays partenaires et pendant lesquelles de nombreuses opérations de mesure sont également effectuées.

Pour l'IRD les chercheurs et agents des UMRs LEGOS (Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiale) et LOCEAN (Laboratoire d'océanographie et du climat: expérimentations et approches numériques), et de l'US IMAGO (Instrumentation, moyens analytiques, observatoires en géophysique et océanographie) sont très impliqués.

L'IRD continuera donc à appuyer ce service d'observation dans les prochaines années ainsi que les évolutions proposées et apporte un soutien sans réserve à PIRATA pour le renouvellement de sa labellisation en tant que SNO pour la période de 2020 à 2024.



**Frédéric Ménard**  
Directeur du département  
Océans, climat et ressources  
(OCEANS)



contact@listes.odatis-ocean.fr  
www.odatis-ocean.fr

**Objet :** Lettre de soutien du Pôle de Données Océan - Odatis de l'Infrastructure du Recherche « Pôles de Données du Système Terre » au renouvellement de la labellisation du SNO Pirata.

**Brest, le 24 avril 2019**

Le programme PIRATA "Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic ", initié en 1997, est un observatoire dédié à l'étude des interactions océan-atmosphère dans l'Atlantique tropical, soutenu par la France, le Brésil et les Etats-Unis. Il entretient un réseau de 18 bouées météo-océaniques, dont 6 sous la responsabilité de PIRATA-France.

La contribution du SNO Pirata est donc importante par la fourniture de données océaniques et d'interface océan-atmosphère transmises en temps réel par le réseau de bouées, et également, par les données acquises lors des campagnes annuelles de maintenance du réseau.

La création du Pôle Odatis étant largement postérieure à celle du SNO Pirata, un renforcement des relations avec le Pôle est souhaitable afin d'harmoniser les pratiques de gestion des données, les conditions d'accès et leur intégration avec des jeux de données complémentaires.

En conclusion, je ne peux que recommander la poursuite des activités du SNO-Pirata. Le Pôle Odatis souhaite en effet être interfacé à des réseaux d'observation structurés et pérennes dotés d'un savoir-faire thématique reconnu.

Gilbert Maudire,

Directeur du Pôle Océan – Odatis





**Alexandre Ganachaud** (Directeur du LEGOS)  
**Michael Toplis** (Directeur de l'OMP)

Toulouse, le 18 avril 2019

A l'attention de la CSOA

**Objet :** Lettre de soutien au renouvellement du label Service National d'Observation (SNO) PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) et extension CO<sub>2</sub> à PIRATA dans les priorités d'attribution de moyens humains et financiers en cas de re-labellisation.

**Présentation succincte du SNO :**

PIRATA est un service d'observation essentiel pour la communauté scientifique internationale dans le domaine de la recherche en océanographie, climat et de l'océanographie opérationnelle. Réalisé dans le cadre d'une coopération multinationale entre la France, le Brésil et les USA, il fédère une large communauté de chercheurs des UMR de l'IRD et de ses partenaires au Nord comme au Sud. Le réseau d'observation PIRATA ausculte l'Atlantique tropical depuis plus de deux décennies. Ses 18 bouées fournissent des données homogènes sur une longue durée, irremplaçables pour alimenter les études tant sur les variations climatiques que sur les processus fines échelles. Il contribue aussi à comprendre l'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan.

**UMR principale : Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS)**

Au sein de l'OMP le LEGOS mène des recherches sur le système environnemental planétaire de manière pluridisciplinaire en s'appuyant notamment sur la physique océanique et la biogéochimie marine, l'hydrologie et la glaciologie. Le LEGOS privilégie les outils d'observation, à la fois spatiale et *in-situ* avec une implication en amont des missions spatiales (concept, algorithmes) ainsi qu'en aval (calibration avec données *in-situ*, validation, valorisation).

La coordination scientifique du SNO PIRATA est faite au sein de l'équipe de recherche « Océan du Large et Variabilité Climatique » du LEGOS. Le SNO PIRATA alimente les recherches menées au LEGOS en océanographie physique et climat tropical, sur les différentes échelles spatio-temporelles de la circulation océanique, et les variations saisonnières/interannuelles de l'océan global. Les données du SNO sont utilisées au LEGOS pour l'évaluation des simulations numériques, l'étude des mécanismes de la variabilité tropicale intra-annuelle à décennale, la formation et la variabilité des masses d'eau dans l'océan austral.



L'OMP et le LEGOS soutiennent le SNO PIRATA à travers une contribution financière récurrente de 3 k€ et le recrutement récent d'un Ingénieur de Recherche IRD dédié au SNO et à son rayonnement scientifique au sein du laboratoire et au-delà.

Par cette lettre l'Observatoire Midi-Pyrénées et le LEGOS s'engagent à poursuivre leur support au SNO PIRATA et nous soutenons entièrement le renouvellement de sa labellisation.

  
**Alexandre GANACHAUD**  
Directeur du LEGOS  
UMR 5566 CNES/CNRS/IRD/UPS

Directeur l'OMP  
**Michael TOPLIS**  
Directeur de l'Observatoire  
Midi-Pyrénées   
Mike TOPLIS

## **Annexe D : SNO stratégique pour les activités spatiales (5 pages maximum)**

*Les éléments attendus pour permettre l'évaluation de la pertinence pour le spatial sont les suivants :*

- *Intérêt stratégique pour le spatial*
- *Bilan global RH / Financier / Scientifique des activités sur 2017 – 2019, en mettant en évidence la part spécifique (ressources / résultats) liée au spatial*
- *Travaux prévus pour 2020 - 2024, en insistant sur la contribution aux missions spatiales et les moyens mis en œuvre*
- *Description des données acquises et produits dérivés, incluant leur gestion/traitement/archivage (lien avec Aeris)*
- *Demande de soutien attendu de la part du CNES. Les dépenses éligibles à un soutien de CNES sont : les frais de mission, les consommables, petit matériel, publications... Les CDD ne sont pas éligibles.*

*Ces éléments sont également à intégrer dans les différentes rubriques du document de réponse à l'appel à proposition de labellisation.*

Comme mentionné dans la rubrique A14, le SNO PIRATA est utile pour les activités spatiales pour la validation à partir des mesures *in situ* des mesures effectuées par satellite (température, salinité, couleur de l'eau...) et produits (flux, vent...).

Aucun lien direct avec la communauté « satellite » si ce n'est par des contacts scientifiques ou les publications portées à notre connaissance.

Par exemple :

i) le SNO PIRATA a été contacté dans le cadre du projet SKIM (PI : F. Ardhuin, LOPS) pour les mesures de courant obtenues par le programme PIRATA (bouées équipées de capteurs de courant, mouillages ADCP et mesures ADCP acquises pendant les campagnes). Des communications utilisant des données PIRATA ont été ainsi effectuées (e.g. Herbert et al., 2018).

ii) Les mesures de salinité acquises par PIRATA servent pour valider les produits obtenus à partir des mesures de SMOS (voir, e.g., publication de Boutin et al., 2016) et Aquarius..

iii) Les mesures météorologiques des bouées sont utilisées pour les estimations de flux et les validations de radiation solaire (voir, e.g., thèse et publications de Trolliet et al. 2018).

iv) Les mesures PIRATA sont utilisées pour générer les produits de flux, tels AOFlux et Tropflux, et pour valider les analyses de vent à haute résolution établies à partir de radiomètres passifs et de scatteromètres.

v) Elles sont aussi utilisées pour évaluer les produits de pluie tropical et des champs radiatifs de surface établis par les mesures satellite (voir Bourlès et al, 2019).

## **Annexe E : SNO stratégique pour les activités polaires (8 pages maximum)**

### ***Précisions et compléments au dossier de labellisation***

Cette annexe ne s'applique pas pour le SNO PIRATA, et les pages en ont été supprimées.